

**CAPITOLATO
PARTE I**

Codifica: **RFI DTC SI SP IFS 001 B**

FOGLIO
1 di 8

**CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO
DELLE OPERE CIVILI**

Parte	Titolo
PARTE I	DISPOSIZIONI GENERALI
	I.1 SCOPO E CAMPO D'APPLICAZIONE
	I.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO
	I.3 DEFINIZIONI
	I.4 ABBREVIAZIONI
	I.5 ONERI GENERALI
	I.6 ADEMPIMENTI IN MATERIA AMBIENTALE
	I.7 ADEMPIMENTI IN MATERIA DI SICUREZZA
PARTE II	SEZIONE 1 - BONIFICA ORDIGNI BELLICI (RFI DTC SI CS SP IFS 001 B)
	SEZIONE 2 - RILIEVI TOPOGRAFICI E TRACCIAMENTI (RFI DTC SI CS SP IFS 002 B)
	SEZIONE 3 - RILIEVI GEOLOGICI E INDAGINI GEOGNOSTICHE (RFI DTC SI GE SP IFS 001 A)
	SEZIONE 4 - DEMOLIZIONI (RFI DTC SI CS SP IFS 003 B)
	SEZIONE 5 - OPERE IN TERRA E SCAVI (RFI DTC SI CS SP IFS 004 B)
	SEZIONE 6 - OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO (RFI DTC SI PS SP IFS 001 B)
	SEZIONE 7 - PALI E MICROPALI (RFI DTC SI CS SP IFS 005 B)
	SEZIONE 8 - PARATIE DI PALI, DIAFRAMMI E PALANCOLATE (RFI DTC SI CS SP IFS 006 B)
	SEZIONE 9 - OPERE DI DIFESA DELLA SEDE FERROVIARIA (RFI DTC SI CS SP IFS 007 B)
	SEZIONE 10 - OPERE DI MIGLIORAMENTO, RINFORZO E STABILIZZAZIONE (RFI DTC SI CS SP IFS 008 B)
	SEZIONE 11 - GALLERIE (RFI DTC SI GA SP IFS 001 A)
	SEZIONE 12 - PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA (RFI DTC SI PS SP IFS 002 B)
	SEZIONE 13 - SUB-BALLAST' E PAVIMENTAZIONI STRADALI (RFI DTC SI CS SP IFS 009 B)
	SEZIONE 14 - BARRIERE ANTIRUMORE (RFI DTC SI AM SP IFS 001 A)
	SEZIONE 15 - OPERE A VERDE (RFI DTC SI AM SP IFS 002 A)
	SEZIONE 16 - OPERE VARIE (RFI DTC SI CS SP IFS 010 B)
	SEZIONE 17 - PIETRISCO PER MASSICCIATA FERROVIARIA (RFI DTC SI GE SP IFS 002 A)
	SEZIONE 18 - UTILIZZO DI AGGREGATI RICICLATI E TRATTAMENTI CON CALCE PER OPERE IN TERRA (RFI DTC SI GE SP IFS 003 A)
	SEZIONE 19 - COLLAUDI STATICI (RFI DTC SI PS SP IFS 003 A)
	SEZIONE 20 - GESTIONE DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO (RFI DTC SI AM SP IFS 003 A)

A termine di legge, Rete Ferroviaria Italiana S.p.A. si riserva la proprietà di questo documento che non potrà essere copiato, riprodotto o comunicato ad altri senza esplicita autorizzazione.

Rev.	Data	Descrizione	Verifica Tecnica	Autorizzazione
A	30.12.2016	Emissione per applicazione	Cinzia Giangrande	Franco Iacobini
B	22.12.2017	Emissione per applicazione	Massimo Mezzabotta	Franco Iacobini
			Alessandro Rinaldi Marco Tisalyi	

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE I	
CAPITOLATO PARTE I	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 2 di 8

INDICE

PARTE I: DISPOSIZIONI GENERALI

I.1	SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE.....	3
I.2	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO.....	4
I.2.1	NORMATIVA NAZIONALE.....	4
I.2.2	DOCUMENTAZIONE TECNICA.....	5
I.3	DEFINIZIONI.....	5
I.4	ABBREVIAZIONI.....	6
I.5	ONERI GENERALI.....	6
I.6	ADEMPIMENTI IN MATERIA AMBIENTALE.....	7
I.7	ADEMPIMENTI IN MATERIA DI SICUREZZA DEL LAVORO.....	8

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE I	
CAPITOLATO PARTE I	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 3 di 8

PARTE I

DISPOSIZIONI GENERALI

I.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

Il presente Capitolato Generale Tecnico di Appalto determina le condizioni tecniche generali per l'esecuzione e la valutazione dei lavori relativi a opere civili appaltati da Rete Ferroviaria Italiana o che interferiscono con la sede ferroviaria. Esso si applica sia alle nuove costruzioni che alle riparazioni o modificazioni di opere o parti d'opera esistenti.

Tale documento è da assumere a riferimento per la redazione del Capitolato Speciale d'Appalto previsto dalle Condizioni Generali di Contratto, dovrà essere richiamato nelle procedure di gara e costituirà parte integrante del contratto da stipulare con l'ESECUTORE.

Il Capitolato Generale dovrà altresì essere richiamato nelle convenzioni da stipulare con gli enti proprietari di opere interferenti con la sede ferroviaria.

Nel Capitolato, per brevità ed uniformità, è solitamente indicato, con il termine generico di "FERROVIE", RFI S.p.A. o chi agisce in nome e per conto di RFI S.p.A. (Direzione lavori, Alta sorveglianza). Il termine generico di "ESECUTORE" è usato per indicare il soggetto incaricato dell'esecuzione dei lavori (Appaltatore, General Contractor, Contraente Generale).

La presente edizione del Capitolato annulla e sostituisce la versione precedente e annulla e sostituisce le specifiche e i documenti tecnici indicati nelle singole sezioni.

Rispetto all'edizione precedente, il Capitolato presenta la nuova Sezione 20 che disciplina la gestione delle terre e rocce da scavo alla luce della normativa vigente.

La Parte I del Capitolato contiene le disposizioni generali valide per tutte le 20 Sezioni che compongono la Parte II.

Ciascuna Sezione (da 1 a 16) della Parte II è relativa ad una categoria o tipologia di opere civili e definisce:

- le normative, le specifiche tecniche e funzionali, gli standard, le prescrizioni generali e particolari da osservare e i requisiti tecnici minimi richiesti;
- i materiali da utilizzare e le relative modalità d'impiego;
- i requisiti di accettazione dei materiali e dei componenti;
- le modalità di controllo e le prove di materiali e componenti;
- le modalità di esecuzione delle opere;
- le norme di misurazione di ogni lavorazione, etc..

La sezione 17 è relativa al pietrisco per massicciate ferroviarie e definisce i requisiti e gli specifici controlli da eseguire sul materiale, sui siti di escavazione e sui fornitori per il rilascio e/o rinnovo dell'Attestato di Qualificazione.

La sezione 18 disciplina l'utilizzo di aggregati riciclati ed il trattamento dei terreni con calce nella realizzazione di opere in terra.

La sezione 19 fornisce le prescrizioni per il collaudo statico delle opere di ingegneria civile dell'infrastruttura ferroviaria.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE I	
CAPITOLATO PARTE I	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 4 di 8

I.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

Tutti i lavori dovranno essere eseguiti nel rispetto delle norme di legge e dei regolamenti vigenti, istruzioni e normative tecniche applicabili, delle specifiche tecniche emanate dalle FERROVIE, nonché di tutta la documentazione di riferimento riportata sia nella prima parte generale sia nelle successive Sezioni di Capitolato, riguardanti le specifiche categorie o tipologie di opere da realizzare.

Si elenca di seguito la principale documentazione di riferimento per la quale è specificato l'anno di pubblicazione. Resta inteso che gli eventuali aggiornamenti, pubblicati a valle della redazione del presente Capitolato, saranno recepiti dall'ESECUTORE, previo accordo tra le parti.

I.2.1 NORMATIVA NAZIONALE

- Capitolato generale d'appalto (D.M. n. 145 del 19.04.2000);
- Codice dei Contratti Pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE - D.lgs. n. 50 del 18/04/2016 e s.m.i.;
- Nuovo Regolamento del Codice dei Contratti - D.P.R. n. 207 del 5.10.2010 e s.m.i.;
- Decreto del Ministero delle Infrastrutture del 14 gennaio 2008: "Approvazione delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni" e s.m.i.;
- Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 del Consiglio Superiore dei LL.PP. - "Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14.01.2008";
- D.lgs n. 152 del 3 aprile 2006 "Norme in materia ambientale" e s.m.i.;
- DPR 13 giugno 2017, n. 120: "Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n. 164"
- Legge n. 191 del 26 aprile 1974 - Prevenzione degli infortuni sul lavoro nei servizi e negli impianti gestiti dall'Azienda autonoma delle ferrovie dello Stato;
- DPR n. 469 del 1° giugno 1979 - Regolamento di attuazione della legge 26 aprile 1974, n. 191, sulla prevenzione degli infortuni sul lavoro nei servizi e negli impianti gestiti dall'Azienda autonoma delle Ferrovie dello Stato;
- D.P.R. n.753 del 11 luglio 1980 - Nuove norme in materia di polizia, sicurezza e regolarità dell'esercizio delle ferrovie e di altri servizi di trasporto;
- D.lgs n. 81 del 9 aprile 2008 "Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro" e s.m.i.;
- Decreto Min. Infrastrutture e Trasporti 4 aprile 2014 n. 137 "Norme Tecniche per gli attraversamenti ed i parallelismi di condotte e canali convoglianti liquidi e gas con ferrovie ed altre linee di trasporto".

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE I	
CAPITOLATO PARTE I	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 5 di 8

I.2.2 DOCUMENTAZIONE TECNICA

- Manuale di progettazione delle Opere Civili di RFI (RFI DTC SI MA IFS 001);
- “Regolamento per le Attività Negoziali delle Società del Gruppo Ferrovie dello Stato Italiane” DISPOSIZIONE DI GRUPPO n. 220/AD del 22 Febbraio 2017;
- “Condizioni Generali di Contratto per gli appalti di forniture delle Società del Gruppo Ferrovie dello Stato Italiane” - DISPOSIZIONE DI GRUPPO n. 231/AD del 17 Luglio 2017;
- “Condizioni Generali di Contratto per gli appalti di lavori delle Società del Gruppo Ferrovie dello Stato Italiane” - DISPOSIZIONE DI GRUPPO n. 230/AD del 17 Luglio 2017;
- COP n. 332/RFI del 12 feb. 2016 - Procedura Operativa “La Direzione dei Lavori negli appalti gestiti da RFI” - RFI DPR PD IFS 021 A;
- Tariffe di prestazioni e lavori.

I.3 DEFINIZIONI

A completamento dei termini definiti nel Contratto d'appalto e nelle successive Sezioni di Capitolato, di seguito si riporta il significato dei termini principali utilizzati nel presente Capitolato e nei documenti in esso richiamati.

ESECUTORE: Soggetto incaricato dell'esecuzione dei lavori (Appaltatore, General Contractor, Contraente Generale);

FERROVIE: RFI S.p.A. o chi agisce in nome e per conto di RFI S.p.A. (Direzione lavori, Alta sorveglianza);

Committente: il soggetto per conto e in nome del quale l'opera viene realizzata o la fornitura viene effettuata;

Contratto: l'accordo tra il Committente e Appaltatore per l'esecuzione dei lavori descritti nel Contratto d'appalto contenente l'indicazione del corrispettivo pattuito o tra il Committente e il Fornitore per l'esecuzione delle forniture;

Appaltatore: la persona fisica o giuridica, o le persone fisiche o giuridiche ovvero soggetti senza personalità giuridica anche temporaneamente riuniti, consorziati, ovvero raggruppati in gruppo europeo di interesse economico, che si impegnano alla realizzazione dei lavori descritti nel Contratto di Appalto e delle forniture e dei servizi ad essi connessi;

Progetto: i documenti articolati in diversi livelli di approfondimento tecnico contenenti le indicazioni grafiche o numeriche illustrative o descrittive dell'oggetto dell'appalto;

Fornitore: la persona fisica o giuridica, o le persone fisiche o giuridiche ovvero soggetti senza personalità giuridica anche temporaneamente riuniti, consorziati, ovvero raggruppati in gruppo europeo di interesse economico, che si impegnano all'esecuzione delle forniture descritte nel Contratto d'appalto, nonché degli eventuali lavori e/o servizi ad esse connessi;

Capitolato speciale: il documento diviso in due parti: la prima, contenente la descrizione delle lavorazioni, con l'indicazione di tutti gli elementi necessari per una compiuta definizione tecnica ed economica dell'oggetto dell'appalto; la seconda, contenente la specificazione delle norme tecniche di progettazione (nel caso in cui la progettazione sia onere dell'Appaltatore), di esecuzione, di misurazione, di controllo della qualità e di accettazione inerenti il Contratto di appalto;

Direttore Lavori: figura incaricata di esercitare, per conto del Committente, tutte le attività finalizzate alla direzione ed al controllo tecnico, contabile ed amministrativo dell'esecuzione dei contratti di appalto

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE I	
CAPITOLATO PARTE I	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 6 di 8

curando che i lavori siano eseguiti a regola d'arte, in conformità del progetto e del contratto e nel rispetto della normativa vigente;

Personale incaricato: qualsiasi soggetto incaricato dal Committente delle operazioni di svolgimento delle attività connesse all'esecuzione del Contratto da parte del Fornitore, nonché allo svolgimento, in qualsiasi momento, di controlli e verifiche presso gli stabilimenti del Fornitore, diretti ad accertare la conformità delle forniture alle prescrizioni contrattuali.

I.4 ABBREVIAZIONI

CGC: Condizioni Generali di Contratto

DL: Direzione lavori

I.5 ONERI GENERALI

L'ESECUTORE dovrà rispettare le prescrizioni tecniche, generali e particolari, ed adempiere agli obblighi descritti nelle Sezioni del presente Capitolato, riguardanti le specifiche categorie o tipologie di opere da realizzare.

Tutti i lavori dovranno essere eseguiti nel rispetto delle norme di legge e dei regolamenti vigenti, fatto salvo il caso in cui il presente Capitolato preveda requisiti tecnici o standard qualitativi più elevati di quelli minimi previsti dalle normative tecniche in materia.

Le disposizioni e le norme tecniche di questo Capitolato sono impegnative per l'ESECUTORE, ma non limitative. Resta quindi inteso che è obbligo dell'ESECUTORE eseguire ed ultimare il lavoro, completo in ogni sua parte, in conformità agli elaborati di progetto, alle indicazioni del presente Capitolato e per tutto ciò che non è in essi indicato, al Capitolato Speciale, allegato al Contratto.

Le prescrizioni riportate nel Capitolato sono da intendersi integrative, ove non in contrasto, con le norme di legge vigenti e sono relative ai materiali, alle opere e ai componenti e alle relative modalità esecutive con lo scopo di garantire la stabilità e la durabilità nel tempo dell'opera finita.

Al fine di verificare la rispondenza delle opere eseguite alle norme vigenti, alle specifiche tecniche e agli standard prefissati, l'ESECUTORE deve eseguire o far eseguire a proprie spese tutte le prove e i controlli previsti dalla normativa vigente, quelli prescritti dal presente Capitolato nonché quelli integrativi richiesti dalle FERROVIE, in base a motivate esigenze, ovvero dal Collaudatore statico e/o dalla Commissione di Collaudo Tecnico Amministrativo.

Tutti gli oneri, diretti ed indiretti, derivanti dall'applicazione delle presenti prescrizioni, compresi quelli necessari per il prelievo, il confezionamento, il trasporto dei campioni dei materiali da sottoporre a prove fisiche, chimiche, meccaniche e funzionali, nonché i costi di esecuzione di queste ultime presso il Laboratori Ufficiali/Autorizzati si intendono compresi e compensati dai prezzi contrattuali.

Per tutti i tipi di prova, l'ESECUTORE deve fornire la manodopera e le attrezzature e deve predisporre le eventuali opere provvisorie ed i ponteggi in quantità e tipologie adeguate all'esecuzione delle prove medesime, nel rispetto delle garanzie di sicurezza durante le fasi operative. Resta inteso che il ripristino integrale delle parti d'opera interessate da prove e prelievi è da intendersi a carico dell'ESECUTORE e deve essere eseguito con materiali e modalità approvati dalle FERROVIE.

L'utilizzo di innovazioni tecnologiche, migliorative, che potranno intervenire nel corso di validità del presente Capitolato, relativamente ad attrezzature, modalità di esecuzione, prove in sito e/o in laboratorio etc., dovrà essere approvato preliminarmente dalle FERROVIE.

Fermo restando il diritto delle FERROVIE di provvedere, direttamente con il personale incaricato o attraverso organismi delegati, alla:

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE I	
CAPITOLATO PARTE I	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 7 di 8

- verifica ed approvazione di documentazione progettuale, calcoli, relazioni, certificati, etc;
 - effettuazione di prove e collaudi su materiali, manufatti e opere realizzate o in corso d'opera,
- L'ESECUTORE, solidalmente al Progettista, resterà totalmente responsabile relativamente a quanto, a titolo indicativo ma non limitativo, di seguito elencato:

- validità e completezza del progetto;
- esecuzione delle opere nel rispetto del progetto, delle regole d'arte e dei patti contrattuali;
- rispetto delle norme di legge e dei regolamenti vigenti;
- rispetto delle istruzioni e specifiche emanate dalle FERROVIE;
- danni, direttamente od indirettamente, derivati dalle operazioni di realizzazione delle opere, causati alle FERROVIE, agli organismi operanti per conto della stessa, a terzi, al proprio personale incaricato ed a quello dei subappaltatori e fornitori.

E' espressamente inteso ed accettato dall'ESECUTORE che le verifiche, le approvazioni, le prove ed i collaudi effettuati dalle FERROVIE e dagli organismi da essa delegati non sollevaranno in alcun modo e ad alcun titolo le responsabilità dell'ESECUTORE stesso.

Qualora un argomento risulti trattato in più Sezioni del Capitolato, in caso di discordanza, di regola avrà prevalenza l'indicazione contenuta nella specifica Sezione relativa all'opera di cui trattasi (es. micropali per fondazioni di opere d'arte Sez. 7, micropali per consolidamento del terreno Sez. 10).

Ogni ambiguità e/o contraddizione di altra natura che sia riscontrata tra i contenuti del presente Capitolato dovrà essere segnalata, in forma scritta, all'attenzione delle FERROVIE. Resta inteso che in caso di discordanza o contrasto di interpretazione tra le prescrizioni del presente Capitolato, avranno prevalenza quelle più favorevoli per le FERROVIE.

I.6 ADEMPIMENTI IN MATERIA AMBIENTALE

Nello svolgimento delle proprie attività, l'ESECUTORE è tenuto alla completa osservanza di quanto prescritto dalla normativa vigente in materia di tutela ambientale, dalle CGC, dalle procedure in uso presso RFI oltre che dalle ulteriori eventuali prescrizioni impartite da RFI medesima e/o dagli Enti di tutela in materia ambientale in fase di approvazione del progetto od in corso d'opera, oltre che a prevedere, nell'eventuale contratto di subappalto o di fornitura in opera, l'obbligo da parte del/i Subappaltatore/i o del/i Fornitore/i in opera di osservare dette prescrizioni, norme o disposizioni. In particolare, l'ESECUTORE è tenuto a porre in essere tutte le precauzioni, gli adempimenti, le misure organizzativo-gestionali e le cautele previste dalla normativa in materia di tutela ambientale in modo da evitare che dall'esecuzione dei lavori possano determinarsi situazioni di violazione della stessa, di inquinamenti, di pericolo per la salute dell'uomo e di pregiudizio o pericolo di pregiudizio per l'ambiente.

Le FERROVIE vigileranno affinché l'ESECUTORE rispetti tutte le prescrizioni previste dalla normativa vigente e dalle Procedure di Tutela Ambientale ferroviarie, per quanto applicabili, consegnate al momento della sottoscrizione del contratto applicativo; a tal fine la DL effettua, nel corso dei lavori, accertamenti circa lo stato delle aree cedute all'ESECUTORE e sul corretto adempimento degli obblighi in materia di tutela dell'ambiente (p.es. corretta gestione dei rifiuti e dei materiali tolti d'opera; eventuale ottenimento delle autorizzazioni comunali per lo svolgimento di attività temporanee, in deroga ai valori limite di immissione di rumore, laddove necessarie; rispetto delle normative per lo stoccaggio di lubrificanti, combustibili liquidi, e altre sostanze pericolose, etc.).

L'ESECUTORE resterà responsabile di ogni negativa conseguenza sullo sviluppo dei lavori derivante dal mancato rispetto di normative/prescrizioni ambientali e sarà a suo carico, oltre all'onere di tempestiva risoluzione delle carenze e/o difformità, ogni eventuale sanzione per le stesse irrogata dalle Autorità

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE I	
CAPITOLATO PARTE I	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 8 di 8

competenti.

I.7 ADEMPIMENTI IN MATERIA DI SICUREZZA DEL LAVORO

L'ESECUTORE è tenuto alla completa osservanza di quanto prescritto dalle Condizioni generali di Contratto, dal Contratto di Appalto, dal Capitolato, dal D. Lgs. 81/08 e s.m.i. (in particolare per quanto riguarda l'attuazione in cantiere di quanto stabilito nell'Istruzione per la Protezione dei Cantieri, nel Piano di Sicurezza e Coordinamento/Fascicolo dell'Opera di Progetto Esecutivo e il complesso degli articoli di cui al Titolo IV del decreto stesso) e da tutte le norme vigenti in materia di sicurezza e igiene sul lavoro, comprese le disposizioni regionali.

L' ESECUTORE è tenuto a prevedere, nel contratto con altre imprese esecutrici, lavoratori autonomi ed altri soggetti terzi coinvolti a vario titolo nella esecuzione dei lavori, cosiddetti "soggetti esecutori" (contratti quali subappalto, fornitura in opera, noli a caldo, ecc.), l'obbligo da parte di questi di osservare le suddette disposizioni.


Per i lavori da eseguire in presenza dell'esercizio ferroviario, l'ESECUTORE deve inoltre attenersi scrupolosamente, oltre che a quanto prescritto dal Contratto, agli elaborati progettuali e alle specifiche/procedure ferroviarie.

**CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO
DELLE OPERE CIVILI**

**PARTE II - SEZIONE 1
BONIFICA ORDIGNI BELLICI**


- 1.1. SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE
- 1.2. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO
- 1.3. DEFINIZIONI
- 1.4. ABBREVIAZIONI
- 1.5. PRESCRIZIONI GENERALI
- 1.6. RIMOZIONE DELLA VEGETAZIONE
- 1.7. ESPLORAZIONE DEL TERRENO E SCAVO PER L'INDIVIDUAZIONE DEGLI ORDIGNI BELLICI
- 1.8. EVENTUALE RIMOZIONE DEGLI ORDIGNI, SOSTANZE E MATERIALI BELLICI
- 1.9. EVENTUALE RITOMBAMENTO AL TERMINE DELLE ATTIVITA'
- 1.10. COLLAUDO

Rev.	Data	Descrizione	Redazione	Verifica Tecnica	Autorizzazione
A	30/12/2016	Emissione per applicazione	D.Magnifico	A.Rinaldi	F.Iacobini
B	22/12/2017	Emissione per applicazione	D.Magnifico 	A.Rinaldi 	F.Iacobini 

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 1 BONIFICA ORDIGNI BELLCI	
CAPITOLATO-PARTE II - SEZIONE 1	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 001 B</u>	FOGLIO 2 di 8

INDICE

1.1.	SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE	3
1.2.	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	3
1.2.1.	NORMATIVA NAZIONALE	3
1.2.2.	DOCUMENTAZIONE TECNICA DI RIFERIMENTO	3
1.3.	DEFINIZIONI	4
1.4.	ABBREVIAZIONI.....	4
1.5.	PRESCRIZIONI GENERALI	5
1.5.1.	ONERI GENERALI	5
1.5.2.	NORME DI SICUREZZA	5
1.6.	RIMOZIONE DELLA VEGETAZIONE.....	6
1.7.	ESPLORAZIONE DEL TERRENO E SCAVO PER L'INDIVIDUAZIONE DEGLI ORDIGNI BELLCI.....	6
1.8.	EVENTUALE RIMOZIONE DEGLI ORDIGNI, SOSTANZE E MATERIALI BELLCI	7
1.9.	EVENTUALE RITOMBAMENTO AL TERMINE DELLE ATTIVITA'	8
1.10.	COLLAUDO	8

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 1 BONIFICA ORDIGNI BELLCI	
CAPITOLATO-PARTE II - SEZIONE 1	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 001 B</u>	FOGLIO 3 di 8

1.1. SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente sezione è parte integrante del Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle Opere Civili (RFI DTC SI SP IFS 001) e ne costituisce la prima sezione sostituendo la sezione 1 della parte II del precedente Capitolato (cod. RFI DTC SI CS SP IFS 001 A - del 30/12/2016).

Con la dicitura "Bonifica da Ordigni Bellici " si intendono tutte le attività finalizzate alla ricerca, disinnescamento e/o rimozione di ordigni bellici di qualsiasi natura dalle aree interessate dai lavori di costruzione oggetto del presente Capitolato.

Per ordigni bellici, indipendentemente dalla terminologia utilizzata nel seguito e in ogni altro documento contrattuale o progettuale, si intendono: mine, bombe, proiettili, ordigni bellici, masse ferrose e residui esplosivi bellici di qualsiasi natura.

I lavori di bonifica dovranno essere eseguiti nel rispetto delle leggi dello Stato e dei regolamenti militari vigenti, e di quanto prescritto dal presente Capitolato. In caso di conflitto, le prescrizioni e le disposizioni che l'Amministrazione Militare, competente per territorio, riterrà opportuno impartire circa l'esecuzione dei lavori di bonifica, potranno prevalere, con l'accordo della DL, su quelle del presente Capitolato.

1.2. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

I lavori saranno eseguiti in accordo alle norme di legge, istruzioni e normative tecniche applicabili, nonché a tutte quelle indicate nel presente documento e nelle sezioni di Capitolato richiamate nel testo. Si elencano di seguito la principale normativa e documentazione di riferimento.


1.2.1. NORMATIVA NAZIONALE

Si richiamano, a titolo non esaustivo, le principali normative relative all'argomento in oggetto:

- R.D. 18/06/31 n° 773 T.U. leggi Pubblica Sicurezza Artt.46 e 52 e s.m.i.;
- R.D. 06/05/40 n° 635 Approvazione del regolamento per l'esecuzione del testo unico del 18/06/31 n° 773, delle leggi di pubblica sicurezza e s.m.i.;
- D.L.L. 12/04/46, n. 320 e s.m.i. - Bonifica dei campi minati
- D.Lgs.09/04/2008 n. 81 e s.m.i. – Testo Unico Sicurezza;
- D. Lgs.15/03/2010 n. 66 e s.m.i. - Codice dell'ordinamento militare;
- D. Lgs. 24/02/2012 n 20– Nuovo codice ordinamento militare;
- Legge 01/10/2012 n. 177;
- Circolare del Ministero della Difesa, Prot.M_D/GGEN/E5/20877/21/104/10 in data 07/12/2010;
- Circolare del Ministero degli Interni 300/46 del 24/11/52.
- D.I. 11 maggio 2015, n.82 – Regolamento per la definizione dei criteri per l'accertamento dell'idoneità delle imprese ai fini dell'iscrizione all'albo delle imprese specializzate in bonifiche da ordigni esplosivi residui bellici.

1.2.2. DOCUMENTAZIONE TECNICA DI RIFERIMENTO

- Disciplinare tecnico per l'esecuzione del servizio di Bonifica Bellica Sistemica Terrestre – Ministero della Difesa – ed. 2015;
- Direttiva n.001/B.TER./2015 Bonifica bellica sistemica terrestre – Ministero della Difesa – ed. 2015

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 1 BONIFICA ORDIGNI BELLICI	
CAPITOLATO-PARTE II - SEZIONE 1	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 001 B</u>	FOGLIO 4 di 8

1.3. DEFINIZIONI

Per i termini tecnici, utilizzati nella presente specifica, si riportano di seguito le relative definizioni:

DIRETTORE DEI LAVORI: soggetto che ha la responsabilità del coordinamento e della supervisione dell'attività di tutto l'ufficio di direzione dei lavori, ed interloquisce in via esclusiva con l'esecutore in merito agli aspetti tecnici ed economici del contratto. Cura che i lavori siano eseguiti a regola d'arte ed in conformità al progetto e al contratto.

DIREZIONE LAVORI: ufficio preposto alla direzione ed al controllo tecnico, contabile e amministrativo dell'esecuzione dell'intervento nel rispetto degli impegni contrattuali;

DITTA INCARICATA: Impresa specializzata nel settore della Bonifica Bellica ai sensi dell'art.1, comma 4-bis della Legge 177/2012.

DIRIGENTE TECNICO B.C.M., ASSISTENTE TECNICO B.C.M., RASTRELLATORE B.C.M., OPERAI QUALIFICATI PER IL SERVIZIO B.C.M.: Tecnici e maestranze impiegate dall'impresa esecutrice dei lavori di bonifica dotati di appositi brevetti con relativa scadenza, come prescritto del D.I. 11 maggio 2015, n.82 e dalla normativa vigente.

ESECUTORE: Soggetto incaricato dell'esecuzione dei lavori (Appaltatore, General Contractor ,Contraente Generale)

FERROVIE: Rete Ferroviaria Italiana S.p.A. o chi agisce in nome e per conto di RFI S.p.A. (es. Direzione Lavori, Alta Sorveglianza, ecc.).

LAVORI DI BONIFICA: si intende l'insieme di tutte le azioni da intraprendere per l'eliminazione, mediante asportazione ed allontanamento, oppure la neutralizzazione, mediante brillamento, di tutti gli ordigni bellici dalla zona di bonifica.

ORDIGNI BELLICI: si intendono, salvo eccezioni esplicitamente indicate, tutti gli ordigni esplosivi e residuati bellici quali, ad es., mine, bombe, proiettili, ecc., nonché masse ferrose e altri residuati bellici di qualsiasi natura.

ZONA DI BONIFICA: si definisce la porzione di territorio topografico in cui sia accertata o presunta la presenza di ordigni bellici e la cui estensione sia planimetrica che nel sottosuolo è definita in accordo con le competenti Autorità Militari.

1.4. ABBREVIAZIONI


B.C.M.: Bonifica campi minati;

B.O.B.: Bonifica ordigni bellici

CEL: coordinatore in materia di sicurezza e di salute durante la realizzazione dell'opera ai sensi del D.Lgs. n.81/2008 (Coordinatore per l'esecuzione dei lavori);

DL: Direttore Lavori/Direzione Lavori;

RFI: Rete Ferroviaria Italiana S.p.A.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 1 BONIFICA ORDIGNI BELLICI	
CAPITOLATO-PARTE II - SEZIONE 1	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 001 B</u>	FOGLIO 5 di 8

1.5. PRESCRIZIONI GENERALI

1.5.1. ONERI GENERALI

La "Bonifica da Ordigni Bellici", ove prevista, è da intendersi tassativamente propedeutica a qualsiasi altra attività lavorativa e deve essere svolta sulla base di un parere vincolante dell'Autorità Militare competente per territorio in merito alle specifiche regole tecniche da osservare in considerazione della collocazione geografica e della tipologia dei terreni interessati, nonché mediante misure di sorveglianza dei competenti organismi del Ministero della difesa, del Ministero del lavoro e delle politiche sociali e del Ministero della salute.

Prima dell'inizio dei lavori di bonifica l'ESECUTORE, per il tramite della DL, dovrà presentare istanza per il rilascio del Parere vincolante e le annesse Prescrizioni Tecniche al Reparto Infrastrutture territorialmente competente. L'istanza di bonifica bellica dovrà essere redatta come indicato nella Direttiva n.001/B.TER./2015 "Bonifica bellica sistematica terrestre".

A valle della presentazione di istanza, il parere vincolante e le annesse prescrizioni tecniche dovranno essere restituite dall'ESECUTORE, sempre per tramite della DL, al Reparto Infrastrutture tramite PEC o posta raccomandata, firmate per accettazione e comprensive anche del progetto di bonifica bellica. Il progetto di bonifica bellica dovrà essere redatto come indicato nella Direttiva n.001/B.TER./2015 "Bonifica bellica sistematica terrestre".

Le attività di ricerca e scorporamento di ordigni esplosivi residuati bellici potranno avere inizio solo ad avventura approvazione del progetto di bonifica bellica, con conseguente rilascio, da parte del Reparto Infrastrutture, del Nulla Osta.

La direzione tecnica ed organizzativa del Servizio di Bonifica Bellica sarà affidata al Dirigente Tecnico della Ditta Incaricata, mentre la direzione operativa e la responsabilità della tenuta e compilazione dei relativi documenti di cantiere sarà di competenza dell'Assistente Tecnico, che dovrà assicurare la sua costante presenza durante le operazioni, come prescritto dal "Disciplinare tecnico per l'esecuzione del servizio di Bonifica Bellica Sistematica Terrestre". L'esecuzione pratica delle attività di ricerca, individuazione e scorporamento di ordigni esplosivi residuati bellici saranno opera del Rastrellatore.

L'ESECUTORE, nell'esecuzione dei lavori, dovrà attenersi alle disposizioni e precauzioni da osservare per assicurare la continuità e la sicurezza dell'esercizio ferroviario.

Giornalmente all'inizio dell'attività lavorativa, l'ESECUTORE consegnerà alle FERROVIE l'elenco nominativo, con qualifica, del personale effettivamente presente ed operante in cantiere.


Tutti i residuati bellici, di qualsiasi natura, rinvenuti appartengono e dovranno essere consegnati alla Amministrazione Militare.

Nel caso di lavori da eseguire su fondale marino, lacustre, alveo di fiume o comunque in presenza d'acqua, l'ESECUTORE, per mezzo della Ditta Incaricata, dovrà adeguare le attrezzature di ricerca e di servizio alla particolare tipologia dei luoghi.

Per tutti gli aspetti di dettaglio sulla gestione dell'attività dal punto di vista tecnico e del procedimento amministrativo non affrontati nella presente Sezione, si rimanda a quanto prescritto nei documenti, già più volte citati, indicati al §1.1.2 della presente Sezione (Disciplinare tecnico per l'esecuzione del servizio di Bonifica Bellica Sistematica e Direttiva n.001/B.TER./2015 Bonifica bellica sistematica terrestre).

1.5.2. NORME DI SICUREZZA

La Bonifica Bellica deve essere eseguita ponendo in essere tutte le particolari precauzioni intese ad evitare danni alle persone ed alle cose, osservando a tale scopo le vigenti disposizioni in materia di sicurezza nonché le

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 1 BONIFICA ORDIGNI BELLICI	
CAPITOLATO-PARTE II - SEZIONE 1	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 001 B</u>	FOGLIO 6 di 8

norme tecniche riportate nel “Disciplinare tecnico per l’esecuzione del servizio di Bonifica Bellica Sistemica Terrestre”.

Le zone da bonificare dovranno essere opportunamente recintate e segnalate con appositi cartelli indicanti il pericolo; sarà cura dell'ESECUTORE richiedere l'intervento delle autorità preposte per i provvedimenti da adottare per la disciplina del transito nelle zone interessate dai lavori di bonifica. Inoltre, nell'ambito del cantiere dovrà essere operante un posto di primo soccorso attrezzato con presidi medici come da Allegati 1 e 2 del Decreto del 15 luglio 2003, n.388 (cassetta di pronto soccorso e pacchetto di medicazione). Dovrà, inoltre, essere data comunicazione all'Azienda Sanitaria Locale competente sul territorio in cui si svolge l'attività, per la predisposizione degli interventi di emergenza, assicurando altresì la disponibilità di un idoneo collegamento telefonico/radio con il più vicino ospedale (indicato dall'ASI).

Le fasi di lavoro da svolgere per effettuare la bonifica sono le seguenti:

- rimozione della vegetazione;
- esplorazione del terreno e scavo per l'individuazione degli ordigni bellici;
- eventuale rimozione degli ordigni, sostanze e materiali bellici;
- eventuale ritombamento al termine delle attività.

1.6. RIMOZIONE DELLA VEGETAZIONE

Tale attività deve essere eseguita in maniera preventiva, allo scopo di eliminare tutta la vegetazione presente sul terreno da bonificare che sia di intralcio ad un corretto impiego degli apparati di ricerca, e dovrà essere eseguita come indicato nel “Disciplinare tecnico per l’esecuzione del servizio di Bonifica Bellica Sistemica Terrestre”.

Il taglio della vegetazione dovrà essere eseguito da personale qualificato (Rastrellatori B.C.M.) sotto la supervisione di un Assistente Tecnico B.C.M., nel rispetto della costituzione della squadra tipo, prevedendo l'assistenza di tutte le figure previste dal D. Lgs. 81/2008 e s.m.i. per garantire la sicurezza (addetti al primo soccorso, emergenze, etc.).


Nel tagliare la vegetazione dovranno essere poste in essere tutte le possibili cautele atte a evitare il fortuito contatto – sia del personale che dei mezzi di lavoro – con eventuali ordigni affioranti. Nel caso di terreni che si possano ritenere infestati da ordigni particolarmente pericolosi (mine anti uomo, bombe a mano inesplose, ecc.), il taglio della vegetazione deve procedere di pari passo con la bonifica superficiale.

Durante le operazioni di taglio – nel rispetto delle vigenti disposizioni emanate dall'Autorità Forestale – dovranno essere salvaguardate le piante ad alto fusto e le matricine esistenti.

1.7. ESPLORAZIONE DEL TERRENO E SCAVO PER L'INDIVIDUAZIONE DEGLI ORDIGNI BELLICI

Gli scavi necessari allo scoprimento degli eventuali ordigni bellici individuati dovranno essere effettuati con sistemi e mezzi che non pregiudichino l'incolumità delle maestranze, dei mezzi e delle attrezzature nonché eventuali manufatti presenti nell'area di cantiere o nelle immediate adiacenze e condotti in modo da raggiungere le profondità necessarie per la identificazione degli ordigni bellici. In particolare, si procederà:

- rimuovendo dallo scavo ogni materiale, compreso ceppi, radici, massi, murature e oggetti di varia natura, per verificare la presenza al di sotto degli stessi di eventuali ordigni;
- dando alle pareti degli scavi l'inclinazione necessaria per impedire scosscendimenti o franamenti e per

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 1 BONIFICA ORDIGNI BELLICI	
CAPITOLATO-PARTE II - SEZIONE 1	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 001 B</u>	FOGLIO 7 di 8

- consentire il lavoro del Rastrellatore e l'efficace impiego degli apparati di ricerca;
- aggotando, eventualmente, l'acqua che si infiltrasse negli scavi; armando, all'occorrenza, le pareti degli scavi.

La bonifica bellica superficiale consiste nelle attività di ricerca, localizzazione e scoprimento di tutti gli ordigni, mine e residuati bellici di ogni genere e tipo nonché di tutte le masse metalliche presenti nel terreno fino a cm. 100 di profondità dal piano campagna e nella loro successiva eliminazione, secondo le previste procedure.

La bonifica bellica di profondità viene svolta per ricercare, individuare e localizzare ordigni o masse ferrose interrati a profondità superiore a **cm. 100** dal piano campagna originario. Essa deve essere sempre preceduta dalla bonifica superficiale.

Tali attività di bonifica verranno eseguite secondo quanto prescritto nel "Disciplinare tecnico per l'esecuzione del servizio di Bonifica Bellica Sistemica Terrestre".

Gli scavi finalizzati al recupero delle masse ferrose individuate con le fasi di ricerca superficiale dovranno essere effettuati esclusivamente a mano con precauzione ed attrezzature adeguate alla particolarità ed ai rischi della operazione. Gli scavi a mano a profondità superiore a **cm. 100** dal piano campagna si potranno effettuare laddove per problemi operativi o mancanza di sufficiente spazio, non sia possibile l'uso di mezzi meccanici. Nello scavo a mano occorre sempre procedere a strati successivi di spessore non superiore a **30 cm.** procedendo alla verifica del fondo scavo prima di passare allo strato successivo.


Gli scavi con mezzi meccanici sono da effettuarsi, a profondità superiore a cm. 100, in terreni di qualsiasi genere, natura e consistenza, e sono eseguiti mediante impiego di idonei mezzi meccanici dotati di opportuni sistemi di protezione e muniti di benna liscia, che devono procedere a strati successivi, di spessore non superiore all'accertata capacità di rilevazione degli apparati di ricerca e previa verifica del terreno da escavare. Inoltre, si precisa che tale modalità operativa si applica quando si è in prossimità di una interferenza ferromagnetica tale da fare presumere la presenza di un ordigno bellico a distanza pari a circa un metro.

Tutte le aree scavate, al termine della bonifica, dovranno essere convenientemente rinterrate dall'ESECUTORE, per ripristinare il preesistente stato dei luoghi.

1.8. EVENTUALE RIMOZIONE DEGLI ORDIGNI, SOSTANZE E MATERIALI BELLICI

In tutti i casi di rinvenimento di ordigni bellici, come da "Disciplinare tecnico per l'esecuzione del servizio di Bonifica Bellica Sistemica Terrestre", la Ditta Incaricata ha l'obbligo di:

- sospendere immediatamente le attività di ricerca;
- denunciare il rinvenimento dell'ordigno bellico presso la stazione dei Carabinieri territorialmente competente, preventivamente informata dello svolgimento delle attività di bonifica bellica, e contestualmente darne comunicazione a FERROVIE, per il tramite della DL;
- porre in atto idonea segnaletica di pericolo intorno all'ordigno bellico;
- porre in essere tutti gli accorgimenti ritenuti necessari, da valutare di volta in volta in funzione dei luoghi e della tipologia dell'ordigno, per evitare che estranei possano avvicinarsi all'ordigno ed allo scavo effettuato;
- non riprendere le attività di bonifica prima dell'intervento di personale specializzato dell'Amministrazione Militare preposto alla successiva neutralizzazione dell'ordigno e che provvederà eventualmente ad emanare il parere di competenza, i vincoli e le limitazioni del caso.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 1 BONIFICA ORDIGNI BELLCI	
CAPITOLATO-PARTE II - SEZIONE 1	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 001 B</u>	FOGLIO 8 di 8

1.9. EVENTUALE RITOMBAMENTO AL TERMINE DELLE ATTIVITA'

Le zone di bonifica saranno oggetto di pulizia e saranno ripristinate al termine delle operazioni mediante l'eventuale ritombamento del materiale precedentemente rimosso, nel rispetto sia della vigente normativa in materia, sia della sezione 20 "Gestione delle terre e rocce da scavo" del presente Capitolato.

1.10. COLLAUDO

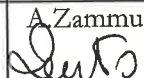
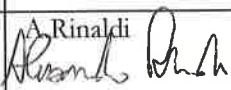

Al termine del servizio di Bonifica Bellica, l'ESECUTORE trasmetterà al Reparto Infrastrutture, per il tramite del DL, l'attestato di Bonifica Bellica secondo le indicazioni riportate nella Direttiva n.001/B.TER./2015 "Bonifica bellica sistematica terrestre".

I lavori si considerano finiti, e quindi l'area può intendersi bonificata, solo a seguito del rilascio del Verbale di Constatazione da parte del Reparto Infrastrutture. Pertanto, qualsiasi documento attestante l'avvenuta Bonifica Bellica delle aree, anche se rilasciato dalla Ditta Incaricata, se non vistato dall'Ufficio B.C.M. del Reparto Infrastrutture e corredato da specifico Verbale di Constatazione è nullo ai fini della liberalizzazione delle aree sotto il profilo bellico.

**CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO
DELLE OPERE CIVILI**

**PARTE II - SEZIONE 2
RILIEVI TOPOGRAFICI E TRACCIAMENTI**

- 2.1. SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE
- 2.2. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO
- 2.3. DEFINIZIONI
- 2.4. ABBREVIAZIONI
- 2.5. ONERI GENERALI
- 2.6. RETI
- 2.7. POLIGONALI
- 2.8. LIVELLAZIONI
- 2.9 RILIEVI
- 2.10 RILIEVI TOPOGRAFICI PER VERIFICHE DI COMPATIBILITA'
IDRAULICA DI MANUFATTI FERROVIARI

Rev.	Data	Descrizione	Redazione	Verifica Tecnica	Autorizzazione
A	30/12/2016	Emissione per applicazione	A.Zammuto	A.Rinaldi	F.Iacobini
B	22/12/2017	Emissione per applicazione	A.Zammuto 	A.Rinaldi 	F.Iacobini 

INDICE

2.1	SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE	5
2.2	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	5
2.2.1	NORMATIVA NAZIONALE	5
2.3	DEFINIZIONI	5
2.4	ABBREVIAZIONI.....	6
2.5	ONERI GENERALI.....	6
2.5.1	ONERI GENERALI PER RILIEVI IN CORSO DI ESECUZIONE DEI LAVORI	7
2.5.2	SQUADRA TOPOGRAFICA.....	8
2.5.3	STRUMENTAZIONE	8
2.5.4	VERTICI	10
2.5.4.1	Capisaldi	10
2.5.4.1.1.	<i>Pilastrini di tipo A.....</i>	<i>10</i>
2.5.4.1.2.	<i>Pilastrini di tipo B.....</i>	<i>10</i>
2.5.4.1.3.	<i>Centrini metallici.....</i>	<i>10</i>
2.5.4.1.4.	<i>Chiodi.....</i>	<i>10</i>
2.5.4.2	Punti di stazione.....	11
2.5.5	CONTROLLI.....	11
2.6	RETI.....	12
2.6.1	RETE DI INQUADRAMENTO.....	12
2.6.1.1	Scelta e controllo dei vertici	12
2.6.1.2	Determinazione di nuovi punti.....	12
2.6.2	RETE DI RAFFITTIMENTO.....	13
2.6.3	RETE GPS DI INQUADRAMENTO E RAFFITTIMENTO.....	14
2.6.3.1	Scelta dei vertici.....	14
2.6.3.2	Coordinate rettilinee.....	15
2.6.4	MONOGRAFIE.....	16
2.6.5	DOCUMENTAZIONE TOPOGRAFICA	16
2.7	POLIGONALI	17
2.7.1	POLIGONALI DI PRECISIONE PLANOALTIMETRICHE A LATI LUNGHI	17
2.7.2	POLIGONALE PLANIMETRICA A LATI CORTI	18
2.7.3	POLIGONALI DI PRECISIONE.....	19
2.7.3.1	Scelta dei vertici di partenza e controllo della conformità degli stessi	19
2.7.3.2	Azimut di direzione e orientamento iniziale.....	20
2.7.3.3	Modalità di lettura strumentale e tolleranze	20
2.7.3.4	Compensazione ed elaborazione dati	20

2.7.4	POLIGONALI SECONDARIE.....	20
2.7.4.1	Scelta dei vertici di partenza e controllo della conformità degli stessi	20
2.7.4.2	Azimut di direzione e orientamento iniziale.....	21
2.7.4.3	Modalità di lettura strumentale e tolleranze	21
2.7.4.4	Compensazione ed elaborazione dati	21
2.7.4.5	Redazione delle monografie e schizzi planimetrici dei nuovi capisaldi.....	21
2.7.4.6	Documentazione topografica.....	22
2.8	LIVELLAZIONI.....	22
2.8.1	LIVELLAZIONI DI PRECISIONE	23
2.8.1.1	Scelta dei capisaldi di partenza e controllo conformità degli stessi	23
2.8.1.2	Scelta della strumentazione	23
2.8.1.3	Modalità di lettura strumentale e tolleranza.....	23
2.8.1.4	Compensazione ed elaborazione dati	24
2.8.1.5	Redazione delle monografie e schizzi planimetrici dei nuovi capisaldi di livellazione	24
2.8.1.6	Documentazione topografica.....	24
2.8.2	LIVELLAZIONI TECNICHE.....	25
2.8.2.1	Scelta dei capisaldi di partenza e controllo conformità degli stessi	25
2.8.2.2	Scelta della strumentazione	25
2.8.2.3	Modalità di lettura strumentale e tolleranze	26
2.8.2.4	Compensazione di elaborazione dati.....	26
2.8.2.5	Redazione delle monografie e schizzi planimetrici dei nuovi capisaldi.....	26
2.8.2.6	Documentazione topografica.....	26
2.9	RILIEVI	27
2.9.1	RILIEVI CELERIMETRICI DI DETTAGLIO	27
2.9.1.1	Scelta dei capisaldi di partenza e controllo della conformità degli stessi	27
2.9.1.2	Orientamento iniziale.....	27
2.9.1.3	Scelta della strumentazione	27
2.9.1.4	Modalità di lettura strumentale e tolleranze, registrazione delle misure, elaborazione dati.....	28
2.9.1.5	Tolleranze ed elaborazione dati.....	28
2.9.2	RILIEVO DELLE SEZIONI TRASVERSALI	29
2.9.2.1	Rilievo e disegno di sezioni trasversali rispetto all'asse di progetto o esistente	29
2.9.2.2	Documentazione topografica.....	30
2.9.3	TRACCIAMENTI PLANOALTIMETRICI	30
2.9.3.1	Scelta dei capisaldi di partenza e controllo della conformità degli stessi	30
2.9.3.2	Orientamento iniziale.....	30
2.9.3.3	Scelta della strumentazione	30
2.9.3.4	Calcolo dei valori di tracciamento.....	31
2.9.3.5	Modalità di tracciamento	31
2.9.3.6	Tolleranze.....	31
2.9.3.7	Documentazione topografica.....	31
2.10	RILIEVI TOPOGRAFICI PER VERIFICHE DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA DI MANUFATTI FERROVIARI	32
2.10.1	TRILATERAZIONE CON METODO GPS E MISURA GPS SU DUE NUOVI VERTICI DA MATERIALIZZARE.	33
2.10.1.1	Misura di tre vertici IGM95 e di una coppia di nuovi vertici all'interno del triangolo	33
2.10.1.2	Elaborazione delle misure.	34

2.10.2	SEZIONI TRASVERSALI DEL CORSO D'ACQUA.....	35
2.10.3	RILIEVO PLANO-ALTIMETRICO PER VERIFICHE DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA DI MANUFATTI FERROVIARI.....	36
2.10.4	RILIEVO GEOMETRICO DI UN MANUFATTO DI ATTRAVERSAMENTO IDRAULICO.....	37

2.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente sezione è parte integrante del Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle Opere Civili (RFI DTC SI SP IFS 001) e sostituisce la Sezione 2 della parte II del precedente Capitolato (cod. RFI DTC SI CS SP IFS 002 A - del 30/12/2016).

La presente sezione di Capitolato ha lo scopo di descrivere e standardizzare le fondamentali operazioni topografiche svolte per:

- rete di inquadramento e raffittimento
- poligonali
- livellazione di precisione
- livellazioni tecniche
- rilievi planoaltimetrici
- rilievo delle sezioni trasversali
- tracciati planoaltimetrici.

La presente sezione si applica alle operazioni topografiche necessarie alla realizzazione delle opere di vario genere, all'esecuzione di rilievi planoaltimetrici ed al posizionamento di opere d'arte.

2.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

I lavori saranno eseguiti in accordo alle norme di legge, istruzioni e normative tecniche applicabili, nonché a tutte quelle indicate nel presente documento e nelle sezioni di Capitolato richiamate nel testo. Si elencano di seguito la principale normativa e documentazione di riferimento.

2.2.1 NORMATIVA NAZIONALE

- D.P.R. 06 giugno 2001, n. 380 "Testo unico per l'edilizia" e s.m.i.
- D.lgs. 18 aprile 2016, n. 50 "Attuazione delle direttive 2014/23/UE, 2014/24/UE e 2014/25/UE sull'aggiudicazione dei contratti di concessione, sugli appalti pubblici e sulle procedure d'appalto degli enti erogatori nei settori dell'acqua, dell'energia, dei trasporti e dei servizi postali, nonché per il riordino della disciplina vigente in materia di contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture." e s.m.i.
- D.lgs. 09 aprile 2008, n. 81 "Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro" e s.m.i.
- D.M. Infrastrutture 14 gennaio 2008 "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni" e s.m.i.
- Circolare 02 febbraio 2009, n. 617/C.S.LL.PP. "Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14.01.2008" e s.m.i.

2.3 DEFINIZIONI

CONTRATTO: contratto di appalto o di concessione avente per oggetto l'acquisizione di servizi, o di forniture, ovvero l'esecuzione di opere o lavori, posti in essere dalla stazione appaltante;

Direzione lavori: ufficio preposto alla direzione ed al controllo tecnico, contabile e amministrativo

dell'esecuzione dell'intervento nel rispetto degli impegni contrattuali;

ESECUTORE: Soggetto incaricato dell'esecuzione dei lavori (Appaltatore, General Contractor, Contraente Generale);

FERROVIE: Rete Ferroviaria Italiana S.p.A. o chi agisce in nome e per conto di Rete Ferroviaria Italiana S.p.A. (Direzione Lavori, Alta sorveglianza)

2.4 ABBREVIAZIONI

ASCII: American Standard Code for Information Interchange (Codice Standard Americano per lo scambio di informazioni)

Cls: calcestruzzo

CTR: Carta Tecnica Regionale

GDOP: Geometrical Dilution of Precision (Diluizione geometrica di precisione)

GPS: Global Positioning System (Sistema di posizionamento globale)

I.G.M.: Istituto Geografico Militare Italiano;

I.I.M.: Istituto Idrografico Marina

L.E.C.: Libretto Elettronico di Campagna

PDOP: Point of Dilution of Precision (Punto di diluizione di precisione)

p.p.m.: parti per milione

TA: Tolleranza altimetrica

TP: Tolleranza planimetrica

UTM: Universal Transverse of Mercator (Proiezione universale trasversa di Mercatore)

RFI: Rete Ferroviaria Italiana S.p.A.

WGS84: World Geodetic System 1984 (Sistema di coordinate geografiche geodetico basato su un ellissoide di riferimento elaborato nel 1984)

2.5 ONERI GENERALI

Nello svolgimento delle attività l'ESECUTORE potrà eseguire contemporaneamente più operazioni fra quelle indicate, scelte secondo le necessità operative ed i criteri di buona esecuzione, comunque espletate nel rispetto delle tolleranze di seguito descritte. Quindi le operazioni di rilievo e tracciamento dovranno essere supportate da livellazioni di precisione e/o tecniche e da poligonali planimetriche di precisione.

Resta inteso che l'ESECUTORE per particolari operazioni dettate dall'aspetto esecutivo delle varie opere, quali ad esempio conduzione delle frese con laser o distanziometri elettronici motorizzati intrecciati con opportuni software, valutazione dei cedimenti delle centine, seppur fundamentalmente legate alle tolleranze ed alle modalità operative delle operazioni di seguito descritte, dovrà valutarle di caso in caso e supportarle mediante redazione di specifica documentazione da sottoporre all'approvazione di FERROVIE.

L'ESECUTORE dovrà provvedere a sua cura e spese alle eventuali occupazioni temporanee di proprietà di terzi, conseguenti ai lavori previsti, nonché ai risarcimenti di qualsiasi natura per danni o pregiudizio alla proprietà di terzi o delle FERROVIE, derivanti dalle operazioni oggetto del presente Capitolato.

Tutto il materiale topografico, cartografico e monografico, relativo ai rilievi del terreno, compresi i disegni originali, resterà di piena ed assoluta proprietà di FERROVIE.

I lavori di rilievo topografico potranno avere come oggetto l'esecuzione di prestazioni di singole categorie oppure essere finalizzati alla realizzazione di cartografie, in questo ultimo caso procederanno per fasi e nessuna fase successiva potrà essere iniziata prima del completamento dei lavori di quella precedente.

E' fatto obbligo all'ESECUTORE di notificare a FERROVIE, con almeno quindici giorni di anticipo, la data presunta di ultimazione dei lavori per consentire a FERROVIE di effettuare i controlli che riterrà opportuni. Resta inteso che gli eventuali controlli eseguiti nelle fasi intermedie non impegnano FERROVIE ai fini dei controlli finali previsti nell'ultima fase dei lavori.

L'ESECUTORE è anche tenuto a comunicare, almeno 15 giorni prima dell'inizio delle operazioni di campagna, l'esatto recapito della Squadra operativa, nonché la data di inizio e quella, presumibile, di fine delle operazioni stesse.

2.5.1 ONERI GENERALI PER RILIEVI IN CORSO DI ESECUZIONE DEI LAVORI

Sarà cura dell'ESECUTORE, se non diversamente prescritto:

- Provvedere a quanto necessario affinché tutte le operazioni di rilievo siano eseguite avvalendosi di un'unica rete di capisaldi in tutte le fasi di realizzazione del progetto (indagini, ingegneria, costruzioni, controlli).
- Provvedere a quanto necessario onde evitare manomissioni del reticolo di capisaldi. Nel caso in cui, per esigenze connesse ai lavori od in conseguenza di avvenimenti di qualsiasi natura (anche non dipendenti dall'ESECUTORE), il reticolo (o singoli capisaldi) risultassero manomessi, sarà onere dell'ESECUTORE provvedere ai necessari ripristini.
- Provvedere alla installazione delle modine necessarie a definire con la massima precisione il profilo delle scarpate di scavi e rilevati.
- Mettere a disposizione di FERROVIE la documentazione, la strumentazione e il personale tecnico e ausiliario necessari per la effettuazione dei rilievi che la stessa ritenesse opportuni per eventuali controlli in fase di costruzione.
- Prima di iniziare i lavori di sterro e riporto eseguire la picchettazione completa del lavoro, e nel caso in cui ai lavori in terra siano connesse opere murarie o in calcestruzzo, dovrà procedere al tracciamento di esse con l'obbligo della conservazione, in entrambi i casi, dei capisaldi di partenza.
- Detti capisaldi dovranno essere correlati con la rete geodetica nazionale GPS IGM 95, secondo le modalità riportate al successivo paragrafo 2.6.1 e con quella utilizzata per la redazione della cartografia; tali capisaldi dovranno altresì coincidere (a meno delle necessarie integrazioni) con quelli utilizzati all'atto della campagna geognostico-geotecnica.
- Elaborare, gestire specifiche documentazioni di controllo delle attività topografiche, a cui allegare tutta la certificazione emessa nell'espletazione dei controlli stessi. Tale documentazione dovrà essere archiviata a cura dell'ESECUTORE in modo che ne sia garantita la tracciabilità.

2.5.2 SQUADRA TOPOGRAFICA

L'ESECUTORE dovrà individuare specifiche squadre topografiche a cui affidare le attività topografiche necessarie per la realizzazione delle opere. Per ogni squadra topografica dovrà nominare un responsabile delle attività topografiche (Topografo Senior) e i suoi collaboratori (Topografi Senior e Junior canneggiatore) secondo le esigenze delle specifiche attività.

L'ESECUTORE dovrà utilizzare personale specializzato per l'uso della strumentazione topografica e per lo sviluppo sul terreno dei lavori topografici; tale personale sarà organizzato in squadre, secondo la composizione minima sotto indicata e dovrà possedere i seguenti requisiti, di cui sarà data adeguata certificazione:

- Topografo senior
 - Titolo di studio minimo: Geometra o equivalente;
 - Esperienza lavorativa: 5 anni;
 - Conoscenza e padronanza degli strumenti impiegati;
 - Conoscenza specifica della normativa I.G.M. e della documentazione contrattuale
 - Conoscenza specifica dei metodi di calcolo
- Topografo junior
 - Titolo di studio minimo: Geometra o equivalente;
 - Esperienza lavorativa: 2 anni;
 - Conoscenza e padronanza degli strumenti impiegati;
 - Conoscenza della normativa I.G.M. e della documentazione contrattuale
 - Conoscenza dei metodi di calcolo

L'ESECUTORE dovrà documentare i suddetti requisiti mediante un curriculum dettagliato riportante le esperienze specifiche, in riferimento alla strumentazione utilizzata.

Le certificazioni saranno emesse una sola volta per ogni singolo addetto, che le conserverà unitamente al documento di riconoscimento.

Prima di effettuare qualsiasi operazione di rilevazione e/o tracciamento l'ESECUTORE dovrà controllare l'idoneità di ogni singolo addetto e che la composizione delle squadre, in relazione anche alla strumentazione impiegata, rispetti i minimi di seguito riportati:

- Squadra topografica per poligonali e livellazioni
 - n°1 Topografico Senior
 - n°2 Topografi junior canneggiatori
- Squadra topografica per rilievi e tracciati planoaltimetrici
 - n° 1 Topografico Senior
 - n°1 Topografo junior canneggiatore.

2.5.3 STRUMENTAZIONE

Lo stato di rettifica di tutte le apparecchiature impiegate, sia per i rilievi di campagna che per la restituzione,

dovrà essere controllato prima dell'inizio effettivo dei lavori. FERROVIE si riserva la facoltà di richiedere la verifica delle apparecchiature anche in corso d'opera.

I rilievi angolari dovranno essere eseguiti con teodolite di precisione tale da consentire una lettura diretta di almeno due secondi centesimali; quelli lineari con distanziometro elettronico o tellurometro aventi una precisione, indipendentemente dalla distanza misurata, non inferiore a $\pm 5 \text{ mm} + 10 \times 10^{-6} \times D$ - E.q.m. (errore quadratico medio). L'uso di apparecchi aventi precisione diversa da quella prescritta dovrà essere preventivamente autorizzata da FERROVIE. In alternativa l'ESECUTORE potrà usare le "total station" o strumentazioni GPS ultima generazione che forniscano risultati comparabili alla strumentazione precedente.

Per tutti i calcoli topografici i valori delle funzioni trigonometriche avranno un adeguato numero di cifre decimali in modo che, in qualsiasi maniera si sviluppino i calcoli, i risultati parziali e finali garantiscano sempre uguale la terza cifra decimale per le misure lineari (espresse in metri) e la quarta cifra decimale per le misure angolari (espresse in gradi centesimali).

Per le relative livellazioni geometriche di precisione saranno utilizzati livelli di precisione muniti di lamina pian parallela o ottica elettronica con registrazione dei dati.

A parità di prestazioni, sono da preferire gli strumenti dotati di indice (o di compensatore) verticale automatico e di sistema di lettura diametrale al cerchio orizzontale. Qualora si intendano eseguire i calcoli tramite procedure informatizzate, sono da preferire i sistemi automatici di registrazione dei dati, quale sistema integrativo degli usuali quaderni di campagna ove riportare le letture effettuate.

La strumentazione dovrà essere verificata prima dell'inizio delle operazioni di tracciamento. FERROVIE potrà chiedere in ogni momento la presentazione dei certificati di taratura della strumentazione.

L'ESECUTORE avrà inoltre cura di predisporre un adeguato numero di libretti di misura, che dovranno essere autenticati e vidimati da FERROVIE, numerando progressivamente le pagine e i libretti stessi.

Sui libretti, riempiti senza pagine bianche, i dati dovranno essere riportati in maniera indelebile e senza cancellazioni invisibili.

In alternativa, per i lavori non contabilizzati a misura, potranno essere redatti verbali giornalieri di campagna, eventualmente integrati dalle stampe emesse dagli strumenti elettronici, in cui saranno annotate almeno le seguenti informazioni:

- nome e qualifica degli operatori impiegati
- data
- ora di inizio e fine delle operazioni
- tipo e numero di matricola degli strumenti impiegati
- altezza dello strumento
- condizioni meteorologiche e temperatura

Dopo ogni messa in stazione l'ESECUTORE controllerà inoltre:

- che il punto di stazione sia stato materializzato sul terreno in conformità a quanto prescritto al successivo paragrafo 2.5.4 VERTICI;
- che lo strumento sia stato posizionato correttamente;
- che l'altezza dello strumento sia stata determinata con la massima cura e riportata correttamente sul libretto di misura o sul verbale di campagna;

- che le rilevazioni e le letture avvengano secondo le metodologie e le tolleranze indicate nel presente documento, per il tipo di rilevazione effettuata.

2.5.4 VERTICI

2.5.4.1 Capisaldi

I nuovi vertici della rete di inquadramento, i vertici della rete di raffittimento, delle poligonali e i capisaldi delle livellazioni saranno materializzati secondo una delle seguenti modalità.

2.5.4.1.1. Pilastrini di tipo A

Pilastrini di calcestruzzo eseguiti in opera di sezione di cm 40 x 40 fondati direttamente nel terreno a profondità non inferiore a cm 80, completi di centrini metallici a testa sferica murati e con numerazione realizzata con una serie di chiodi infissi nel calcestruzzo.

2.5.4.1.2. Pilastrini di tipo B

Pilastrini di calcestruzzo eseguiti in opera di sezione di cm 30 x 30 fondati direttamente nel terreno a profondità non inferiore a cm 40 completi di centrini metallici a testa sferica murati e con numerazione realizzata con una serie di chiodi infissi nel calcestruzzo.

I pilastrini, sia di tipo A sia di tipo B, devono essere realizzati in conglomerato cementizio della classe di resistenza caratteristica 30 o 35 con la faccia superiore convessa e lisciata previa spolveratura di cemento assoluto. Di norma i centrini metallici devono essere posti in opera al momento del getto di calcestruzzo. I centrini metallici devono essere realizzati in metallo (o lega metallica) resistente alla corrosione e porteranno incisi sulla base la scritta: "Rete Ferroviaria Italiana", l'anno di apposizione e il numero progressivo del vertice o caposaldo. E' obbligatorio l'uso dei pilastrini in calcestruzzo quando i vertici da materializzare ricadono in terreno libero e in tutti quei casi in cui manchino manufatti ben stabili.

FERROVIE indicherà quali vertici dovranno essere materializzati con pilastrini di tipo A e quali con pilastrini di tipo B.

2.5.4.1.3. Centrini metallici

Centrini metallici a testa sferica murati su manufatti esistenti o su roccia con numerazione incisa sulla parte metallica. I centrini metallici devono essere stabilmente murati su manufatti esistenti con malta di cemento composta da kg 600 di cemento tipo 425 per metro cubo di sabbia lavata e vagliata, scevra da materie micacee con superiore spolveratura di cemento assoluto e lisciatura. I centrini metallici devono essere in metallo (o lega metallica) anticorrosivo e porteranno incisi sulla base la scritta: Rete Ferroviaria Italiana, l'anno di apposizione e il numero progressivo del vertice o caposaldo. Non è consentito l'uso dei centrini metallici in tutti quei casi in cui manchino manufatti ben stabili.

2.5.4.1.4. Chiodi

Chiodi sparati su manufatti esistenti in calcestruzzo. I chiodi sparati, di norma, devono essere utilizzati per materializzare punti che non hanno carattere di stabilità e necessità di lunga conservazione. Il ricorso ai chiodi sparati è consentito per la materializzazione di punti soltanto su manufatti in conglomerato cementizio, semplice o armato, che non presentino fenomeni di degrado, previa autorizzazione di FERROVIE. I chiodi devono essere di acciaio con sezione minima di 5 mm e lunghezza 50 mm a testa piatta o filettata a richiesta di FERROVIE. La numerazione, in questo caso, andrà eseguita su rondella di adeguato diametro che sarà bloccata simultaneamente insieme al chiodo. La rondella dovrà trovarsi tra la testa del chiodo e il manufatto.

Tutti i punti, comunque materializzati, devono essere evidenziati e segnalati con frecce e cerchiature mediante vernice di colore intenso.

2.5.4.2 Punti di stazione

Nell'esecuzione di sezioni trasversali dell'infrastruttura ferroviaria, di rilievi planoaltimetrici del terreno o di rilievi di opere d'arte o manufatti, L'ESECUTORE dovrà scegliere i punti su cui stazionare con la strumentazione topografica di rilievo in modo tale da:

- poterne definire le coordinate plano-altimetriche;
- evitare "zone d'ombra" per il terreno o il manufatto da rilevare;
- garantire stabilità nel tempo alle apparecchiature topografiche di misura;
- garantire che siano reciprocamente visibili, se più di uno, e a distanza al massimo pari a 300 m.

Qualora i punti di stazione non coincidano con punti di coordinate note, l'ESECUTORE dovrà materializzare la loro posizione:

- sul terreno tramite un tondino di ferro infisso in modo che ne sporgano circa 5 cm e verniciato in colore intenso in modo da facilitarne il riconoscimento;
- sul terreno tramite un picchetto di legno con infisso un chiodo verniciato in colore intenso in modo da facilitarne il riconoscimento;
- in corrispondenza di manufatti esistenti, o su roccia, tramite centrini metallici murati, ovvero tramite chiodi sparati se trattasi di manufatti in calcestruzzo.

Per ogni punto di stazione l'ESECUTORE dovrà:

- redigere una apposita monografia che riporti anche le informazioni idonee a rintracciarne la posizione e uno schizzo planimetrico con le distanze da almeno tre punti particolari ben riconoscibili sul terreno.
- determinare le coordinate plano-altimetriche, collegandolo a punti di coordinate note tramite una delle seguenti procedure:
 - per le coordinate planimetriche tramite procedura di intersezione multipla in avanti a partire da tre punti di coordinate note, ovvero tramite il metodo del vertice di piramide collimando a quattro punti di coordinate note o, infine, realizzando una poligonale a lati corti tra punti di coordinate note in cui i punti di stazione coincidano con tutti o parte dei vertici della poligonale; i dati ricavati per le coordinate planimetriche dei punti di stazione vanno sottoposti a procedura analitica di compensazione, tenendo conto, se opportuno, della teoria degli errori;
 - per la quota, tramite livellazione trigonometrica da un estremo utilizzando gli stessi punti precedenti ovvero tre capisaldi di precisione (delle reti determinate da FERROVIE o della rete IGM), in entrambi i casi purché la distanza non superi i 500 m, altrimenti si dovrà inserire il punto di stazione in una livellazione di precisione dal mezzo che abbia inizio e termine su di un caposaldo (tra due capisaldi oppure chiusa su di uno solo).

2.5.5 CONTROLLI

Oltre ai controlli specificatamente previsti nelle prescrizioni alle singole fasi di lavoro, le Ferrovie si riservano la facoltà di eseguire, a loro insindacabile giudizio, i controlli che riterranno più opportuni sia nel corso dei lavori che ad ultimazione dei medesimi scegliendo le zone da controllare sia per l'ubicazione che per l'estensione. L'ESECUTORE si impegna ed accetta che un incaricato di FERROVIE possa accedere in qualsiasi momento nei locali dove si eseguono i lavori di elaborazioni dati, di restituzione e disegno cartografico o nelle zone dove sono in corso le operazioni topografiche all'aperto, per eseguire i controlli che saranno da FERROVIE ritenuti opportuni, mettendo a sua disposizione tutti i documenti, anche relativi alle operazioni in corso, che FERROVIE stessa riterrà utile consultare. Per l'esecuzione dei controlli stessi l'ESECUTORE dovrà fornire la manodopera ausiliaria (canneggiatori) necessaria, nonché un'autovettura con

autista attrezzata per il trasporto degli strumenti e del personale addetto ai controlli. Nel caso di mancata osservanza delle prescrizioni esecutive da parte dell'ESECUTORE, con particolare riguardo a misurazioni eseguite fuori tolleranza, ad omissione di particolari cartografici rilevanti, il relativo lavoro non sarà ritenuto accettabile e quindi dovrà essere ripetuto o corretto a tutta cura e spese dell'ESECUTORE medesimo, senza che ciò possa costituire motivo di prolungamento del termine utile contrattuale; quanto sopra oltre all'applicazione delle eventuali penalità che siano stabilite nel contratto.

2.6 RETI

2.6.1 RETE DI INQUADRAMENTO

2.6.1.1 Scelta e controllo dei vertici

Per l'inquadramento geodetico della cartografia o per gli allacci della poligonale, l'ESECUTORE dovrà redigere un grafico in scala 1:25.000 della rete planoaltimetrica dei punti I.G.M. 95 esistenti ed utilizzabili, dopo avere provveduto a reperire i relativi elementi geodetici. A tal fine l'ESECUTORE richiederà all'Istituto Geografico Militare di Firenze, la verifica dei punti trigonometrici che ritiene di dover utilizzare per il suddetto inquadramento, con l'eventuale ricalcolo degli elementi planoaltimetrici dei punti medesimi. Potranno essere utilizzati soltanto i vertici trigonometrici I.G.M. del I, II e III ordine. Nel caso che nella zona interessata dai rilievi non esistano vertici di I, II e III ordine, previa comunicazione scritta dell'ESECUTORE, potrà essere eccezionalmente consentita da FERROVIE, per l'inquadramento delle cartografie, l'utilizzazione di punti trigonometrici I.G.M. di IV ordine, purché determinati posteriormente all'anno 1942, oppure vertici della rete catastale o della rete costiera dell'Istituto Idrografico della Marina, purché rispondano ai requisiti, prescritti più avanti, per i vertici trigonometrici. Le Ferrovie potranno partecipare al controllo della rete di inquadramento, da effettuarsi, con misure dirette sul terreno, su almeno il 20% dei vertici presi in esame. La rete sarà ritenuta idonea quando la distanza D' tra i vertici contigui, ricavata dalle coordinate originarie, e la distanza D fra gli stessi vertici, ottenuta dalle misure di controllo, tenuto conto del modulo di deformazione della proiezione Gauss-Boaga, soddisfi la relazione: $|D' - D|$ minore o uguale a $D/10.000$. Le distanze D e D' verranno indicate in metri ed i punti che non soddisfino la suddetta relazione saranno scartati. Le operazioni topografiche per il controllo dei punti della rete d'inquadramento devono essere eseguite con le stesse modalità di quelle previste per la determinazione di nuovi punti.

2.6.1.2 Determinazione di nuovi punti

Per la determinazione di eventuali nuovi punti, in sostituzione di quelli I.G.M. scartati, occorrenti per la materializzazione della rete di inquadramento, saranno osservate le seguenti prescrizioni. I nuovi punti, posti ad una distanza variabile secondo le necessità, dovranno consentire una buona visibilità sulla zona circostante ed essere ubicati su manufatti stabili nel tempo e sui quali sia possibile fare stazione in modo da rendere possibili le osservazioni dal centro. Detti punti dovranno, inoltre, essere posti possibilmente al centro delle maglie formate dai vertici I.G.M. e verranno preferibilmente determinati mediante stelle di triangoli ben conformati e chiusi, dai quali si misureranno tutti e tre gli angoli e tutte le distanze. La stella dei triangoli si considererà ben conformata quando ciascun triangolo non abbia angoli minori di 30 gradi centesimali. Qualora non risulti possibile la determinazione a stella, il punto potrà essere determinato con un complesso di triangoli chiusi che abbiano come vertice comune detto punto e come basi le congiungenti dei punti I.G.M. ubicati da una parte di esso. In tale caso il numero dei triangoli non dovrà essere inferiore a 5 o, in caso di assoluta deficiente visibilità, non inferiore a 4. Anche in questi casi andranno misurati tutti gli angoli e tutte le distanze possibili, in modo da avere sempre misure sovrabbondanti utili per i calcoli di compensazione e per i controlli che FERROVIE riterrà opportuno effettuare.

Gli angoli azimutali andranno determinati con il metodo delle osservazioni a strati eseguendo, da ciascuna

stazione, almeno 6 strati di letture. Se dalla medesima stazione si eseguissero successivamente osservazioni a strati riferentesi a diversi gruppi di punti, tali strati dovranno avere in comune almeno due punti per risultare collegati. I vari strati saranno ridotti alla medesima origine e se ne medieranno i risultati, sempre che le differenze tra i loro valori non superino i 15 secondi centesimali. Qualora le differenze eccedano i limiti anzidetti le osservazioni andranno ripetute.

I calcoli di compensazione della rete così formata saranno condotti con metodi matematici rigorosi e tenendo conto della teoria degli errori.

La quota altimetrica del punto di nuova determinazione verrà ricavata con una livellazione trigonometrica; le osservazioni andranno riferite a tutti i punti trigonometrici I.G.M. visibili dal punto di stazione e saranno eseguite con il metodo delle osservazioni coniugate, che verranno ripetute in ore differenti. Tali osservazioni zenitali, non inferiori a 4 strati per ogni quota da determinare, per essere mediabili non dovranno presentare scarti superiori a 15 secondi centesimali. Si eviterà, per quanto possibile, di osservare zenitalmente le visuali sfioranti il terreno o le cime degli alberi di zone boschive. Le quote finali calcolate dai vari trigonometrici saranno mediate se i risultati ottenuti dai diversi calcoli avranno tra loro uno scarto inferiore a +/- cm. 10.

2.6.2 RETE DI RAFFITTIMENTO

Dalla rete di inquadramento fondamentale (solo per le scale 1:10.000 e 1:5.000) si deriverà una rete di punti di raffittimento sia planimetrico che altimetrico. Detti vertici di raffittimento dovranno essere in numero sufficiente da permettere, insieme ai vertici di I-II-III ordine I.G.M. ed a quelli del IV ordine eventualmente utilizzati, di individuare un punto ogni: a) 2,5 chilometri quadrati di superficie, per la scala 1:5.000; b) 5 chilometri quadrati di superficie, per la scala 1:10.000. Pertanto l'ESECUTORE redigerà un progetto di rete di raffittimento che sottoporrà alla preventiva approvazione di FERROVIE unitamente agli schemi operativi. Tali operazioni non saranno effettuate soltanto se esiste una precedente rete di raffittimento eseguita dalle Ferrovie; in tal caso le Ferrovie medesime consegneranno all'ESECUTORE le relative monografie e questi è tenuto alla verifica dei vertici; qualora occorra integrare tale rete di raffittimento o per estenderla o perché alcuni vertici sono mancanti, le relative operazioni saranno eseguite secondo le prescrizioni del presente paragrafo.

I vertici della rete di raffittimento verranno determinati mediante intersezione multipla in avanti, collimandoli da almeno quattro punti di ordine superiore, in modo da ottenere tre triangoli aventi, a due a due, un lato in comune. Almeno due dei triangoli predetti non dovranno essere sovrapposti, bensì giacere da bande opposte rispetto al lato comune. Non sarà considerato come terzo triangolo quello le cui visuali al punto siano state ambedue adoperate nei due triangoli precedenti. Un tale triangolo potrà servire solo come controllo per il calcolo. Eccezionalmente, la collimazione di alcuni punti della rete di raffittimento potrà essere effettuata soltanto da tre punti di ordine superiore, riducendosi così a due i relativi triangoli, purché non sovrapposti; in tale caso dovrà calcolarsi il terzo triangolo di controllo, se sufficientemente ben conformato. I lati dei triangoli non dovranno eccedere i quattro - cinque chilometri e l'angolo sul punto non dovrà essere inferiore a 40 né superiore a 140 gradi centesimali. Quando non è possibile procedere all'intersezione multipla in avanti, alcuni punti potranno essere determinati nei seguenti modi:

- con triangolo chiuso appoggiato a due punti di ordine superiore; dal punto da determinarsi dovranno collimarsi però uno o più punti, anche di raffittimento, tali da poter dar luogo ad almeno un secondo triangolo di controllo;
- con metodo del vertice di piramide con elemento di controllo.

Le osservazioni azimutali verranno eseguite con metodo a strati effettuando quattro strati di osservazioni. Le osservazioni azimutali di ciascuno strato saranno ridotte ad una stessa origine, unica per ciascuna stazione; le direzioni medie, rispetto all'origine e relative ad uno stesso punto, saranno mediate ove non presentino, tra i

vari strati, differenze superiori a 15 secondi centesimali. Qualora le differenze eccedano i limiti anzidetti le osservazioni andranno ripetute.

L'errore di chiusura angolare di ciascun triangolo della rete di raffittimento non dovrà eccedere i 10 secondi centesimali. La compensazione angolare di un triangolo in tolleranza sarà effettuata, ritenendo uguali i pesi dei tre angoli, assegnando a ciascuno di essi una correzione pari ad un terzo dell'errore di chiusura, cambiato di segno.

Qualora venisse usata, per il rilievo dei vertici della rete di raffittimento, la trilaterazione, la compensazione sarà eseguita con metodi matematici rigorosi tenuto conto della teoria degli errori.

Il rilievo altimetrico della rete di raffittimento sarà effettuato con la livellazione trigonometrica, secondo le prescrizioni del precedente paragrafo 2.6.1e le letture zenitali saranno eseguite con il metodo delle osservazioni coniugate. Da ciascuna stazione si collimerà ad almeno 3 capisaldi della livellazione di precisione I.G.M. esistente nella zona (o di quella eseguita dall'ESECUTORE), purché la distanza non superi 0,5 km, effettuando almeno due strati di lettura. Qualora per particolari motivi dette distanze siano superiori al limite fissato, l'ESECUTORE è tenuto a rispettare, per il rilievo altimetrico della rete di raffittimento, le stesse norme stabilite per la rete di inquadramento, con l'avvertenza che dovranno essere rispettate le tolleranze di seguito specificate. La tolleranza planimetrica sui vertici della rete di raffittimento è fissata in +/- 5cm; quella altimetrica in 1/4 della tolleranza stabilita per i punti quotati isolati della carta.

2.6.3 RETE GPS DI INQUADRAMENTO E RAFFITTIMENTO

2.6.3.1 Scelta dei vertici

La scelta della posizione dei vertici dovrà, per quanto possibile, tenere conto delle successive operazioni di tracciamento. La geometria e l'affidabilità della rete dovranno essere verificate a priori con operazioni di simulazione.

La rete dovrà essere sviluppata a poligoni. I punti dovranno essere materializzati secondo le prescrizioni di cui al paragrafo 2.5.4.1 "Capisaldi". Nel definirne l'ubicazione, dovrà essere verificata l'assenza di campi elettromagnetici o superfici riflettenti che potrebbero causare disturbi nella ricezione del segnale e fenomeni di "percorsi multipli". Nel punto di stazione dovrà essere garantita l'assenza d'ostacoli alla ricezione del segnale a partire da un'elevazione minima di 15° (angolo di cut-off). Ostacoli (edifici, alberi, alture ecc.) potranno comunque essere presenti anche al di sopra di questa elevazione, purché d'entità limitata nel giro d'orizzonte. Di questi ostacoli si dovrà dare indicazione in un diagramma polare, allegato alla monografia del vertice, dal quale risultino le elevazioni e gli azimut.

Le misure GPS saranno eseguite con ricevitori abilitati alla ricezione di entrambe le frequenze attraverso procedimenti quali ad esempio la cross-correlazione o quadratura del segnale e di entrambi i codici, secondo gli schemi previsti. L'acquisizione avverrà contemporaneamente con almeno due ricevitori, posizionati sui punti alle estremità delle basi da misurare.

La costellazione minimale sarà costituita da quattro satelliti con diagrammi di PDOP che potranno presentare valori elevati (>5) solo in finestre temporali limitate durante la sessione di misura. E' comunque auspicabile l'utilizzo di costellazioni più numerose e con bassi valori di PDOP. La scelta delle costellazioni da utilizzare dovrà essere comunque ottimizzata anche in relazione agli ostacoli alla ricezione presenti nel sito.

Il segnale potrà essere acquisito solo quando il satellite avrà raggiunto un'elevazione minima di 15° sull'orizzonte della stazione.

Gli strumenti dovranno essere programmati per un intervallo d'acquisizione pari a 15 secondi, mentre la durata delle sessioni di misura sarà strettamente correlata alla lunghezza della base da determinare.

Si riportano nella tabella seguente i tempi minimi di acquisizione.

Tabella 2.6.1

Lunghezza (km)	Tempo acquisizione (minuti)
da 0 a 5	15
da 5 a 10	30
maggiore di 10	60

Le basi saranno elaborate da un appropriato software, universalmente conosciuto, che dovrà evidenziare il valore di quei parametri che la casa costruttrice dei ricevitori pone come vincolo per l'accettabilità della misura e questi dovranno essere evidenziati in maniera esaustiva nella relazione allegata.

La rete dovrà essere realizzata per determinare le coordinate nel sistema WGS84 e dovrà comprendere un sufficiente numero di vertici (minimo 3) noti nel sistema Gauss-Boaga, IGM 95 e altrettanti capisaldi di livellazione IGM. Questi punti dovranno essere disposti in modo tale da racchiudere l'intera area oggetto del rilievo. La realizzazione della rete dovrà avvenire con misure sovrabbondanti per garantire controlli statisticamente validi. La rete dovrà essere strutturata in maniera tale da formare dei poligoni chiusi e con una ridondanza maggiore di 2 uniformemente distribuita (numero delle basi diviso il numero dei punti meno 1).

La compensazione della rete dovrà essere eseguita in maniera intrinseca, con il metodo dei minimi quadrati, tenendo fisso un solo punto baricentrico alla zona di lavoro. Lo s.q.m. di ciascuna delle due coordinate planimetriche dovrà essere inferiore a 2 cm, quello altimetrico inferiore a 4 cm.

La compensazione della rete potrà avvenire secondo tre modalità:

- trattamento delle misure GPS in modalità singola base e successiva compensazione della rete;
- trattamento di ogni sessione GPS con metodo multi-base e successiva compensazione globale delle singole sessioni di misura;
- compensazione globale della rete in modalità multi-base.

L'inserimento nel sistema nazionale della rete compensata sarà consentito tramite rototraslazione spaziale conforme a 7 parametri. Tali parametri saranno calcolati utilizzando come minimo 3 vertici planimetrici IGM 95 e almeno 3 quote ortometriche di capisaldi di livellazione IGM, IIM. Tali parametri saranno accettati se i residui della rototraslazione saranno inferiori a 20 cm.

In tutti i casi, durante la compensazione si dovranno effettuare analisi statistiche per l'individuazione e la rimozione di errori nelle misure.

2.6.3.2 Coordinate rettilinee

Per la rappresentazione in coordinate "rettilinee" dovrà essere scelto un metodo di calcolo che garantisca nel passaggio da rappresentazione ellissoidica a rappresentazione piana o "rettilinea" di una deformazione paragonabile agli "errori strumentali di misura". Dovrà essere eseguita una trasformazione da coordinate

geografiche WGS 84 ottenute dalla compensazione della rete intrinseca in coordinate piane utilizzando come meridiano origine quello baricentrico alla zona di lavoro e fissando il coefficiente di contrazione uguale ad 1. Successivamente dovranno essere calcolate le coordinate così trasformate sul piano medio di riferimento.

Le quote dei vertici della rete saranno riferite alla rete GPS IGM 95 e ai capisaldi di livellazione IGM.

2.6.4 MONOGRAFIE

Per ciascun vertice dovrà essere redatta una monografia, contenente i seguenti elementi:

- codice del vertice
- coordinate UTM32-WGS84, UTM32-ED50e Gauss Boaga e per i vertici GPS anche le coordinate geografiche WGS84 e dovrà essere indicata la precisione ottenuta;
- schizzo planimetrico con almeno tre distanze da punti caratteristici stabiliti facilmente individuabili sul terreno;
- schizzo prospettico e fotografia;
- quota del vertice ellissoidica e ortometrica, con indicazione della metodologia con cui è stata determinata e della precisione ottenuta;
- breve descrizione dell'ubicazione con l'esplicita indicazione del Comune, frazione, località e via dove ricade il vertice;
- data di materializzazione. Per i vertici ricadenti nella proprietà ferroviaria dovrà essere indicata anche la quota del piano del ferro antistante.

2.6.5 DOCUMENTAZIONE TOPOGRAFICA

L'ESECUTORE, se non diversamente prescritto, durante e al termine delle attività dovrà elaborare i sotto elencati documenti da consegnare a FERROVIE congiuntamente al dossier dell'opera:

- monografie di tutti i vertici I.G.M. utilizzati nella rete, in originale o copia fotostatica;
- monografie dei vertici della rete di inquadramento determinati ex novo, come prescritto dal precedente paragrafo 2.6.4 "MONOGRAFIE";
- quaderni o verbali di campagna in originale, per gli strumenti elettronici file con la registrazione delle misure effettuate;
- per le reti GPS, file contenenti i calcoli delle linee di singola base, file della compensazione della rete, file delle trasformazioni delle coordinate WGS84 e file dei calcoli delle coordinate piane;
- schemi delle operazioni topografiche eseguite per la determinazione dei nuovi vertici con i dati di rilievo;
- calcoli effettuati e s.q.m.;
- relazione illustrante i procedimenti adottati per i rilievi e per la compensazione, gli eventuali problemi avuti per la ricezione dei segnali (per le reti GPS), mettendo in particolare risalto il grado di precisione ottenuto;
- grafico in scala 1:25.000 dal quale risultino le operazioni eseguite, i vertici I.G.M. usati, quelli controllati ed i nuovi vertici determinati;
- elaborati relativi al controllo di omogeneità.

Gli elaborati andranno consegnati, in originale e due copie, entro appositi contenitori di dimensioni adeguate, con tutte le indicazioni necessarie per la loro esatta individuazione scritte sia sulla parte laterale che sulla testata del contenitore stesso.

Le monografie saranno rilegate a libretto di formato non superiore a 21 x 29,7 cm.

2.7 POLIGONALI

2.7.1 POLIGONALI DI PRECISIONE PLANOALTIMETRICHE A LATI LUNGHİ

Per la poligonale planoaltimetrica a lati lunghi, che potrà essere disposta da FERROVIE in alternativa alla rete di raffittimento, si prescrive che i lati abbiano possibilmente lunghezza costante e che i vertici costituenti i loro punti d'incontro siano ubicati su manufatti stabili nel tempo e tali da consentire la più ampia visuale possibile. La materializzazione di detti vertici verrà eseguita secondo le prescrizioni del precedente paragrafo 2.5.4 "VERTICI".

Il rilievo angolare sarà effettuato con il metodo delle osservazioni a strati, eseguendo da ogni stazione almeno tre o quattro strati di letture azimutali secondo le prescrizioni di FERROVIE. I vari strati forniranno i valori degli angoli che, per essere mediabili, non dovranno presentare uno scarto superiore a 20 secondi centesimali. Le osservazioni che superino tale valore andranno ripetute.

L'angolo per l'orientamento del primo lato della poligonale sarà rilevato con il metodo delle direzioni isolate effettuando quattro letture la mattina e quattro il pomeriggio per eliminare l'errore di fase. L'orientamento anzidetto verrà determinato collimando ove possibile almeno quattro punti trigonometrici della rete di inquadramento.

Le tolleranze planimetriche di chiusura sui punti trigonometrici I.G.M. della rete di inquadramento vengono stabilite come segue:

- per la poligonale con lati lunghi mediamente da 0,3 km a 1 km, misurati in proiezione orizzontale lungo la congiungente i vertici
 - $\Delta\alpha$ (errore di chiusura angolare espresso in gradi centesimali) = $\pm 0,0030 \sqrt{n}$, dove n è il numero dei vertici;
 - ΔL (errore di chiusura lineare espresso in metri) = $\pm [0,002 \sqrt{\Sigma l} + 0,0001 \Sigma l + 0,005]$ dove Σl è la sommatoria della lunghezza dei lati in m;
- per le poligonali con lati mediamente da oltre 1 km a 7 km, misurati in proiezione orizzontale lungo la congiungente i vertici
 - $\Delta\alpha$ (errore di chiusura angolare espresso in gradi centesimali) = $\pm 0,0020 \sqrt{n}$ dove n è il numero dei vertici;
 - rl (rapporto di accuratezza lineare) = $\sqrt{\left(\frac{\Delta E^2 + \Delta N^2}{\Sigma l}\right)} \leq 1/A$, dove ΔE e ΔN = differenze espresse in metri fra le coordinate NORD ed EST calcolate con la poligonale e le rispettive coordinate del punto trigonometrico desunte dalla monografia e i parametro A è riportato nella seguente tabella 2.7.1;
 - ΔL (errore di chiusura lineare espresso in metri) = $\pm [0,002 \sqrt{\Sigma l} + 0,0001 \Sigma l + 0,005]$ dove Σl è la sommatoria della lunghezza dei lati in m..

Tabella 2.7.1

A	lunghezza media dei lati (misurati in proiezione orizzontale lungo la congiungente dei vertici)
10.000	da oltre 1 km a 3 km
30.000	da oltre 3 km a 5 km
60.000	da oltre 5 km a 7 km

La posizione altimetrica dei vertici della poligonale dovrà essere ottenuta mediante livellazione trigonometrica nei seguenti modi:

a) nel caso in cui nella zona interessata dai rilievi non esista una rete di livellazione I.G.M. o una livellazione eseguita in precedenza dalle Ferrovie o dall'ESECUTORE, dovrà determinarsi il dislivello tra le successive coppie di punti con osservazioni zenitali, eseguite con il metodo delle osservazioni coniugate, effettuando la collimazione reciproca e mediando successivamente i valori calcolati in andata e ritorno. Detta poligonale, all'origine, alla fine e, ove possibile, almeno ogni 10 Km, dovrà essere appoggiata e chiusa su capisaldi I.G.M. al fine di accertare che le misurazioni eseguite rientrino nel limite di tolleranza altimetrica stabilita dalla formula Δ (espresso in mm) = $\pm 40 D$, dove D è la distanza in chilometri. Gli eventuali errori altimetrici, se contenuti entro i limiti di tolleranza suddetti, saranno ripartiti con calcoli matematici rigorosi tenendo conto della teoria degli errori;

b) nel caso in cui nella zona interessata dai rilievi esistano le livellazioni citate al punto a) e sia possibile la collimazione diretta al caposaldo, il rilievo altimetrico di ciascun vertice, appoggiato ai capisaldi della rete di livellazione purché posti ad una distanza non superiore ad 1 Km, sarà eseguito con il metodo delle osservazioni zenitali coniugate, effettuando la collimazione reciproca e mediando i risultati.

Per entrambi i casi da ogni stazione verranno eseguiti almeno tre strati di letture per ogni punto collimato e gli angoli zenitali ottenuti, per essere mediabili, non dovranno presentare uno scarto superiore a 20 secondi centesimali.

La poligonale planoaltimetrica può essere eseguita sia per operazioni di controllo e determinazione di elementi topografici sia lungo la fascia di terreno da restituire, anche lungo la linea ferroviaria.

Di norma i vertici della poligonale devono essere materializzati a livello di piano di campagna, stradale o piattaforma ferroviaria.

Dovrà essere redatto un grafico della rete planoaltimetrica dei punti trigonometrici I.G.M., di cui saranno reperiti gli elementi geodetici, sarà effettuato quindi il controllo della rete con misure dirette, e la determinazione della distanza orizzontale tra il primo vertice della poligonale e il più vicino trigonometrico I.G.M. cui verrà collegata, nonché tra l'ultimo vertice e il più vicino trigonometrico I.G.M. su cui verrà chiusa

2.7.2 POLIGONALE PLANIMETRICA A LATI CORTI

Per la poligonale planimetrica a lati corti, di norma da prevedere per le scale 1:1.000 e 1:2.000, si prescrive che i vertici, intervallati con i capisaldi della livellazione (che potranno anche far parte della poligonale) e la cui materializzazione sarà eseguita secondo le prescrizioni del precedente paragrafo 2.5.4 "VERTICI", siano di norma ubicati sulla banchina della linea ferroviaria esistente nella fascia di terreno da restituire. La distanza tra i vertici di detta poligonale sarà variabile in relazione alla necessità di stabilire la visuale di ogni singolo

vertice da quelli contigui ed individuare tutti i rettifili della linea ferroviaria esistente. In prossimità dei binari la distanza della più vicina rotaia dovrà essere tale da non interessare la massicciata della sede ferroviaria e da consentire lo stazionamento con il teodolite anche durante la marcia dei treni; tale distanza sarà comunque sempre superiore a m 1,80. Nei tratti in rettifilo, due vertici successivi saranno fissati alla stessa distanza dal bordo interno del fungo della rotaia più vicina, in modo che la loro congiungente risulti parallela al binario e saranno posti tra loro alla massima distanza, purché inferiore ad 1 km, consentita dal rettifilo stesso. In corrispondenza delle gallerie esistenti la poligonale passerà all'esterno e, ove ciò non fosse possibile, potrà essere autorizzata l'esecuzione di una triangolazione sostitutiva di collegamento ed il rilievo potrà essere appoggiato anche a tale triangolazione. In corrispondenza degli imbocchi, in rettifilo, delle gallerie, la poligonale dovrà avere un lato supplementare aperto, all'interno della galleria e parallelo al suo asse.

Nei tratti di poligonale eseguiti su terreno libero i vertici dovranno essere ubicati fuori dai terreni coltivati, possibilmente lungo i margini di strade o fossi, su manufatti, ecc., in modo che non possano essere facilmente rimossi; comunque la distanza tra due vertici successivi dovrà essere sempre inferiore a 1 km.

Il rilievo angolare della poligonale dovrà essere eseguito con il metodo delle osservazioni a strati, con le stesse prescrizioni stabilite per la poligonale planoaltimetrica a lati lunghi al precedente paragrafo 2.7.1

Il rilievo lineare sarà eseguito avanti e indietro e i risultati, se compatibili, saranno mediati.

Per la riduzione all'orizzonte di dette misure dovranno essere rilevati gli angoli zenitali, effettuando almeno due strati di letture angolari. Data l'esigenza delle FERROVIE di avere misure reali, relative alla fascia di terreno interessata, la poligonale rimarrà aperta, nonostante il rilevante sviluppo in lunghezza, e perciò il calcolo di essa non sarà influenzato da correzioni per eventuali errori di chiusura su punti trigonometrici dell'Istituto Geografico Militare. Comunque ogni 10 km circa, nonché all'inizio e alla fine della poligonale, dovranno essere eseguite le chiusure su punti trigonometrici I.G.M., ma al solo scopo di accertare che le approssimazioni delle misurazioni eseguite rientrino nei limiti di tolleranza stabilite dalle formule:

- $\Delta\alpha$ (errore di chiusura angolare espresso in gradi centesimali) = $\pm 0,0030 \sqrt{n}$, dove n è il numero dei vertici;
- ΔL (errore di chiusura lineare espresso in metri) = $\pm [0,002 \sqrt{\sum l} + 0,0001 \sum l + 0,005]$ dove $\sum l$ è la sommatoria della lunghezza dei lati in m.

La posizione altimetrica dei vertici della poligonale di precisione, quanto non è previsto che sia determinata con livellazione geometrica, dovrà essere ottenuta come previsto al precedente paragrafo 2.7.1 "POLIGONALIPLANOALTIMETRICHE DI PRECISIONE A LATI LUNGHI".

Dovrà essere redatto un grafico della rete planoaltimetrica dei punti trigonometrici I.G.M., di cui saranno reperiti gli elementi geodetici, sarà effettuato quindi il controllo della rete con misure dirette, e la determinazione della distanza orizzontale tra il primo vertice della poligonale e il più vicino trigonometrico I.G.M. cui verrà collegata, nonché tra l'ultimo vertice e il più vicino trigonometrico I.G.M. su cui verrà chiusa

2.7.3 POLIGONALI DI PRECISIONE

2.7.3.1 Scelta dei vertici di partenza e controllo della conformità degli stessi

Si assumeranno come vertici di partenza quelli delle reti principali e di raffittimento o i nuovi punti trigonometrici posizionati in precedenza, tramite triangolazioni di precisione, verificando che non presentino danneggiamenti o alterazioni di alcun tipo e che siano conformi alle monografie.

Nell'eventualità che si sia verificato un danneggiamento o una rimozione, tale vertice verrà scartato riferendosi ad un altro, oppure si controllerà che il vertice venga ripristinato con le stesse modalità e cura di un vertice di nuova creazione.

La materializzazione di detti vertici verrà eseguita secondo le prescrizioni del precedente paragrafo 2.5.4 “VERTICI”.

2.7.3.2 Azimut di direzione e orientamento iniziale

Ove possibile, per il vertice iniziale e quello finale della poligonale verrà calcolato l'azimut di direzione ad almeno tre, e comunque a non meno di due vertici della rete di raffittimento. L'orientamento avverrà al vertice più lontano dal punto di stazione e si controllerà la veridicità dell'operazione attraverso l'orientamento ai vertici più vicini.

L'angolo di orientamento sarà rilevato effettuando almeno sei insiemi di letture angolari con il metodo delle direzioni isolate, differenziando se necessario l'orario delle osservazioni.

2.7.3.3 Modalità di lettura strumentale e tolleranze

I lati della poligonale dovranno avere possibilmente lunghezza costante, compresa fra 300 e 1.000 m; la poligonale non potrà avere sviluppo complessivo superiore a 10 km e non più di 20 vertici di stazione.

Gli angoli azimutali e zenitali verranno determinati attraverso almeno sei strati di letture. Lo scarto massimo fra i valori angolari dei vari strati non dovrà essere superiore ai dodici secondi centesimali.

Le osservazioni che superino tali valori andranno ripetute.

Le tolleranze per l'esecuzione di poligonali o intersezioni multiple per la determinazione di nuovi punti trigonometrici atti all'inquadramento topografico delle stazioni per il tracciamento delle opere saranno le seguenti:

- Tolleranza angolare $\Delta\alpha = 0.0012 \times \sqrt{n}$ dove n è il numero dei vertici;
- Tolleranza lineare $\Delta L = 0.009 \times \sqrt{\sum l}$ (km) + 0.003 n + 0.002 x $\sum l$ (km) dove $\sum l$ è la sommatoria della lunghezza dei lati ed n è il numero dei vertici.

La posizione altimetrica dei vertici della poligonale dovrà essere ottenuta mediante livellazione geometrica di precisione.

2.7.3.4 Compensazione ed elaborazione dati

I dati rilevati per il calcolo delle coordinate planimetriche dei punti di stazione saranno sottoposti a procedura analitica di compensazione e di calcolo.

2.7.4 POLIGONALI SECONDARIE

2.7.4.1 Scelta dei vertici di partenza e controllo della conformità degli stessi

Si assumeranno come vertici di partenza quelli delle reti principali e di raffittimento o i nuovi punti trigonometrici posizionati in precedenza, tramite triangolazioni di precisione, verificando che non presentino danneggiamenti o alterazioni di alcun tipo e che siano conformi alle monografie.

Nell'eventualità che si sia verificato il danneggiamento o la rimozione di un vertice, tale vertice verrà scartato e si farà riferimento a un altro oppure, si controllerà che il vertice venga ripristinato con le stesse modalità e cura di un vertice di nuova creazione.

La materializzazione di detti vertici verrà eseguita secondo le prescrizioni del precedente paragrafo 2.5.4 “VERTICI”.

2.7.4.2 Azimut di direzione e orientamento iniziale

Ove possibile, per il vertice iniziale e quello finale della poligonale verrà calcolato l'azimut di direzione ad almeno tre, e comunque a non meno di due, vertici della rete di raffittimento. L'orientamento avverrà al caposaldo più lontano dal punto di stazione e si controllerà la veridicità dell'operazione attraverso l'orientamento ai capisaldi più vicini. L'angolo di orientamento sarà rilevato effettuando almeno quattro insiemi di lettura angolari con il metodo delle direzioni isolate, differenziando se necessario l'orario delle osservazioni.

2.7.4.3 Modalità di lettura strumentale e tolleranze

I lati della poligonale dovranno avere possibilmente lunghezza costante compresa tra i 150 e 500 metri; la poligonale non potrà avere sviluppo complessivo superiore ai 3 Km e più di 15 stazioni.

Gli angoli azimutali e zenitali verranno determinati attraverso almeno tre strati di letture.

Lo scarto massimo tra i valori angolari dei vari strati non dovrà essere superiore a venti secondi centesimali. Le osservazioni che superino tali valori andranno ripetute.

Le tolleranze per l'esecuzione di poligonali secondarie e intersezioni multiple per la determinazione di nuovi punti trigonometrici atti all'esecuzione di rilievi celerimetrici ed al tracciamento delle opere saranno le seguenti:

- Tolleranza angolare $\Delta\alpha = 0,0020 \times \sqrt{n}$ dove n è il numero dei vertici della poligonale;
- Tolleranza lineare $\Delta L = 0,015 \times \sqrt{\sum l}$ (Km) + 0,005 x n + 0,005 x $\sum l$ (km) dove $\sum l$ è la sommatoria della lunghezza dei lati ed n il numero dei vertici della poligonale.

La posizione altimetrica dei vertici della poligonale sarà ottenuta secondo una delle due procedure seguenti:

- determinando il dislivello tra le successive coppie di punti con osservazioni zenitali, effettuando la collimazione reciproca e mediando successivamente i valori calcolati in andata e ritorno. Verranno eseguiti almeno quattro strati di lettura per ogni punto collimato e gli angoli ottenuti, per essere mediabili dovranno presentare uno scarto inferiore a venti secondi centesimali;
- mediante livellazione tecnica.

2.7.4.4 Compensazione ed elaborazione dati

I dati rilevati per il calcolo delle coordinate planimetriche dei punti di stazione saranno sottoposti a procedura analitica di compensazione e di calcolo.

2.7.4.5 Redazione delle monografie e schizzi planimetrici dei nuovi capisaldi

Per i vertici delle poligonali secondarie, se necessario, l'ESECUTORE predisporrà uno schizzo planimetrico atto a permetterne l'identificazione; questo dovrà contenere:

- coordinate rettilinee;
- distanza del vertice da almeno tre punti caratteristici, stabiliti e facilmente individuabili sul terreno; in galleria invece verrà indicata la progressiva;
- data di materializzazione;
- quota del vertice;
- schizzo prospettico o fotografia;
- numerazione.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 2 RILIEVI TOPOGRAFICI E TRACCIAMENTI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 2	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 002 BA</u>	FOGLIO 22 di 37

2.7.4.6 Documentazione topografica

Dovrà essere prodotta la seguente documentazione:

- monografie dei vertici della poligonale che dovranno contenere, per ciascun vertice:
 - coordinate rettilinee e Gauss Boaga;
 - schizzo planimetrico con almeno tre distanze da punti caratteristici stabiliti facilmente individuabili sul terreno;
 - schizzo prospettico o fotografia;
 - quota del vertice;
 - breve descrizione dell'ubicazione con l'esplicita indicazione del Comune, frazione, località e via dove ricade il vertice;
 - data di materializzazione.

Per i vertici ricadenti sulla sede ferroviaria dovrà essere indicata anche la quota del piano del ferro antistante.

- monografie dei punti trigonometrici I.G.M. cui è stata riferita la poligonale e sui quali sono state eseguite le previste chiusure di controllo, secondo le specifiche del precedente paragrafo 2.6.4 "VERTICI";
- calcoli della poligonale per la determinazione delle coordinate geografiche e piane;
- calcoli relativi alle chiusure di controllo;
- grafico della poligonale in scala 1:25.000, con l'indicazione dei collegamenti con i trigonometrici I.G.M., dei capisaldi posti in opera dall'ESECUTORE, dei limiti e dei numeri delle tavolette entro le quali si sviluppa la poligonale;
- prospetto contenente gli elementi della poligonale (distanze, angoli al vertice, angoli di direzione, coordinate e quote con l'indicazione, per i vertici ubicati sulla sede ferroviaria, della quota del piano ferro in corrispondenza dei medesimi);
- relazione sui criteri adottati per l'esecuzione dei rilievi, sui criteri usati per i calcoli e per le chiusure di controllo, nonché sulle eventuali difficoltà incontrate e sulle disposizioni impartite per eliminarle o superarle. Detta relazione conterrà anche considerazioni sui risultati raggiunti in modo particolare per quanto riguarda la precisione ottenuta.

Gli elaborati di cui ai punti 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 andranno consegnati, in originale e due copie, in appositi contenitori con tutte le indicazioni, necessarie per la loro esatta individuazione, scritte sia sulla parte laterale che sulla testata dei contenitori stessi.

Le monografie, i calcoli ed il prospetto saranno rilegati a libretto di formato non superiore a cm 21 x 29,7.

2.8 LIVELLAZIONI

2.8.1 LIVELLAZIONI DI PRECISIONE

La livellazione geometrica di precisione verrà effettuata per la realizzazione di nuove linee di livellazione anche lungo la poligonale di precisione a lati corti, nonché per la rideterminazione di linee di livellazione esistenti, collegata alla rete di livellazione di alta precisione dell'Istituto Geografico Militare.

Con la livellazione si dovranno determinare due capisaldi per ogni chilometro di linea livellata, che potranno anche coincidere con i vertici della poligonale. Qualora non coincidano bisognerà fornire sia le coordinate rettilinee che quelle Gauss-Boaga di detti capisaldi.

Lungo i tratti dell'esistente linea ferroviaria, quando la livellazione geometrica di precisione è finalizzata alla produzione di cartografie alle scale 1:1.000 e 1:2.000 con determinazione altimetrica dei vertici della poligonale di precisione planimetrica a lati corti, dovranno essere rilevate e riportate sulla cartografia le quote del piano del ferro del binario di corsa in corrispondenza dei vertici della poligonale, dei pali della trazione elettrica, nonché in corrispondenza delle opere d'arte (sia sul piano ferro che sul piano strada), dei passaggi a livello, dei fabbricati viaggiatori, delle case cantoniere e dei cambi di livelletta, in modo da poter ricostruire il reale andamento altimetrico della linea. Nelle curve si dovrà fare riferimento alla rotaia più bassa e cioè a quella all'interno della curva.

2.8.1.1 Scelta dei capisaldi di partenza e controllo conformità degli stessi

All'atto delle operazioni di livellazione l'ESECUTORE controllerà che i capisaldi di riferimento di partenza prescelti siano conformi a quanto indicato nelle monografie e che non presentino danneggiamenti o alterazioni di alcun tipo.

Nell'eventualità che si sia verificato il danneggiamento o la rimozione di un caposaldo, questo caposaldo verrà scartato e si farà riferimento a un altro, oppure, si controllerà che il caposaldo venga ripristinato con le stesse modalità e cura di un caposaldo di nuova creazione.

2.8.1.2 Scelta della strumentazione

Il livello impiegato nella livellazione dovrà avere un micrometro a lastra piana-parallela per la misura diretta delle frazioni di graduazione della stadia. L'ingrandimento dovrà essere non inferiore a 30x, la livella avrà centramento a coincidenza di sensibilità non inferiore a 20" per 2 mm di spostamento o compensatore autolivellante di precisione equivalente.

Lo stato di rettifica sarà verificato prima dell'inizio dei lavori e tutte le volte che le FERROVIE lo richiedano.

Potranno essere utilizzati livelli elettronici con registratore automatico dei dati purché assicurino prestazioni equivalenti a quelle descritte.

Le coppie di stadie dovranno avere graduazione centimetrata o mezzo - centimetrata su nastro di acciaio sottoposto a tensione costante, lunghezza in un solo pezzo, bolla che ne permetta la posa verticale con l'approssimazione di qualche primo, puntale d'appoggio sui capisaldi sferici, piastra trasportabile per le battute intermedie di peso e stabilità sufficiente, stato di rettifica e taratura verificato e documentato.

2.8.1.3 Modalità di lettura strumentale e tolleranza

La livellazione di precisione sarà condotta con il metodo della livellazione geometrica con battute dal mezzo. In ogni stazione il livello dovrà trovarsi ad uguale distanza dalle due stadie, con approssimazione non superiore al metro, e la distanza tra lo strumento e la stadia non dovrà superare i 50 metri.

La misura del dislivello da caposaldo iniziale a caposaldo finale dovrà essere eseguita in andata e ritorno, in ore e giorni diversi. In ogni caso bisognerà evitare le ore calde o di foschia e le visuali radenti.

La discordanza tra il dislivello misurato in andata e quello in ritorno, tra caposaldo iniziale e finale, non dovrà

superare la tolleranza di $mm \pm 6 \sqrt{D}$, dove D è la distanza espressa in Km.

Nel caso che detta discordanza risultasse superiore si dovrà ripetere la livellazione.

Qualora lungo il percorso della livellazione si trovassero più capisaldi, la livellazione stessa si svilupperà tra ciascuna coppia di questi.

Comunque, la tolleranza tra caposaldo iniziale e caposaldo finale di tutta la livellazione dovrà essere contenuta nel limite anzidetto.

Qualora la linea di livellazione si chiuda a formare un poligono di D chilometri, l'errore di chiusura (ovvero il risultato che si ottiene sommando le medie tra andata e ritorno dei dislivelli misurati sui tratti successivi della linea), non deve essere superiore a $mm \pm 3,5 \sqrt{D}$, dove D è il percorso totale espresso in Km.

Prima di collegare la livellazione con un caposaldo di livellazione, è fatto obbligo all'ESECUTORE di assicurarsi che la quota del caposaldo sia rimasta invariata nel tempo. I risultati di detti controlli saranno esposti in una breve relazione che verrà inviata alle FERROVIE appena terminato il lavoro di campagna.

Con la livellazione si dovrà determinare un caposaldo per ogni chilometro di linea livellata, che potrà anche coincidere con i vertici della poligonale.

Per la posa di nuovi capisaldi di livellazione si dovrà comunque prendere per origine almeno due capisaldi di quota nota della livellazione di precisione, e sarà necessario attribuire ad essi le coordinate al metro.

2.8.1.4 Compensazione ed elaborazione dati

Per il calcolo delle quote definitive i dati rilevati, che rientrino nelle tolleranze stabilite, verranno sottoposti a procedura analitica di compensazione e di calcolo.

2.8.1.5 Redazione delle monografie e schizzi planimetrici dei nuovi capisaldi di livellazione

Per la livellazione di precisione sarà predisposta la seguente documentazione:

- monografie dei capisaldi ai quali è stata riferita la livellazione e monografie dei capisaldi messi in opera lungo il percorso della nuova livellazione secondo le prescrizioni del precedente paragrafo 2.6.4 "MONOGRAFIE"

Inoltre per i capisaldi all'esterno delle gallerie:

- schizzo planimetrico con l'indicazione di almeno tre distanze da punti caratteristici, stabili e facilmente identificabili sul terreno;
- schizzo prospettico e fotografia.

Invece per i capisaldi all'interno delle gallerie

- distanza progressiva
- schizzo planimetrico descrittivo.

2.8.1.6 Documentazione topografica

Dovranno essere compilati e forniti i seguenti elaborati:

- relazione esplicativa sui criteri adottati e la precisione raggiunta;
- schema su carta topografica in scala 1:25.000 con l'ubicazione dei capisaldi I.G.M. di attacco e del percorso della linea di livellazione;
- monografie dei capisaldi I.G.M. ai quali è stata riferita la livellazione nonché di tutti gli altri ricadenti nel

tratto interessato dai rilievi;

- monografie dei capisaldi di livellazione e di eventuali capisaldi messi in opera dall'ESECUTORE lungo il percorso tra caposaldo I.G.M. e caposaldo da collegare, secondo le prescrizioni del precedente paragrafo 2.6.4 "MONOGRAFIE";
- riepilogo di ogni linea di livellazione eseguita, con i dislivelli bruti di campagna (andata, ritorno e media) e le distanze di ogni singola battuta;
- calcoli di compensazione per la determinazione delle quote;
- prospetto con le quote e le coordinate dei vertici della poligonale e dei capisaldi di livellazione nonché con le quote del binario in corrispondenza dei medesimi, compresi i relativi calcoli.

Degli elaborati dovranno essere consegnati gli originali e due copie, in appositi contenitori con tutte le indicazioni, necessarie per la loro esatta individuazione, scritte sia sulla parte laterale che sulla testata dei contenitori stessi. Le monografie, i calcoli ed il prospetto saranno rilegati a libretto di formato non superiore a cm 21 x 29,7.

2.8.2 LIVELLAZIONI TECNICHE

Le operazioni comprenderanno:

- la ricerca dei capisaldi della rete dell'Istituto Geografico Militare o FS;
- la misura del dislivello tra i punti, capisaldi e vertici da collegare, eseguita in andata e ritorno;
- il rilievo delle quote dei vertici e punti richiesti.

Lungo i tratti di linea ferroviaria, quando la livellazione tecnica è finalizzata alla produzione di cartografia alle scale 1:5.000 e 1:10.000, dovranno essere rilevate su richiesta di FERROVIE e riportate sulla cartografia anche le quote dei punti di incrocio delle strade, dei passaggi a livello, delle opere d'arte lungo la ferrovia esistente nonché la quota del piano strada in corrispondenza delle opere d'arte.

2.8.2.1 Scelta dei capisaldi di partenza e controllo conformità degli stessi

All'atto delle operazioni di livellazione l'ESECUTORE controllerà che i capisaldi di riferimento di partenza prescelti siano conformi a quanto indicato nelle monografie e che non presentino danneggiamenti o alterazioni di alcun tipo.

Nell'eventualità che si sia verificato il danneggiamento o la rimozione di un caposaldo, questo verrà scartato e si farà riferimento ad un altro, oppure si controllerà che il caposaldo venga ripristinato con le stesse modalità e cura di un caposaldo di nuova creazione.

La materializzazione di vertici e capisaldi verrà eseguita secondo le prescrizioni del precedente paragrafo 2.5.4 "VERTICI".

2.8.2.2 Scelta della strumentazione

Il livello impiegato nella livellazione dovrà avere: ingrandimento circa 25X, livella con centramento a coincidenza e sensibilità non inferiore a 30" per 2 mm di spostamento o dispositivo autolivellante equivalente; stato di rettifica controllato all'inizio dei lavori.

Le coppie di stadie dovranno avere: graduazione centimetrata su legno o metallo preferibilmente di un pezzo unico, livella sferica per la posa verticale. Con la livellazione si dovrà determinare un caposaldo per chilometro di linea livellata, che potrà coincidere anche con i vertici della poligonale.

Potranno essere utilizzati livelli elettronici con registratore automatico dei dati purché assicurino prestazioni equivalenti.

2.8.2.3 Modalità di lettura strumentale e tolleranze

Per la posa di nuovi capisaldi si dovranno prendere per origine almeno due capisaldi di quota nota da livellazione di precisione; per l'esecuzione di tracciamenti si dovranno prendere per origine almeno due capisaldi di quota comunque nota.

La livellazione tecnica, da effettuarsi anche lungo la poligonale di precisione, sarà condotta con il metodo della livellazione geometrica con battute dal mezzo. In ogni stazione il livello dovrà trovarsi ad uguale distanza fra le due stadiie approssimato a qualche metro e la distanza tra lo strumento e la stadia non dovrà superare gli 80 m .

La misura del dislivello dal caposaldo iniziale al caposaldo finale dovrà essere eseguita in andata e ritorno. Dette misure potranno succedersi senza intervallo di tempo e con lo stesso operatore.

La discordanza tra dislivello misurato in andata e quello misurato in ritorno non dovrà superare la tolleranza di $\text{mm } \pm 18\sqrt{D}$, dove D è la distanza espressa in chilometri. Nel caso risultasse superiore si ripeterà la misura del tratto. Qualora lungo il percorso della livellazione si trovassero più capisaldi I.G.M. o F.S. di livellazione di ordine superiore, la livellazione si svilupperà tra ciascuna coppia di capisaldi. Qualora la linea di livellazione si chiuda ad anello, l'errore di chiusura deve essere non superiore a $\text{mm } \pm 13\sqrt{D}$, dove D è il percorso totale espresso in chilometri.

Prima di collegare la livellazione con un caposaldo dell'I.G.M. o F.S. sarà necessario che l'ESECUTORE si assicuri che la quota del caposaldo di riferimento sia rimasta invariata nel tempo.

2.8.2.4 Compensazione di elaborazione dati

Per il calcolo delle quote definitive i dati rilevati, che rientrino nelle tolleranze stabilite, verranno sottoposti a procedura analitica di compensazione e calcolo.

2.8.2.5 Redazione delle monografie e schizzi planimetrici dei nuovi capisaldi

Per la livellazione tecnica l'ESECUTORE predisporrà la seguente documentazione:

- monografie dei capisaldi della livellazione ai quali è stata riferita la nuova operazione;
- monografie dei nuovi capisaldi determinati, secondo le prescrizioni del paragrafo 2.6.4 "MONOGRAFIE";

2.8.2.6 Documentazione topografica

L'ESECUTORE elaborerà e consegnerà la seguente documentazione:

- relazione esplicativa sui criteri adottati e la precisione raggiunta;
- schema su carta topografica in scala 1:25.000 con l'ubicazione dei capisaldi I.G.M. di attacco e del percorso della linea di livellazione;
- monografie dei capisaldi I.G.M. o FS ai quali è stata riferita la livellazione nonché di tutti gli altri ricadenti nel tratto interessato dai rilievi;
- monografie dei capisaldi di livellazione e di eventuali capisaldi messi in opera dall'ESECUTORE lungo il percorso tra caposaldo I.G.M. e caposaldo da collegare, eseguite accuratamente come previsto per i vertici della poligonale;
- riepilogo di ogni linea di livellazione eseguita, con i dislivelli bruti di campagna (andata, ritorno e media) e le distanze di ogni singola battuta;
- calcoli di compensazione per la determinazione delle quote;

- prospetto con le quote e le coordinate dei vertici della poligonale e dei capisaldi di livellazione nonché con le quote del binario in corrispondenza dei medesimi, compresi i relativi calcoli.

Gli elaborati dovranno essere consegnati in originale e due copie, in appositi contenitori con tutte le indicazioni necessarie per la loro esatta individuazione, scritte sia sulla parte laterale che sulla testata dei contenitori stessi.

Le monografie, i calcoli ed il prospetto saranno rilegati a libretto di formato non superiore a cm 21 x 29,7.

2.9 RILIEVI

2.9.1 RILIEVI CELERIMETRICI DI DETTAGLIO

L'ESECUTORE per la rappresentazione del terreno in prossimità dell'innesto delle opere d'arte principali di progetto (es.: ponti, viadotti, gallerie, muri di sostegno) oppure per il rilievo di opere d'arte esistenti e di aree a specifica sistemazione da modificare o da inserire in cartografia, dovrà eseguire un rilievo con il metodo celerimetrico, idoneo ad una restituzione in scala 1:500 o 1:200, a seconda dei casi, e dovrà porre particolare attenzione al rilievo di eventuali manufatti già esistenti, di aree ferroviarie e degli elementi di linea in esse ricadenti, di infrastrutture varie, di corsi d'acqua.

2.9.1.1 Scelta dei capisaldi di partenza e controllo della conformità degli stessi

L'ESECUTORE assumerà come vertici di partenza i capisaldi delle reti principale e di raffittimento o i nuovi punti trigonometrici posizionati in precedenza verificando che non presentino danneggiamenti o alterazioni di alcun tipo e che siano conformi alle monografie o schizzi descrittivi. Nel caso si sia verificato il danneggiamento o la rimozione di un caposaldo, questo verrà scartato e ci si riferirà ad un altro, oppure si controllerà che il caposaldo venga ripristinato con le stesse modalità e cura di un caposaldo di nuova creazione.

I punti di stazione saranno determinati come previsto nel precedente paragrafo 2.5.4.2 "Punti di stazione".

2.9.1.2 Orientamento iniziale

Da ogni punto di stazione, al fine di trasformare le letture degli angoli orizzontali di direzione in angoli azimutali da utilizzare per il calcolo delle coordinate planimetriche dei punti rilevati, si dovrà collimare ad un punto di coordinate note e ricavare l'angolo di correzione per l'orientamento del cerchio orizzontale come differenza tra il valore azimutale calcolato a partire dalle coordinate del punto collimato e del punto di stazione ed il valore corrispondente dell'angolo di direzione letto.

Tale orientamento andrà verificato su un secondo punto di coordinate note e sarà accettato se la differenza angolare non superi i 20 secondi centesimali.

2.9.1.3 Scelta della strumentazione

Per tutti i lavori di rilievo planoaltimetrico potranno essere utilizzati teodoliti con s.q.m. non superiore ai quindici secondi centesimali accoppiati a distanziometri elettronici di precisione non inferiore a \pm mm 5+5 ppm o, in alternativa, total station di prestazioni analoghe. Giornalmente si dovrà verificare che l'indice zenitale presenti un errore di posizione inferiore ai 20 secondi centesimali e che le funzioni di correzione automatica per la curvatura terrestre, altitudine media e indice di rifrazione siano impostate correttamente.

Per quanto riguarda i livelli valgono le prescrizioni date al paragrafo 2.8.1.2.

Per il rilievo di particolari o di manufatti in genere potranno essere utilizzati nastri metallici centimetrati, canne metriche o metri.

2.9.1.4 Modalità di lettura strumentale e tolleranze, registrazione delle misure, elaborazione dati

I punti da rilevare vanno scelti in modo da registrare ogni variazione dell'andamento altimetrico del terreno che superi un numero di centimetri pari ad $N/10$, con N uguale al denominatore della scala di restituzione.

Essi saranno tali da poter posizionare ogni manufatto o rete infrastrutturale presente, le linee di confine tra proprietà differenti, le diverse colture e le essenze naturali arborate isolate o in gruppo.

In particolare, nelle aree a uso ferroviario vanno rilevati tutti i punti idonei a definire l'andamento degli assi dei binari, la posizione degli scambi e di ogni altro particolare che sarà concordato preventivamente con FERROVIE.

Il rilievo deve essere effettuato per coordinate polari (distanza, angolo di direzione angolo zenitale, dislivello) a partire da ogni punto di stazione per i punti la cui distanza dal punto di stazione non superi i 300 m collimando al prisma ed effettuando una singola lettura per ciascuna delle grandezze.

La restituzione cartografica deve avvenire dopo aver trasformato le coordinate polari in coordinate di un riferimento orientato in modo assoluto.

Per ognuno dei punti rilevati vanno registrati su apposito supporto (quaderno di campagna, supporto magnetico o registratore dati) i valori delle grandezze relative, idonee alla determinazione della posizione planoaltimetrica rispetto al punto di stazione.

Il piano quotato così ottenuto sarà restituito su adatto supporto cartaceo o magnetico e, ove necessari, trasformato in curve di livello avendo l'accortezza di conservare, a disegno ultimato, l'indicazione grafica dei punti rilevati.

Le curve di livello saranno distinte in:

- direttrici: con equidistanza pari a un centesimo del denominatore di scala (5 m per la cartografia in scala 1:500; 2m per quella in scala 1:200) e disegnate con linea continua leggermente più marcata delle altre;
- intermedie: per la scala 1:500 con equidistanza pari ad un quinto di quella stabilita per le curve direttrici (1 m); per la scala 1:200 con equidistanza pari ad un quarto (0,5m); esse verranno disegnate con linea continua sottile;
- ausiliarie: con equidistanza pari a 1/2 di quella stabilita per le curve intermedie (0,5 m per la scala 1:500; 0,25 m per la scala 1:200); esse saranno disegnate con linea sottile a tratti.

2.9.1.5 Tolleranze ed elaborazione dati

Per i punti del terreno rilevati sono stabilite le seguenti tolleranze:

- tolleranza planimetrica tra due punti isolati ben individuabili misurati direttamente sul terreno e gli stessi individuati sulla restituzione grafica:

$$\text{scala 1:500:} \quad T_p < \pm 10 \text{ cm}$$

$$\text{scala 1:200:} \quad T_p < \pm 5 \text{ cm}$$

- tolleranza altimetrica tra due punti analoghi ai precedenti:

$$\text{scala 1:500:} \quad T_a \leq \pm 5 \text{ cm}$$

$$\text{scala 1:200:} \quad T_a \leq \pm 2 \text{ cm}$$

L'elaborazione dei dati sarà eseguita manualmente o tramite software di sperimentata affidabilità; a richiesta, detto software sarà fornito a FERROVIE per lo svolgimento delle necessarie operazioni di sorveglianza.

2.9.2 RILIEVO DELLE SEZIONI TRASVERSALI

La scelta ed il controllo della conformità dei capisaldi di partenza, il calcolo dell'orientamento iniziale, la scelta della strumentazione e le tolleranze planoaltimetriche per punti isolati e ben individuati sulla restituzione e sul terreno saranno effettuati secondo quanto prescritto nei precedenti paragrafi 2.9.1.1, 2.9.1.2, 2.9.1.3, e 2.9.1.5.

Per quanto riguarda il rilievo di sezioni trasversali all'asse di progetto, la loro posizione verrà materializzata sul terreno tramite tondini di ferro posti alle estremità delle sezioni stesse e dove necessario.

Detti tondini saranno adeguatamente sporgenti dal terreno (circa 5 cm dal piano campagna) e verniciati di colore intenso per facilitarne il ritrovamento.

2.9.2.1 Rilievo e disegno di sezioni trasversali rispetto all'asse di progetto o esistente.

Il rilievo trasversale del terreno deve avere estensione pari a quella esistente o prevedibile per il corpo ferroviario (piattaforma e scarpate) e prolungato su ciascun lato per almeno 15 m oltre la posizione prevista per la recinzione ferroviaria.

I punti da rilevare dovranno essere scelti in modo tale da registrare ogni variazione dell'andamento altimetrico del terreno compatibilmente con la scala del rilievo (variazione in centimetri pari a $N/10$ dove N è uguale al denominatore della scala di restituzione).

Le informazioni per il disegno delle sezioni trasversali vanno usualmente desunte dalla planimetria di progetto in scala 1:1000 e restituite in scala 1:200; tuttavia, in corrispondenza dei punti più caratteristici del progetto e in particolari situazioni ambientali esse vanno rilevate direttamente sul terreno.

In tutti questi casi e negli altri in cui si richiede una particolare precisione, costituisce oggetto del rilievo l'andamento del terreno trasversalmente alla linea d'asse di progetto o esistente, così come riportata nella planimetria in scala 1:1000.

Le stazioni dalle quali sarà eseguito il rilievo del terreno debbono essere disposte, finché possibile, sulla linea d'asse o ad una delle estremità delle sezioni stesse; qualora le stazioni non coincidessero con uno degli estremi della sezione, esse vanno materializzate analogamente a quanto disposto per i punti estremi.

Qualora, a causa di particolari condizioni morfologiche locali, non fosse possibile procedere al rilievo dell'intera sezione a partire da un solo punto di stazione, è possibile operare a partire da due differenti punti di stazione, reciprocamente visibili per quanto possibile.

Tutti i punti di stazione debbono essere collegati piano - altimetricamente con la poligonale a lati corti effettuata per il rilievo aerofotogrammetrico relativo alla cartografia in scala 1:1000 o con due capisaldi determinati secondo le prescrizioni dei precedenti paragrafi 2.6.2 "RETE DI RAFFITTIMENTO" o 2.6.3 "RETE GPS DI INQUADRAMENTO E RAFFITTIMENTO".

Tale collegamento deve avvenire tramite procedura di intersezione in avanti facendo stazione su due vertici della poligonale (o sui due capisaldi), ogni qual volta le condizioni di visibilità lo permettano e la distanza tra i due vertici non superi i 300 metri; negli altri casi il collegamento va sviluppato svolgendo una poligonale aperta vincolata con estremi su due vertici della poligonale suddetta o sui due capisaldi.

Per ogni punto di stazione deve essere redatta una apposita monografia contenente tutte le informazioni idonee a permettere di rintracciarne la posizione, corredata di uno schizzo planimetrico con almeno tre distanze da punti particolari ben riconoscibili sul terreno.

Per le operazioni di rilievo deve essere utilizzato un teodolite con approssimazione angolare al secondo centesimale accoppiato ad un distanziometro elettronico di precisione non inferiore a $\pm 3 \text{ mm} + 2 \text{ ppm}$.

E' altresì possibile effettuare il rilevamento con un total station di prestazioni analoghe.

Per ognuno dei punti progressivamente collimati vanno registrati su apposito supporto (cartaceo o magnetico) le grandezze idonee a permettere la determinazione della posizione plano-altimetrica rispetto al punto di stazione.

Le sezioni trasversali, numerate progressivamente, vanno disegnate in scala 1:200 secondo le convenzioni correnti, riferendole ad un sistema cartesiano la cui origine si trovi sulla verticale per l'asse e sulla traccia di un piano orizzontale posto a quota di 5 metri inferiore alla quota minima registrata per uno qualsiasi dei punti della sezione ferroviaria in progetto o del terreno rilevato.

2.9.2.2 Documentazione topografica

L'ESECUTORE, se non diversamente prescritto, durante e al termine delle attività dovrà elaborare i sottoelencati documenti da consegnare a FERROVIE congiuntamente al dossier dell'opera.

Elaborati topografici da produrre:

- disegno delle sezioni in copia cartacea;
- copia dei calcoli svolti per la determinazione delle distanze e delle quote dei diversi punti, compresi quelli di stazione;
- copia conforme all'originale dei libretti di campagna o dei file di registrazione dei dati unitamente alle specifiche per la loro corretta lettura;
- monografia/e del/dei punto/i di stazione contenente tutte le informazioni occorrenti per rintracciare il punto.

2.9.3 TRACCIAMENTI PLANOALTIMETRICI

2.9.3.1 Scelta dei capisaldi di partenza e controllo della conformità degli stessi

L'ESECUTORE assumerà come vertici di partenza i capisaldi delle reti principale o di raffittimento o i nuovi punti trigonometrici posizionati in precedenza, verificando che non presentino danneggiamenti o alterazioni di alcun tipo e che siano conformi alle monografie o schizzi descrittivi.

Nel caso si sia verificato il danneggiamento o la rimozione di un caposaldo, questo verrà scartato e ci si riferirà ad un altro, oppure si controllerà che il caposaldo venga ripristinato con le stesse modalità e cura di un caposaldo di nuova creazione.

2.9.3.2 Orientamento iniziale

Verrà calcolato l'angolo di direzione ad almeno due capisaldi noti. L'orientamento avverrà al caposaldo più lontano dal punto di stazione e si controllerà la veridicità dell'operazione attraverso l'orientamento al caposaldo più vicino.

2.9.3.3 Scelta della strumentazione

Per tutti i lavori di tracciato planoaltimetrico potranno essere utilizzati teodoliti con s.q.m. non superiore ai quindici secondi centesimali accoppiati a distanziometri elettronici di precisione non inferiore a \pm mm 5 + 5 ppm o, in alternativa, total station di prestazioni analoghe. Giornalmente si dovrà verificare che l'indice zenitale presenti un errore di posizione inferiore ai 20 secondi centesimali e che le funzioni di correzione automatica per la curvatura terrestre, altitudine media e indice di rifrazione siano impostate correttamente.

Per quanto riguarda i livelli valgono le prescrizioni date al paragrafo 2.8.2.2.

Per il riporto delle misure atte al posizionamento dei riferimenti ed intercorrenti tra la stazione di tracciamento ed il riferimento stesso, per il posizionamento planimetrico di riferimenti altimetrici ed in tutti i casi ove non sia indicato o possibile l'uso del distanziometro elettronico potranno essere utilizzati nastri metallici centimetrati, canne metriche o metri.

2.9.3.4 Calcolo dei valori di tracciamento

Verrà eseguito il calcolo dei valori di tracciamento per il posizionamento dei punti di progetto (o riferimento degli stessi) che permettano la corretta esecuzione delle opere o il controllo di apparecchiature e mezzi d'opera, come ad esempio:

- realizzazione di carpenterie;
- posizionamento di cassetture;
- posizionamento di apparecchiature a luce laser per il tracciamento, controllo delle gallerie o guida di macchinari adatti allo scavo delle stesse.

La correlazione tra i dati di progetto e i capisaldi planoaltimetrici dovrà essere documentata in appositi piani di lavoro topografici, redatti e controfirmati dal Topografo Senior responsabile per la topografia, completi di tutti i dati analitici e grafici necessari all'immediato posizionamento dei punti per l'esecuzione dell'opera.

2.9.3.5 Modalità di tracciamento

L'esecuzione del tracciamento planimetrico avverrà per coordinate polari o rettangolari, stazionando su punti di coordinate note.

Al termine delle operazioni di tracciamento delle opere verranno eseguite, dove possibile, misure dirette di controllo sul posizionamento dei riferimenti.

Tutti i riferimenti atti al tracciamento delle opere saranno muniti delle relative indicazioni per l'esecuzione delle stesse che dovranno essere riportate, a seconda dei casi e in maniera inequivocabile, con scritte a vernice di colorazione intensa o pennarello indelebile, poste nelle immediate vicinanze su manufatti, targhette metalliche o picchetti.

Detti riferimenti potranno essere integrati o sostituiti da appositi schizzi o tabelle opportunamente compilate e sottoscritte dal Topografo Senior responsabile per la topografia.

L'esecuzione del tracciamento altimetrico delle opere avverrà tramite livellazione tecnica in andata e ritorno passante per due capisaldi di quota nota.

2.9.3.6 Tolleranze

Per i riferimenti topografici indicati nelle planimetrie di tracciamento delle opere d'arte sono stabilite le seguenti tolleranze:

- Tolleranza planimetrica tra due punti individuati sulla planimetria di tracciamento e sul terreno in fase di costruzione del manufatto o sull'opera d'arte realizzata: $T_p < \pm 5$ cm
- Tolleranza altimetrica tra due punti analoghi ai precedenti: $T_a < \pm 2$ cm

2.9.3.7 Documentazione topografica

L'ESECUTORE, se non diversamente prescritto, durante e al termine delle attività dovrà elaborare i sottoelencati documenti da consegnare a FERROVIE congiuntamente al dossier dell'opera.

Elaborati topografici da produrre:

- grafico su apposita cartografia;

- monografie dei capisaldi di partenza;
- calcolo dell'orientamento iniziale;
- riferimento agli elaborati di progetto;
- calcolo dei valori di tracciamento;
- schizzi o tabelle di riferimento (se redatte).

2.10 RILIEVI TOPOGRAFICI PER VERIFICHE DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA DI MANUFATTI FERROVIARI

Le prescrizioni del presente paragrafo si applicano all'esecuzione dei rilievi topografici propedeutici alle verifiche di compatibilità idraulica di manufatti ferroviari e alla produzione degli elaborati di restituzione.

I rilievi, da effettuarsi conformemente al progetto redatto in base agli schemi progettuali forniti da FERROVIE, comprendono le seguenti attività:

- 1) trilaterazione con metodo GPS e misura GPS su 2 nuovi vertici da materializzare;
- 2) rilievo delle sezioni trasversali del corso d'acqua;
- 3) rilievo plano-altimetrico dell'andamento del terreno in corrispondenza del manufatto in verifica;
- 4) rilievo geometrico dei manufatti individuati in progetto.

Sulla base dei rilievi effettuati dovranno essere redatti, con l'osservanza di tutte le condizioni e norme tecniche di legge vigenti, nonché delle prescrizioni tecniche di FERROVIE, gli elaborati di seguito elencati:

- elenco elaborati, redatto secondo lo schema che sarà consegnato da FERROVIE al momento della consegna delle prestazioni;
- relazione sulle attività di rilievo topografico, illustrante i criteri adottati per l'esecuzione dei rilievi e per i calcoli, nonché le eventuali difficoltà incontrate e le modalità scelte per eliminarle o superarle. Detta relazione conterrà anche considerazioni sui risultati raggiunti, in modo particolare per quanto riguarda la precisione ottenuta. Al suo interno saranno inseriti la planimetria di inquadramento della trilaterazione GPS, nonché gli schizzi planimetrici originali, utilizzati nella gestione delle operazioni di campagna;
- monografie dei capisaldi, contenenti le seguenti informazioni: mese ed anno del rilievo, nome e numero del vertice, lo stralcio di cartografia scala 1:10.000, lo schizzo planimetrico di dettaglio con almeno 3 distanze da punti caratteristici stabili facilmente individuabili sul terreno, una breve descrizione dell'ubicazione del vertice, dell'accesso, del sito e della materializzazione, con esplicita indicazione del Comune, frazione, località e via dove ricade il vertice, coordinate geografiche nel sistema WGS84, ED50 e Roma40, coordinate piane UTM-WGS84 e UTM-ED50, nonché Gauss-Boaga, quota ellissoidica, quota ortometrica, con l'indicazione della metodologia con cui è stata determinata e della precisione relativa, una fotografia della materializzazione sullo sfondo di particolari circostanti di facile individuazione, eventuale grafico degli ostacoli alla ricezione satellitare, eventuali difficoltà riscontrate (accesso, disturbi, ecc.). Per i vertici ricadenti sulla sede ferroviaria dovrà essere indicata anche la quota del piano del ferro antistante;
- schema del rilievo, redatto alla scala 1:25.000;
- planimetria delle sezioni, redatta alla scala 1:10.000 in base alla cartografia esistente (es.: Carta Tecnica Regionale) dove saranno riportate le tracce (in 3D, con z uguale alla quota ortometrica misurata) delle sezioni, con numerazione progressiva da valle verso monte e con frecciatura indicante la posizione dei picchetti;

- sezioni trasversali, alle scale 1:200 (altezze) e 1:2.000 (distanze). Eventuali altre scale, per una adeguata rappresentazione in rapporto all'estensione del rilievo, potranno essere concordate con FERROVIE;
- prospetti delle infrastrutture di attraversamento, nei quali i rilievi (di monte e di valle) saranno montati sulle sezioni adiacenti e riferiti allo stesso sistema di riferimento, in particolare alla stessa origine delle ascisse. Saranno restituiti in scala 1:200, o secondo quanto indicato da FERROVIE, in rapporto alle dimensioni o ad altre circostanze particolari. Tutti i dati rilevati dovranno essere consegnati in formato digitale;

Prima dell'inizio delle attività, l'ESECUTORE concorderà con FERROVIE il progetto di dettaglio dei rilievi che dovrà eseguire, sulla base degli schemi di progetto forniti da FERROVIE. Esso sarà accompagnato da una relazione relativa alla strumentazione che si intende impiegare, alla organizzazione dei rilievi, al software che si intende adottare per il calcolo delle basi, la compensazione e l'elaborazione dei dati, alla codifica dei punti utilizzata nel rilievo e nei calcoli, secondo le indicazioni di FERROVIE. I rilievi saranno appoggiati a vertici di riferimento, le cui coordinate saranno ottenute con strumentazione GPS, secondo la metodologia differenziale statica, a partire da vertici IGM95, secondo quanto riportato nella successiva descrizione delle attività.

Le sezioni adiacenti ai manufatti saranno posizionate parallelamente all'asse dei binari al piede del rilevato di approccio. Le sezioni dovranno essere fornite sia su supporto cartaceo, sia informatico e dovranno essere riportate su cartografia esistente (es. Carta Tecnica Regionale: 1:10.000 o 1:5.000), con frecciatura indicante la posizione dei picchetti.

Nel file della planimetria delle sezioni, le sezioni stesse dovranno essere riportate come polilinee 3D, con coordinata z pari alla quota ortometrica rilevata. Le sezioni idrauliche dovranno essere rilevate e rappresentate con origine nel punto estremo in sinistra idraulica (vista da monte) e numerate da valle verso monte.

I fogli della CTR relativi all'area investigata dovranno essere consegnati a FERROVIE al termine delle prestazioni.

2.10.1 TRILATERAZIONE CON METODO GPS E MISURA GPS SU DUE NUOVI VERTICI DA MATERIALIZZARE.

2.10.1.1 Misura di tre vertici IGM95 e di una coppia di nuovi vertici all'interno del triangolo

La trilaterazione dovrà essere realizzata con GPS a doppia frequenza L1 L2 con metodologia statica, occupando 3 vertici IGM 95 che racchiudano nel triangolo da loro formato l'oggetto del rilievo. A insindacabile giudizio di FERROVIE, potrà essere ammessa una tolleranza di posizione, esterna al triangolo formato dai vertici, non superiore ad 1/5 della lunghezza del lato adiacente.

Si dovrà redigere, per sottoporlo alla preventiva approvazione di FERROVIE, un grafico in scala 1:25.000 dei vertici I.G.M.95 utilizzabili, dopo aver provveduto a reperire le monografie dei vertici e dei grigliati del vertice o del foglio IGM per il passaggio fra i sistemi di riferimento, copia dei quali sarà consegnata a FERROVIE.

La trilaterazione avverrà con 3 GPS in postazione fissa sui vertici IGM 95 (tempo di occupazione almeno 2 ore, oppure 30 minuti + 5 minuti/km, considerando il vertice IGM 95 più distante) e 1 GPS sulla coppia di vertici da determinare all'interno del triangolo.

La misura dei nuovi capisaldi dovrà essere eseguita con le seguenti fasi di attuazione:

- scelta del posizionamento dei due vertici GPS, da concordarsi con FERROVIE;
- materializzazione e determinazione delle coordinate plano-altimetriche. La distanza dei vertici non dovrà essere inferiore a 200 metri e, inoltre uno dei punti dovrà essere in prossimità del manufatto; la

loro materializzazione verrà fatta secondo le prescrizioni del precedente paragrafo 2.5.4.1 "Capisaldi". Nel definirne l'ubicazione, dovrà essere verificata l'assenza di campi elettromagnetici o superfici riflettenti che potrebbero causare disturbi nella ricezione del segnale e fenomeni di "percorsi multipli". In fase ricognitiva verrà verificato che il valore del rapporto segnale/rumore risulti sensibilmente superiore ai valori minimi dichiarati dal costruttore dello strumento utilizzato. Nel punto di stazione dovrà essere garantita l'assenza di ostacoli alla ricezione del segnale a partire da un'elevazione minima di 15° (angolo di cut-off). Ostacoli (edifici, alberi, alture, ecc.) potranno comunque essere presenti anche al di sopra di questa elevazione, purché d'entità limitata nel giro d'orizzonte. Di questi ostacoli si dovrà dare indicazione in un diagramma polare, allegato alla monografia del vertice, dal quale risultino le elevazioni e gli azimut;

- determinazione della quota sul livello medio del mare (m.s.l.m.) dei nuovi capisaldi, con l'ausilio del modello di ondulazione del geoide gravimetrico disponibile presso l'IGM. Qualora un vertice delle linee di livellazione di alta precisione dell'IGM si trovi a distanza minore o uguale ad un chilometro da uno dei suddetti capisaldi, la quota ortometrica sarà determinata mediante livellazione geometrica di precisione, secondo le prescrizioni del precedente paragrafo 2.8.1;
- redazione per ciascun vertice di un'esauriva monografia che consenta l'individuazione del punto.

Le stazioni saranno realizzate esclusivamente "in centro" con l'ausilio di treppiede o piastra. L'antenna sarà fissata tramite basetta tricuspidale dotata di viti calanti e livella sferica o tramite apparato equivalente che consenta l'orizzontamento e il centramento di precisione. Si dovrà curare in modo particolare la misura del dislivello dal centro di fase dell'antenna alla sommità del centrino che costituisce la materializzazione: tale dislivello sarà misurato in due punti diametralmente opposti dell'antenna, all'inizio della sessione di misura e, con la stessa procedura, alla fine della sessione. Delle quattro misure, tutte registrate, si utilizzerà la media. Qualora le misure dello stesso momento differiscano per più di un centimetro verranno immediatamente ripetute, se invece la media delle misure finali differisce per più di un centimetro da quella delle misure iniziali verrà ripetuta la stazione. Per gli apparati che utilizzano sistemi particolari per la determinazione dell'altezza dell'antenna, la misura andrà comunque eseguita due volte all'inizio della sessione e due volte alla fine con le stesse modalità di validazione suddette.

In presenza di cycle slip o di ostacoli superiori a 15-20 gradi sull'orizzonte dell'antenna o di valori di GDOP e PDOP non ottimali, la durata della sessione di misura sarà convenientemente aumentata rispetto ai valori minimi indicati in precedenza. L'intervallo di campionamento non sarà superiore a 15 secondi. L'intervallo di campionamento non sarà superiore a 15 secondi.

2.10.1.2 Elaborazione delle misure.

Il calcolo delle basi potrà essere eseguito utilizzando le effemeridi trasmesse o quelle precise impiegando il programma fornito dalla Casa Costruttrice dei ricevitori, o un programma specifico purché internazionalmente noto: in questo caso dovrà esserne data preventivamente comunicazione alle FERROVIE nella relazione di progetto per la necessaria autorizzazione. Il software dovrà essere messo a disposizione di FERROVIE per le opportune verifiche e prove.

Le basi calcolate saranno accettate esclusivamente in soluzione fixed, e solo se caratterizzate da indicatori di qualità (quality factor, ratio, varianza, contrast, ecc., a seconda del software utilizzato) che rientrino nei limiti previsti dal software stesso. Le basi che non soddisfino tali requisiti verranno ripetute.

Le coordinate ellissoidiche dei vertici ottenute dalla media delle baseline convergenti sul punto stesso dovranno avere precisioni planimetriche dell'ordine di ± 2 cm ed altimetriche di ± 3 cm. Del calcolo di ciascuna base dovrà essere fornito il file ASCII sintetico riportante le informazioni sostanziali: i codici dei punti collegati, le componenti della base, i loro parametri di precisione (deviazione standard delle componenti, correlazioni o covarianze, modalità di calcolo, fattori di qualità, durata della ricezione, ecc.). Di norma tutti i software d'elaborazione delle basi consentono di produrre tali report riassuntivi. Il nome del file

di report richiamerà i codici dei punti collegati dalla base riportata.

La documentazione fornita dovrà consentire di risalire, per ciascuna base, alla sessione durante la quale è stata rilevata.

I dati grezzi acquisiti dovranno essere conservati nella forma originale (binario proprietario) presso l'ESECUTORE e ne dovrà essere consegnata copia a FERROVIE sia in formato binario, sia in formato standard d'interscambio RINEX (compresa la misura dell'altezza sul piano di paragone del punto di riferimento dell'antenna).

2.10.2 SEZIONI TRASVERSALI DEL CORSO D'ACQUA

Le sezioni saranno restituite in scala 1:200 o in ulteriori scale, previo accordo con FERROVIE, per casi particolari, nella posizione e con le indicazioni stabilite da FERROVIE mediante:

- individuazione di due capisaldi per ciascuna sezione, materializzati provvisoriamente con picchetti;
- determinazione delle coordinate plano-altimetriche dei due picchetti come vertici di poligonale appoggiata ai capisaldi di riferimento, garantendo precisioni planimetriche dell'ordine di ± 3 cm ed altimetriche di ± 5 cm;
- calcolo delle distanze parziali, dei dislivelli, delle quote altimetriche dei punti intermedi;
- restituzione dei dati del profilo sotto forma di tabella Excel, in cui per ciascun punto dovrà essere riportata progressiva e quota; dovranno essere evidenziati i punti che corrispondono ai picchetti di sezione, almeno per i quali dovranno essere riportate anche le coordinate piane;
- restituzione grafica e disegno in scala adeguata stabilita da FERROVIE.

Come controllo qualità, all'inizio di ogni sessione di lavoro dal caposaldo di riferimento si rileverà l'altro caposaldo, verificando la precisione della misura ottenuta; si compilerà altresì la scheda di campagna, riportando anche i dati relativi all'altezza dello strumento. Il rilievo angolare sarà effettuato con il metodo delle osservazioni a strati, eseguendo da ogni stazione almeno quattro strati di letture azimutali. I vari strati forniranno i valori degli angoli che, per essere mediabili, non dovranno presentare uno scarto superiore a 20 secondi centesimali. Le osservazioni che superino tale valore andranno ripetute. Devono essere utilizzati teodoliti che consentano una precisione angolare non superiore ai due secondi centesimali, accoppiati a distanziometri elettronici di precisione non inferiore a $\pm 3 + 2$ ppm. In alternativa sarà possibile utilizzare total station con prestazioni analoghe o superiori.

Le tolleranze di chiusura sui capisaldi vengono stabilite come segue:

- $\Delta \alpha$ (errore di chiusura angolare espresso in gradi centesimali) = $0,0012\sqrt{n}$
- ΔL (errore di chiusura lineare espresso in metri) = $\pm [0,009\sqrt{\sum l} + 0,003 n + 0,002 \sum l]$
- n = numero dei vertici della poligonale; $\sum l$ = sommatoria della lunghezza dei lati espressa in km.

La livellazione geometrica tecnica, da effettuarsi lungo le poligonali, sarà condotta con il metodo della livellazione geometrica con battute dal mezzo. In ogni stazione il livello dovrà trovarsi a eguale distanza dalle due stadia, con approssimazione non superiore al metro, e la distanza tra lo strumento e la stadia non dovrà superare gli 80 m.

La misura del dislivello dal caposaldo iniziale al caposaldo finale dovrà essere eseguita in andata e ritorno. Dette misure dovranno succedersi senza intervallo di tempo e con lo stesso operatore. La discordanza tra dislivello misurato in andata e quello misurato in ritorno non dovrà superare la tolleranza di $\text{mm} \pm 18 \sqrt{D}$, dove D è la distanza espressa in chilometri. Nel caso risultasse superiore si ripeterà la misura del tratto.

Sarà eseguita con un livello fornito di bolla con centramento a coincidenza e sensibilità non inferiore a 20"

per 2 mm di spostamento o dispositivo autolivellante equivalente, ingrandimento circa 25x, stato di rettifica controllato all'inizio dei lavori.

Le coppie di stadie dovranno avere: graduazione centimetrata su legno o metallo, preferibilmente di un pezzo unico, livella sferica per la posa verticale.

Per le livellazioni tecniche è consentito l'utilizzo di autolivelli a lettura digitale e di stadie a barre, purché garantiscano precisioni analoghe o superiori ai livelli tradizionali.

In alternativa il rilievo dei capisaldi di sezione potrà essere effettuato con il metodo GPS in modalità rapido-statica.

Le osservazioni eseguite dalla stessa stazione si scriveranno su un unico libretto, insieme all'altezza strumentale sul piano di paragone del vertice di stazione, all'ora in cui le osservazioni sono state fatte, alla pressione atmosferica e alla temperatura. Potrà alternativamente essere utilizzato un registratore di dati che per analogia verrà chiamato "Libretto Elettronico di Campagna" (L.E.C.).

Il riferimento al file di dati della sessione sarà inserito nella scheda giornaliera di controllo qualità.

I punti intermedi della sezione, per i quali si richiede precisione planimetrica di ± 5 cm e altimetrica di ± 30 cm, devono essere determinati con metodo celerimetrico, idoneo alla restituzione numerica in scala 1:200, facendo stazione sui picchetti, o, in alternativa, con metodo GPS cinematico o RTK.

La densità dei punti intermedi da rilevare deve essere tale da rappresentare adeguatamente le variazioni del profilo del terreno, tenendo conto degli elementi che determinano variazioni di quota localizzate (rilevati stradali, argini, reticolo idrografico minore, bordi di terrazzi geologici, ecc.) In ogni caso la densità dei punti deve essere tale da definire l'andamento del profilo del terreno con un punto ogni 50 cm di variazione altimetrica.

Per il rilievo dei punti al di sotto della superficie liquida (punti batimetrici), l'attività dovrà essere svolta secondo le prescrizioni del paragrafo 3.5.5.1 "Rilievo batimetrico per profili della spiaggia sommersa e per sezioni trasversali dell'alveo fluviale" della PARTE SECONDA – SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE del presente Capitolato.

Deve inoltre essere quotato il livello idrometrico a inizio e fine della misurazione con annotazione della data e dell'ora di misurazione.

Si dovrà eseguire per ogni sezione almeno una fotografia delle operazioni di misura.

2.10.3 RILIEVO PLANO-ALTIMETRICO PER VERIFICHE DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA DI MANUFATTI FERROVIARI.

Il rilievo sarà restituito alla scala di 1:500.

I punti da rilevare vanno scelti in modo da registrare ogni variazione dell'andamento altimetrico del terreno che superi un numero di centimetri pari ad $N/10$, con N uguale al denominatore della scala di restituzione.

La planimetria dovrà contenere:

- la quota del pelo dell'acqua
- una quota sulla sommità di ciascun eventuale fabbricato (piano terrazzo di copertura o linea di gronda sui fabbricati coperti con tetti);
- tutti gli elementi base del rilievo ricadenti nell'area coperta dal piano quotato, i capisaldi, le sezioni (riportate come polilinee 3D), i picchetti, nonché le particolarità topografiche e gli elementi geografici con la relativa nomenclatura;
- le quote del piano del ferro, che saranno indicate tra parentesi;

- l'ingombro in pianta delle fondazioni, delle pile e delle spalle del ponte;
- la toponomastica;
- le colture e le specie arboree principali.

2.10.4 RILIEVO GEOMETRICO DI UN MANUFATTO DI ATTRAVERSAMENTO IDRAULICO.

Il rilievo sarà restituito in scala 1:200, appoggiato ai nuovi capisaldi, con le medesime tolleranze (± 3 cm in planimetria e ± 5 cm in altimetria) e avvertenze previste per i capisaldi delle sezioni del corso d'acqua secondo le prescrizioni del precedente paragrafo 2.10.2.

Per ogni prospetto saranno battuti almeno 19 punti topografici, con stazione totale o con strumentazione GPS modalità RTK.

Dovranno essere rilevate nel dettaglio le spalle, compresi pulvini, riseghe e parti fuori terra delle fondazioni, in più andrà rilevato per ciascun prospetto un punto all'intradosso e uno all'estradosso dell'impalcato, due punti sul p.f. (sul piano stradale o in banchina per i manufatti stradali), uno a ciascuna estremità del manufatto, e un punto sul p.f. (sul piano stradale o in banchina per i manufatti stradali) per ciascun rilevato di approccio, in corrispondenza dei punti estremi della sezione di monte, per un totale di 38 punti, per i manufatti a campata unica e per le prime campate dei manufatti a più campate.

Per le campate aggiuntive dei manufatti a più campate dovrà essere rilevata la pila, compresi i pulvini, reseghie e parti fuori terra delle fondazioni, con 8 punti per ciascun prospetto o 12 punti se le fondazioni sporgono dal fondo alveo, in più andrà rilevato per ciascun prospetto un punto all'intradosso e uno all'estradosso dell'impalcato, per un totale di 28 punti.

**CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO
DELLE OPERE CIVILI**

**PARTE II - SEZIONE 3
RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE**

- 3.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE
- 3.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO
- 3.3 DEFINIZIONI
- 3.4 ABBREVIAZIONI
- 3.5 STUDI E RILIEVI GEOLOGICI
- 3.6 PROSPEZIONI GEOFISICHE
- 3.7 INDAGINI GEOGNOSTICHE
- 3.8 PROVE GEOTECNICHE IN SITO
- 3.9 PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO

Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Verifica Tecnica	Autorizzazione
A	22/12/2017	Emissione per Applicazione	L. Mostocotto A. Bianchi S. Gorelli G. Manfro R. Mostas	M. Mezzabotta L. Mostocotto	F. Iacobini

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 2 di 232

INDICE

3.1	SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE	10
3.1.1	CAMPO DI APPLICAZIONE.....	10
3.1.2	GENERALITA'.....	10
3.1.2.1	Programma e modalità operative.....	10
3.1.2.2	Coordinamento tecnico.....	11
3.1.2.3	Confezionamento e conservazione dei campioni	11
3.1.2.4	Elaborati da consegnare	11
3.1.2.5	Prestazioni in regime di qualità	12
3.2	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO.....	12
3.2.1	NORMATIVE DI RIFERIMENTO	12
3.2.1.1	Normativa Nazionale	12
3.2.1.2	Normativa Europea.....	12
3.2.1.3	Normativa Internazionale.....	16
3.2.1.4	Documentazione Tecnica	18
3.3	DEFINIZIONI.....	20
3.4	ABBREVIAZIONI	20
3.5	STUDI E RILIEVI GEOLOGICI	21
3.5.1	PREMESSA.....	21
3.5.2	ATTIVITÀ PROPEDEUTICHE	21
3.5.2.1	Ricerca bibliografica	21
3.5.2.2	Analisi fotointerpretativa	22
3.5.3	STUDI GENERALI DI BASE DI CARATTERE GEOLOGICO APPLICATIVO	22
3.5.4	STUDIO GEOLOGICO APPLICATIVO E REDAZIONE DELLE RELATIVE CARTE TEMATICHE ALLA SCALA DI 1:25.000.	23
3.5.4.1	Rilievo geologico in scala 1:25.000.....	24
3.5.4.2	Rilievo geomorfologico in scala 1:25.000.....	25
3.5.4.3	Rilievo idrogeologico in scala 1:25.000.....	25
3.5.4.4	Rilievo geomeccanico/geotecnico in scala 1:25.000.....	26
3.5.4.5	Documentazione da consegnare.....	26
3.5.5	STUDIO GEOLOGICO APPLICATIVO AD INDIRIZZO TECNICO	30
3.5.5.1	Rilievo geologico in scala 1:10.000 o 1:5.000.....	31
3.5.5.2	Rilievo geomorfologico in scala 1:10.000 o 1:5.000	31
3.5.5.3	Rilievo idrogeologico in scala 1:10.000 o 1:5.000	32
3.5.5.4	Rilievo litologico-tecnico in scala 1:10.000 o 1:5.000.....	32

CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 3 di 232
--	---	-----------------

3.5.5.5	Componente uso reale del territorio in scala 1:10.000 o 1:5.000.....	33
3.5.5.6	Rilievo a tema geopedologico in scala 1:10.000 o 1:5.000.....	33
3.5.5.7	Documentazione da consegnare.....	34
3.5.6	STUDI E RILIEVI GEOLOGICI E TEMATICI DI DETTAGLIO.....	37
3.5.6.1	Rilievo geologico di dettaglio in scala 1:2.000 o 1:1.000.....	37
3.5.6.2	Rilievo geomorfologico di dettaglio in scala 1:2.000 o 1:1.000.....	38
3.5.6.3	Rilievo idrogeologico di dettaglio in scala 1:2.000 o 1:1.000.....	39
3.5.6.4	Rilievo di sorgenti e dei pozzi.....	39
3.5.6.5	Rilievo litologico-tecnico di dettaglio in scala 1:2.000 o 1:1.000.....	40
3.5.6.6	Rilievo geologico-tecnico di terreni entro scavi esplorativi superficiali.....	41
3.5.6.7	Rilievo geostrutturale.....	41
3.5.6.8	Studio di Analisi di Risposta Sismica Locale.....	43
3.5.6.9	Documentazione da consegnare.....	44
3.5.7	GEOMORFOLOGIA COSTIERA E FLUVIALE.....	48
3.5.7.1	Rilievo batimetrico per profili della spiaggia sommersa e per sezioni trasversali dell'alveo fluviale.....	48
3.6	PROSPEZIONI GEOFISICHE.....	51
3.6.1	GEOELETTRICA.....	51
3.6.1.1	Sondaggi geoelettrici verticali.....	51
3.6.1.2	Prospezione geofisica con il metodo elettrico per l'esecuzione di profili di resistività.....	52
3.6.1.3	Prospezione geofisica con il metodo elettrico, con metodologia tomografica.....	53
3.6.1.4	Carotaggio geofisico con il metodo elettrico in foro di sondaggio.....	57
3.6.2	GEOGRAVIMETRIA.....	58
3.6.2.1	Prospezione geo-gravimetrica.....	58
3.6.3	GEORADAR.....	59
3.6.3.1	Rilievo elettromagnetico con metodo radar.....	59
3.6.4	GEOSISMICA.....	61
3.6.4.1	Prospezione con metodo sismico a rifrazione.....	61
3.6.4.2	Prospezione con metodo sismico a riflessione.....	64
3.6.4.3	Prospezione con tecnica Down-Hole.....	66
3.6.4.4	Prospezione con tecnica Cross-Hole.....	68
3.6.4.5	Prospezione geosismica attiva di superficie del tipo Multichannel Analysis of Surface Waves (M.A.S.W.).....	69
3.6.4.6	Prospezione geofisica con metodo sismico passivo dei microtremori a rifrazione del tipo Refraction Microtremor (Re.Mi.).....	70
3.6.4.7	Misure di rumore sismico ambientale a stazione singola tramite metodo HVSR.....	71
3.6.4.8	Misure di rumore sismico ambientale ad antenna sismica tramite procedura ESAC.....	72

CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 4 di 232
--	---	-----------------

3.6.4.9	Prospezione sismica tomografica	73
3.6.5	PROVE SONICHE.....	75
3.6.5.1	Carotaggio sonico in foro di sondaggio.	75
3.7	INDAGINI GEOGNOSTICHE	77
3.7.1	PERFORAZIONI E SONDAGGI.....	77
3.7.1.1	Perforazione ad andamento verticale o con inclinazione inferiore o uguale a 15 gradi, eseguita a distruzione di nucleo.	77
3.7.1.2	Sondaggio geognostico ad andamento verticale o con inclinazione inferiore o uguale a 15 gradi eseguito a carotaggio continuo.	81
3.7.1.3	Cassette catalogatrici atte alla conservazione di almeno 5 metri di carote di terreno provenienti da sondaggi a carotaggio continuo, compresa la fotografia digitale.	103
3.7.1.4	Prelievo a rotazione di campioni indisturbati o a limitato disturbo.	103
3.7.1.5	Prelievo a pressione di campioni indisturbati con campionatore tipo Shelby.....	104
3.7.1.6	Prelievo a pressione di campioni indisturbati con campionatore tipo Osterberg.	104
3.7.1.7	Prelievo di un campione rimaneggiato di terreno o di uno spezzone di carota lapidea nel corso di sondaggi, compresa la conservazione in idonei contenitori.	105
3.7.1.8	Perforazione a carotaggio continuo, ad andamento anche inclinato, eseguita con corona diamantata in corrispondenza di opere d'arte e strutture in elevazione o in fondazione.	105
3.7.1.9	Sondaggio per indagini ambientali	107
3.7.2	SCAVI ESPLORATIVI DI SUPERFICIE E PRELIEVO DI CAMPIONI.....	110
3.7.2.1	Prelievo di campioni indisturbati da scavo esplorativo di superficie o da parete di fronte di scavo.	110
3.7.2.2	Prelievo di campioni di aggregati depositati in cumulo all'interno di carri ferroviari o di autocarri, presso impianti di frantumazione (produzione) o in opera come massicciata ferroviaria.	112
3.7.2.3	Prelievo di un campione di terreno per indagini ambientali, compresa la conservazione in idonei contenitori.	113
3.7.3	PRELIEVO DI CAMPIONI IN AMBIENTE COSTIERO E FLUVIALE.....	114
3.7.3.1	Prelievo di campioni di terreno sciolto in corrispondenza di una spiaggia, di una spiaggia sommersa, del fondo di un alveo fluviale o della sponda di un corso d'acqua	114
3.7.4	OPERE DI COMPLETAMENTO E SISTEMAZIONE	115
3.7.4.1	Installazione all'interno di fori di sondaggio già eseguiti, di tubi in materia plastica per esecuzione di prospezioni geofisiche in foro.....	115
3.7.4.2	Sistemazione al piano campagna della bocca di perforazioni e di sondaggi.....	116
3.8	PROVE GEOTECNICHE IN SITO	117
3.8.1	APPARECCHIATURA IN OPERA	117
3.8.1.1	Fornitura e installazione di piezometro a tubo aperto di diametro non inferiore a mm 40.	117
3.8.1.2	Installazione di piezometro con cella tipo Casagrande a doppio tubo.....	119
3.8.1.3	Installazione di piezometro elettrico.....	123

CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: RFI DTC SI GE SP IFS 001 A	FOGLIO 5 di 232
--	---	-----------------

3.8.1.4	Installazione di tubo inclinometrico.	126
3.8.1.5	Installazione di assestometro elettromagnetico verticale a tubo corrugato.	130
3.8.1.6	Installazione di assestometro a piastra.	132
3.8.1.7	Installazione di assestometro orizzontale a cella idraulica.	134
3.8.1.8	Installazione di estensimetro a cavo.	135
3.8.1.9	Installazione di estensimetro a barra.	136
3.8.1.10	Installazione di estensimetro incrementale.	141
3.8.1.11	Installazione di estensimetro a corda vibrante o di tipo resistivo (barretta estensimetrica)	145
3.8.1.12	Installazione di fessuometro meccanico tridirezionale.	148
3.8.1.13	Installazione di fessuometro meccanico monodirezionale.	149
3.8.1.14	Installazione di fessurimetro con reticolo graduato.	150
3.8.1.15	Installazione di stazione di convergenza.	151
3.8.1.16	Installazione di cella di pressione.	154
3.8.1.17	Installazione ed esecuzione di prova con martinetto piatto.	156
3.8.2	PROVE PENETROMETRICHE E DILATOMETRICHE CONTINUE	158
3.8.2.1	Prova penetrometrica statica eseguita con dispositivo a punta meccanica (CPT).....	158
3.8.2.2	Prova penetrometrica statica eseguita con dispositivo a punta elettrica (CPTE).	161
3.8.2.3	Prova penetrometrica statica eseguita con dispositivo a punta elettrica provvista di piezocono (CPTU).....	164
3.8.2.4	Prova penetrometrica statica eseguita con dispositivo a punta elettrica provvista di piezocono sismico (SCPTU).	169
3.8.2.5	Prova penetrometrica dinamica continua eseguita con massa battente pesante 63,5-73 kg (DPSH).	175
3.8.2.6	Prova penetrometrica dinamica continua eseguita con massa battente medio-leggera 10÷30 kg, (DPM).	178
3.8.2.7	Prova dilatometrica eseguita con dilatometro piatto tipo Marchetti (DMT).	180
3.8.3	ALTRE PROVE IN SITO	183
3.8.3.1	Prova di carico su piastra da eseguirsi su terreno naturale, su riempimenti compattati o su rilevati, per la determinazione del modulo di deformazione dell'ammasso terroso.	183
3.8.3.2	Prova di carico su piastra da eseguirsi su terreno naturale, su riempimenti compattati o su rilevati, per la determinazione del modulo di reazione k.	186
3.8.3.3	Prova di densità in sito con il metodo della sabbia calibrata, eseguita anche in pozzetto, compresa la fase preliminare di calibrazione della sabbia da eseguirsi in laboratorio.	188
3.8.3.4	Prova di densità in sito con il metodo del volumometro a membrana, eseguita anche in pozzetto.....	190
3.8.4	PROVE IN FORO DI SONDAGGIO	192
3.8.4.1	Prova penetrometrica dinamica tipo SPT (Standard Penetration Test), da eseguire all'interno dei fori dei sondaggi geognostici.....	192
3.8.4.2	Prova pressiometrica da eseguire all'interno dei fori dei sondaggi geognostici con pressiometro tipo Menard.	194

CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 6 di 232
--	---	-----------------

3.8.4.3	Prova scissometrica da eseguire all'interno dei fori dei sondaggi geognostici.....	198
3.8.4.4	Prova di fratturazione idraulica, da eseguire all'interno di fori di sondaggi geognostici, per la determinazione in sito dello stato di sollecitazione di un ammasso roccioso.....	200
3.8.4.5	Prova dilatometrica in roccia, da eseguire all'interno di fori di sondaggi geognostici, per la determinazione in sito delle caratteristiche di deformabilità di un ammasso roccioso.....	202
3.8.4.6	Prova di permeabilità tipo Lefranc da eseguire nel corso della perforazione dei fori di sondaggio geognostico.....	205
3.8.4.7	Prova di assorbimento d'acqua tipo Lugeon da eseguire nel corso della perforazione dei fori di sondaggio geognostico.....	208
3.8.4.8	Misura di velocità di flusso idrico da eseguirsi con apposito micromulinello, nell'interno dei fori di sondaggio geognostico.....	211
3.8.4.9	Video ispezione in foro di sondaggio verticale o sub-verticale, comunque orientato sul piano orizzontale, con telecamera a colori ad alta definizione montata su aste di alluminio centimetricate o su cavo idoneo dotato di sistema di rilevamento profondità.....	213
3.9	PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO.....	216
3.9.1	IDENTIFICAZIONE E DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE FISICHE E CHIMICHE DELLE TERRE.....	216
3.9.1.1	Apertura campione di terra, indisturbato o a limitato disturbo, compreso l'esame qualitativo preliminare, la descrizione litologica e la determinazione della consistenza con penetrometro e scissometro tascabili.....	216
3.9.1.2	Determinazione del contenuto naturale in acqua, media di tre misure.....	216
3.9.1.3	Determinazione della massa volumica apparente (peso volume) mediante fustella tarata o pesata idrostatica su campione paraffinato.....	217
3.9.1.4	Determinazione della massa volumica reale dei granuli con picnometro.....	217
3.9.1.5	Determinazione dei limiti di Atterberg.....	217
3.9.1.6	Determinazione del limite di ritiro.....	217
3.9.1.7	Analisi granulometrica meccanica eseguita mediante setacci.....	217
3.9.1.8	Analisi granulometrica per sedimentazione secondo il metodo del densimetro o della pipetta....	218
3.9.1.9	Prova di permeabilità mediante permeametro a carico costante o variabile.....	218
3.9.1.10	Determinazione ponderale dei solfati e cloruri.....	218
3.9.1.11	Determinazione del contenuto in carbonati.....	218
3.9.1.12	Determinazione del contenuto in sostanze organiche.....	219
3.9.1.13	Determinazione del pH con il metodo colorimetrico o con pH-metro.....	219
3.9.1.14	Determinazione dell'umidità di campo (Field Moisture Equivalent of Soils).....	219
3.9.2	DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE FISICHE, CHIMICHE E PETROGRAFICHE DI ROCCE E AGGREGATI.....	219
3.9.2.1	Determinazione del contenuto naturale d'acqua, media di tre misure.....	219
3.9.2.2	Determinazione della massa volumica apparente su provini squadrati o informi.....	219
3.9.2.3	Determinazione della massa volumica apparente di aggregati (massa in mucchio).....	220
3.9.2.4	Determinazione della massa volumica reale.....	220
3.9.2.5	Analisi granulometrica per vagliatura mediante setacci serie UNI, ASTM o BS.....	220

CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 7 di 232
--	---	-----------------


3.9.2.6	Determinazione dei coefficienti di forma e di appiattimento.....	220
3.9.2.7	Determinazione macroscopica dei caratteri litologici di una roccia.....	220
3.9.2.8	Analisi petrografica mediante determinazione microscopica su sezione sottile dei componenti mineralogici di campioni di roccia, compresa la preparazione di una sezione sottile.....	221
3.9.2.9	Determinazione dell'assorbimento d'acqua.....	221
3.9.2.10	Analisi diffrattometrica su campione di roccia per la identificazione e la determinazione percentuale dei minerali presenti.....	221
3.9.2.11	Determinazione dell'equivalente in sabbia mediante tre prove.....	222
3.9.2.12	Determinazione del contenuto di impurezze organiche.....	222
3.9.2.13	Determinazione del contenuto di solfati solubili di un aggregato.....	222
3.9.2.14	Determinazione del contenuto di cloruri solubili di un aggregato.....	222
3.9.2.15	Determinazione del tenore in silice.....	223
3.9.2.16	Determinazione del tenore in carbonati totali.....	223
3.9.2.17	Determinazione del modulo di finezza, esclusa la setacciatura.....	223
3.9.2.18	Determinazione della resistenza alla degradazione mediante solfati.....	223
3.9.3	DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE MECCANICHE DELLE TERRE.....	223
3.9.3.1	Prova di compressione ad espansione laterale libera con rilievo delle curve sforzi/deformazioni su un provino di diametro da 35 a 100 mm compresa la determinazione del contenuto in acqua e del peso di unità di volume.....	223
3.9.3.2	Prova di taglio diretto con scatola di Casagrande su tre provini con rilievo delle deformazioni verticali e delle curve sforzi/deformazioni trasversali nonché determinazione per ogni provino del contenuto in acqua e del peso di unità di volume.....	224
3.9.3.3	Prova di taglio con apparecchio anulare per la determinazione della resistenza residua su tre provini con rilievo delle deformazioni verticali e delle curve sforzi/deformazioni nonché determinazione, per ogni provino, del contenuto in acqua e del peso di unità di volume.....	224
3.9.3.4	Prova di taglio con scissometro da laboratorio (Vane Test), su un provino, compresa la determinazione della resistenza al taglio residua.....	224
3.9.3.5	Prova di compressione triassiale eseguita su tre provini con rilievo di tutti i diagrammi necessari per l'interpretazione dei risultati.....	224
3.9.3.6	Prova di compressione edometrica da eseguire su campioni indisturbati secondo uno schema di carico e scarico stabilito dalle Ferrovie.....	225
3.9.3.7	Determinazione della pressione di rigonfiamento in cella edometrica.....	225
3.9.3.8	Determinazione del rigonfiamento lineare in cella edometrica.....	225
3.9.3.9	Prova di colonna risonante (RC).....	225
3.9.4	DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE MECCANICHE DI ROCCE E AGGREGATI.....	226
3.9.4.1	Taglio di provini prismatici, di dimensioni max cm 20 di lato, da blocchi informi di roccia o da spezzoni di carota di roccia.....	226
3.9.4.2	Carotaggio di provini cilindrici da blocchi informi di roccia o da spezzoni di carota di roccia.....	226
3.9.4.3	Spianatura e rettifica di provini cilindrici o prismatici di roccia.....	226

CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 8 di 232
--	---	-----------------

3.9.4.4	Prova di compressione monoassiale su provini di roccia cilindrici o prismatici.....	226
3.9.4.5	Prova di compressione monoassiale su provini di roccia cilindrici o prismatici, con determinazione della deformabilità orizzontale e verticale (mediante l'applicazione di almeno 4 estensimetri elettrici) e con rilievo del comportamento post-rottura del provino	227
3.9.4.6	Determinazione delle costanti elastiche dinamiche di provini di roccia mediante ultrasuoni utilizzando almeno tre valori diversi di frequenza	227
3.9.4.7	Determinazione della resistenza a trazione con prova indiretta "Brasiliana" su provini di roccia cilindrici	227
3.9.4.8	Prova di carico puntiforme per la determinazione dell'indice di resistenza "Franklin" (Point Load Strength Test) su provini cilindrici e/o su frammenti informi di roccia	227
3.9.4.9	Determinazione dell'angolo di attrito di base di una roccia mediante "Tilt Test, compreso il taglio a sega della superficie di prova.....	227
3.9.4.10	Prova di durezza superficiale su roccia e/o struttura muraria mediante impiego di sclerometro (martello di Schmidt).....	228
3.9.4.11	Determinazione del coefficiente di abrasione "Los Angeles".....	228
3.9.4.12	Prova di compressione triassiale a velocità di deformazione controllata su provini di roccia con installazione di almeno 4 estensimetri elettrici di misura delle deformazioni longitudinali e trasversali all'asse di carico	228
3.9.4.13	Prova di taglio su giunti di roccia compresa la determinazione della resistenza residua	229
3.9.4.14	Prova di durabilità (Slake Durability Test) su materiale lapideo.....	229
3.9.4.15	Prova di costipamento di una terra per la determinazione della densità massima e dell'umidità ottimale mediante prova ASSTHO Standard o modificata eseguita su almeno 5 provini.....	229
3.9.4.16	Determinazione dell'indice "CBR" su un provino preparato in laboratorio mediante compattazione ed imbibizione in acqua per 4 giorni.....	229
3.9.4.17	Determinazione della resistenza al gelo di un aggregato	230
3.9.4.18	Determinazione della resistenza al gelo di pietre da costruzione, lastre da pavimentazione, da eseguire su 24 provini cubici di lato 71 mm per le rocce a grana fine e mm 100 per le rocce a grana grossa mediante prove di compressione su provini asciutti, provini saturi d'acqua e su provini sottoposti a cicli di gelo e disgelo.....	230
3.9.5	DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE CHIMICHE, FISICHE E BIOLOGICHE DI ACQUE NATURALI	230
3.9.5.1	Prelievo di un campione d'acqua da pozzi, piezometri, corsi d'acqua ecc. raccolto in contenitore sterilizzato di vetro o di materiale plastico a chiusura ermetica	230
3.9.5.2	Determinazione del contenuto in cloruri	230
3.9.5.3	Determinazione del contenuto in solfati.....	230
3.9.5.4	Determinazione del contenuto in solfuri	230
3.9.5.5	Determinazione del contenuto in carbonati	231
3.9.5.6	Determinazione del contenuto in bicarbonati.....	231
3.9.5.7	Determinazione del contenuto in CO2 libera	231
3.9.5.8	Determinazione del contenuto in nitrati	231
3.9.5.9	Determinazione del contenuto in nitriti.....	231
3.9.5.10	Determinazione della durezza.....	231

<p>CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3</p>	<p>Codifica: RFI DTC SI GE SP IFS 001 A</p>	<p>FOGLIO 9 di 232</p>
---	--	------------------------

3.9.5.11	Determinazione del pH.....	231
3.9.5.12	Analisi batteriologica con determinazione di coliformi totali, coliformi fecali, streptococchi e salmonelle.....	232
3.9.5.13	Determinazione della conducibilità e della temperatura.....	232
3.9.5.14	Determinazione del contenuto in calcio.....	232
3.9.5.15	Determinazione del contenuto in magnesio.....	232
3.9.5.16	Determinazione del contenuto in sodio.....	232
3.9.5.17	Determinazione del contenuto in potassio.....	232

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 10 di 232

3.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente sezione è parte integrante del Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle Opere Civili (RFI DTC SICS SP IFS 001) e sostituisce la Sezione 3 della parte II del precedente Capitolato (cod. RFI DTC SICS SI AG SP IFS 001 A - del 30/12/2016).

Il presente documento definisce le procedure e le metodologie per l'esecuzione di rilievi geologici, geomorfologici ed idrogeologici, di indagini geognostiche e geofisiche, di prove geotecniche in sito e di laboratorio.

Per ciascuna attività è sinteticamente riportata una parte generale riguardante la finalità dell'indagine, o della prova, o del tipo di rilievo da eseguire, le normative e/o raccomandazioni di riferimento, la descrizione delle caratteristiche delle attrezzature da utilizzare, le modalità operative e la documentazione da consegnare a Ferrovie al termine o durante le indagini medesime.

Si rappresenta che per le costruzioni e le opere infrastrutturali iniziate nonché per quelle per le quali sono stati affidati i lavori prima dell'entrata in vigore del presente Capitolato, continueranno ad applicarsi le normative tecniche già utilizzate per la redazione dei progetti, fino all'ultimazione dei lavori e all'eventuale collaudo.

3.1.1 CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente sezione di capitolato si adotta per rilievi geologici, indagini geognostiche e geofisiche, prove in sito e di laboratorio che usualmente vengono effettuate per la progettazione di infrastrutture ed opere civili, nel rispetto dei dettami del D.lg. 12/04/06, n. 163 (Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE - G.U. n. 100 del 2 maggio 2006) ed in particolare di quanto indicato agli artt. 1,8,9,13,93 e all'Allegato XXI, e del relativo regolamento di esecuzione ed attuazione (DPR 207 del 05/10/2010).

3.1.2 GENERALITA'

Nelle prescrizioni facenti parte del presente capitolato, per brevità ed uniformità, è solitamente indicato con il termine generico di "Ferrovie", RFI S.p.A. o chi agisce in nome e per conto di RFI S.p.A. (Direzione lavori, Alta sorveglianza).

Analogamente per la parte esecutrice è usato il termine generico di "Esecutore", che sta ad indicare il soggetto incaricato dell'esecuzione dei lavori (Appaltatore, General Contractor, Contraente Generale).

Per quanto concerne indagini, rilievi e prove di particolare specializzazione non contenute nel capitolato, dovrà prevedersi di volta in volta un'apposita documentazione da sottoporre all'approvazione delle Ferrovie. L'utilizzo di innovazioni tecnologiche, migliorative, che potranno intervenire nel corso di validità del presente capitolato, relativamente ad attrezzature, modalità di esecuzione di indagini, rilievi, prove in sito e in laboratorio, dovrà essere approvato da Ferrovie.

3.1.2.1 Programma e modalità operative

Tutte le prestazioni riportate nel presente capitolato dovranno essere preventivamente ed espressamente ordinate o comunque autorizzate da Ferrovie e dovranno essere eseguite secondo le modalità operative indicate.

Detta espressa e preventiva autorizzazione si intende riferita anche a particolari operativi quali:

- estensione e confini delle aree degli studi di tipo cartografico;
- numero, ubicazione, tipologia e profondità di sondaggi e prove in sito;
- numero, lunghezza, ubicazione e disposizione di basi o di stazioni geofisiche in superficie ed in foro;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 11 di 232

- tipologia e metodologia di prove in sito di qualunque genere;
- ubicazione e dimensionamento di sezioni, aree, o tratti da indagare con misure in sito o in foro di sondaggio;
- tipo, ubicazione e numero di apparecchiature di misura da installare in sito;
- tipologia del/dei sistemi di acquisizione dei dati;
- numero e profondità di prelievo dei campioni di terra e/o roccia, in foro di sondaggio o in scavi esplorativi in superficie piana o parete.

3.1.2.2 Coordinamento tecnico

Indipendentemente dalla sorveglianza e dal controllo che sarà svolto dal personale tecnico di Ferrovie, i rilievi, le indagini, le prove e le misure in sito o su strutture dovranno essere condotti da professionisti e tecnici specializzati, dotati di competenza e esperienza, e dovranno essere responsabilmente diretti da un Geologo, abilitato all'esercizio della professione.

In particolare detto professionista sarà responsabile delle operazioni di campagna (rilievi tematici, sondaggi, prove in sito, ecc.) per l'esatta classificazione dei terreni oggetto di indagine nonché per gli aspetti geologici, idrogeologici e geotecnici delle installazioni, delle prove e delle misure in sito, e, più in generale, dell'individuazione del modello geologico-strutturale, idrogeologico e geotecnico/geomeccanico della porzione di territorio, in superficie ed in profondità, oggetto dell'indagine.

3.1.2.3 Confezionamento e conservazione dei campioni

Tutti i campioni prelevati dovranno essere confezionati in contenitori adatti recanti ciascuno le indicazioni atte a consentire la localizzazione del campione (data del prelievo, cantiere, numero del sondaggio, profondità di prelievo, direzione di prelievo delle carote, ecc.). I campioni indisturbati di terreno o roccia, comunque prelevati, dovranno essere racchiusi in contenitore rigido, sigillato con paraffina onde mantenerne invariati la tessitura e il contenuto di umidità al momento del prelievo. Ciascun contenitore dovrà essere etichettato con le indicazioni per l'individuazione del campione e del sito di prelievo, le caratteristiche geotecniche approssimate, il tipo di campionatore impiegato, la data del prelievo. Tutti i campioni dovranno essere conservati in locali riparati dalle intemperie e da eccessivo calore, anche artificiale e da possibili infiltrazioni d'acqua. L'Esecutore dovrà provvedere a sua cura e spese al trasporto di tutti i campioni nel luogo che sarà indicato da Ferrovie o al laboratorio che eseguirà le prove geotecniche.

3.1.2.4 Elaborati da consegnare

Al completamento delle indagini l'Esecutore dovrà consegnare a Ferrovie tutti gli elaborati indicati nel Manuale di progettazione al paragrafo "Documenti da consegnare", nessuno escluso, redatti utilizzando i simboli grafici in uso presso Ferrovie. In generale, oltre a quanto indicato nelle specifiche attività, l'Esecutore dovrà consegnare una relazione conclusiva nella quale saranno descritte le indagini eseguite, le attrezzature impiegate, le modalità esecutive adottate, i criteri e gli algoritmi adottati nelle elaborazioni, e saranno riassunte le risultanze delle indagini medesime ponendo in evidenza gli elementi di maggiore interesse o le eventuali necessità di approfondimento di indagine. Tale relazione dovrà essere corredata, oltre che dagli elaborati indicati nelle avvertenze specifiche, da grafici, tabelle e fotografie ritenute utili ai fini della completezza e della chiarezza di esposizione oltre che da certificati di taratura delle attrezzature impiegate o loro copia conforme e nel caso di installazione di sensori ed apparecchi di monitoraggio le loro caratteristiche tecniche.

Tutti gli elaborati saranno consegnati a Ferrovie in due esemplari originali, di cui uno riproducibile, firmati dagli esecutori specialisti e dal Geologo coordinatore dell'Esecutore, salvo diverse disposizioni contrattuali. Inoltre, tutti gli elaborati dovranno essere consegnati su n. 1 supporto digitale (CD, DVD) in formato da concordare preventivamente con Ferrovie.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 12 di 232

3.1.2.5 Prestazioni in regime di qualità

Le prestazioni riferite ai rilevamenti geologici, geomorfologici, idrogeologici nonché all'esecuzione delle indagini geognostiche e geofisiche, delle prove in sito ed in laboratorio dovranno seguire procedure gestite in regime di qualità conformemente a quanto stabilito nella norma UNI EN ISO 9001.

3.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

I lavori saranno eseguiti in accordo alle norme di legge, istruzioni e normative tecniche applicabili, nonché a tutte quelle indicate nel presente documento e nelle sezioni di Capitolato richiamate nel testo.

Si elencano di seguito la principale normativa e documentazione di riferimento.

3.2.1 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

3.2.1.1 Normativa Nazionale

- D.lgs. 12/04/06 n. 163 - Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE" e s.m.i.
- D.lgs. 9/04/08, n. 81 - Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro
- D.M. 14/01/08 - Nuove Norme Tecniche per le costruzioni
- D.P.R. 05/10/2010, n. 207 - Regolamento di esecuzione ed attuazione del Dlgs. 12/04/06, n. 163
- R.D. n. 2232 del 16/11/1939 - Norme per l'accettazione delle pietre naturali da costruzione
- D.M. 11.3.1988 – Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce
- Circolare LL.PP 24/9/1988 – Circolare applicativa del D.M. 11-3-1988
- D.L.gs 152 del 2006 e s.m.i. – Norme in materia ambientale

3.2.1.2 Normativa Europea

- UNI 10500 (1996) - Acque destinate al consumo umano-misurazione della temperatura
- UNI 10675 (2010): “Acque destinate al consumo umano - Ricerca e conta dei coliformi totali - Tecnica del numero più probabile (MPN)”
- UNI 10677 (2011) “Acque destinate al consumo umano - Ricerca e conta degli enterococchi (streptococchi fecali) - Tecnica del numero più probabile (MPN)”
- UNI 11531-1 (2014). Costruzione e manutenzione delle opere civili delle infrastrutture - Criteri per l'impiego dei materiali - Parte 1: Terre e miscele di aggregati non legati
- UNI CEN ISO/TS 17892-1 (2005) Indagini e prove geotecniche -Prove di laboratorio sui terreni Parte 1: Determinazione del contenuto in acqua
- UNI CEN ISO/TS 17892-2 (2005) Indagini e prove geotecniche -Prove di laboratorio sui terreni Parte 2: Determinazione della massa volumica dei terreni a grana fine
- UNI CEN ISO/TS 17892-3 (2005) Indagini e prove geotecniche -Prove di laboratorio sui terreni Parte 3: Determinazione della massa volumica dei granuli solidi - Metodo del Picnometro
- UNI CEN ISO/TS 17892-4 (2005) Indagini e prove geotecniche -Prove di laboratorio sui terreni Parte 4: Determinazione della distribuzione granulometrica
- UNI CEN ISO/TS 17892-5 (2005) Indagini e prove geotecniche -Prove di laboratorio sui terreni Parte 5: Prova edometrica ad incrementi di carico
- UNI CEN ISO/TS 17892-6 (2005) Indagini e prove geotecniche -Prove di laboratorio sui terreni Parte 6: Prova con la punta conica

CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 13 di 232
--	---	------------------

- UNI CEN ISO/TS 17892-7 (2005) Indagini e prove geotecniche -Prove di laboratorio sui terreni Parte 7: Prova di compressione non confinata su terreni a grana fine
- UNI CEN ISO/TS 17892-8 (2005) Indagini e prove geotecniche -Prove di laboratorio sui terreni Parte 8: Prova triassiale non consolidata non drenata
- UNI CEN ISO/TS 17892-9 (2005) Indagini e prove geotecniche -Prove di laboratorio sui terreni Parte 9: Prove di compressione triassiale, consolidate, su terreni saturi
- UNI CEN ISO/TS 17892-10 (2005) Indagini e prove geotecniche -Prove di laborat. sui terreni Parte 10: Prove di taglio diretto
- UNI CEN ISO/TS 17892-11 (2005) Indagini e prove geotecniche -Prove di laborat. sui terreni Parte 11: Determinazione della permeabilità con prove a carico costante o a carico variabile
- UNI CEN ISO/TS 17892-12 (2005). Indagini e prove geotecniche -Prove di laborat. sui terreni Parte 12: Determinazione dei limiti di Atterberg
- UNI CEN ISO/TS 22476-11 (2005) Indagini e prove geotecniche - Prove in sito - Parte 11: Prova con dilatometro piatto
- UNI EN 206-1 (2006). Calcestruzzo. Specificazioni, prestazioni, produzione e conformità.
- UNI EN 932-1 (1998) – “Metodi di prova per determinare le proprietà generali degli aggregati. Metodi di campionamento”
- UNI EN 932-2 (2000) – “Metodi di prova per determinare le proprietà generali degli aggregati. Metodi per la riduzione dei campioni di laboratorio”
- UNI EN 932-3 (2004). Procedura e terminologia per la descrizione petrografica semplificata
- UNI EN 932-5 (2012). Metodi di prova per determinare le proprietà generali degli aggregati - Parte 5: Attrezzatura comune e taratura
- UNI EN 932-6 (2001). Metodi di prova per determinare le proprietà generali degli aggregati: Definizioni di ripetibilità e riproducibilità
- UNI EN 933-1 (2012).. Metodi di prova per determinare le proprietà generali degli aggregati. Parte 1: Determinazione della distribuzione granulometrica - Analisi granulometrica per setacciatura
- UNI EN 933-2 (1997). Metodi di prova per determinare le proprietà generali degli aggregati: Determinazione della distribuzione granulometrica - Setacci di controllo, dimensioni nominali delle aperture
- UNI EN 933-3 (2012). Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Parte 3: Determinazione della forma dei granuli - Indice di appiattimento
- UNI EN 933-4 (2008). Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Parte 4: Determinazione della forma dei granuli - indice di forma
- UNI EN 933-5 (2006). Metodi di prova per determinare le proprietà generali degli aggregati: Determinazione della percentuale di superfici frantumate negli aggregati grossi
- UNI EN 933-6 (2014). Metodi di prova per determinare le proprietà generali degli aggregati: Valutazione delle caratteristiche superficiali - Coefficiente di scorrimento degli aggregati
- UNI EN 933-8 (2015). Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Parte 8: Valutazione dei fini - Prove dell'equivalente in sabbia
- UNI EN 933-9 (2013). Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Parte 9: Valutazione dei fini - Prova del blu di metilene
- UNI EN 933-10 (2009). Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Parte 10: Valutazione dei fini - Granulometria dei filler (setacciatura a getto d'aria)
- UNI EN 933-11 (2009). Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Parte 11: Prova di classificazione per i costituenti degli aggregati grossi riciclati

CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 14 di 232
--	---	------------------

- UNI EN 1097-1 (2011). Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Parte 1: Determinazione della resistenza all'usura (micro-Deval)
- UNI EN 1097-2 (2010). Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Parte 2: Metodi per la determinazione della resistenza alla frammentazione
- UNI EN 1097-3 (1999). Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati: Determinazione della massa volumica in mucchio e dei vuoti intergranulari
- UNI EN 1097-4 (2008). Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Parte 4: Determinazione della porosità del filler secco compattato
- UNI EN 1097-5 (2008). Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Parte 5: Determinazione del contenuto d'acqua per essiccazione in forno ventilato
- UNI EN 1097-6 (2013). Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Parte 4: Determinazione della massa volumica dei granuli e dell'assorbimento d'acqua
- UNI EN 1097-7 (2008). Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Parte 7: Determinazione della massa volumica dei filler - Metodo con picnometro
- UNI EN 1097-8 (2009). Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Parte 8: Determinazione del valore di levigabilità
- UNI EN 1097-9 (2008). Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Parte 9: Determinazione della resistenza all'usura per abrasione da pneumatici chiodati - Prova scandinava
- UNI EN 1097-10 (2014). Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Parte 10: Determinazione dell'altezza di suzione dell'acqua
- UNI EN 1097-11 (2013). Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Parte 11: Determinazione della comprimibilità e della resistenza alla compressione triassiale degli aggregati leggeri
- UNI EN 1367-1 (2007). Prove per determinare le proprietà termiche e la degradabilità degli aggregati - Parte 1 : Determinazione della resistenza al gelo e disgelo
- UNI EN 1367-2 (2010). Prove per determinare le proprietà termiche e la degradabilità degli aggregati - Parte 2: Prova al solfato di magnesio
- UNI EN 1367-4 (2008) - Prove per determinare le proprietà termiche e la degradabilità degli aggregati - Parte 4: Determinazione del ritiro per essiccaamento
- UNI EN 1744-1 (2013). Prove per determinare le proprietà chimiche degli aggregati - Parte 1: Analisi chimica
- UNI EN 1936 (2007) "Metodi di prova per pietre naturali - Determinazione delle masse volumiche reale e apparente e della porosità totale e aperta
- UNI EN 10675 (2010) Acque destinate al consumo umano - Ricerca e conta dei coliformi totali - Tecnica del numero più probabile (MPN)
- UNI EN 10677 (2011) Acque destinate al consumo umano - Ricerca e conta degli enterococchi (streptococchi fecali) - Tecnica del numero più probabile (MPN)
- UNI EN 12371 (2010) Metodo di prova per pietre naturali - Determinazione della resistenza al gelo
- UNI EN 12504-1 (2009). Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Parte 1: Carote - Prelievo, esame e prova di compressione
- UNI EN 12504-2 (2012). Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Parte 2 - Prove non distruttive. Determinazione dell'indice sclerometrico
- UNI EN 12620 (2013). Aggregati per calcestruzzo
- UNI EN 13043 (2004). Aggregati per conglomerati bituminosi e finiture superficiali per strade, aeroporti e altre aree trafficate
- UNI EN 13139 (2003) Aggregati per malta

CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 15 di 232
--	---	------------------

- UNI EN 13161 (2008) Metodi di prova per pietre naturali - Determinazione della resistenza a flessione a momento costante
- UNI EN 13242 (2008) Aggregati per materiali non legati e legati con leganti idraulici per l'impiego in opere di ingegneria civile e nelle costruzioni di strade
- UNI EN 13286-2 (2010) Miscele non legate e legate con leganti idraulici - Parte 2 - Metodi di prova per la determinazione della massa volumica e del contenuto di acqua di riferimento di laboratorio - Costipamento Proctor
- UNI EN 13286 -47 (2012) Miscele non legate con leganti idraulici - Parte 47: Metodo di prova per la determinazione dell'indice di portanza CBR, dell'indice di portanza immediata e del rigonfiamento
- UNI EN 13450 (2013). Aggregati per massicciate ferroviarie
- UNI EN 14617-4 (2012) Lapidei agglomerati - Metodi di prova - Parte 4: Determinazione della resistenza all'abrasione
- UNI EN 14617 – 5 (2012) Lapidei agglomerati - Metodo di Prova 5: Determinazione della resistenza al gelo e disgelo
- UNI EN 14617 – 6 (2012) Metodi di prova - Parte 6: Determinazione della resistenza agli sbalzi termici
- UNI EN 14617-10 (2012) Lapidei agglomerati - Metodi di prova - Parte 10 - Determinazione della resistenza chimica
- UNI EN 27888 (1995). Qualità dell'Acqua - determinazione della conducibilità elettrica
- UNI EN ISO 7980 (2002) Qualità dell'acqua - Determinazione di calcio e magnesio - Metodo per spettrometria di assorbimento atomico
- UNI EN ISO 9308-1 (2002). Qualità dell'acqua - Ricerca ed enumerazione di Escherichia coli e batteri coliformi - Metodo di filtrazione su membrana
- UNI EN ISO 9963-2 (1998). Qualità dell'acqua - Determinazione dell'alcalinità - Determinazione dell'alcalinità carbonatica
- UNI EN ISO 13395 (2000). Qualità dell'acqua - Determinazione dell'azoto nitroso e dell'azoto nitrico e della somma dei due per analisi in flusso (CFA e FIA) e rivelazione spettrometrica
- UNI EN ISO 14688-1 (2013). Indagini e prove geotecniche-Identificazione e classificazione dei terreni – Parte 1: Identificazione e descrizione
- UNI EN ISO 14688-2 (2013). Indagini e prove geotecniche - Identificazione e classificazione dei terreni - Parte 2: Principi per una classificazione
- UNI EN ISO 14689-1 (2004). Indagini e prove geotecniche - Identificazione e classificazione delle rocce - Identificazione e descrizione
- UNI EN ISO 22282-1 (2012) Indagini e prove geotecniche - Prove idrauliche nel sottosuolo - Parte 1: Regole generali
- UNI EN ISO 22282-2 (2012) Indagini e prove geotecniche - Prove idrauliche nel sottosuolo - Parte 2: Prove di permeabilità all'acqua eseguite in un foro di sondaggio a circuito aperto
- UNI EN ISO 22282-3 (2012) Indagini e prove geotecniche - Prove idrauliche nel sottosuolo - Parte 3: Prove di pressione idraulica nelle rocce
- UNI EN ISO 22282-4 (2012) Indagini e prove geotecniche - Prove idrauliche nel sottosuolo - Parte 4: Prove di pompaggio
- UNI EN ISO 22282-5 (2012) Indagini e prove geotecniche - Prove idrauliche nel sottosuolo - Parte 5: Prove infiltrometriche
- UNI EN ISO 22282-6 (2012) Indagini e prove geotecniche - Prove idrauliche nel sottosuolo – Parte 6: Prove di permeabilità all'acqua eseguite in un foro di sondaggio a circuito chiuso
- UNI EN ISO 22476-1 (2012) Indagini e prove geotecniche - Prove in sito - Parte 1: Prova penetrometrica con cono elettrico e piezocono)

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 16 di 232

- UNI EN ISO 22476-2 (2012) Indagini e prove geotecniche - Prove in sito - Parte 2: Prova di penetrazione dinamica
- UNI EN ISO 22476-3 (2012) Indagini e prove geotecniche - Prove in sito - Parte 3: Prova penetrometrica dinamica tipo SPT (Standard Penetration Test)
- UNI EN ISO 22476-4 (2013) Indagini e prove geotecniche - Prove in sito - Parte 4: Prova con pressimetro Menard
- UNI EN ISO 22476-5 (2013) Indagini e prove geotecniche - Prove in sito - Parte 5: Prova con dilatometro flessibile.
- UNI EN ISO 22476-12 (2009) Indagini e prove geotecniche - Prove in sito - Parte 12: Prova meccanica di penetrazione del cono (CPTM)
- UNI ENV 1997-1 (2013) – Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali
- UNI ENV 1997-2 (2007) – Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo
- UNI ENV 1998-5 (2005) - Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 5: Fondazioni, strutture e contenimento ed aspetti geotecnici
- UNI ISO 9297 (2009) - Qualità dell'acqua - Determinazione dei cloruri - Titolazione con nitrato di argento ed indicatore cromato (Metodo di Mohr)
- UNICHIM, manuale n° 157, 1997 “Acque per il consumo umano e potabilizzazione”
- UNICHIM, metodo MU n° 945:95 “Determinazione dei Solfuri solubili Metodo potenziometrico diretto mediante elettrodo ionoselettivo
- UNICHIM 953-2 (2001) Acque destinate al consumo umano - Ricerca e determinazione dei coliformi fecali - Metodo Most Probable Number (MPN)
- UNI-UNICHIM 10501(1996). «Acque destinate al consumo – misure del PH – Metodo potenziometrico»
- UNI-UNICHIM 10503 (1996). Metodo per la determinazione della silice contenuta nell'acqua destinata al consumo umano
- UNI-UNICHIM 10507(1996). «Acque destinate al consumo umano – determinazione dell'anidride carbonica libera - Metodo elettrochimico a sonda»
- UNI-UNICHIM 10541 (1996). Acque destinate al consumo umano - Metodo 902 Magnesio
- UNI-UNICHIM 10542 (1996). «Acque destinate al consumo umano- Determinazione del Potassio – Metodo AAS Fiamma»
- UNI-UNICHIM 10543 (1996). «Acque destinate al consumo umano - Determinazione del Sodio - Metodo AAS Fiamma»

3.2.1.3 Normativa Internazionale

- AASHTO, Designation T 93-68. Determinazione della umidità di campo
- A.F.T.E.S., 1992 - Text of recommendations for a description of rock masses useful for examining the stability of underground works
- ASTM 3148- 02. Standard Test Method for Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens in Uniaxial Compression
- ASTM C119-01. Standard Terminology Relating to Dimension Stone
- ASTM C131-01. Standard Test Method for Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine
- ASTM C535-01. Standard Test Method for Resistance to Degradation of Large-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine

CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 17 di 232
--	---	------------------

- ASTM D421-85 (1998). Standard Practice for Dry Preparation of Soil Samples for Particle-Size Analysis and Determination of Soil Constants
- ASTM D422-63 (1998). Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils
- ASTM D427-98. Test Method for Shrinkage Factors of Soils by the Mercury Method
- ASTM D653-02. Standard Terminology Relating to Soil, Rock, and Contained Fluids
- ASTM D698-00a. Test Method for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort (12,400 ft-lbf/ft³ (600 kN-m/m³))
- ASTM D854-00. Standard Test Methods for Specific Gravity of Soil Solids by Water Pycnometer
- ASTM D1556-00 – “Standard Test Method for Density and Unit Weight of Soil in Place by the Sand Cone Method”
- ASTM D1557-00. Test Method for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort (56,000 ft-lbf/ft³ (2,700 kN-m/m³))
- ASTM D1586-99 (2001) - "Standard Test Method for Penetration Test and Split-Barrel Sampling of Soil"
- ASTM D1883-99. Standard Test Method for CBR (California Bearing Ratio) of Laboratory-Compacted Soils
- ASTM D2166-00. Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Cohesive Soil
- ASTM D2216-98. Standard Test Method for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass
- ASTM D2217-85 (1998). Standard Practice for Wet Preparation of Soil Samples for Particle-Size Analysis and Determination of Soils Constants
- ASTM D2419-95. Standard Test Method for Sand Equivalent Value of Soils and Fine Aggregate
- ASTM D2434-68 (2000). Standard Test Method for Permeability of Granular Soils (Constant Head)
- ASTM D2435-96. Standard Test Method for One-Dimensional Consolidation Properties of Soils
- ASTM D2487-00. Standard Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)
- ASTM D2488-00. Standard Practice for Description and Identification of Soils (Visual-Manual Procedure)
- ASTM D2664-95a. Standard Test Method for Triaxial Compressive Strength of Undrained Rock Core Specimens Without Pore Pressure Measurements
- ASTM D2845-00. Standard Test Method for Laboratory Determination of Pulse Velocities and Ultrasonic Elastic Constants of Rock.
- ASTM D2850-95 (1999). Standard Test Method for Unconsolidated-Undrained Triaxial Compression Test on Cohesive Soils
- ASTM D2938-95. Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Intact Rock Core Specimens
- ASTM D2974-00. Standard Test Methods for Moisture, Ash, and organic Matter of Peat and Other Organic Soils.
- ASTM D3080-98. Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions
- ASTM D3282-93 (1997). Standard Practice for Classification of Soils and Soil-Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes
- ASTM D3441-98 - "Standard Test Method for Mechanical Cone Penetration Tests of Soil"
- ASTM D4220-95 (2000) – “Standard Practices for Preserving and Transporting Soil Samples”
- ASTM D4318-00. Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils
- ASTM D4373- 02. Standard Test Method for Calcium Carbonate Content of Soils

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 18 di 232

- ASTM D4543-01. Standard Practices for Preparing Rock Core Specimens and Determining Dimensional and Shape Tolerances
- ASTM D4546-96. Standard Test Method for One-Dimensional Swell or Settlement Potential of Cohesive Soils – Method A
- ASTM D4546-96. Standard Test Method for One-Dimensional Swell or Settlement Potential of Cohesive Soils – Method C
- ASTM D4644-87 (1998). Standard Test Method for Slake Durability of Shales and Similar Weak Rocks
- ASTM D4645-87 (1997) – “Standard Test Method for Determination of the In-Situ Stress in Rock Using the Hydraulic Fracturing Method”
- ASTM D4648-00. Standard Test Method for Laboratory Miniature Vane Shear Test for Saturated Fine-Grained Clayey Soil
- ASTM D4719-00 - "Standard Test Method for Prebored Pressuremeter Testing in Soils"
- ASTM D4729-87 (1997). Standard Test Method for In Situ Stress and Modulus of Deformation Using the Flatjack Method
- ASTM D4767-95. Standard Test Method for Consolidated Undrained Triaxial Compression Test for Cohesive Soils
- ASTM D4943-02. Standard Test Method for Shrinkage Factors of Soils by the Wax Method.
- ASTM D4972-01. Standard Test Method for pH of Soils
- ASTM D5079-90 (1996) – “Standard Practices for Preserving and Transporting Rock Core Samples”
- ASTM D5084-00/01. Standard Test Methods for Measurement of Hydraulic Conductivity of Saturated Porous Materials Using a Flexible Wall Permeameter
- ASTM D5407-95 (2000). Standard Test Method for Elastic Moduli of Undrained Intact Rock Core Specimens in Triaxial Compression without Pore Pressure Measurement
- ASTM D5607-02. Standard Test Method for Performing Laboratory Direct Shear Strength Tests of Rock Specimens Under Constant Normal Force
- ASTM D5731-95. Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock
- ASTM D5777-00 – “Standard guide for using the seismic refraction cone and piezocone penetration testing of soil”
- ASTM D5778-95 (2000) – “Standard Test Method for Performing Electronic Friction Cone and Piezocone Penetration Testing of Soils”
- ASTM D5873-00. Standard Test Method for Determination of Rock Hardness by Rebound Hammer Method
- ASTM D6032-96 – “Standard Test Method for Determining Rock Quality Designation (RQD) of Rock Core”
- ASTM D6432-99 – “Standard guide for using the surface ground penetrating radar method for subsurface investigation”
- ASTM D6467-99. Standard Test Method for Torsional Ring Shear Test to Determine Drained Residual Shear Strength of Cohesive Soils
- ASTM D6635-01 - "Standard Test Method for Performing the Flat Plate Dilatometer”

3.2.1.4 Documentazione Tecnica

- AGI, 1977. "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche"
- AGI, 1994. Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio
- APAT, 2006. (Agenzia per la protezione dell’ambiente e per i servizi tecnici) - Fenomeni di dissesto geologico-idraulico sui versanti. Classificazione e simbologia. Manuali e Linee Guida 39/2006

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 19 di 232

- Barton N.-Choubey V.- "The shear strength of rock joints, theory and practice", Rock Mechanics, vol. 10, 1977
- Bollettino del Servizio Geologico d'Italia, Vol. LXXXIX (1968)- Codice italiano di nomenclatura stratigrafica
- BS 1377-1990. Methods of test for soils for civil engineering purposes
- BS 812-1985. Testing aggregates. Method for determination of particle size distribution. Sieve tests
- BS 812-1988. Testing aggregates. Methods for determination of sulphate content
- BS 812-1988. Testing aggregates. Methods for determination of water-soluble chloride salts
- BS 812-1995. Testing aggregates. Methods for determination of density
- CNR-BU n. 22-1972 - Peso specifico apparente di una terra in sito
- CNR-BU n. 25-1972 - Campionatura di terre e terreni
- CNR-BU n. 64-1978 - Determinazione della massa volumica reale dei granuli di un aggregato
- CNR-BU n. 76-1980 - Determinazione della massa volumica di aggregati assestati con Tavola a scosse
- CNR-BU n. 92-1983 - Determinazione del modulo di reazione "k" dei sottofondi e delle fondazioni in misto granulare
- CNR-BU n. 104-1984 - Identificazione delle rocce più comuni impiegate come aggregati stradali
- CNR-BU n. 146-1992 - Determinazione dei moduli di deformazione Md e M'd mediante prova di carico a doppio ciclo con piastra circolare
- CNR-IRSA (1976) – Metodi analitici per le acque. Vol. I - II
- ISRM (1974) - "Suggested Methods for Determining Shear Strength", Document 1
- ISRM (1977) - "Suggested methods for determining hardness and abrasiveness of rocks"
- ISRM (1977) - Suggested Methods for Petrographic Description of Rocks
- ISRM (1978) - Suggested Methods for the Quantitative Description of Discontinuities in Rock Masses
- ISRM (1978) - "Suggested Method for Determining Indirect Tensile Strength by Brazil Test"
- ISRM (1978) - "Suggested Methods for Determining the Strength of Rock Materials in Triaxial Compression"
- ISRM (1978) - "Suggested Methods for Monitoring Rock Movements using Borehole Extensometers"
- ISRM (1978) - "Suggested methods for determining sound velocity"
- ISRM (1979) - "Suggested methods for determining the uniaxial compressive strength and deformability of rock materials"
- ISRM (1979) - "Suggested Methods for Determining Water Content, Porosity, Density, Absorption and Related Properties and Swelling and Slake-Durability Index Properties"
- ISRM (1980) - "Suggested Methods for Pressure Monitoring Using Hydraulic Cells", Document n° 6
- ISRM (1981) - Basic Geotechnical Description of Rock Masses
- ISRM (1983) - "Suggested Methods for Determining the Strength of Rock Materials in Triaxial Compression: revised version"
- ISRM (1985) - "Suggested methods for determining Point Load Strength"
- ISRM (1987) - "Suggested methods for rock stress determination"
- ISRM (1987) - "Suggested methods for deformability determination using a flexible dilatometer"
- ISRM (1993) - "Supporting paper on a suggested improvement to the Schmidt rebound hardness ISRM suggested method with particular reference to rock machineability"
- ISSMFE Technical Committee (1988) – "Standard Penetration Test (SPT: International Reference Test Procedure"

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 20 di 232

- ISSMFE Technical committee on Penetration Testing (1988) – “Cone Penetration Test (CPT): International Reference Test Procedure”
- ISSMFE Technical Committee on Penetration Testing (1988) -"Dynamic Probing (DP): International Reference Test Procedure"
- Rivista Italiana di Geotecnica - "Raccomandazioni per la misura della resistenza al punzonamento", n° 1, 1994
- Rivista Italiana di Geotecnica -"Raccomandazioni per determinare la resistenza a compressione monoassiale e la deformabilità dei materiali rocciosi", n° 3, 1994
- Servizio Geologico Nazionale, 1993 - Guida al rilevamento della carta geologica d'Italia in scala 1:50000
- Servizio Geologico Nazionale, 1994 - Linee guida per il rilevamento della carta geomorfologica d'Italia in scala 1:50000
- Servizio Geologico Nazionale, 1995 - Guida al rilevamento e alla rappresentazione della carta idrogeologica d'Italia in scala 1:50000
- Servizio Geologico Nazionale, 1995 - Guida alla rappresentazione cartografica della carta geologica d'Italia in scala 1:50000
- ISPRA (ex Servizio Geologico Nazionale) - Quaderni 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7-I, 7-II, 7-III, 7-IV, 7-V, 7-VI, 7-VII, 8, 9, 10, 11, 12-I, 12-II, 12-III
- Standard Methods for the examination of water and wastewater, n° 2320, 18a edizione, 1992

3.3 DEFINIZIONI

(PER MEMORIA)

3.4 ABBREVIAZIONI

(PER MEMORIA)

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 21 di 232

3.5 STUDI E RILIEVI GEOLOGICI

3.5.1 PREMESSA

Gli studi geologici, in senso lato, devono fornire una descrizione dell'ambiente fisico in cui si inserisce l'opera in progetto e definire in modo rigoroso il modello geologico-strutturale, idrogeologico, geomorfologico e geotecnico/geomeccanico per permettere al progettista di operare le scelte ingegneristiche più idonee alla economicità e funzionalità dell'opera stessa con riferimento ai richiami contenuti nel DM 14/1/08 "Norme tecniche per le costruzioni"- G.U.n° 25 del 4/2/08.

La cartografia topografica di base necessaria per i rilievi geologici e tematici dovrà avere una scala maggiore o uguale a quella indicata dal Dlgs 12/04/06 n. 163 e s.m.i. per le diverse fasi progettuali, il grado di approfondimento dell'esame dei vari tematismi sarà indicato o comunque concordato con le Ferrovie.

L'ampiezza dell'area di studio deve essere tale da includere tutti i fenomeni di tipo geologico, geomorfologico ed idrogeologico che possano avere un riflesso diretto o indiretto sulla progettazione, sulla costruzione e sull'esercizio della linea.

Lo studio, dovrà essere sviluppato, producendo carte geologiche e/o tematiche in scala adeguata e dovrà tendere alla individuazione di tutte le possibili, situazioni geologiche, geologico-strutturali, geomorfologiche, idrogeologiche o geotecniche/geomeccaniche di particolare interesse ai fini progettuali, ipotizzabili in relazione al sito in studio, nonché sulla base delle indicazioni che saranno fornite da Ferrovie. Legende, simbolismi ed ulteriori indicazioni da riportare nelle relazioni e nella cartografia dovranno rispondere a quelle indicate dall'ISPRA (ex SGN).

Le attività di studio e rilievo si dovranno in genere articolare secondo le fasi operative indicate ai successivi paragrafi.

3.5.2 ATTIVITÀ PROPEDEUTICHE

3.5.2.1 Ricerca bibliografica

Questa attività è propedeutica ai rilievi di campagna e dovrà prevedere inizialmente una fase di programmazione delle informazioni e della cartografia da raccogliere dando priorità ai dati ed alle documentazioni provenienti da istituzioni pubbliche (ISPRA, Regioni, Provincie, Comuni, A.d.B.) e da Istituti universitari e di ricerca. La cartografia topografica di base (di datazione recente), per i rilievi e per la redazione di carte geologiche e tematiche, dovrà essere in scala uguale o o preferibilmente superiore a quella su cui verranno redatte quest'ultime.

Successivamente, l'attività dovrà consistere in un esame approfondito della cartografia geologica in senso lato reperita presso l'ISPRA, Istituti universitari, di ricerca oppure Enti pubblici (ad esempio le Autorità di Bacino), corredandola con una revisione critica e con la bibliografia aggiornata, relativa all'area in esame. L'attività è finalizzata al reperimento di dati ed informazioni riguardanti i caratteri lito-stratigrafici, tettonici, idrogeologici, geomorfologici e geologico-tecnici dell'area in studio.

L'attività dovrà prevedere, inoltre, anche la ricerca, raccolta, analisi e sintesi di studi ed indagini, a carattere geologico-tecnico, relativi anche a strutture già realizzate, al fine di permettere la redazione di un rapporto tecnico nel quale siano raccolte tutte le informazioni di carattere geologico, geomorfologico, idrogeologico, geofisico e geotecnico disponibili, derivanti anche da studi ed indagini in sito e di laboratorio eseguite nella fase progettuale precedente a quella in corso.

Nell'attività è in particolare compresa l'analisi, basata su misure e studi disponibili, del comportamento delle strutture esistenti alla luce dei dati di carattere geologico, idrogeologico, geofisico e geotecnico.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 22 di 232

3.5.2.2 Analisi fotointerpretativa

Lo studio fotointerpretativo deve essere di supporto, oltre che agli studi bibliografici, anche ai rilievi di campagna e consentire quindi la programmazione del lavoro da svolgere in sito.

Tale attività, nel suo complesso, deve portare all'acquisizione delle seguenti informazioni:

- inquadramento tettonico regionale dell'area in esame con individuazione dei principali elementi tettonici e stratigrafici, con indicazione delle direzioni, vergenza ed inclinazione;
- definizione delle eventuali fasce cataclastiche o milonitiche associate alle lineazioni principali;
- caratterizzazione qualitativa dello stato di fratturazione dell'ammasso roccioso;
- definizione preliminare dei limiti tra le varie litologie affioranti;
- caratterizzazione delle proprietà geomeccaniche delle rocce anche in base all'alterazione e al grado di umidità;
- definizione preliminare delle caratteristiche idrologiche superficiali dell'area;
- definizione degli elementi geomorfologici riconoscibili e delle condizioni di stabilità dei versanti.

L'analisi fotointerpretativa deve essere effettuata utilizzando foto aeree di recente esecuzione e di buona qualità, nelle quali devono essere indicate la data e l'altezza del volo e la scala del rilievo. Le foto aeree dovranno consentire il riconoscimento sufficientemente dettagliato di rilievi, depressioni e lineamenti del territorio tali da consentire, tramite riscontri in sito, il riconoscimento di lineamenti tettonici, limiti di passaggio fra le varie formazioni, evidenze morfologiche ecc. L'analisi fotointerpretativa dovrà consentire anche la programmazione dei rilievi sul territorio, indirizzandoli verso le aree maggiormente significative per l'interpretazione geologica.

Ai fini dell'analisi dell'evoluzione dei processi geomorfici (endogeni ed esogeni) in atto, quiescenti o di riattivazione deve essere effettuato un confronto tra foto aeree eseguite in periodi diversi e/o a diversa quota.

I dati desunti dall'analisi fotointerpretativa dovranno essere riportati in uno specifico elaborato cartografico (alla scala da definirsi in funzione delle esigenze progettuali) oppure nelle singole note illustrative specialistiche riguardanti i rilievi tematici. In genere gli elaborati cartografici ricavati dalla fotointerpretazione saranno costituiti da copie (possibilmente a colori) delle stesse foto aeree o di ortofoto da esse ricavate, sulle quali saranno riportati i tracciati dei percorsi di rilievo in sito, l'ubicazione delle stazioni di rilievo, i lineamenti di passaggio fra le varie formazioni, i lineamenti tettonici, le evidenze morfologiche e ogni dettaglio riconoscibile dall'analisi delle foto medesime.

3.5.3 STUDI GENERALI DI BASE DI CARATTERE GEOLOGICO APPLICATIVO

Studio geologico, tettonico, idrogeologico e geomorfologico eseguito su base bibliografica, con l'ausilio di cartografia geologica e tematica esistente e di una analisi aerofotogrammetrica e/o da ortofoto del territorio, finalizzato alla redazione delle carte geologiche e/o tematiche in scala 1:100.000 o 1:50.000. La scala da adottare nelle rappresentazioni cartografiche dovrà tenere conto, in linea di massima, dell'ampiezza dello studio e del dettaglio cartografico voluto, in ogni caso la scala di rappresentazione cartografica dovrà essere concordata o approvata da Ferrovie.

Questa attività deve seguire o essere effettuata contestualmente a quelle dei precedenti paragrafi (Ricerca bibliografica e analisi foto-interpretativa). Pertanto, il Geologo incaricato dello studio, dovrà reperire e consultare la bibliografia geologica e tematica sull'area in esame, nonché la cartografia più recente disponibile, con precedenza per quella avente una valenza ufficiale e di seguito elencata:

- 1) carte geologiche e/o tematiche d'Italia emessa da ISPRA "ex Servizio Geologico nazionale" e relative note illustrative;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 23 di 232

- 2) cartografia ed eventuali note illustrative emesse dagli Enti territoriali quali: Regioni, Provincie, Comuni, comunità montane, ecc.;
- 3) cartografia e note tecniche prodotta dalle Autorità di Bacino;
- 4) cartografia ed articoli scientifici prodotti da Università ed Enti di ricerca;
- 5) cartografia e documentazione prodotte da altre enti pubblici o da privati.

In questa fase il Geologo incaricato dovrà formulare, o accogliere, le ipotesi relative alla ricostruzione degli eventi geologici che hanno portato all'attuale assetto litostratigrafico e tettonico dell'area in studio, riportando tali informazioni in una apposita Relazione Geologica. Per la redazione della Carta Geologica generale dovranno essere ricostruiti i limiti e i reciproci rapporti delle varie formazioni, sia in superficie che in profondità; a tal fine dovrà avvalersi anche di un'analisi fotointerpretativa, degli studi sull'area in esame descritti negli articoli bibliografici (citando sempre la fonte delle informazioni o degli studi) ed eventuali riscontri in sito, riportando così la descrizione di tutte le deduzioni e ricostruzioni nella Relazione Geologica, unitamente ai fattori di incertezza nelle ricostruzioni medesime. Al fine di ottenere una ricostruzione attendibile dell'assetto geologico, dovranno essere utilizzate bibliografia e cartografia aggiornate, con le più recenti teorie sull'evoluzione del territorio in questione. Le modalità di compilazione e rappresentazione della cartografia dello studio dovranno essere conformi a quanto indicato nel Manuale di progettazione di RFI. La cartografia, inoltre, dovrà essere redatta in conformità alle indicazioni riportate nei "Quaderni ISPRA", pubblicati in occasione della realizzazione della "Carta Geologiche d'Italia" in scala 1:50.000.

Al termine dell'attività dovrà essere redatta una "Relazione conclusiva dello studio" contenente tutte le nozioni, i dati, le informazioni, le teorie sulla evoluzione del territorio, sia dal punto di vista geomorfologico che tettonico, i dati litotecnici e stratigrafici delle formazioni presenti. In allegato alla Relazione conclusiva dovranno essere redatte le cartografie tematiche: Carta Geologica, Carta Litologico-tecnica delle formazioni affioranti, Carta dei foto-allineamenti, Carta geomorfologica (con specifiche valutazioni/indicazioni sulla stabilità dei versanti), Carta Idrogeologica (con indicazione delle permeabilità delle formazioni), Sezioni Geologiche longitudinali e trasversali alla linea ferroviaria, eventuali schede di riscontri in sito, schede bibliografiche e, qualora richiesto, Carta della zonizzazione sismica.

Gli studi, i rilievi ed i relativi elaborati, dovranno essere conformi alle indicazioni riportate nel Capitolo 3.7 della Sezione 3 "Geologia" del "Manuale di Progettazione di RFI".

3.5.4 STUDIO GEOLOGICO APPLICATIVO E REDAZIONE DELLE RELATIVE CARTE TEMATICHE ALLA SCALA DI 1:25.000.

Studio geologico applicativo e redazione delle relative carte tematiche in scala 1:25.000, eseguito su base bibliografica o mediante rilevamento diretto sul terreno.

Il Geologo incaricato dovrà effettuare lo studio su base bibliografica o tramite rilievo diretto sul territorio; questa seconda opzione è consentita, su proposta o approvazione delle Ferrovie, qualora i dati bibliografici e cartografici non siano ritenuti sufficientemente recenti o dettagliati, o comunque non soddisfacenti per le finalità dello studio. In ogni caso, anche se lo studio sia realizzato esclusivamente da bibliografia, il Geologo incaricato dovrà effettuare, qualora necessari, riscontri in sito per la conferma del modello geologico strutturale dei terreni riportati in cartografia.

Lo studio dovrà consentire di definire, sulla base delle moderne ipotesi, gli eventi geologici che hanno portato alla formazione delle attuali strutture geologiche dell'area in questione, l'assetto stratigrafico-strutturale regionale, gli aspetti tettonici e i caratteri lito-stratigrafici delle formazioni presenti, giungendo alla formulazione di un soddisfacente modello di caratterizzazione in sito degli ammassi rocciosi dal punto di vista strutturale, geolitologico, geomorfologico, idrogeologico e geotecnico/geomeccanico.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 24 di 232

Qualora lo studio venga prodotto su base bibliografica, dovrà essere prevista una ricerca ed esame della bibliografia e cartografia esistente per la zona in questione (nella relativa Relazione dovrà essere riportata una sintesi della ricerca bibliografica e delle informazioni in essa riportata) ed una analisi fotointerpretativa, relativa ai principali aspetti geotematici.

Relativamente alla bibliografia e soprattutto alla cartografia da reperire, dovrà essere data priorità alla documentazione con valenza ufficiale, così come indicato di seguito:

- 1) carte geologiche e/o tematiche emesse dall'ISPRA "ex Servizio Geologico nazionale" e relative note illustrative;
- 2) cartografia ed eventuali note illustrative emesse da Enti territoriali quali: Regioni, Provincie, Comuni, comunità montane, ecc.;
- 3) cartografia e note tecniche prodotte dalle Autorità di Bacino;
- 4) cartografia ed articoli scientifici prodotti da Università ed Enti di ricerca;
- 5) cartografia e documentazione prodotte da altri Enti pubblici o da privati.

Le modalità di compilazione e rappresentazione della cartografie dello studio dovranno essere conformi a quanto indicato nel Manuale di progettazione di RFI. La cartografia, inoltre, dovrà essere redatta in conformità alle indicazioni riportate nei "Quaderni ISPRA", pubblicati in occasione della realizzazione della "Carta Geologiche d'Italia" in scala 1:50.000. .

Qualora lo studio venga prodotto con l'effettuazione di un rilevamento diretto sul territorio, si dovrà tendere ad ottenere le medesime finalità richieste per lo studio di carattere bibliografico con l'ausilio, ove necessario, della fotointerpretazione. Il programma del rilevamento, i percorsi effettuati sul territorio e gli esiti dei rilievi, dovranno essere descritti in un'apposita relazione, oppure riportati in sintesi nella Relazione Geologica alla quale sarà allegata la documentazione cartografica.

Lo studio dovrà fornire , la caratterizzazione sismica del sito in studio. Nella specifica Relazione sullo Studio di Analisi di Risposta Sismica Locale, che potrà eventualmente essere inserita nella Relazione Geologica, dovranno essere riportati i valori dei parametri richiesti dalla normativa vigente per la valutazione degli aspetti sismici e della stabilità del sito (Capitolo 7.11.3 delle NTC 2008).

I rilevamenti e gli studi, avvalendosi anche delle indagini in sito (di tipo diretto ed indiretto) ed in laboratorio, dovranno evidenziare le eventuali problematiche tecniche connesse all'interazione tra ambiente fisico e opera in progetto, sviluppando il programma delle eventuali ulteriori indagini, sia di carattere geotecnico/geomeccanico che di carattere geologico-strutturale e geomorfologico/idrogeologico, della successiva fase progettuale.

Gli studi, i rilievi ed i relativi elaborati, dovranno essere conformi alle indicazioni riportate nel Capitolo 3.7 della Sezione 3 "Geologia" del "Manuale di Progettazione di RFI".

3.5.4.1 Rilievo geologico in scala 1:25.000

Il rilievo geologico deve essere originale pur basandosi sulla cartografia disponibile. Le modalità esecutive del rilevamento geologico dovranno seguire, in linea di massima ed in relazione alla scala di rappresentazione della cartografia che ne deriverà, quanto riportato nei "Quaderni" che ISPRA ha redatto come linee guida per la redazione della "Carta Geologica d'Italia 1:50.000". Il "Programma di rilevamento" ricavato a seguito dell'analisi delle foto aeree e della lettura della cartografia geologica di base (percorsi, stazioni di misura di orientamento degli strati, ecc.), dovrà essere sottoposto all'approvazione delle Ferrovie. Tale rilevamento deve consentire l'acquisizione delle seguenti informazioni:

- riconoscimento e distribuzione delle unità litostratigrafiche affioranti;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 25 di 232

- assetto tettonico dell'area con riconoscimento e definizione delle principali discontinuità; presenza e tipologia di discontinuità minori;
- tramite la raccolta sistematica di campioni di roccia e terreno rappresentativi, ottenere una caratterizzazione mineralogico-petrografica e geocronologica delle formazioni presenti nell'area.

La descrizione delle unità litostratigrafiche e la loro caratterizzazione dal punto di vista litologico-tecnico, dovranno essere conformi a quanto indicato nei Paragrafi 3.7.4 - 3.7.5 della Sezione 3 "Geologia" del "Manuale di Progettazione di RFI".

3.5.4.2 Rilievo geomorfologico in scala 1:25.000

Il rilievo geomorfologico deve essere originale e basato sulla cartografia disponibile (in scala almeno di pari grandezza) e deve rappresentare, in base allo studio svolto sul territorio, le forme del rilievo terrestre raffigurandone i caratteri morfografici e morfometrici. Il geologo incaricato del rilievo deve interpretare altresì l'origine delle forme del territorio, in funzione dei processi geomorfici (endogeni ed esogeni) passati e presenti che le hanno generate, e individuarne la sequenza cronologica distinguendole forme attive, quiescenti e non attive. Le modalità esecutive del rilevamento a carattere geomorfologico dovranno seguire, in linea di massima ed in relazione alla scala di rappresentazione della cartografia, quanto riportato nei "Quaderni" che ISPRA ha redatto come linee guida per la redazione della "Carta Geologica d'Italia 1:50.000"; in ogni caso il "Piano di rilevamento", da redigersi a seguito dell'analisi della cartografia geologica e geotematica, nonché delle foto aeree (comprendente percorsi e stazioni di rilievo), dovrà essere sottoposto alle Ferrovie per l'approvazione.

La finalità è quella di produrre una appropriata cartografia tale da permettere una visione sistematica di tutte le forme del terreno ed una visione d'insieme dei rapporti spaziali fra tali forme, mettendo in luce le relazioni esistenti fra queste ultime ed i processi che le hanno determinate, offrendo le basi per prevederne l'evoluzione futura. In particolare il rilievo deve portare all'acquisizione e alla mappatura, con opportuna simbologia, delle principali informazioni di pertinenza geomorfologica: devono essere evidenziate quelle forme del territorio, suddivise in base alla loro genesi, i cui processi morfogenetici siano distinti in base al loro grado di dinamismo (velocità di evoluzione).

Si precisa che le aree interessate dai fenomeni geomorfologici a sviluppo areale, cartografabili alla scala della carta, devono essere accuratamente delimitate.

3.5.4.3 Rilievo idrogeologico in scala 1:25.000

Nello studio idrogeologico devono essere presi in considerazione tutti quegli elementi emersi dagli studi o dai rilievi geologici e geomorfologici che possono fornire informazioni utili a definire il modello di circolazione idrica sotterranea. Le modalità esecutive del rilevamento (con riferimento alle tematiche idrogeologiche), dovranno seguire, in linea di massima ed in relazione alla scala di rappresentazione della cartografia che ne deriverà, quanto riportato nei "Quaderni" che ISPRA ha redatto come Linee Guida per la redazione della "Carta Geologica d'Italia 1:50.000". Inoltre le modalità del rilevamento, quali ad es. i percorsi ed eventuali stazioni di rilievo dei punti d'acqua (sorgenti, pozzi, piezometri), nonché eventuali prove di emungimento o di immissione d'acqua in foro, dovranno essere sottoposte all'approvazione di Ferrovie.

L'eventuale rilievo idrogeologico di campagna deve essere originale e deve comprendere anche la fase di ubicazione e classificazione delle sorgenti presenti (perenni o temporanee, portata media misurata in intervalli di tempo regolari, caratteristiche chimico-fisiche delle acque ecc.), dei pozzi, nonché dei punti di emergenza naturale o artificiale della falda acquifera. A tal proposito dovrà essere inoltre valutata l'interferenza dell'opera in progetto con la falda e con i punti d'acqua censiti in funzione delle leggi nazionali e dei regolamenti degli Enti territoriali. Particolare attenzione dovrà essere posta nell'individuazione di condotti carsici e cavità in grado di condizionare la circolazione idrica sotterranea.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 26 di 232

3.5.4.4 Rilievo geomeccanico/geotecnico in scala 1:25.000

La classificazione delle unità litostratigrafiche, dal punto di vista litologico-tecnico, dovrà seguire le indicazioni fornite in dettaglio nei Paragrafi 3.7.4 – 3.7.5 della Sezione “Geologia” del “Manuale di progettazione di RFI”, in cui le stesse unità litostratigrafiche vengono ulteriormente suddivise o raggruppate in relazione all’omogeneità del loro comportamento geomeccanico.

La classificazione delle unità litotecniche deve consentire di definire la tipologia delle opere e degli interventi in fondazione. Per le gallerie la suddivisione delle formazioni, affioranti ed in profondità, in Unità litotecniche a comportamento geotecnico/geomeccanico omogeneo è fondamentale per l’individuazione delle tecniche di scavo, per la scelta del tipo di rivestimento provvisorio e definitivo delle pareti, nonché per la stima dei costi e dei tempi di realizzazione dell’opera. E’ altresì indispensabile che sulle Unità litotecniche, definite in fase di studio, vengano eseguite prove geotecniche/geomeccaniche in sito e in laboratorio, al fine di ricavare informazioni specifiche inerenti ai parametri fisici e meccanici di progettazione e alla variabilità dei parametri stessi nelle varie direzioni spaziali (eterogeneità) e nel tempo (degradabilità).

Nella Relazione Litotecnica, inoltre, dovrà essere chiaramente indicato e dettagliato (tipologia, ubicazione e quantità delle indagini di carattere geotecnico e geomeccanico) il programma delle eventuali ulteriori indagini da eseguirsi nelle successive fasi di progettazione. Anche per le opere in sotterraneo dovranno essere definite e programmate le indagini di particolare rilevanza quali: cunicoli pilota, sondaggi di elevata profondità, prove idrogeologiche e geotecniche/geomeccaniche di particolare impegno, applicazione di sistemi di monitoraggio. Lo studio ed i rilievi effettuati in questa fase, pertanto, dovranno consentire e supportare le scelte relative alle future indagini da effettuare.

3.5.4.5 Documentazione da consegnare

RELAZIONE GEOLOGICA

La Relazione Geologica dovrà comprendere una sintesi del lavoro svolto tramite analisi fotointerpretativa, ricerca bibliografica e/o rilevamento diretto sul territorio. La relazione dovrà contenere tutte le informazioni e i dati geologico-tecnici che consentano di individuare i criteri di progetto applicabili nonché indicazioni sui parametri e sulle modalità esecutive più appropriate al caso in esame, con particolare riguardo alla definizione del modello geologico-strutturale di riferimento (MGR), dell’assetto lito-stratigrafico e della caratterizzazione litologico-tecnica degli ammassi. Nel testo si dovrà riferire in merito alle caratteristiche geotecniche e geomeccaniche delle rocce e dei terreni indagati, alla storia e allo stato tensionale attuale degli ammassi indagati; dovrà altresì fornire parametri sismici utili alla individuazione delle categorie sismiche, di sottosuolo e topografiche, nonché dell’accelerazione sismica di riferimento. Nei casi in cui non siano previsti specifici studi di risposta sismica locale, la Relazione Geologica dovrà contenere un’analisi della pericolosità sismica di base (analisi degli effetti di sito litostratigrafici e topografici) unitamente alla definizione delle categorie del terreno di fondazione, sulla base degli elementi stratigrafici e litologico-tecnici conosciuti. Si dovranno inoltre fornire tutte le indicazioni utili alla definizione del quadro conoscitivo inerente alla pericolosità geologica dell’area in studio, relativamente ai possibili fenomeni di dissesto idrogeologico (alluvioni, frane, cadute massi, sprofondamenti del suolo), alle problematiche connesse ai fenomeni di potenziale liquefazione dei terreni, a problemi di cedimento e subsidenza e, al rischio vulcanico..

RELAZIONE GEOMORFOLOGICA

La Relazione Geomorfologica dovrà comprendere una sintesi della ricerca bibliografica e dell’analisi fotointerpretativa nonché i risultati dello studio geomorfologico e dei rilievi svolti, anche in relazione alle acclività dei versanti. La relazione dovrà contenere tutte le informazioni utili riguardanti l’assetto orografico, il reticolo idrografico (andamento e gerarchia delle aste fluviali), le condizioni climatiche, gli aspetti morfologici e morfometrici del territorio, i dati litologici e tettonici nonché il quadro morfogenetico e

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 27 di 232

morfoevolutivo dell'area. Si dovranno altresì indicare anche le possibili tipologie di dissesti per frana secondo la classificazione APAT del 2006 o sue ulteriori evoluzioni, i siti in cui sono in atto fenomeni di erosione intensa (sia fluviale che marina), aree di sprofondamento per sink-hole, per carsismo, per cause antropiche o altro.

RELAZIONE IDROGEOLOGICA

La Relazione Idrogeologica dovrà comprendere una sintesi della ricerca bibliografica e dell'analisi fotointerpretativa nonché, i risultati dello studio e dei rilievi idrogeologici svolti. La relazione dovrà contenere tutte le informazioni utili riguardanti l'idrologia di superficie, l'idrologia sotterranea (emergenza di acque sotterranee, caratteristiche degli acquiferi, caratteristiche idrodinamiche, caratteristiche idrochimiche), l'individuazione dei complessi idrogeologici, distinti in funzione del loro grado di permeabilità relativa, nonché le opere artificiali e le aree carsiche che interessano l'area. Relativamente alle opere di captazioni di acque sotterranee ("punti d'acqua"), nella relazione dovrà essere fornito un censimento di dette opere, mentre nella cartografia inerente alla idrogeologia dovrà essere riportata la mappa dei rilievi e la quota approssimativa di soggiacenza della falda. Nella Relazione, infine, dovranno essere riportate apposite tabelle riassuntive riguardanti le informazioni sulle eventuali prove e rilievi eseguiti (ad esempio su sorgenti, pozzi, piezometri).

RELAZIONE LITOLOGICO-TECNICA

La Relazione litologico-tecnica dovrà comprendere una sintesi delle analisi e dei rilievi eseguiti per l'individuazione delle unità litostratigrafiche, suddivise secondo la classificazione in uso, e ne illustrerà le caratteristiche geotecniche/geomeccaniche fornendo i parametri utili alla fase progettuale. E' importante che i parametri forniti (riassunti in apposite tabelle) tengano conto dello stato tensionale connesso alla quota di prelievo dei campioni testati e delle probabili ulteriori sollecitazioni connesse alle realizzazioni delle opere. Per le rocce è importante che si tenga conto dello stato tensionale dell'ammasso e della posizione dei volumi di roccia interessati dalle opere da realizzare, nonché del detensionamento connesso ai lavori anche nelle fasi intermedie degli stessi. Si dovrà altresì fornire un quadro critico delle risultanze delle indagini eseguite (affidabilità, completezza, coerenza con le necessità progettuali, necessità di integrazioni nelle successive fasi progettuali, ecc.). Infine dovranno essere valutate le risultanze di eventuali strumentazioni di monitoraggio/controllo anche con produzione di tabelle riassuntive dei dati ricavati ed analisi critiche.

CARTA GEOLOGICA IN SCALA 1:25.000

La Carta Geologica dovrà essere redatta alla scala 1:25.000 e dovrà riportare l'indicazione degli affioramenti, delle unità tettoniche e litostratigrafiche, nonché degli elementi tettonici riconoscibili e cartografabili alla scala di rappresentazione. La carta dovrà essere comprensiva della legenda contenente tutte le informazioni sulle unità geologiche rappresentate e le simbologie di carattere stratigrafico, tettonico e morfologico. La carta geologica, in relazione alla tipologia di progetto potrà contenere anche schemi strutturali, profili, tabelle e grafici (soprattutto in caso di progetti con opere in sotterraneo). Sulla cartografia dovranno essere riportate le simbologie indicate in legenda, con particolare riferimento alle orientazioni degli strati, alla posizione dei principali elementi tettonico-strutturali, morfologici ed idraulici. Le modalità di redazione della carta Geologica ed i suoi contenuti dovranno rispettare le indicazioni, tenendo conto della scala di rappresentazione della carta medesima, fornite dai "Quaderni n. Q2, Q5, Q10, Q11, Q121-1" che ISPRA ha redatto come "Linee Guida" per la redazione della "Carta Geologica d'Italia 1:50.000", così come indicato anche nel Manuale di progettazione di RFI. La carta topografica di base dovrà avere una scala ed un livello di dettaglio adeguato, al fine di consentire la corretta restituzione dell'elaborato alla scala 1:25.000.

CARTA LITOLOGICO-TECNICA DELLE FORMAZIONI AFFIORANTI IN SCALA 1:25.000

La Carta ad indirizzo geotecnico-geomeccanico, dovrà essere redatta alla scala 1:25.000. Nel documento gli affioramenti saranno suddivisi secondo la classificazione in uso e le varie unità litologiche, differenziate in funzione di un analogo comportamento geotecnico/geomeccanico, dovranno essere riportate nella legenda

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 28 di 232

della carta. La legenda della carta dovrà contenere la descrizione del comportamento geotecnico/geomeccanico delle unità con l'indicazione dei principali parametri e dei dati maggiormente rappresentativi per ogni singola unità litologica. La carta topografica di base dovrà avere una scala ed un livello di dettaglio adeguato, al fine di consentire la corretta restituzione dell'elaborato alla scala 1:25.000.

CARTA DEI FOTOALLINEAMENTI IN SCALA 1:25.000

La Carta dovrà essere redatta alla scala 1:25.000 e riporterà la posizione dei fotoallineamenti (linee di faglia, diaclasi, orli di distacco, orli di scarpata, ecc.), desunta dalle foto aeree o da ortofoto e sarà suddivisa in aree omogenee per densità, ciascuna delle quali caratterizzata da un diagramma stellare con selezioni direzionali di 10 gradi e con le indicazioni numeriche della densità (Km/Km²) e della frequenza (n/Km²) di fotoallineamenti. La carta topografica di base dovrà avere una scala ed un livello di dettaglio adeguato, al fine di consentire la corretta restituzione dell'elaborato alla scala 1:25.000.

CARTA GEOMORFOLOGICA IN SCALA 1:25.000

La Carta dovrà essere redatta alla scala 1:25.000 e dovrà riportare tutte le evidenze geomorfologiche relative a morfogenesi di versante, fluviale, costiera e antropica; saranno inoltre evidenziate le aree per le quali non si rileva alcuna presenza di apprezzabili processi morfogenetici (A), le aree con processi morfogenetici attualmente non attivi (B) e le aree con processi morfogenetici attivi (C), con l'indicazione del tipo di processo rilevato cartografabile alla scala di rappresentazione. La legenda dovrà essere conforme alla simbologia geomorfologica indicata nei "Quaderni" ISPRA relativi alle Linee Guida per la redazione della Carta Geologica d'Italia 1:50.000. La carta topografica di base dovrà avere una scala ed un livello di dettaglio adeguato, al fine di consentire la corretta restituzione dell'elaborato alla scala 1:25.000.

CARTA IDROGEOLOGICA IN SCALA 1:25.000

La Carta dovrà essere redatta alla scala di 1:25.000; dovrà riportare i terreni arealmente suddivisi per tipo e valore qualitativo della permeabilità efficace: dovranno essere indicate le aree caratterizzate da concentrazione superficiale di acqua o a drenaggio difficoltoso, i punti d'acqua superficiali (sorgenti e pozzi), le linee di deflusso superficiale e profondo (presumibile), le linee isofreatiche e ogni altra informazione utile alla completa rappresentazione (alla scala di restituzione) dei modelli idrogeologici individuati. Per la ricostruzione delle isofreatiche verranno utilizzate, ove richiesto da Ferrovie, oltre alle informazioni bibliografiche, i dati desumibili da un censimento diretto dei punti d'acqua (sorgenti, pozzi) che saranno opportunamente indicati in cartografia. Qualora le Ferrovie lo ritenessero utile/necessario potranno essere inseriti parametri dell'acquifero ricavati da prove di emungimento o immissione di acqua in foro e/o parametri di portata relativi a pozzi, sorgenti, canali, corsi d'acqua. La carta topografica di base dovrà avere una scala ed un livello di dettaglio adeguato, al fine di consentire la corretta restituzione dell'elaborato alla scala 1:25.000.

CARTA DELLA ZONAZIONE SISMICA IN SCALA 1:25.000

La Carta dovrà essere redatta alla scala 1:25.000 e dovrà riportare l'indicazione dei principali eventi sismici documentati, dei principali e più frequenti epicentri localizzati, delle aree di frequenza e intensità paragonabili, dei parametri di accelerazione sismica; andrà altresì indicata la zonazione nei confronti delle categorie di sottosuolo, valorizzate dai parametri utili alla loro definizione. La legenda della carta dovrà contenere tutti i simboli indicati e le categorie di zonizzazione; dovranno inoltre essere circoscritte le aree soggette al rischio di liquefazione dei terreni e le zone suscettibili di significativa amplificazione locale. La carta topografica di base dovrà avere una scala ed un livello di dettaglio adeguato, al fine di consentire la corretta restituzione dell'elaborato alla scala 1:25.000.

SEZIONI GEOLOGICHE

Il numero e la posizione e la scala di rappresentazione delle sezioni, da concordare con le Ferrovie (in genere longitudinalmente alla linea ferroviaria e trasversalmente ad essa in corrispondenza delle opere principali),

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 29 di 232

dovranno essere rappresentative dell'assetto stratigrafico e tettonico dell'area di studio e su di esse dovrà essere sempre riportata la quota piezometrica.

Nel caso di progettazione di gallerie dovranno essere prodotte almeno una sezione longitudinale (per ogni canna) ed almeno una trasversale all'asse per ciascuna galleria compresa nell'area oggetto di studio, tenendo nel dovuto conto la tipologia di progetto, l'estensione della galleria e la sua copertura. Nel caso di realizzazione di gallerie ad elevata copertura (centinaia di metri), il numero e l'estensione delle sezioni geologiche saranno funzione della copertura, della lunghezza della galleria e della complessità del modello geologico individuato (presenza di faglie, sovrascorrimenti, pieghe ecc.). L'estensione e il numero di sezioni geologiche dovrà essere sottoposto all'approvazione delle Ferrovie.

SEZIONI IDROGEOLOGICHE

Il numero la posizione e la scala di rappresentazione delle sezioni idrogeologiche, da concordare con le Ferrovie, dovranno essere rappresentative dell'assetto idrogeologico dell'area di studio, con particolare riguardo alla ricostruzione delle falde superficiali e profonde. Nel caso di progettazione con gallerie, dovranno essere prodotte almeno una sezione longitudinale ed una trasversale all'asse, per ciascuna galleria compresa nell'area oggetto di studio, tenendo nel dovuto conto la tipologia di progetto, l'estensione della/e galleria/e, la sua/loro copertura. Nel caso di realizzazione di gallerie ad elevata copertura (centinaia di metri) il numero e l'estensione delle sezioni idrogeologiche saranno funzione della copertura, della lunghezza della galleria e della complessità del modello geologico individuato (faglie, sovrascorrimenti, pieghe ecc.). L'estensione e il numero di sezioni geologiche dovrà essere sottoposto all'approvazione delle Ferrovie.

FASCICOLI DI SCHEDE TECNICHE

I rilievi litologico-tecnici e quelli di carattere idrogeologico, che comportano la redazione di apposite schede, dovranno essere sottoposti all'approvazione preventiva delle Ferrovie. Le schede litologico-tecniche su terre e rocce dovranno contenere oltre alle informazioni di carattere geologico-litologico, anche le risultanze di eventuali prove eseguite in sito e/o in laboratorio. Le schede di carattere idrogeologico dovranno contenere informazioni sui punti d'acqua studiati quali pozzi, piezometri, sorgenti ed altre opere di captazione di acqua, presentando anche i risultati di eventuali prove in sito e di laboratorio. Le Relazioni litologico-tecniche ed idrogeologiche devono contenere un fascicolo (o una porzione della medesima Relazione) contenente una raccolta delle schede tecniche i cui dati sono stati utilizzati per redigere la Relazione medesima, con le relative cartografie.

Nelle schede tecniche, i rilievi, le prove e le misure in sito dovranno essere georeferenziate su apposita cartografia con l'indicazione delle coordinate GPS.

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

In un fascicolo dedicato, o allegata alla Relazione Idrogeologica o Litologico-tecnica, dovrà essere riportata la documentazione fotografica, di idonea qualità, dei punti di riscontro a terra, di eventuali campioni per prove di laboratorio prima dell'esecuzione dei test previsti, dei punti di misura e prove in sito, delle strumentazioni di monitoraggio installate e/o da installare, dei punti d'acqua rilevati o di prelievo di campioni in campagna, con i necessari riferimenti descrittivi per l'univoca correlazione alle relative schede tecniche.

SCHEDE BIBLIOGRAFICHE

Dovranno essere redatte apposite Schede, riportanti i dati bibliografici relativi alla documentazione di studio non derivante direttamente da misure, prove e rilievi eseguiti direttamente ed in proprio dal Redattore di ogni singola Relazione e/o dall'Appaltatore. Tale scheda bibliografica dovrà contenere, per ogni categoria di informazioni, i riferimenti di tutto il materiale consultato e della relativa reperibilità.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 30 di 232

RELAZIONE CONCLUSIVA

La Relazione dovrà contenere tutte le informazioni ottenute nell'ambito dello studio, con le note illustrative e di commento della cartografia tematica, oltre a considerazioni di natura tecnico-economica. Nella "Relazione Conclusiva" potranno essere inserite la Relazione Geologica, la Relazione Geomorfologica, la Relazione Idrogeologica, la Relazione litologico-tecnica, la Documentazione fotografica, le schede tecniche e bibliografiche, qualora le relazioni medesime ed i fascicoli di schede non costituiscano documentazione autonoma. Inoltre sulla base di tutte le informazioni desunte dallo studio e dai rilievi, dovrà essere proposto un programma di rilievi, monitoraggi e di indagini geognostiche da attuare nelle successive fasi di progettazione.

3.5.5 STUDIO GEOLOGICO APPLICATIVO AD INDIRIZZO TECNICO

Studio geologico applicativo ad indirizzo tecnico di base e redazione delle relative carte tematiche alla scala 1:10.000 o 1:5.000 eseguito mediante rilevamento diretto su terreno.

Studio geologico applicativo ad indirizzo tecnico e/o tematico (idrogeologico, geomorfologico, geomeccanico/geotecnico, uso reale del territorio, geopedologico) eseguito con rilevamento diretto in campagna, con l'ausilio della bibliografia, della cartografia esistente (geologica che tematica) e dell'analisi fotointerpretativa (da foto aeree o da ortofoto), ove presente. Tali attività sono finalizzate alla redazione delle carte geologiche e/o tematiche in scala 1:10.000 o 1:5.000, in relazione alla tipologia di progettazione da attuare, al dettaglio che si intende rappresentare e all'estensione lineare ed areale dello studio; in ogni caso la scala di rappresentazione cartografica dovrà essere concordata ed approvata dalle Ferrovie.

Il Geologo incaricato dello studio, dovrà reperire e consultare la bibliografia geologica e tematica sull'area in esame, nonché la cartografia più recente disponibile, con precedenza per quella avente una valenza ufficiale e di seguito elencata:

- 1) carte geologiche e/o tematiche emesse dall'ISPRA "ex Servizio Geologico nazionale" e relative note illustrative,
- 2) cartografia ed eventuali note illustrative emesse dagli Enti territoriali quali: Regioni, Provincie, Comuni, comunità montane, ecc.,
- 3) cartografia e note tecniche prodotte dalle Autorità di Bacino,
- 4) cartografia ed articoli scientifici prodotti da Università ed Enti di ricerca,
- 5) cartografia e documentazione prodotte da altre Enti pubblici o da privati.

Questo studio, di carattere geologico applicativo, dovrà tendere a ricostruire, sulla base delle moderne ipotesi, gli eventi geologici che hanno portato alla formazione delle attuali strutture geologiche dell'area in questione, il quadro stratigrafico-strutturale regionale, gli aspetti tettonici e la individuazione lito-stratigrafica delle formazioni presenti, giungendo alla formulazione di un modello di caratterizzazione in sito degli ammassi rocciosi, dal punto di vista strutturale, geolitologico, geomorfologico, idrogeologico e geomeccanico/geotecnico.

Il grado di dettaglio del rilevamento (in particolare la densità delle stazioni di rilievo e misura) e della ricostruzione stratigrafica e geostrutturale, dovrà essere idoneo alla scala cartografica di rappresentazione ed alla tipologia di progetto.

Lo studio dovrà fornire anche la caratterizzazione sismica del sito, con l'indicazione dei parametri richiesti dalla normativa vigente per la valutazione della pericolosità sismica.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 31 di 232

I rilevamenti e gli studi, con l'ausilio delle risultanze delle indagini in sito (di tipo diretto ed indiretto) ed in laboratorio, dovranno evidenziare le eventuali problematiche tecniche connesse all'interazione tra ambiente fisico e opera in progetto, sviluppando anche il programma d'indagine della successiva fase progettuale.

I rilevamenti e gli studi, dovranno altresì consentire di individuare tutte le criticità connesse ad eventuali rischi di natura idrogeologica (dissesti gravitativi di versante, sprofondamenti, alluvionamenti, erosione accelerata, terreni liquefacibili per sisma, intenso carsismo, danni al territorio legati ad attività antropiche dannose, ecc.), nonché le aree con particolari vincoli ambientali (paesaggistici, naturalistici, idrogeologici, archeologici, paleontologici, infrastrutturali, militari, ecc.). L'individuazione di tali elementi dovrà essere chiaramente indicata e perimetrata nelle cartografie prodotte.

Gli studi, i rilievi ed i relativi elaborati, dovranno essere conformi alle indicazioni riportate nel Capitolo 3.8 della Sezione 3 "Geologia" del "Manuale di Progettazione di RFI".

3.5.5.1 Rilievo geologico in scala 1:10.000 o 1:5.000

Il rilievo geologico deve essere originale pur prendendo a riferimento la cartografia disponibile. Le modalità esecutive del rilevamento geologico dovranno essere conformi, in relazione alla scala di rappresentazione, alle indicazioni riportate nei "Quaderni" che l'ISPRA ha redatto come linee guida per la redazione della "Carta Geologica d'Italia 1:50.000". Il "Programma di rilevamento", definito sulla base dell'analisi delle foto aeree e/o ortofoto e degli elementi desumibili dalla cartografia geologica di base (percorsi, stazioni di misura, orientamento degli strati e faglie, ecc.), dovrà essere sottoposto all'approvazione delle Ferrovie.

Tale rilevamento deve consentire l'acquisizione delle seguenti informazioni:

- riconoscimento e distribuzione delle unità litostratigrafiche affioranti;
- assetto tettonico dell'area, presenza e tipologia di discontinuità sia maggiori che minori;
- caratterizzazione mineralogico-petrografica e geocronologica delle varie formazioni, tramite la raccolta sistematica di campioni di roccia e terreno rappresentativi.

La descrizione delle unità litostratigrafiche, , deve essere conforme alle indicazioni riportate nella Sezione Geologia del "Manuale di progettazione di RFI" (Paragrafi 3.8.4 – 3.8.5).

3.5.5.2 Rilievo geomorfologico in scala 1:10.000 o 1:5.000

Il rilievo geomorfologico deve essere originale, pur prendendo a riferimento la cartografia disponibile (in scala analoga), e deve tendere a rappresentare le forme del rilievo terrestre, raffigurando i caratteri morfografici e morfometrici sulla base dello studio svolto sul territorio; ne deve interpretare l'origine, in funzione dei processi geomorfici (endogeni ed esogeni) passati e presenti che le hanno generate, e individuarne la sequenza cronologica, con particolare distinzione fra forme attive, quiescenti e attive. Le modalità esecutive del rilevamento (con riferimento alle tematiche geomorfologiche), dovranno essere conformi, in relazione alla scala di rappresentazione, alle indicazioni riportate nei "Quaderni" che l'ISPRA ha redatto come linee guida per la redazione della "Carta Geologica d'Italia 1:50.000"; in ogni caso il "Piano di rilevamento", da redigersi a seguito dell'analisi della cartografia geologica e geotematica, nonché delle foto aeree (comprendente percorsi e stazioni di rilievo) dovrà essere sottoposto all'approvazione delle Ferrovie.

La finalità è quella di produrre una appropriata cartografia che consenta una visione sistematica di tutte le forme caratteristiche del territorio ed una visione d'insieme dei rapporti spaziali fra tali forme, evidenziando le relazioni esistenti fra queste ultime ed i processi che le hanno determinate, offrendo le basi per prevederne l'evoluzione futura.

In particolare il rilievo deve consentire l'acquisizione e la mappatura, con opportuna simbologia, delle principali informazioni di pertinenza geomorfologica: in particolare devono essere evidenziate le principali

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 32 di 232

forme presenti nel territorio (anche di dettaglio), distinte sulla base della loro genesi, e del grado di dinamismo (velocità di evoluzione). Le aree interessate da fenomeni geomorfologici a sviluppo areale, cartografabile alla scala della carta, devono essere accuratamente delimitate.

3.5.5.3 Rilievo idrogeologico in scala 1:10.000 o 1:5.000

Nello studio idrogeologico devono essere presi in considerazione tutti quegli elementi emersi dai rilievi geologici e geomorfologici che possono fornire informazioni utili a definire il modello di circolazione idrica sotterraneo. Le modalità esecutive del rilevamento (con riferimento alle tematiche idrogeologiche), dovranno essere conformi, in relazione alla scala di rappresentazione, alle indicazioni riportate nei “Quaderni” che l’ISPRA ha redatto come linee guida per la redazione della “Carta Geologica d’Italia 1:50.000”. Inoltre le modalità del rilevamento, quali percorsi di rilevamento, eventuali stazioni di rilievo dei punti d’acqua (sorgenti, pozzi, piezometri), nonché prove di emungimento o di immissione d’acqua in foro, dovranno essere sottoposte all’approvazione di Ferrovie.

Il rilievo idrogeologico di campagna deve essere originale e deve comprendere anche la fase di ubicazione e classificazione delle sorgenti presenti (perenni o temporanee, portata media misurata in intervalli di tempo regolari, caratteristiche chimico-fisiche delle acque ecc.), dei pozzi, nonché dei punti di emergenza naturale o artificiale della falda acquifera e le aree di ristagno dell’acqua meteorica per impossibilità di infiltrazione in profondità. A tal proposito dovrà essere valutata l’interferenza dell’opera in progetto con la falda e con i punti d’acqua censiti. Particolare attenzione dovrà essere prestata all’individuazione di condotti carsici e delle cavità in grado di condizionare la circolazione idrica sotterranea.

3.5.5.4 Rilievo litologico-tecnico in scala 1:10.000 o 1:5.000

Il rilievo consiste nell’effettuazione di una classificazione litologico-tecnica di tutte le unità litostratigrafiche, presenti sull’area da rilevare. Pertanto, dopo aver censito tutte le unità litostratigrafiche, se ne implementa la suddivisione in termini geotecnici/geomeccanici attraverso l’attribuzione di indici di qualità degli ammassi rocciosi e dei terreni.

La suddivisione in unità lito-tecniche dovrà effettuarsi secondo le indicazioni riportate nella Sezione 3 “Geologia” del Manuale di Progettazione di RFI (Paragrafi 3.8.4 - 3.8.5). In presenza di ammassi rocciosi, l’assegnazione di indici di qualità deve essere basata sull’esecuzione in campagna di rilievi geostrutturali a scala mesoscopica, che permettano di individuare facies litostratigrafiche omogenee in termini geomeccanici. Le modalità del rilevamento quali percorsi, numero e ubicazione delle stazioni di rilievo geomeccanico ed esecuzione di eventuali pozzetti esplorativi per il prelievo di campioni di terre e/o rocce, dovrà essere inserito in un “Programma di rilevamento” da sottoporre all’approvazione delle Ferrovie.

I rilievi geostrutturali mesoscopici devono pertanto descrivere l’ammasso in termini di:

- litologia;
- stato di fratturazione e natura delle discontinuità (N° di famiglie, giacitura, spaziatura, persistenza, apertura, rugosità, resistenza allo scorrimento delle superfici, grado di alterazione, presenza di riempimento, umidità, ecc);
- condizioni idriche;
- resistenza a compressione.

I dati rilevati in campagna devono essere esaustivi ed utili per poter descrivere gli ammassi in termini di classificazione geomeccanica normalmente in uso (classificazione di Bieniawski, di Hoek, di Barton), in base alle quali potranno essere attribuiti gli indici di qualità caratteristici delle unità litotecniche individuate, avendo ben presente che le medesime caratteristiche geomeccaniche hanno valenze diverse in superficie (pareti rocciose) ed in profondità (gallerie).

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 33 di 232

Ciascuna “stazione” di misura, di dimensione opportuna (minimo 20x20 metri, compatibilmente con le caratteristiche del fronte in studio), dovrà essere caratterizzata tramite:

- una tabella riassuntiva riportante l’ubicazione della stazione, la sua estensione e i risultati delle misurazioni effettuate (per una corretta definizione dell’ubicazione occorrono i dati di coordinata GPS, una foto dell’area in cui è ubicata la stazione, nella quale sia visibili dei punti di riferimento per il controllo dell’esatta ubicazione);
- le proiezioni stereografiche su reticolo equiareale di Schmidt dell’orientazione delle discontinuità rilevate;
- gli indici di qualità degli ammassi rocciosi secondo le classificazioni geomeccaniche concordate con le Ferrovie.

In presenza di terreni sciolti, la caratterizzazione geotecnica dell’orizzonte superficiale dovrà essere eseguita ricorrendo al prelievo di campioni superficiali di terreno (al di sotto dello strato di terreno vegetale), sui quali dovranno essere effettuate prove geotecniche di caratterizzazione fisica (granulometria, limiti di Atterberg) che permettano di suddividere l’area in studio in base alla classificazione USCS (Unified Soils Classifications System).

Ciascuna stazione di misura dovrà essere caratterizzata da:

- una tabella riassuntiva riportante l’ubicazione della stazione (per una corretta definizione dell’ubicazione occorrono i dati di coordinata GPS, una foto dell’area in cui è ubicata la stazione possibilmente con dei punti di riferimento per il controllo dell’esatta ubicazione) e la descrizione del materiale prelevato;
- i risultati delle prove geotecniche speditive e di laboratorio;
- la classificazione USCS dei terreni.

3.5.5.5 Componente uso reale del territorio in scala 1:10.000 o 1:5.000

Per quanto attiene la componente “Uso reale del territorio”, gli studi e i rilevamenti saranno eseguiti sulla base di cartografia esistente, rilievi diretti in sito e con l’ausilio di fotografie aeree. Essi dovranno avere, in ogni caso, un notevole contenuto di rilevamento diretto in relazione alla peculiarità del tema ed in relazione alla scala di rappresentazione. Il “Programma di rilievo”, redatto sulla base dell’analisi di foto aeree e cartografia tematica di recente emissione, dovrà essere predisposto dall’Appaltatore e sottoposto all’approvazione delle Ferrovie.

Lo studio dovrà essere sviluppato con il fine di suddividere le aree in funzione della loro reale utilizzazione; si dovranno pertanto evidenziare le zone urbanizzate e/o industrializzate, le zone destinate a coltivazione (suddivise per tipologia), le zone boschive (suddivise per tipologia) e le aree protette (anch’esse suddivise per tipologia).

In particolare, per le aree antropizzate, dovranno essere evidenziate tutte le modificazioni dell’assetto del territorio, quali aperture di scavi o cave, canalizzazioni, sbarramenti, deviazioni di corsi d’acqua ed altre opere idrauliche, pavimentazioni ed impermeabilizzazioni superficiali estese, ecc.

Eventuali suddivisioni di dettaglio dovranno essere concordate con le Ferrovie sulla base della specificità dell’area in esame ed in funzione della finalità del rilievo.

Nella relazione conclusiva dello studio tematico e nella cartografia prodotta, dovranno essere anche evidenziate e delimitate le aree soggette a vincoli, con la descrizione della relativa natura (idrogeologico, paesaggistico, archeologico, urbanistico, ecc.).

3.5.5.6 Rilievo a tema geopedologico in scala 1:10.000 o 1:5.000

Gli studi e i rilevamenti a tema geopedologico, saranno eseguiti sulla base di cartografia esistente e di rilievi diretti in sito.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 34 di 232

Il rilievo geopedologico ha lo scopo di definire i vari tipi di suolo originatisi per alterazione del substrato litologico sotto l'azione di fattori biologici, fisici e chimici. I tipi di suolo dovranno essere descritti in base ai processi di formazione che li hanno costituiti (disgregazione e alterazione del substrato roccioso, accumulo di sostanze organiche, liscivazione, eluviazione, formazione colluviale, accumulo di sedimenti alluvionali ecc.) e sulla base delle loro proprietà (tessitura, colore, struttura, attività biologica, chimismo, capacità di scambio cationico, permeabilità all'acqua ecc.). Per la descrizione dei suoli si farà riferimento alle principali classificazioni in uso a livello internazionale, quali la classificazione FAO-UNESCO; la scelta del sistema classificativo e il "Progetto di rilievo" dovranno essere preventivamente concordati con le Ferrovie.

3.5.5.7 Documentazione da consegnare

RELAZIONE GEOLOGICA

La relazione (basata su dati bibliografici e rilievi di campagna) dovrà contenere tutte le informazioni e i dati geologico-tecnici che consentano di individuare tutte le problematiche di carattere geologico che possono influire sulle scelte progettuali relative all'opera, sia in fase costruttiva che di "esercizio", nonché i parametri e le modalità esecutive più appropriate, con particolare riguardo a:

- definizione dell'assetto geologico-strutturale;
- modello geologico di riferimento;
- caratterizzazione litologico-tecnica degli ammassi e determinazione di massima delle caratteristiche geomeccaniche e geotecniche degli ammassi e dei terreni indagati;
- individuazione degli stati tensionali, degli ammassi terrosi/rocciosi indagati, attuale e pregressi;
- categorie di sottosuolo e topografiche, accelerazione sismica di riferimento, fattori di amplificazione e spettro di risposta elastico.

La relazione geologica dovrà inoltre evidenziare le eventuali problematiche tecniche connesse all'interazione tra ambiente fisico e opera ferroviaria, analizzando congiuntamente i risultati degli studi tematici di superficie e quelli delle indagini in sito (di tipo diretto ed indiretto) ed in laboratorio, in base ai quali dovrà essere proposto un modello di caratterizzazione in sito dal punto di vista geolitologico, geomorfologico, idrogeologico e geotecnico/geomeccanico. Inoltre, la relazione geologica dovrà contenere indicazioni sulla pericolosità geologica e sismica (D.M. 14/1/2008) del sito ante operam e contestualmente dovranno essere valutati gli effetti che l'opera può indurre sul territorio, in termini di incremento o diminuzione della pericolosità geologica stessa.

RELAZIONE GEOMORFOLOGICA

La relazione deve contenere i risultati dello studio e dei rilievi svolti, individuando l'assetto orografico, il reticolo idrografico, le condizioni climatiche, gli aspetti morfologici e morfometrici, i dati litologici e tettonici e deve descrivere con particolare riguardo il quadro morfogenetico e morfoevolutivo dell'area. Inoltre, dovranno essere affrontati tutti gli aspetti inerenti le problematiche di dissesto idrogeologico (erosione accelerata, dissesti gravitativi, sprofondamenti, aree alluvionabili, ecc).

RELAZIONE IDROGEOLOGICA

La relazione riporterà tutti i risultati dello studio e dei rilievi svolti e descriverà in modo compiuto l'idrologia di superficie, l'idrogeologia sotterranea (emergenza di acque sotterranee, caratteristiche degli acquiferi, caratteristiche idrodinamiche, caratteristiche idrochimiche), i complessi idrogeologici distinti in funzione del loro grado di permeabilità relativa, nonché le opere artificiali e le aree carsiche che interessano l'area in esame.

Particolare attenzione dovrà essere prestata nella definizione delle modalità di circolazione idrica all'interno dei mezzi rocciosi fratturati.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 35 di 232

RELAZIONE LITOLOGICO-TECNICA

La relazione riporterà tutti i risultati dello studio e dei rilievi svolti e descriverà in modo compiuto le caratteristiche geomeccaniche e/o geotecniche dei litotipi riconosciuti nell'area di studio.

Nella relazione, o nella carta geotecnica-geomeccanica, dovrà essere contenuta una rappresentazione grafica di tutte le discontinuità rilevate mediante proiezione polare equiarea, aree di isodensità delle direzioni, consentendo così il riconoscimento delle principali famiglie di discontinuità. Dovrà essere riportata, inoltre, una rappresentazione ciclografica mediante poli e grandi cerchi dell'orientazione delle famiglie di discontinuità e del fronte rilevato (in caso di gallerie o altri scavi) o delle pareti di versante.

CARTA GEOLOGICA IN SCALA 1:10.000 O 1:5.000

L'elaborato cartografico geologico deve contenere, in relazione al dettaglio della scala di rappresentazione richiesta dalle Ferrovie, tutte le informazioni relative alle unità litostratigrafiche riconosciute ed all'assetto tettonico generale. Deve essere illustrato lo schema dei rapporti stratigrafici tra le varie unità cartografate, in relazione all'interferenza con la nuova opera, evidenziando i dati relativi alle giaciture della stratificazione o della scistosità, all'orientamento degli assi e dei piani assiali delle strutture plicative e di quelle rigide (sovrascorrimenti, faglie, fratture); deve inoltre essere evidenziata l'eventuale presenza di fasce milonitiche o cataclastiche. La Carta Geologica deve riportare una legenda esplicativa dei litotipi presenti (con le loro caratteristiche tecniche e le modalità di riconoscimento, età, contenuto fossilifero e mineralogico, caratteri fisici, ecc.), dei rapporti reciproci (contatti stratigrafici in continuità, eteropie di facies, discontinuità, spessori delle formazioni e serie ridotte, spessori degli strati, ecc.), delle caratteristiche degli elementi tettonici, ecc..

CARTA GEOMORFOLOGICA IN SCALA 1:10.000 O 1:5.000

L'elaborato cartografico deve riportare tutte le evidenze geomorfologiche, in relazione al dettaglio della scala di rappresentazione richiesta dalle Ferrovie, relative a morfogenesi di versante, fluviale, costiera, antropica, rilevabili e cartografabili alla scala di rappresentazione. Nella Carta dovranno inoltre essere riportati tutti gli elementi di dissesto idrogeologico presenti nell'area cartografata.

CARTA DELLE ACCLIVITA' IN SCALA 1:10.000 O 1:5.000

La carta, redatta alla scala di progetto (comunque non inferiore ad 1:10.000) su base topografica (alla scala uguale o superiore), deve rappresentare il territorio suddiviso per classi di acclività. Le classi di acclività dovranno essere indicate o approvate dalle Ferrovie; il numero di classi non potrà comunque essere inferiore a 5 o maggiore di 15. La redazione della Carta delle Acclività dovrà essere effettuata in conformità alle indicazioni riportate nella Sezione 3 "Geologia" del Manuale di Progettazione di RFI (Paragrafo 3.8.7).

CARTA IDROGEOLOGICA IN SCALA 1:10.000 O 1:5.000

L'elaborato cartografico deve riportare tutte le informazioni idrogeologiche desunte dagli studi e dai rilievi (cartografabili alla scala di rappresentazione), in particolare i terreni saranno distinti in base al grado di permeabilità efficace.- La Carta dovrà contenere indicazioni inerenti alle aree di concentrazione superficiale di acqua o a drenaggio difficoltoso, ai punti d'acqua superficiali (sorgenti e pozzi), alle linee di deflusso superficiale e profondo, alle linee isofreatiche, ecc..

CARTA LITOLOGICO-TECNICA IN SCALA 1:10.000 O 1:5.000

Elaborato ad indirizzo geotecnico-geomeccanico e litologico-tecnico, con legenda e simbolismi da concordare con le Ferrovie.

PLANIMETRIA DI UBICAZIONE DELLE INDAGINI STRUMENTALI IN SITO IN SCALA 1:10.000 O 1:5.000

La planimetria con l'ubicazione delle indagini strumentali in sito (da redigersi alla medesima scala della Carta

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 36 di 232

Geologica), dovrà contenere l'esatta posizione di tutte le indagini eseguite quali ad es. sondaggi geognostici, con indicazione delle relative prove in foro, prove penetrometriche, pozzetti o tunnel esplorativi e relative indagini, altre prove in superficie o in foro, ecc..

CARTA DELL'USO REALE DEL TERRITORIO IN SCALA 1:10.000 O 1:5.000

Elaborato ad indirizzo tematico dell'uso reale del territorio con legenda e simbolismi da concordare con le Ferrovie.

CARTA GEOPEDOLOGICA IN SCALA 1:10.000 O 1:5.000

Elaborato cartografico recante informazioni sulla geopedologia dell'area in studio, con legenda e simbolismi da concordare con le Ferrovie.

SEZIONI GEOLOGICHE IN SCALA 1:10.000 O 1:5.000

Le sezioni geologiche interpretative, da redigersi in scala adeguata a quella della Carta Geologica, devono evidenziare l'assetto litostratigrafico-strutturale della zona in esame, sia in direzione longitudinale (Profilo geologico), che in direzione trasversale (Sezioni geologiche), rispetto all'asse del tracciato ferroviario. Dovranno riportare la Legenda delle unità geologiche ivi rappresentate e l'indicazione di eventuali sondaggi geognostici che intercettano tali sezioni. I limiti delle unità geologiche devono essere rappresentati con tratto continuo, se c'è ragionevole certezza sul loro andamento, mentre se si tratta di una interpretazione il limite deve essere rappresentato con linea tratteggiata e affiancato da punto interrogativo.

RELAZIONE DI RISPOSTA SISMICA LOCALE

La relazione deve contenere tutti i risultati dello studio della risposta sismica locale, presentando sia i parametri di input che di output. In particolare dovranno essere motivati e rappresentati, sia in formato grafico che tabellare, i parametri di input di seguito elencati, in conformità alle indicazioni riportate nella Sezione 3 "Geologia" del Manuale di Progettazione di RFI (Paragrafo 3.8.2):

- a) definizione scelta progettuale (V_n , C_u , Stati Limite) ed ubicazione del sito,
- b) determinazione dell'accelerazione massima di riferimento;
- c) parametri di disaggregazione;
- d) modalità di estrazione degli input sismici e loro rappresentazione;
- e) indicazione del codice utilizzato e del fattore di scala medio finale;
- f) indicazione della sismostratigrafia utilizzata nell'analisi (vs, spessori, densità e tipologia materiali);
- g) indicazione del tipo di software e certificazione del grado di qualità in output dell'analisi con l'indicazione dell'errore residuo.

Dovranno essere forniti, inoltre, i seguenti parametri di output rappresentati sia in formato grafico che tabellare:

- a) distribuzione con la profondità dei valori massimi di accelerazione;
- b) deformazione tangenziale e tensione tangenziale;
- c) distribuzione con la profondità del modulo di rigidezza a taglio e del rapporto di smorzamento mobilitato;
- d) storie temporali di accelerazione;
- e) velocità e spostamento calcolate a piano campagna;
- f) spettri elastici di risposta in accelerazione e spostamento calcolati a piano campagna.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 37 di 232

Sarà inoltre necessario fornire gli spettri di risposta elastici per tutti gli stati limite (SLO,SLD,SLV,SLC), rappresentando lo spettro di input ed il confronto con l'approccio semplificato di normativa, e gli spettri normalizzati.

SCHEDE TECNICHE

Le schede tecniche dei rilievi e delle misurazioni puntuali, eseguite in sito, dovranno essere raccolte in uno specifico elaborato, oppure nelle relative relazioni tematiche, e comprenderanno:

- Schede tecniche dei terreni e degli ammassi rocciosi, riportanti i dati desunti da prove di laboratorio o da misure geostrukturali su punti o aree campione, la cui redazione dovrà essere preventivamente autorizzata dalle Ferrovie;
- Schede tecniche del rilievo geostrukturale: le schede devono essere redatte per ciascuna stazione, con le indicazioni dei dati rilevati e le classificazioni geomeccaniche;
- Schede dei punti d'acqua: schede di tutti i punti d'acqua censiti, pozzi, sorgenti, ecc., con indicazione dell'ubicazione cartografica e delle coordinate GPS.

SCHEDE BIBLIOGRAFICHE

Le schede degli elaborati bibliografici utilizzati per la redazione delle relazioni e della cartografia geologica e tematica, dovranno essere raccolte in un elaborato specifico oppure all'interno della Relazione Geologica.

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Documentazione fotografica dei punti di misura o di prelievo in campagna, dei punti d'acqua o del fronte rilevato, con i necessari riferimenti descrittivi per l'univoca correlazione alle relative schede tecniche, dovranno essere raccolte in uno specifico elaborato oppure all'interno delle relazioni tematiche.

3.5.6 STUDI E RILIEVI GEOLOGICI E TEMATICI DI DETTAGLIO

Rilevamento geologico di dettaglio ad indirizzo tecnico e redazione delle relative carte tematiche in scala 1:2.000 o 1:1.000.

Il rilevamento di dettaglio andrà eseguito a completamento dei rilievi di base, avvalendosi anche di modelli fisici, tenderà a definire le problematiche conoscitive e analitiche di determinate aree caratterizzate da situazioni geologico-strutturali, geomorfologiche, idrogeologiche o geotecniche/geomeccaniche di particolare interesse ai fini progettuali.

Gli studi, i rilievi ed i relativi elaborati, dovranno essere conformi alle indicazioni riportate nel Capitolo 3.9 della Sezione 3 "Geologia" del "Manuale di Progettazione di RFI".

3.5.6.1 Rilievo geologico di dettaglio in scala 1:2.000 o 1:1.000

Il rilievo geologico, che deve essere originale e basato sulla cartografia geologica e tematica disponibile e su base topografica di elevato dettaglio (in scala uguale o superiore a quella del rilevamento), deve consentire l'acquisizione delle seguenti informazioni:

- riconoscimento e distribuzione delle unità litostatigrafiche affioranti distinte secondo l'ordine gerarchico supergruppo, gruppo, subgroupo, formazione, membro, strato);
- assetto tettonico dell'area (pieghe, sovrascorrimenti, faglie) e rilievo degli elementi stratimetrici fondamentali (giacitura degli strati, delle superfici di scistosità, delle superfici di clivaggio) e dell'orientamento degli elementi tettonici (direzione ed inclinazione media di faglie e sovrascorrimenti, orientazione dell'asse delle pieghe, zone ribassate e rialzate, ecc.), nonché il riconoscimento delle zone cataclasizzate e milonitizzate;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 38 di 232

- discontinuità minori (faglie secondarie, fratture, fasce milonitiche o cataclastiche di ridotta estensione);
- raccolta sistematica di campioni di roccia e terreno rappresentativi per la caratterizzazione mineralogico-petrografica e geocronologica;

La descrizione delle unità litostratigrafiche, utilizzabile per rocce sedimentarie ed adattabile a formazioni composte da altri tipi di rocce, dovrà seguire, per quanto possibile, le indicazioni dei “Quaderni” che ISPRA ha redatto come Linee Guida alla compilazione della Carta Geologica d’Italia 1:50.000) e dovrà comprendere tutti gli elementi di carattere geologico indicati nella sezione “Geologia” del Manuale di Progettazione di RFI (Paragrafi 3.9.4 - 3.9.5), ed in particolare:

- nome della formazione;
- stratotipo;
- affioramenti tipici nell’area in esame;
- caratteri litologici, strutture interne degli strati, spessore e geometria degli strati, strutture direzionali (direzione, vergenza e inclinazione);
- caratteri petrografici macroscopici (minerali riconoscibili, grana o granulometria, tessitura, cementazioni ed incrostazioni, minerali di deposizione secondaria, minerali di formazione diagenetica, ecc.);
- superfici di discontinuità e trasgressione, dati di laboratorio;
- spessore della formazione e sue variazioni;
- rapporto con formazioni sotto e sovrastanti e laterali;
- fossili;
- ambiente di deposizione;
- età relativa.

Particolare attenzione ed accuratezza dovrà essere posta nella ricerca di tutti gli elementi tettonici presenti nell’area di studio, anche se di minor rilievo (faglie pieghie, pieghie-faglie, sovrascorrimenti, fratture variamente orientate, presenza di formazione alloctone, olistostromi, discontinuità angolari degli strati, ecc.). Dovranno altresì essere riconosciuti tutti gli elementi di stratigrafia utili alla ricostruzione paleoevolutiva del territorio.

3.5.6.2 Rilievo geomorfologico di dettaglio in scala 1:2.000 o 1:1.000

Il rilievo geomorfologico deve essere originale e basato sulla cartografia tematica disponibile e redatto su base topografica di elevato dettaglio (in scala almeno uguale a quella del rilevamento medesimo).

Tale rilevamento deve permettere di ricercare e rappresentare, in base allo studio svolto sul territorio, le forme del rilievo terrestre ricostruendone i caratteri morfografici e morfometrici, attribuibili ai diversi processi morfogenetici, con particolare attenzione alla distinzione fra forme attive, quiescenti e non attive.

Le informazioni così assunte devono delineare un quadro completo delle caratteristiche geomorfologiche del territorio studiato ed offrire le basi per prevederne l’evoluzione.

Il rilievo deve portare all’acquisizione e mappatura, con opportuna simbologia, delle principali informazioni di pertinenza geomorfologica:

- situazioni di dissesto idrogeologico quali frane, aree in erosione accelerata, aree soggette a caduta massi, aree soggette ad intenso carsismo, aree soggette a subsidenza o sollevamento, aree di sprofondamento (attivo o potenziale), aree di accumulo detritico, aree di esondazione ecc.;
- elementi relativi alla rete idrografica, quali aste fluviali e torrentizie, anse e meandri fluviali (attivi o abbandonati), terrazzi fluviali di vario ordine, forre e gole, ecc.;
- assetto morfometrico relativo alla esposizione dei versanti, alle dimensioni dei morfotipi cartografati ecc.;
- caratteristiche delle aree prevalentemente sottoposte a processi di erosione oppure quelle dominate da processi di deposizione;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 39 di 232

- elementi di natura tettonica selezionati, in base a criteri geomorfologici, considerando la loro incidenza sulle forme del rilievo;
- elementi di natura glaciale, quali: massi erratici, morene, striature e rocce montonate, ecc.;
- elementi di natura o deposizione organica, quali: torbe, diatomiti, ecc.;
- elementi di deposizione ed erosione marina costiera quali: dune, falesie, tomboli, cordoni litoranei, estuari e delta di sbocchi fluviali, ecc.;
- forme in evoluzione per processi attivi o riattivabili;
- caratteristiche dei depositi connessi alla degradazione meteorica delle rocce affioranti differenziati sia su base litologica che su base genetica;
- forme non più in evoluzione e non più riattivabili, nelle condizioni morfoclimatiche attuali, sotto l'azione dello stesso processo morfogenetico principale.

In particolare devono essere evidenziate quelle forme del territorio, suddivise in base alla loro genesi, i cui processi morfogenetici siano distinti in base al loro grado di dinamismo (velocità di evoluzione), con particolare riferimento all'identificazione di quelle situazioni di dissesto idrogeologico in atto capaci di condizionare la funzionalità e la stabilità delle opera in progetto.

3.5.6.3 Rilievo idrogeologico di dettaglio in scala 1:2.000 o 1:1.000

Lo studio idrogeologico, basato su rilievi originali e su dati desunti da bibliografia e cartografia esistenti e svolto su base topografica di elevato dettaglio, deve prendere in considerazione tutti quegli elementi emersi dal rilievi geologico e geomorfologico che possono fornire utili informazioni per la definizione del modello di circolazione idrica sotterranea.

In particolare devono essere considerati tutti i seguenti elementi:

- caratteristiche di permeabilità delle diverse unità litostratigrafiche presenti nell'area in esame, tenendo presente che la stessa permeabilità è in genere diversa nelle direzioni verticali ed orizzontale (dettaglio che può rivestire importanza non trascurabile in relazione al tipo di opera/e da realizzare);
- caratteristiche della rete idrografica superficiale (pendenza e andamento dei corsi d'acqua, regime, alveo ecc.) secondo anche quanto emerso nello studio geomorfologico;
- delimitazione del bacino idrografico principale e dei vari sottobacini (gerarchizzazione dei bacini);
- individuazione dei punti d'acqua emergenti e no (sorgenti, emergenza di falda, pozzi, piezometri ecc.);
- linee isopiezometriche distinte eventualmente tra falda superficiale e falda profonda; nel caso ciò non sia possibile per il limitato numero di punti d'acqua si richiede almeno l'indicazione della direzione di deflusso;
- elementi di possibile deflusso sotterraneo (es. contatti tettonici, limiti tra formazioni a diverso grado di permeabilità ecc.) in base ai dati raccolti di carattere litostratigrafico ed all'assetto geotettonico.

Il rilievo idrogeologico di campagna deve essere originale e deve comprendere anche la fase di ubicazione e classificazione dei pozzi e delle sorgenti presenti, quest'ultime dovranno essere distinte fra perenni o temporanee, ricavarne la portata media (qualora necessario anche con misure in intervalli di tempo regolari), e ricercandone le caratteristiche chimico-fisiche delle acque. Dovranno altresì essere individuate quelle aree ove sono presenti emergenze naturali o artificiali della falda acquifera. Qualora richiesto dalle Ferrovie, il Geologo incaricato dei rilievi dovrà produrre e analizzare i dati derivanti da prove di emungimento su pozzo/i.

3.5.6.4 Rilievo di sorgenti e dei pozzi

Il censimento dei punti d'acqua si esegue a supporto dello studio idrogeologico ed ha lo scopo di individuare le emergenze idriche, quali sorgenti e pozzi, che concorrono a definire il modello di scorrimento delle acque

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 40 di 232

sotterranee.

Per ciascuna sorgente dovranno essere rilevati i seguenti elementi:

- nome e/o numero identificativo;
- data del rilievo;
- ubicazione (comune, località, riferimento cartografia IGM, bacino idrografico, coordinate geografiche);
- caratteristiche dell'emergenza (quota, portata di deflusso, regime di deflusso, ammasso roccioso in affioramento, tipo di sorgente);
- caratteristiche chimico-fisiche (temperatura, pH, conducibilità);
- sezione geologica dell'emergenza di sorgenti (qualora i dati geologici lo permettano, altrimenti si richiede uno schema di massima);

Per ciascun pozzo dovranno essere rilevati i seguenti elementi:

- nome e/o numero identificativo;
- data del rilievo;
- ubicazione (comune, località, riferimento cartografia IGM, bacino idrografico, coordinate geografiche, distanza dal tratto di linea più vicino);
- caratteristiche del pozzo (tipo di falda, quota bocca foro, profondità pozzo, quota livello statico, numero e posizione dei tratti finestrati, quota pompa, quota livello dinamico, portata media di esercizio, durata giornaliera e periodo dell'emungimento, regime stagionale dell'emungimento);
- caratteristiche chimico-fisiche (temperatura, pH, conducibilità);
- eventuale stratigrafia del pozzo e dati sul contenuto medio di ioni salini e sull'odore e sulla torbidezza delle acque.

3.5.6.5 Rilievo litologico-tecnico di dettaglio in scala 1:2.000 o 1:1.000

Il rilievo litologico-tecnico si basa sulla classificazione litologico-tecnica delle unità litostratigrafiche e ne implementa la suddivisione in termini geotecnici/geomeccanici attraverso l'attribuzione di indici di qualità degli ammassi rocciosi e dei terreni sciolti.

Le unità litostratigrafiche dovranno essere caratterizzate da un punto di vista litologico-tecnico e descritte come in dicato in dettaglio nella sezione "Geologia" del Manuale di Progettazione di RFI (Paragrafi 3.9.4 – 3.9.5), in particolare le stesse dovranno essere distinte o raggruppate in relazione al loro comportamento geotecnico/geomeccanico.

In presenza di ammassi rocciosi l'assegnazione di indici di qualità si basa sull'esecuzione in campagna di rilievi geostrutturali e strumentali speditivi a scala mesoscopica che permettano di individuare facies litostratigrafiche omogenee in termini geomeccanici, questi devono pertanto descrivere l'ammasso in termini di:

- litologia
- resistenza a compressione
- stato di fratturazione e natura delle discontinuità (numero di famiglie, giacitura, spaziatura, persistenza, apertura, rugosità, resistenza, grado di alterazione, presenza di riempimento ecc.)
- condizioni idriche

I dati rilevati in campagna devono essere esaustivi ed utili per potere descrivere gli ammassi in termini di classificazioni geomeccaniche normalmente in uso (classificazione di Bieniawski, di Hoek, di Barton) in base alle quali potranno essere attribuiti gli indici di qualità caratteristici delle unità litotecniche individuate.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 41 di 232

Per ciascuna stazione di misura devono essere presentati i seguenti elaborati (i cui dati essenziali dovranno essere riassunti in una scheda):

- tabelle riassuntive riportanti l'ubicazione della stazione e i risultati delle misurazioni effettuate;
- proiezioni stereografiche su reticolo equiareale di Schmidt dell'orientazione delle discontinuità rilevate;
- indici di qualità degli ammassi rocciosi secondo le classificazioni geomeccaniche concordate con Ferrovie.

In presenza di terreni sciolti la caratterizzazione geotecnica dell'orizzonte superficiale dovrà essere eseguita ricorrendo al prelievo di campioni superficiali di terreno (tramite pozzetti o scavi esplorativi fino a superare lo strato di terreno vegetale) sui quali dovranno essere effettuate le prove geotecniche di caratterizzazione fisica (granulometria, limiti di Atterberg) che permetteranno di suddividere l'area in studio in base alla classificazione USCS (Unified Soils Classifications System).

Per ciascuna stazione di prelievo di campioni di terre e rocce devono essere presentati i seguenti elaborati:

- tabelle riassuntive riportanti l'ubicazione della stazione e descrizione del materiale prelevato;
- risultati delle prove geotecniche di laboratorio;
- foto del campione;
- classificazione USCS dei terreni.

3.5.6.6 Rilievo geologico-tecnico di terreni entro scavi esplorativi superficiali

Il rilievo geologico-tecnico di uno scavo esplorativo superficiale deve permettere la ricostruzione stratigrafica del primo sottosuolo interessato dallo scavo stesso, con particolare riferimento a:

- spessore e caratteristiche del terreno vegetale o di copertura (suolo);
- descrizione stratigrafica dei singoli strati o livelli attraversati;
- rilievo speditivo delle caratteristiche geotecniche/geomeccaniche.

A corredo dell'esame geologico tecnico dello scavo esplorativo, dovrà essere consegnata alle Ferrovie una stratigrafia di dettaglio dei terreni esplorati, completa delle misure geomeccaniche speditive eseguite in sito con l'impiego di strumenti tascabili (penetrometro, scissometro, apparecchio per il Point Load Strength Tester, ecc.) e delle indicazioni relative a presenza d'acqua, di vuoti o di altre particolarità di interesse ai fini dell'indagine.

Se lo scopo dello scavo è il riconoscimento di dettaglio dei principali orizzonti pedogenetici dovranno essere eseguite le seguenti determinazioni aggiuntive:

- spessore e colore dei singoli orizzonti;
- presenza di sostanze organiche, di scheletro sabbioso o ghiaioso e di matrice argillosa e limosa;
- valutazione qualitativa della plasticità, del contenuto d'acqua, della capacità di ritenzione idrica, della permeabilità e delle condizioni di drenaggio;
- presenza di incrostazioni calcaree, gessose o ocracee, di patine argillose, di eventuale abbondanza di minerali percepibili visivamente;
- presenza di materiale di riporto;
- tessitura e stato di aggregazione;
- descrizione dell'origine dei suoli.

3.5.6.7 Rilievo geostrutturale

Il rilievo geostrutturale permette di acquisire mediante misure in sito su fronti di scavo o pareti naturali gli elementi relativi alle caratteristiche geomeccaniche di un ammasso roccioso, inteso come complesso costituito dalla matrice rocciosa e dai piani di discontinuità, al fine di classificarlo mediante indici di qualità.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 42 di 232

L'attrezzatura per l'esecuzione del rilievo prevede:

- bussola geologica per le misure di orientazione delle discontinuità nello spazio;
- nastri misuratori e bindelle metrate;
- martello di Schmidt (sclerometro);
- profilometro per la misura della rugosità (pettine di Barton);
- disco (diametro 30 cm) per l'appoggio della bussola;
- point load strength tester.

Le esecuzione del rilievo deve essere conforme alle prescrizioni dell'ISRM (International Society of Rock Mechanics) richiamate nei Riferimenti, alle quali si rimanda direttamente per quanto non espressamente precisato nel seguito.

Il rilievo si eseguirà materializzando sul fronte da rilevare una linea, della maggior lunghezza possibile, effettuando le misure in corrispondenza dei punti d'intersezione dei piani con la traccia dello stendimento, annotandone la progressiva dall'origine dello stendimento, ma considerando anche tutti gli elementi non direttamente intersecanti la linea ma vicini ed idealmente prolungabili fino all'intersezione.

Si dovranno eseguire stendimenti di misura fra loro tendenzialmente sub-ortogonali, in modo da descrivere compiutamente l'ammasso in senso realisticamente tridimensionale.

Per ciascuna stazione di misura ("stop"), il numero di punti di rilievo da eseguire sarà quello necessario per la perfetta caratterizzazione dell'ammasso; il numero e la posizione degli stendimenti in ciascuna stazione di misura dovrà essere preventivamente concordata con ferrovie. In base alle condizioni di affioramento e strutturali i risultati analitici di una stazione potranno derivare dalla sommatorio di più stop (sub-stazioni).

Ogni stazione di misura dovrà essere tale che le analisi effettuate risultino rappresentative di tutta la massa rocciosa oggetto di studio.

Il fronte rilevato dovrà essere accuratamente descritto con il corredo di fotografie (dove saranno visibili le tracce degli stendimenti) sia d'insieme che di dettaglio. Nella foto di dettaglio dovrà essere visibile un cartello con l'indicazione del numero della stazione, la località e la quota. In tutte le foto dovrà essere visibile un riferimento di scala dell'affioramento. Il sito di rilievo dovrà essere descritto tramite informazioni sulla litologia, sulle facies, sugli elementi strutturali visibili alla scala dell'affioramento, sulla presenza di acqua e su quanti altri elementi possano concorrere alla comprensione delle caratteristiche geologiche e geomeccaniche d'insieme dell'ammasso roccioso entro il quale sono state realizzate le misure.

Il rilievo lungo ciascuna linea deve definire quanto segue:

- Caratteristiche litologiche: genesi del litotipo, litologia e caratteristiche petrografiche macroscopiche, grado e tipo di cementazione o compattezza, grado e tipo di alterazione, colore, assetto generale dell'ammasso come individuabile a scala del fronte; presenza di trovanti e/o olistostromi;
- Caratteristiche geostrutturali: direzione dell'intersezione fra il piano orizzontale e il piano di giacitura della discontinuità (direzione della discontinuità), inclinazione dei piani di discontinuità sull'orizzontale, immersione o azimut della linea di massima pendenza giacente sul piano di discontinuità, gerarchizzazione delle fratture; dovrà altresì essere verificata la possibilità che il piano di discontinuità sia a superficie curva anziché piana;
- Caratteristiche geomeccaniche: classificazione dei diversi tipi di discontinuità, suddivisi in discontinuità di strato (che si formano in genere per discontinuità di sedimentazione ed erosione o in fase diagenetica), di scistosità (rocce metamorfiche, o sedimentarie fortemente diagenizzate), di faglia e sovrascorrimento, di frattura (dovranno essere descritte anche eventuali "stiloliti" e fratture ricementate, soprattutto se si sospetta un eventuale comportamento meccanico diverso rispetto alla parte costituente la roccia integra). Dovranno essere definite inoltre le caratteristiche dei piani, precisando frequenza, spaziatura, lunghezza,

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 43 di 232

persistenza percentuale rispetto all'affioramento, apertura, continuità di apertura in percentuale rispetto alla lunghezza, tipo di terminazione, distanza della terminazione della traccia, scabrezza (JRC, Joint Roughness Coefficient), ondulazione, resistenza della parete del giunto (JCS, Joint Compressive Wall Strength), tipo, granulometria, origine, grado di saturazione e di consistenza del materiale di riempimento, che può anche essere campionato per eventuali prove di laboratorio. La scabrezza (JRC) sarà valutata numericamente con il pettine di Barton. La resistenza della parete del giunto (JCS) sarà stimata con il martello di Schmidt mentre la resistenza della roccia intatta sarà stimata con il point load strength tester. Dovrà essere stimato l'indice RQD (o valutato se si dispone delle carote di perforazione di sondaggi a carotaggio continuo) espresso come numero di giunti per unità di volume (specificando se tale valore è stato stimato o valutato). Il volume roccioso unitario dovrà essere determinato dimensionalmente e graficamente;

- **Condizioni idriche:** ritenzione idrica e venute d'acqua; nel caso di scavi in sottterraneo, devono essere valutate su tutte le discontinuità presenti nella stazione di misura geostrutturale (per le gallerie la stazione geostrutturale è rappresentata dal fronte e, qualora ritenuto utile, da porzioni di pareti non ancora rivestite o consolidate);
- **Osservazioni:** distacchi gravitativi (ubicazione, geometria e volumi), interventi di consolidamento e contenimento presenti, presenza di blocchi e massi distaccatisi e zone di accumulo, presenza di aree di sprofondamento, presenza di evidenze morfologiche dettate dalla tettonica locale (falesie, incisioni, liscioni di faglia, ecc.).

Tutti i dati rilevati, ciascuno su apposita scheda, dovranno essere raccolti sotto forma tabellare.

Le misure di orientazione delle discontinuità dovranno essere elaborate graficamente mediante:

- proiezione equatoriale equiarea di Lambert (nota anche come reticolo di Schmidt);
- proiezione polare equiarea.

L'elaborazione successiva dovrà consentire l'individuazione delle principali famiglie di discontinuità e dovrà essere eseguita ricavando le zone di maggior densità di poli per unità di area definendo inoltre il grado di densità relativo ed assoluto per ogni famiglia individuata. Le ulteriori elaborazioni dovranno condurre all'indicazione per ogni gruppo di discontinuità (famiglia) l'orientamento prevalente, il suo grado di variabilità e la tipologia di discontinuità (faglia, frattura, giunto di strato, ecc).

L'ammasso roccioso dovrà, inoltre, essere classificato utilizzando i più comuni sistemi di classificazione quali quello di Bieniawski (R.M.R.), di Barton (Q), di Hoek e Brown (G.S.I.), di Palmstron (RMi), di Romana (SMR) o altri concordati preventivamente con le Ferrovie.

3.5.6.8 Studio di Analisi di Risposta Sismica Locale

Lo studio dovrà permettere l'implementazione del modello geologico geofisico propedeutico alla definizione del profilo sismostratigrafico sulla base dei risultati di specifiche indagini geofisiche e geotecniche, queste ultime in particolare atte ad indagare il comportamento dinamico del terreno nel campo delle medie e grandi deformazioni.

Lo studio deve prevedere l'estrazione degli accelerogrammi naturali spettro compatibili con le strutture sismogenetiche locali, costituenti il segnale di ingresso al sito coerentemente con quanto prescritto nel paragrafo 3.2.3.6 delle NTC '08 (Norme Tecniche per le Costruzioni). L'analisi di risposta sismica locale verrà eseguita in condizioni monodimensionali tramite software specialistico di comprovata validità; , eventuali effetti dovuti alle variazioni laterali della situazione geologica e morfologica sui fenomeni di amplificazione sismica locale verranno analizzati mediante opportune analisi bidimensionali coerentemente con il paragrafo 7.11.3 e C7.11.3.1 delle NTC '08.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 44 di 232

3.5.6.9 Documentazione da consegnare

RELAZIONE GEOLOGICA

La relazione (basata su dati bibliografici e rilievi di campagna) dovrà contenere tutte le informazioni e i dati geologico-tecnici che consentano di individuare tutte le problematiche di carattere geologico che possono influire sulle scelte progettuali relative all'opera sia in fase costruttiva che di "esercizio", i criteri di progetto applicabili, nonché i parametri e le modalità esecutive più appropriate al caso in esame, con particolare riguardo a:

- definizione dell'assetto geologico-strutturale;
- modello geologico di riferimento;
- caratterizzazione litologico-tecnica degli ammassi e determinazione di massima delle caratteristiche geomeccaniche e geotecniche degli ammassi e dei terreni indagati;
- individuazione degli stati tensionali, degli ammassi terrosi/rocciosi indagati, attuale e pregressi;
- categorie di sottosuolo e topografiche, accelerazione sismica di riferimento, fattori di amplificazione e spettro di risposta elastico

La relazione geologica dovrà inoltre evidenziare le eventuali problematiche tecniche connesse all'interazione tra ambiente fisico e opera ferroviaria, analizzando congiuntamente i risultati degli studi tematici di superficie e quelli delle indagini in sito (di tipo diretto ed indiretto) ed in laboratorio in base ai quali dovrà essere proposto un modello di caratterizzazione in sito degli ammassi rocciosi dal punto di vista geolitologico, geomorfologico, idrogeologico e geotecnico/geomeccanico. Inoltre, la relazione geologica dovrà contenere indicazioni sulla pericolosità geologica e sismica (D.M. 14/1/2008) del sito ante operam e contestualmente dovranno essere valutati gli effetti che l'opera può indurre sul territorio in termini di incremento o diminuzione della pericolosità geologica stessa.

RELAZIONE GEOMORFOLOGICA

La relazione deve contenere i risultati dello studio e dei rilievi svolti individuando l'assetto orografico, il reticolo idrografico, le condizioni climatiche, gli aspetti morfologici e morfometrici, i dati litologici e tettonici e deve descrivere con particolare riguardo il quadro morfogenetico e morfoevolutivo dell'area. Inoltre, dovranno essere trattati tutti gli aspetti inerenti le problematiche di dissesto idrogeologico (erosione accelerata, dissesti gravitativi, sprofondamenti, aree alluvionabili, ecc.).

RELAZIONE IDROGEOLOGICA

La relazione riporterà tutti i risultati dello studio e dei rilievi svolti e descriverà in modo compiuto l'idrologia di superficie, l'idrologia sotterranea (emergenza di acque sotterranee, caratteristiche degli acquiferi, caratteristiche idrodinamiche, caratteristiche idrochimiche), i complessi idrogeologici distinti in funzione del loro grado di permeabilità relativa, nonché le opere artificiali e le aree carsiche che interessano l'area in esame.

Particolare attenzione dovrà essere prestata nella definizione delle modalità di circolazione idrica all'interno dei mezzi rocciosi fratturati.

RELAZIONE LITOLOGICO-TECNICA

La relazione, riporterà tutti i risultati dello studio e dei rilievi svolti e descriverà in modo compiuto le caratteristiche geomeccaniche e/o geotecniche dei litotipi riconosciuti nell'area di studio.

CARTA GEOLOGICA IN SCALA 1:2.000 O 1:1.000

L'elaborato cartografico geologico deve contenere tutte le informazioni relative alle unità litostratigrafiche riconosciute ed all'assetto tettonico generale. Deve essere anche illustrato lo schema dei rapporti stratigrafici tra le varie unità cartografate in relazione all'interferenza con la nuova opera evidenziando i dati relativi alle

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 45 di 232

giaciture della stratificazione o della scistosità, all'orientamento degli assi e dei piani assiali delle strutture plicative e di quelle rigide (sovrascorrimenti, faglie, fratture); deve inoltre essere evidenziata l'eventuale presenza di fasce milonitiche o cataclastiche. La Carta Geologica deve riportare una legenda esplicativa dei litotipi presenti (con le loro caratteristiche tecniche e modalità di riconoscimento, età, contenuto fossilifero e mineralogico, caratteri fisici, ecc), dei rapporti reciproci (contatti stratigrafici in continuità, eteropie di facies, discontinuità, spessori delle formazioni e serie ridotte, spessori degli strati, ecc.), delle caratteristiche degli elementi tettonici, ecc..

CARTA GEOMORFOLOGICA IN SCALA 1:2.000 O 1:1.000

L'elaborato cartografico deve riportare tutte le evidenze geomorfologiche relative a morfogenesi di versante, fluviale, costiera, antropica, rilevabili e cartografabili alla scala di rappresentazione. Nella Carta dovranno inoltre essere riportati tutti gli elementi di dissesto idrogeologico presenti nell'area cartografata.

CARTA IDROGEOLOGICA IN SCALA 1:2.000 O 1:1.000

L'elaborato cartografico deve riportare tutte le informazioni idrogeologiche desunte dagli studi e dai rilievi (cartografabili alla scala di rappresentazione), in particolare i terreni saranno distinti in base alla loro permeabilità efficace. La Carta tematica dovrà contenere indicazioni su aree di concentrazione superficiale di acqua o a drenaggio difficoltoso, i punti d'acqua superficiali (sorgenti e pozzi), le linee di deflusso superficiale e profondo, le linee isofreatiche, ecc..

CARTA LITOLOGICO-TECNICA IN SCALA 1:2.000 O 1:1000

La legenda e i simbolismi dell'elaborato ad indirizzo geotecnico-geomeccanico, dovranno essere concordati con le Ferrovie.

PLANIMETRIA DI UBICAZIONE DELLE INDAGINI STRUMENTALI IN SITO IN SCALA 1:2.000 O 1:1.000

La planimetria con l'ubicazione delle indagini strumentali in sito (da redigersi alla medesima scala della Carta Geologica), dovrà contenere l'esatta posizione di tutte le indagini eseguite quali ad es. sondaggi geognostici, con indicazione delle relative prove in foro, prove penetrometriche, pozzetti o tunnel esplorativi e relative indagini, altre prove in superficie o in foro, ecc..

A completamento della predetta Planimetria delle indagini eseguite, dovranno anche essere prodotti gli elaborati di seguito indicati:

- Planimetria della zona riportante l'ubicazione esatta delle stazioni di misura geostrutturale sia di contatto che con apparecchi laser scanner o con telecamere;
- Planimetria della ubicazione delle prove geotecniche in sito (prove penetrometriche statiche senza o con piezocono anche sismico e/o dinamiche continue, prove dilatometriche DMT e pressiometriche autoperforanti, sondaggi con indicazione dell'eventuale strumentazione installata es piezometri, inclinometri ecc., prove di carico su piastra, pozzetti esplorativi per prelievo campioni, stese per prove geofisiche elettriche e/o sismiche, tracciati di strisciate georadar, ecc.
- Planimetria delle aree a medesima acclività;
- Planimetria della zona riportante l'ubicazione esatta di tutti i punti d'acqua censiti, pozzi, sorgenti, ecc..

SEZIONI GEOLOGICHE IN SCALA 1:2.000 O 1:1.000

Le sezioni geologiche interpretative, da redigersi alla medesima scala Carta Geologica, devono evidenziare l'assetto litostratigrafico-strutturale della zona in esame sia in direzione longitudinale (Profilo geologico), che in direzione trasversale (Sezioni geologiche) rispetto all'asse del tracciato ferroviario. Dovranno riportare la Legenda delle unità geologiche ivi rappresentate, ed eventuali sondaggi geognostici che intercettano tali sezioni. I limiti delle unità geologiche devono essere rappresentati con tratto continuo se c'è ragionevole

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 46 di 232

certezza sul loro andamento, mentre se si tratta di una interpretazione tale tratto va segnato con linea tratteggiata e affiancato da punto interrogativo.

RAPPRESENTAZIONE GRAFICA DELLE DISCONTINUITA'

Nella Relazione Geotecnica-Geomeccanica dovrà essere contenuta una rappresentazione grafica di tutte le discontinuità rilevate mediante proiezione polare equiarea, aree di isodensità delle direzioni, consentendo così il riconoscimento delle principali famiglie di discontinuità.

RAPPRESENTAZIONE CICLOGRAFICA DELLE DISCONTINUITA'

Nella Relazione Geotecnica e Geomeccanica dovrà essere contenuta anche una rappresentazione ciclografica mediante poli e grandi cerchi dell'orientazione delle famiglie di discontinuità e del fronte rilevato (in caso di gallerie o altri scavi) o delle pareti di versante.

RELAZIONE DI RISPOSTA SISMICA LOCALE

La relazione deve contenere tutti i risultati dello studio della risposta sismica locale, presentando sia i parametri di input che di output. In particolare dovranno essere motivati e rappresentati, sia in formato grafico che tabellare, i parametri di input di seguito elencati, in conformità alle indicazioni riportate nella Sezione 3 "Geologia" del Manuale di Progettazione di RFI (Paragrafo 3.9.2):

- a) definizione scelta progettuale (V_n , C_u , Stati Limite) ed ubicazione del sito;
- b) determinazione dell'accelerazione massima di riferimento;
- c) parametri di disaggregazione;
- d) modalità di estrazione degli input sismici e loro rappresentazione;
- e) indicazione del codice utilizzato e del fattore di scala medio finale;
- f) indicazione della sismostratigrafia utilizzata nell'analisi (v_s , spessori, densità e tipologia materiali);
- g) indicazione del tipo di software e certificazione del grado di qualità in output dell'analisi con l'indicazione dell'errore residuo;

Dovranno essere forniti i seguenti parametri di output rappresentati sia in formato grafico che tabellare:

- a) distribuzione con la profondità dei valori massimi di accelerazione;
- b) deformazione tangenziale e tensione tangenziale;
- c) distribuzione con la profondità del modulo di rigidità a taglio e del rapporto di smorzamento mobilitato;
- d) storie temporali di accelerazione;
- e) velocità e spostamento calcolate a piano campagna;
- f) spettri elastici di risposta in accelerazione e spostamento calcolati a piano campagna.

Sarà inoltre necessario fornire gli spettri di risposta elastici per tutti gli stati limite (SLO,SLD,SLV,SLC), rappresentando lo spettro di input ed il confronto con l'approccio semplificato di normativa, e gli spettri normalizzati.

SCHEDE TECNICHE

Le schede tecniche dei rilievi e delle misurazioni puntuali eseguite in sito dovranno essere raccolte in uno specifico elaborato, oppure nelle relative relazioni tematiche, e comprenderanno:

- Schede tecniche dei terreni e degli ammassi rocciosi riportanti i dati desunti da prove di laboratorio o da misure geostrutturali su punti o aree campione, la cui redazione dovrà essere preventivamente autorizzata

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 47 di 232

dalle Ferrovie;

- Schede tecniche del rilievo geostrutturale: le schede devono essere redatta per ciascuna stazione, con le indicazioni dei dati rilevati e le classificazioni geomeccaniche secondo indicazione delle Ferrovie;
- Schede dei punti d'acqua: schede di tutti i punti d'acqua censiti, pozzi, sorgenti, ecc., con indicazione dell'ubicazione cartografica e delle coordinate GPS.

SCHEDE BIBLIOGRAFICHE

Le schede degli elaborati bibliografici utilizzati per la redazione delle Relazioni e della cartografia geologica e tematica dovranno essere raccolte in un elaborato specifico oppure all'interno della Relazione Geologica.

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Documentazione fotografica dei punti di misura o di prelievo in campagna, dei punti d'acqua o del fronte rilevato, con i necessari riferimenti descrittivi per l'univoca correlazione alle relative schede tecniche, dovranno essere raccolte in uno specifico elaborato oppure all'interno delle relazioni tematiche.

Riferimenti normativi:

- ISRM (1977). Suggested Methods for Petrographic Description of Rocks
- ISRM (1978). Suggested Methods for the Quantitative Description of Discontinuities in Rock Masses
- ISRM (1981). Basic Geotechnical Description of Rock Masses
- A.F.T.E.S. (1992). Text of recommendations for a description of rock masses useful for examining the stability of underground works
- Bollettino del Servizio Geologico d'Italia, Vol. LXXXIX (1968). Codice italiano di nomenclatura stratigrafica
- Servizio Geologico Nazionale (1993). Guida al rilevamento della carta geologica d'Italia in scala 1:50000
- Servizio Geologico Nazionale (1994). Linee guida per il rilevamento della carta geomorfologica d'Italia in scala 1:50000
- Servizio Geologico Nazionale (1995). Guida al rilevamento e alla rappresentazione della carta idrogeologica d'Italia in scala 1:50.000
- Servizio Geologico Nazionale (1995). Guida alla rappresentazione cartografica della carta geologica d'Italia in scala 1:50.000
- Dlgs n° 163 del 12/04/2006 e s.m.i.
- DPR n° 207 del 05/10/2010
- Norme Tecniche per le Costruzioni - DM del 14/01/2008
- Circolare NTC n°617 del 2/02/2009
- Raccomandazioni AGI del 1994 (raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio)
- Raccomandazioni AGI del 1977 (raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche)
- D.M. 11.03.1988 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione"
- Circolare n° 30483 del 1988 "Istruzioni riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità ..."

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 48 di 232

3.5.7 GEOMORFOLOGIA COSTIERA E FLUVIALE

3.5.7.1 Rilievo batimetrico per profili della spiaggia sommersa e per sezioni trasversali dell'alveo fluviale.

Il rilievo batimetrico di norma si esegue per definire e controllare nel tempo e nello spazio le modifiche dell'assetto morfologico del fondo marino in prossimità della costa o del fondo alveo di una asta fluviale in corrispondenza di opere di attraversamento.

A. Attrezzatura

In funzione del tipo di rilievo adottato dovrà essere disponibile, di norma, la seguente attrezzatura:

- ecoscandaglio ad alta risoluzione, a registrazione continua su carta e/o su supporto digitale, frequenza 200 Khz, trasduttore a fascio conico di circa 9° ed accuratezza di circa ± 3 cm in 20 m di profondità;
- sistema satellitare differenziale con tecnologia Real Time Kinematics (DGPS-RTK); con accuratezza dinamica migliore di 2 cm, completo di ponte radio, computer palmare per acquisizione dati GIS e software di post processing;
- software di navigazione collegato sia al GPS differenziale sia all'ecoscandaglio per l'acquisizione contemporanea delle informazioni di posizione GPS e di quelle di profondità dell'ecoscandaglio;
- stazione topografica integrale, con teodolite che consenta una precisione angolare non superiore ai due secondi centesimali e distanziometro elettronico di precisione non inferiore a ± 3 mm + 2 ppm (parti per milione);
- radio per comunicazioni;
- asta centimetrata munita di piastra di fondo;
- cavi in materiale inestensibile graduato al decimetro;
- cavi di ancoraggio;
- battello/natante.

B. Modalità esecutive

Le tecniche di rilievo applicabili, in funzione delle condizioni operative dei siti di indagine, sono sostanzialmente di due tipi: 1) rilievo con ecoscandaglio; 2) rilievo con asta graduata.

B.1. Rilievo con ecoscandaglio

Il rilievo con ecoscandaglio, di norma, si adotta in corrispondenza di sezioni e profili agibili soltanto con imbarcazione.

L'ecoscandaglio deve essere installato su un battello attrezzato allo scopo e munito di radio ricetrasmittente con portata idonea al collegamento con gli operatori a terra e tutto quanto occorre per l'effettuazione di misure di profondità con l'approssimazione di più o meno 10 centimetri.

Prima di procedere ai rilievi, l'ecoscandaglio dovrà essere calibrato, posizionando a diverse profondità un "target" artificiale e ricavando i parametri corretti di immersione del trasduttore e di velocità del suono in acqua; nello scandaglio dovranno essere inseriti i valori dell'immersione del trasduttore e della velocità del suono che sono presi in considerazione nella registrazione su carta e nei dati in uscita.

Le coordinate planimetriche dei punti rilevati dovranno essere rilevate con sistema GPS-RTK oppure con misure distanziometriche eseguite con geodimetro elettronico che consenta la lettura di distanze al millimetro, stazionato sul picchetto di riferimento a terra e collegate in tempo reale all'ecoscandaglio mediante un programma idrografico su personal computer.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 49 di 232

Il rilievo batimetrico del fondale marino sarà eseguito lungo profili, ubicati e definiti preventivamente dalle Ferrovie, di norma disposti perpendicolarmente alla linea di spiaggia e spinti fino all'isobata 20 m se la costa è bassa, fino all'isobata 30 se la costa è alta e comunque non oltre i 500 m dalla linea di costa.

Nelle sezioni di aste fluviali il rilievo batimetrico sarà eseguito lungo allineamenti trasversali al corso d'acqua, isolati o multipli. L'interdistanza tra le diverse sezioni dovrà essere concordata e preventivamente autorizzata dalle Ferrovie.

Per ogni sezione/profilo si dovrà:

- effettuare la misura del livello idrico con livellazioni di precisione rispetto ad un punto noto sulla terraferma, all'inizio e alla fine delle operazioni, con annotamento della data e dell'ora di misurazione;
- eseguire almeno una fotografia delle operazioni di misura nella quale possibilmente siano visibili punti di riferimento;
- determinare le coordinate plano-altimetriche dei punti estremi, che dovranno essere raccordati ai picchetti della corrispondente sezione topografica;
- effettuare il rilievo dei punti con ecoscandaglio, con densità da concordare con le Ferrovie;
- eseguire i necessari calcoli;
- effettuare la restituzione delle coordinate (progressive e quote) sotto forma di tabella Excel;
- effettuare restituzione grafica e disegno a scala adeguata secondo quanto stabilito dalle Ferrovie.

Nel caso di rilievo GPS-RTK si dovrà materializzare un terzo punto, possibilmente a squadra, con distanza adeguata per la calibrazione del GPS in doppia frequenza con metodologia RTK. Dovranno essere forniti i valori dei residui plano-altimetrici della calibrazione.

Dovrà essere inoltre consegnata copia del piano quotato risultante dal rilievo batimetrico (sia su carta che su supporto informatico in formato DXF).

B.2. Rilievo con asta graduata

Il rilievo con asta graduata viene adottato di norma in quelle sezioni di aste fluviali che risultano agibili a guado.

La modalità esecutiva è la seguente:


- tesatura di un cavo in dacron o altro materiale inestensibile, graduato al decimetro, nelle sezioni trasversali all'asta fluviale;
- rilievo delle profondità mediante asta centimetrata in corrispondenza delle progressive individuate nel cavo graduato;
- misura del livello idrometrico ad inizio e fine, con eventuali infittimenti intermedi in caso di variazione;
- verifica della larghezza della sezione bagnata mediante strumento topografico, compensando in base a questo riscontro le distanze progressive rilevate sul cavo graduato.

I punti estremi della sezione dovranno essere rilevati plano-altimetricamente secondo le modalità sopra riportate.

Tutti i profili batimetrici dovranno essere proseguiti a terra con un rilievo celerimetrico di dettaglio in modo da realizzare un profilo unico.

La rilevazione dei punti dovrà comprendere: l'acquisizione, l'elaborazione, l'interpretazione e la restituzione grafica dei dati ed il rilievo plano-altimetrico dei punti estremi di riferimento.

Nel caso dei rilievi lungo assi-fluviali interessate da opere di attraversamento, dovranno essere eseguiti i rilievi dei punti geometrici salienti dell'opera d'arte e, se richiesto dalle Ferrovie, le sezioni d'alveo in corrispondenza dell'opera d'arte stessa.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 50 di 232

Documenti da consegnare.

Al completamento dello studio dovranno essere consegnati i seguenti elaborati:

- a) Relazione generale e d'interpretazione dei rilievi;
- b) Planimetria con l'ubicazione dei profili e/o delle sezioni rilevate, in scala da concordare con le Ferrovie;
- c) Profili batimetrici-celerimetrici, in scala da concordare con le Ferrovie;
- d) Strisciata di registrazione dell'ecoscandaglio;
- e) Carta delle isobate in scala da concordare con le Ferrovie;
- f) Carta della poligonale di collegamento dei punti estremi e di riferimento con l'indicazione delle relative coordinate e dell'azimut;
- g) Libretti di campagna in originale con il dettaglio di tutti i punti rilevati.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 51 di 232

3.6 PROSPEZIONI GEOFISICHE

La prospezione geofisica è una tecnica di indagine non distruttiva del sottosuolo, che consiste nella misurazione, tramite strumentazione specifica di alcune proprietà fisiche del terreno che possono rivelarne la struttura, la presenza di oggetti sepolti ecc.. Si differenziano in due grandi categorie: indagini passive e indagini attive; le prime si effettuano tramite delle apposite strumentazioni che rilevano eventuali anomalie rispetto all'ambiente circostante; le seconde tramite l'attivazione nel sottosuolo di diverse forme di energia che permettono di studiarne le caratteristiche.

3.6.1 GEOELETTRICA

3.6.1.1 Sondaggi geoelettrici verticali.

La metodologia consiste nell'immettere nel terreno una corrente elettrica attraverso due elettrodi di corrente AB esterni misurando la differenza di potenziale risultante in due elettrodi interni di tensione MN. La prospezione mette in evidenza i contrasti di resistività su una medesima verticale in funzione delle caratteristiche fisiche dei materiali incontrati quali ad esempio la porosità, la saturazione in fase fluida, la presenza di minerali disciolti ecc..

A. Strumentazione

La strumentazione da utilizzare di potenza adeguata in relazione alle misure eseguibili sui massimi stendimenti previsti, dovrà avere caratteristiche tali da permettere l'ottenimento dei migliori risultati possibili. In particolare l'attrezzatura minima dovrà comprendere:

- georesistivimetro analogico e/o digitale con impedenza di ingresso minima pari a 10 megaohm, sensibilità almeno 0,1 millivolt, circuito di compensazione dei potenziali spontanei; lo strumento utilizzato per la misura dell'intensità di corrente dovrà avere sensibilità di almeno 0,1 milliampere e scala $1\text{mA} \div 2\text{A}$;
- generatore di potenza costituito da gruppo elettrogeno con raddrizzatore di potenza adeguata o con batterie a secco anch'esse di tensione e potenza adeguata;
- cavi elettrici multipolari (preferibilmente fino a 32) ad alto isolamento, con specifica guaina di protezione esistente alle azioni di trazione e abrasione;
- elettrodi in acciaio, in rame e impolarizzabili; in particolare gli elettrodi di tensione M ed N dovranno essere in rame e, in terreni particolarmente secchi, dovranno essere immersi in una soluzione satura di solfato di rame (sensori impolarizzabili);
- radio ricetrasmittenti e/o telefoni per il collegamento in linea.

B. Modalità esecutive

Per ciascun sondaggio elettrico verticale (SEV) dovrà essere effettuata preliminarmente una prova di isolamento dei cavi del circuito elettrico.

La prospezione avverrà secondo il dispositivo Schlumberger, Wenner Polo-Dipolo ecc. partendo da una distanza tra gli elettrodi esterni di corrente AB pari a 4 volte la distanza tra gli elettrodi interni MN di tensione, si allontaneranno progressivamente gli elettrodi AB fino a distanza tra gli stessi dell'ordine di $20 \div 40$ MN, effettuando una misurazione per ogni spostamento; quindi si sposteranno anche gli elettrodi MN e si riprenderà un'altra serie di misure sugli elettrodi AB con le medesime modalità; le due ultime misure di ogni serie verranno ripetute anche con gli elettrodi MN allargati per la serie successiva (embrayage su due punti $AB/2$).

La successione delle distanze tra gli elettrodi AB da adottare per ciascun sondaggio (iniziando con $AB/2 = 2$ metri) dovrà essere regolare e consentire l'acquisizione di almeno 8-9 punti di misura per ogni decade logaritmica.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 52 di 232

La massima apertura degli elettrodi di corrente sarà determinata in funzione della profondità di indagine, considerando la necessità di avere un rapporto tra profondità e apertura degli elettrodi pari a 1/5. In terreni elettricamente conduttivi sarà buona norma considerare rapporti più sfavorevoli (1/6 – 1/8).

Per stendimenti elettrodi più lunghi e comunque in condizioni di scarso rapporto segnale-disturbo dovrà essere previsto uno stacking automatico dei dati in modo tale da garantire una acquisizione del segnale con sensibilità di 10 microvolt.

La lettura agli elettrodi di tensione dovrà essere sufficientemente elevata in rapporto al rumore. La durata del periodo di registrazione deve essere tale da permettere di valutare, senza incertezze, il valore della differenza di potenziale ΔV .

Dopo ogni misura e prima di quella successiva, dovrà essere effettuato sul terreno il calcolo della resistività apparente ed il tracciato della curva dovrà essere riportato su opportuni diagrammi in scala bilogarithmica.

Nel caso fossero disponibili risultati di sondaggi meccanici questi dovranno essere presi a riferimento per la taratura delle indagini geoelettriche.

L'ubicazione degli stendimenti, la distanza interelettrodica, funzione della profondità esplorabile, e la frequenza delle misure dovranno essere preventivamente autorizzate dalle Ferrovie.

L'interpretazione delle curve di campagna dovrà essere eseguita per mezzo di adeguati programmi di elaborazione in grado di restituire:

- l'elettrostratigrafia del sottosuolo in termini di spessori e di resistività reale dei singoli elettrostrati;
- la determinazione dello scarto quadratico medio tra i dati sperimentali e i dati calcolati dal modello di resistività;
- I limiti di equivalenza della soluzione.

Documenti da consegnare.

- a) Relazione conclusiva contenente la descrizione della strumentazione impiegata, delle operazioni eseguite, analisi delle metodologie adottate per il raffronto tra curve teoriche e curve di campagna, con commento dei risultati finali ottenuti;
- b) Rappresentazione plano-altimetrica degli stendimenti eseguiti con indicazione della posizione di sondaggi di taratura eventualmente effettuati;
- c) Diagrammi di resistività di tutti i S.E.V. eseguiti;
- d) Sezioni elettriche interpretative, in scala appropriata alla necessità di rappresentazione dei dettagli rilevati, recante l'indicazione dei valori di resistività dei vari livelli interessati;
- e) Copia dei libretti di campagna originali.

3.6.1.2 Prospezione geofisica con il metodo elettrico per l'esecuzione di profili di resistività

La prospezione consiste nel progressivo spostamento lungo una linea definita (o secondo una maglia – in questo caso si parlerà più opportunamente di mappe di resistività) di un quadripolo AMNB, con distanza tra gli elettrodi mantenuta fissa, misurando di volta in volta la resistività dei terreni attraversati.

La prospezione si esegue per determinare contrasti lineari o laterali di resistività dei terreni indagati, corrispondenti a variazioni di materiali o di altre caratteristiche fisiche quali ad esempio la porosità, la saturazione in fase fluida, la presenza di minerali disciolti ecc.. .

A. Strumentazione

La strumentazione utilizzata dovrà essere di caratteristiche tali da permettere l'ottenimento dei migliori risultati possibili e di potenza adeguata in relazione alle misure eseguibili sui massimi stendimenti previsti.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 53 di 232

In particolare l'attrezzatura minima dovrà comprendere:

- georesistivimetro analogico e/o digitale con impedenza di ingresso minima pari a 10 megaohm, sensibilità di almeno 0,1 millivolt, circuito di compensazione dei potenziali spontanei; lo strumento utilizzato per la misura dell'intensità di corrente dovrà avere sensibilità di almeno 0,1 milliampere e scala $1\text{mA} \div 2\text{A}$;
- generatore di potenza costituito da gruppo elettrogeno con raddrizzatore di potenza adeguata o con batterie a secco anch'esse di tensione e potenza adeguata;
- cavi elettrici multipolari (preferibilmente fino a 32 conduttori) ad alto isolamento, con specifica guaina di protezione resistente alle azioni di trazione e abrasione;
- elettrodi in acciaio, in rame e impolarizzabili; in particolare gli elettrodi di tensione M ed N dovranno essere in rame e, in terreni particolarmente secchi, dovranno essere immersi in una soluzione satura di solfato di rame (elettrodi impolarizzabili);
- radio ricetrasmittenti e/o telefoni per il collegamento in linea.

B. Modalità esecutive

Si potranno utilizzare indifferentemente dispositivi elettrodi di Wenner, di Schlumberger, polo-polo, polo-dipolo dipolo-dipolo e in contesti particolari si potranno utilizzare configurazioni elettrodi dipolo-dipolo.

La configurazione del quadripolo dovrà essere preventivamente concordata con le Ferrovie.

Preliminarmente all'esecuzione della campagna di prospezione geoelettrica dovrà essere effettuata una prova di isolamento dei cavi del circuito elettrico.

La distanza interelettrodi, funzione della profondità esplorata, e la frequenza delle misure dovranno essere preventivamente approvate dalle Ferrovie.

La lettura agli elettrodi di tensione dovrà essere sufficientemente elevata in rapporto al rumore; in condizioni di scarso rapporto segnale-disturbo dovrà essere previsto uno stacking automatico dei dati in modo tale da garantire una acquisizione del segnale con sensibilità di 10 microvolt. La durata del periodo di registrazione dovrà essere tale da permettere di valutare, senza incertezze, il valore della differenza di potenziale ΔV .

La determinazione della distanza interelettrodi sarà determinata sulla base di alcuni sondaggi elettrici verticali. Fissata questa si effettueranno le misure di resistività spostando ogni volta sui punti prestabiliti il quadripolo mantenendo costante la distanza interelettrodi.

Documenti da consegnare.

- a) Relazione conclusiva contenente la descrizione della strumentazione impiegata, delle operazioni eseguite, con commento e interpretazione dei dati acquisiti e delle anomalie riscontrate eventualmente tarate sulla base di sondaggi;
- b) Carta con l'ubicazione planimetrica dei punti di misura e dei sondaggi di taratura eventualmente eseguiti;
- c) Profili di resistività in scala adeguata all'estensione dell'indagine e ai dettagli riscontrati;
- d) Carta di resistività in scala adeguata;
- e) Copia dei libretti di campagna originali.

3.6.1.3 Prospezione geofisica con il metodo elettrico, con metodologia tomografica

La prospezione geofisica consiste nel progressivo spostamento lungo una linea definita (o secondo una maglia) di un quadripolo AMNB, misurando di volta in volta la resistività dei terreni attraversati.

La prova dovrà essere adatta a determinare contrasti lineari o laterali di resistività, corrispondenti a variazioni di materiali o di altre caratteristiche fisiche (densità, zone d'acqua ecc..).

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 54 di 232

La metodologia tomografica consiste nell'assegnare una determinata posizione ad uno dei due poli e nell'allontanare l'altro progressivamente, lungo il profilo, per quantità lineari fisse.

Il risultato sarà la misura della resistività apparente dei punti di intersezione delle linee a 45° originate dai centri dei due dipoli (dispositivo dipolo-dipolo).

L'elaborazione tomografica consisterà nel tracciamento di isolinee di resistività con fasce cromatiche differenziate (pseudosezioni di resistività), interpretando con appositi programmi di calcolo la sezione di resistività reale del sottosuolo a partire dalla distribuzione di resistività apparente.

A. Strumentazione

La strumentazione utilizzata, di potenza adeguata in relazione alle misure da eseguire sui massimi stendimenti previsti, dovrà avere caratteristiche tali da permettere l'ottenimento dei migliori risultati possibili.

In particolare l'attrezzatura minima dovrà comprendere:

- un dispositivo multielettrodico con almeno 32 elettrodi e una unità di acquisizione dati caratterizzata da un georesistivimetro digitale con impedenza di ingresso minima di 10 megaohm, sensibilità almeno di 0,1 millivolt, circuito di compensazione dei potenziali spontanei; possibilmente lo strumento dovrà controllare l'erogazione di corrente con accuratezza nella misura dell'intensità di corrente inferiore al 1 % del valore immesso, il georesistivimetro dovrà eseguire ripetuti cicli di misura memorizzando resistività, differenza di potenziale, intensità e deviazione standard;
- generatore di potenza costituito da un gruppo elettrogeno con raddrizzatore di potenza adeguata o con batterie a secco anch'esse di tensione e potenza adeguata;
- cavi elettrici multipolari ad alto isolamento con guaina specifica di protezione resistente alle azioni di trazione e abrasione;
- elettrodi in acciaio o rame del tipo "smart electrodes", dotati di una elettronica interna che ne consenta l'utilizzo sia come elettrodi di corrente che di potenziale;
- radio ricetrasmittenti e/o telefoni per collegamento in linea.

B. Modalità esecutive

Il metodo geoelettrico si basa sulla misura tra due elettrodi (detti convenzionalmente MN) della differenza di potenziale ΔV connessa alla distribuzione nel sottosuolo di una corrente elettrica I immessa in una diversa coppia di elettrodi, detti AB.

Si otterrà quindi un valore di resistività apparente pari a:

$$\rho_a = K \frac{\Delta V}{I}$$

che è funzione, oltre che della posizione reciproca dei 4 elettrodi anzidetti (dipendenza contenuta nel parametro K , detto fattore geometrico), della distribuzione della resistività elettrica delle rocce nel sottosuolo interessato dalla propagazione della corrente I .

I dati così acquisiti devono essere "interpretati" per ottenere, dall'insieme dei valori di ρ_a (resistività apparente), un modello dell'effettiva distribuzione delle resistività elettriche reali nel sottosuolo indagato. Da questa distribuzione, con opportune tarature e/o in base alle conoscenze geologiche del sottosuolo, il modello geofisico viene trasformato in modello geo-litologico.

Si potranno utilizzare indifferentemente dispositivi elettrodici di Wenner o di Schlumberger (Figura 3.6.1.3-1) o in casi particolari dispositivi dipolo-dipolo e polo-dipolo.

Nel dispositivo Wenner (Figura 3.6.1.3-1, a)) lo spazio tra gli elettrodi è costante: $AM = MN = NB = a$. Per cui il fattore geometrico K è dato da: $K = 2a\pi$. Lo schema di misura di una tomografia elettrica effettuata con il dispositivo Wenner prevede, l'esecuzione di misure effettuate traslando i quattro elettrodi e mantenendo la spaziatura "a" costante. Quando sono terminate le misure su tutti i picchetti si riparte dall'inizio portando la spaziatura ad un valore $2a$ nella seconda serie, a $3a$ nella terza e così via, fino ad aver effettuato tutte le misure possibili. Più si allarga la spaziatura a più si indagano porzioni profonde di terreno.

Lo stendimento Wenner ha una maggiore sensibilità nella porzione di terreno che si trova tra gli elettrodi AM ed NB. C'è una maggior sensibilità alle variazioni verticali di resistività e minore per quanto riguarda le variazioni orizzontali. Se confrontato con gli altri stendimenti, il Wenner ha una profondità di indagine minore, ma una maggiore intensità di segnale e risulta di più facile interpretazione.

Nel dispositivo Schlumberger (Figura 3.6.1.3-1, b)) lo spazio tra gli elettrodi di potenziale è costante, mentre varia la distanza tra gli elettrodi di corrente (C1 e C2 dello schema sottostante). Tale metodo risente maggiormente dei disturbi elettrici del terreno ma consente di raggiungere profondità superiori rispetto alla configurazione di Wenner. In accoppiamento con il metodo Wenner (acquisizione simultanea) consente di ottenere risultati ottimali per stabilità di misura e profondità di indagine.

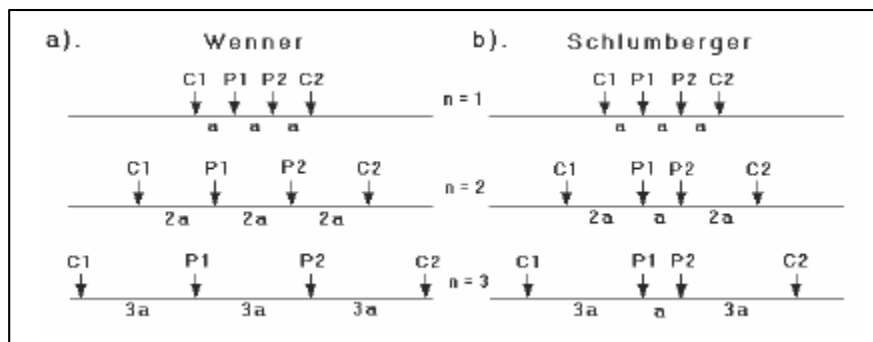


Figura 3.6.1.3-1

Nel dispositivo Dipolo-Dipolo i due elettrodi di corrente hanno spaziatura costante (C1 e C2) e sono esterni agli elettrodi di potenziale (P1 e P2). Il dispositivo dipolo-dipolo consente di raggiungere profondità superiori al dispositivo Schlumberger, con maggior densità di quadripoli di misura.

Tuttavia, per piccole spaziature, il metodo può risentire di forti disturbi per la vicinanza degli elettrodi di corrente (polarizzazione degli elettrodi).

Esistono numerose altre configurazioni (Figura 3.6.1.3-2) con posizionamento di elettrodi di corrente esterni alla configurazione multipolare e possono essere utili per il raggiungimento di profondità superiori alle configurazioni convenzionali.

Preliminarmente all'esecuzione della campagna di prospezione geoelettrica dovrà essere effettuata una prova di isolamento dei cavi del circuito elettrico.

La lettura agli elettrodi di tensione dovrà essere sufficientemente elevata in rapporto al rumore di fondo; in condizioni di scarso rapporto segnale/disturbo dovrà essere previsto uno stacking automatico dei dati in modo tale da garantire una acquisizione del segnale con sensibilità di 10 microvolt.

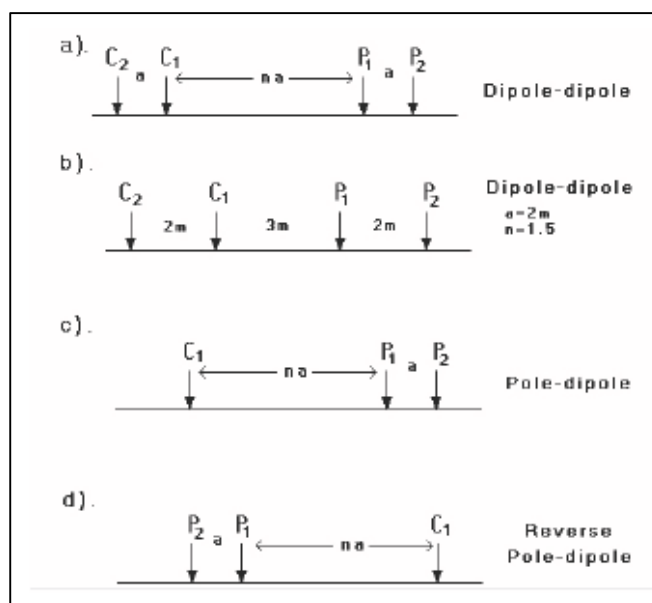


Figura 3.6.1.3-2

La durata del periodo di registrazione dovrà essere tale da permettere la valutazione, senza incertezze, del valore della differenza di potenziale (ΔV).

La distanza interelettrodica sarà definita sulla base delle profondità da raggiungere e delle dimensioni dell'obiettivo di indagine e dovrà comunque essere preventivamente concordata con le Ferrovie.

Per incrementare il dettaglio della misura ed ottenere il ricoprimento tra due linee contigue si farà ricorso a tecniche di sovrapposizione di linee consecutive (roll-along) mediante spostamenti successivi con passo regolare di una porzione (1/3 o 1/4) dello stendimento iniziale.

Per la definizione delle modalità esecutive più corrette della prospezione potranno essere eseguiti alcuni sondaggi elettrici verticali per la taratura delle caratteristiche geoelettriche del sottosuolo.

L'elaborazione dei dati dovrà permettere:

- la ricostruzione di "pseudosezioni" di resistività mediante l'impiego di software di contouring;
- il calcolo dei valori di resistività vera tramite inversione bidimensionale e lo sviluppo di un adeguato modello di distribuzione della resistività del sottosuolo; il software di inversione dovrà essere in grado di applicare l'eventuale correzione topografica.

Documenti da consegnare:

- Relazione conclusiva contenente la descrizione della strumentazione impiegata, delle operazioni eseguite, con commento ed interpretazione dei dati acquisiti e delle anomalie riscontrate eventualmente tarate sulla base di sondaggi meccanici o altre prove geofisiche eseguite;
- Carta con l'ubicazione planimetrica dei punti di misura, delle linee e degli eventuali sondaggi di taratura eseguiti, in scala da concordare con le Ferrovie;
- Tablelle con i valori di voltaggio, corrente, deviazione standard e resistività apparente per ogni singola misura;
- Pseudosezioni di resistività in scala adeguata, con i punti di misura, scala cromatica di riferimento (ohm-m) e relativa legenda orizzontale interpretativa contenente i valori della resistività;
- Risultati dell'inversione e modellizzazione dei dati unitamente al completo database utilizzato per la valutazione geoelettrica ed il calcolo della distribuzione della resistività;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 57 di 232

f) Copia dei libretti di campagna originali.

3.6 1.4 Carotaggio geofisico con il metodo elettrico in foro di sondaggio

La prova viene eseguita con idonea attrezzatura all'interno di fori di sondaggio non rivestiti riempiti di fluido elettricamente conduttivo (acqua o fango), onde poter ottenere un log di resistività lungo una verticale corrispondente all'immediato intorno del foro di sondaggio.

A. Strumentazione

La strumentazione è costituita essenzialmente da una sorgente elettrica, un amperometro, un voltmetro e 4 elettrodi di cui due (A e B) di corrente e due (M e N) di tensione.

B. Modalità esecutive

La necessità di avere il foro di sondaggio non rivestito impone cautele particolari in fase di esecuzione e nella scelta del liquido di circolazione e di sostentamento delle pareti del foro stesso.

La corrente viene generata tra l'elettrodo B e l'elettrodo A mentre tra gli elettrodi M e N si misura la tensione risultante. A seconda della distanza tra gli elettrodi A e M si possono avere diverse configurazioni:

- normale-corta (distanza A-M=16" pari a 0,41 m);
- normale-lunga (distanza A-M=64" pari a 1,62 m);
- laterale (distanza A-M=18'8" pari a 5,70 m).

Nelle configurazioni di tipo "normale" i due elettrodi B e N saranno posizionati in prossimità della bocca foro oppure all'interno del foro a lunga distanza tra di loro. La fascia di terreno all'intorno del foro interessata dalla prospezione è pari a circa due volte la distanza A-M ed è inversamente proporzionale al diametro del foro.

Nella configurazione di tipo "laterale" gli elettrodi M e N sono all'interno del foro ad una distanza di 81 cm ed il loro baricentro è posto a distanza di 5,70 m dall'elettrodo di corrente più vicino. La profondità di indagine all'intorno del foro è praticamente pari alla distanza A-M.

La distanza tra gli elettrodi e la configurazione di lavoro, dovrà essere preventivamente approvata dalle Ferrovie.

Le letture dei valori di resistività lungo il foro dovranno essere continue.

La configurazione normale-corta permette l'evidenziazione anche di sottili livelli conduttori intercalati ed in genere definisce la resistività nell'immediato intorno delle pareti del foro in un'area influenzata dalla presenza del fluido nel foro stesso.

La configurazione normale-lunga misura una resistività intermedia che teoricamente permette il calcolo della resistività della fascia influenzata dal fluido nel foro e la stima della resistività del terreno naturale.

La configurazione laterale permette, in presenza di orizzonti omogenei, di misurare la reale resistività del terreno.

Di norma è consigliabile, quindi, eseguire il carotaggio elettrico utilizzando almeno due configurazioni, accoppiando due tipologie d'indagine, ad esempio: normale-corta e laterale o normale-lunga e laterale.

Documenti da consegnare.

- a) Relazione illustrativa dell'attrezzatura e della metodologia adottata con una nota di commento e di interpretazione dei risultati ottenuti;
- b) Diagrafia del carotaggio effettuato;
- c) Copia dei libretti di campagna originali.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 58 di 232

3.6.2 GEOGRAVIMETRIA

3.6.2.1 Prospezione geo-gravimetrica

La gravimetria è una metodologia di indagine geofisica che misura l'entità di variazione dell'accelerazione di gravità da un punto all'altro dovuta a variazioni laterali di densità nel sottosuolo. I valori ottenuti sono funzione della densità e quindi della natura dei materiali ma anche del grado di fratturazione, compattezza, ecc.

A. Strumentazione

Per l'esecuzione della prospezione geo-gravimetrica l'attrezzatura minima da utilizzare è:

- gravimetro astatico (tipo Lacoste&Romberg Modello D), ad alta precisione, con un campo di lettura di almeno 200 mGal e con una sensibilità dell'ordine di 1 µgal;
- strumenti topografici (GPS, tacheometro, teodolite ecc.)

B. Modalità esecutive

Preliminarmente all'esecuzione dell'indagine in campagna deve essere acquisita la seguente documentazione:

- cartografia di base in scala adeguata;
- monografie dei caposaldi gravimetrici della rete nazionale;
- monografie dei caposaldi topografici della rete nazionale.

Le misure gravimetriche sono di tipo relativo in quanto devono essere riferite ad una stazione base (caposaldo gravimetrico) che viene scelta all'inizio dell'indagine ed utilizzata come punto di riferimento per gli altri punti di misura oltre che per monitorare le variazioni dovute all'effetto della marea terrestre e della deriva dello strumento.

L'indagine può essere effettuata sia su punti allineati lungo direttrici lineari sia su punti disposti a maglia, in genere quadrata. L'ubicazione e la densità dei punti di misura dovranno essere definiti in funzione della profondità d'indagine e del dettaglio richiesto ed essere preventivamente approvata dalle Ferrovie.

Ogni punto, materializzato da un picchetto, verrà posizionato topograficamente (per rilievi gravimetrici di dettaglio occorre una tolleranza minima di 1÷2 cm per le quote e di 0,2 m per la posizione planimetrica) e riferito ad una poligonale di base chiusa. Una volta definita la maglia o l'allineamento dei punti di misura, si dovrà fissare la posizione ed il numero di stazioni di misura da prendere come riferimento per la correzione giornaliera della deriva strumentale.

La stazione di misura di riferimento dovrà essere rioccupata per la lettura con una frequenza da concordare preventivamente con le Ferrovie ma che, in linea generale, non dovrà essere superiore ad una lettura ogni 60÷90 minuti circa.

La deriva potrà essere accettabile per valori non superiori a 10 microgal per ora; nel caso si misuri un valore di deriva anomalo o una discrepanza superiore ai 10 microgal, l'intero rilievo compreso tra le ultime due misurazioni di deriva andrà rifatto. Nel caso di rilievi che si protraggono per più giorni, ogni giorno successivo si dovrà ripetere il rilievo sul 10% della stazioni misurate il giorno precedente.

I risultati ottenuti in campagna dovranno essere elaborati applicando le necessarie correzioni (costante di taratura dello strumento, deriva strumentale, marea lunisolare, latitudine, Faye, Bouguer, topografica, regionale) e rappresentati sia in forma tabellare sia in formato grafica (profilo, carta).

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 59 di 232

Documenti da consegnare:

- a) Relazione conclusiva con indicazione della strumentazione impiegata e delle operazioni eseguite, con commento ed interpretazione dei risultati;
- b) Planimetria con l'ubicazione di dettaglio dei punti di misura in scala da concordare con le Ferrovie;
- c) Profilo delle anomalie gravimetriche in scala da concordare con le Ferrovie;
- d) Carta gravimetrica delle isoanomalie di Bouguer in scala da concordare con le Ferrovie;
- e) Tabelle dei dati gravimetrici di campagna;
- f) Tabelle dei dati topografici di campagna.

3.6.3 GEORADAR

3.6.3.1 Rilievo elettromagnetico con metodo radar

La prospezione georadar si basa sulla misura ed interpretazione dei fenomeni che subisce un'onda elettromagnetica nel momento in cui essa, attraversando un materiale con una determinata costante dielettrica relativa, incontra la superficie di un altro materiale con costante dielettrica relativa diversa da quella del mezzo in cui si sta diffondendo (scattering).

La risoluzione e la profondità di indagine sono funzione delle caratteristiche dielettriche dei mezzi attraversati, della frequenza delle onde emesse dall'antenna e della potenza del trasmettitore.

Il metodo risulta adatto per individuare forti contrasti dielettrici, ad esempio fra murature, cavità, metalli, sottoservizi, ecc., ed il terreno circostante.

A. Strumentazione

L'attrezzatura di base deve comprendere:

- una unità georadar centrale di comando, controllo ed amplificazione, in grado di operare con almeno due canali, e dotato di un registratore magnetico digitale, di un monitor e di una stampante entrambe a colori;
- antenne, dotate di amplificatore di potenza, con frequenza compresa tra 80 e 1500 MHz;
- cavo multipolare di collegamento tra l'unità georadar e l'antenna.

Dovranno essere disponibili appositi software necessari per l'analisi ed il trattamento dei segnali registrati (filtrazione, correzione, valutazione di velocità di propagazione, correlazione ecc..).

B. Modalità esecutive ed elaborazione dei dati

La prospezione si esegue spostando le antenne lungo la superficie da investigare o manualmente o per mezzo di veicoli. Il rilievo si esegue normalmente lungo profili isolati, paralleli o organizzati in maglie di dimensione idonea all'obiettivo della prospezione. L'ubicazione dei profili, la densità della maglia, il tipo e la configurazione delle antenne dovranno essere commisurati al tipo di materiale indagato, alla profondità di indagine e di dettaglio richiesto, e dovranno essere preventivamente approvate dalle Ferrovie.

Compatibilmente al tipo di superficie da indagare dovrà essere garantita una buona linearità del piano di lavoro, cercando preventivamente di eliminare, se possibile, asperità od oggetti metallici che possono produrre interferenze.

Nel caso di mancanza di riferimenti fissi, il rilievo dovrà essere riferito a dei punti di riferimento posizionati esternamente al profilo e/o alle maglie (tolleranza pari a 0,1 m per le quote ed a 0,2 m per la posizione planimetrica).

Preliminarmente all'esecuzione della prospezione dovrà essere indagato un breve tratto campione sul quale dovranno essere tarate le apparecchiature e saranno provate diverse configurazioni di impostazione (velocità

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 60 di 232

di passaggio, distanza sorgente-struttura, frequenza di campionamento, offset delle antenne, ecc.) per determinare la tecnica ottimale in relazione agli obiettivi dell'indagine.

La frequenza di campionamento deve essere 6÷10 volte superiore alla frequenza nominale dell'antenna. L'offset (distanza) delle antenne deve essere tale che le due antenne non risultino troppo vicine con conseguente distorsione del segnale ma neanche troppo lontane da produrre una diminuzione del rapporto segnale-rumore ricevuto. Si dovranno pertanto eseguire alcune prove con offset diversi, adottando la distanza tra antenne che fornisce il migliore risultato in termini di rapporto segnale-rumore. Di norma si assume che una distanza idonea sia pari ad almeno un paio di lunghezze d'onda

La penetrazione del segnale georadar nei vari terreni dipende essenzialmente dall'assorbimento del segnale nei mezzi indagati ed, in linea generale, si osserva che a parità di frequenza, la penetrazione risulta massima in terreni poco conduttivi e che a parità di terreni, la penetrazione risulta massima alle basse frequenze.

Inoltre dovrà essere possibile adottare uno schema di rilievo con più antenne, a diversa frequenza, per investigare contemporaneamente profondità diverse e con risoluzione differente in un unico passaggio.

Le antenne possono operare in configurazione "monostatica" (la stessa antenna georadar funziona come trasmettente e ricevente tramite un commutatore) o "bistatica" (antenne differenti funzionano rispettivamente da trasmettente e da ricevente).

Le tecniche di acquisizione sono due:

- singlefold: acquisizione a copertura singola in cui si illuminano una volta sola i punti del sottosuolo; è possibile sia con antenne monostatiche che con antenne bistatiche;
- multifold: acquisizione a copertura multipla in cui i punti del sottosuolo sono illuminati sotto diverse angolazioni; è possibile soltanto con antenne bistatiche.

Si può ottenere una copertura multipla operando secondo diverse modalità: energizzando direttamente il singolo punto con offset diversi, sommando profili con offset diverso o sommando acquisizioni Wide Angle Reflection Refraction, ottenute tenendo fissa l'antenna trasmettente e spostando la ricevente, ripetendo l'operazione con spostamenti costanti della sorgente.

Una volta acquisiti i dati grezzi è necessario effettuare una preelaborazione per eliminare le componenti di disturbo geometriche e/o radiometriche attraverso operazioni di filtraggio verticale (dominio del tempo) e di filtraggio orizzontale (dominio spaziale). Successivamente i dati grezzi ripuliti saranno elaborati applicando tecniche di guadagno per contrastare l'abbassamento del segnale con la profondità, tecniche di filtraggio dirette (taglia basso, taglia, alto passa banda) per cercare di incrementare il rapporto segnale/rumore attenuando le frequenze indesiderate e tecniche di filtri F-K per migliorare la coerenza laterale del segnale mediante l'attenuazione delle onde di disturbo laterali e dirette al suolo.

La parte conclusiva dell'elaborazione consisterà nell'analisi di velocità che sulla base della corretta conoscenza dell'andamento della funzione velocità dovrà permettere di definire l'esatta profondità delle varie discontinuità.

Documenti da consegnare

- a) Relazione conclusiva con le indicazioni delle attrezzature impiegate, delle modalità esecutive dei rilievi e dei criteri di elaborazione adottati; tale relazione dovrà inoltre mettere in evidenza le caratteristiche dei materiali e la stratigrafia dei terreni investigati, il contatto terreno-struttura, la presenza di acque, fratture, cavità locali ecc.;
- b) Rappresentazione plano-altimetrica in scala adeguata dei profili eseguiti e delle anomalie riscontrate e, nel caso di indagine su muratura o su opere, l'indicazione continua degli spessori riscontrati;
- c) Radar-grammi di campagna, a diverse intensità cromatiche, con le distanze (m) in ascissa e i tempi di ascolto (ns) in ordinata;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 61 di 232

d) Radar-grammi interpretati in funzione delle costanti dielettriche dei mezzi attraversati, con le distanze (m) in ascissa e i tempi di ascolto (ns) in ordinata e/o la profondità (m).

Riferimenti normativi:

- ASTM D 6432-99 Standard Guide for using the surface ground penetrating Radar method for subsurface investigation.

3.6.4 GEOSISMICA

3.6.4.1 Prospezione con metodo sismico a rifrazione

Il metodo di prospezione sismica a rifrazione misura la velocità di propagazione delle onde sismiche nell'ammasso roccioso mediante allineamenti isolati o consecutivi di geofoni e registrazioni multiple delle onde di compressione e di taglio per ciascun stendimento.

A. Strumentazione

L'attrezzatura per l'acquisizione dei dati dovrà avere le seguenti caratteristiche minime:

- sismografo con un minimo di n. 24 canali, di tipo digitale incrementale, dotato di capacità di campionamento di 0,05 - 0,1 - 0,2 - 0,5 msec, mille o più punti di campionamento per traccia sismica; il sismografo dovrà, inoltre, presentare la possibilità di stack degli impulsi sismici, filtri analogici e digitali programmabili (filtri attivi tipo high pass, band pass e band reject), guadagno verticale del segnale (in ampiezza) e sensibilità tra 6 e 99 decibel, registrazione dei dati in digitale per elaborazioni successive con formato in uscita non inferiore a 16 bit.
- geofoni verticali con frequenza propria variabile tra 8-100 Hz per il rilievo delle onde di compressione;
- geofoni orizzontali con frequenza propria variabile tra 6-14 Hz per il rilievo delle onde di taglio;
- sistema di comunicazione e di trasmissione del "tempo zero" (time-break).
- sistema di energizzazione necessario a generare le onde sismiche, che potrà essere costituito da:
 - per onde P:
 - cariche di esplosivo (velocità di detonazione > 5000 m/sec; alta densità di carica);
 - fucile o cannoncino sismico (in genere calibro 8 con proiettili da almeno 80 gr) in grado di fornire una velocità alla bocca \geq 400 m/sec;
 - apparato ad impatto di tipo meccanico, elettropneumatico o ad aria compressa (in grado di sviluppare almeno 1000 kgm per registrazioni a distanze superiori a 500 m);
 - per onde S:
 - massa battente (mazza da 10 kg) agente su un blocco di legno o calcestruzzo adeguatamente ancorato al terreno e posto nelle adiacenze della bocca foro. La forma del blocco deve essere tale da potere essere colpito lateralmente ad entrambe le estremità.

Altri dispositivi devono essere preventivamente approvati dalle Ferrovie.

B. Modalità esecutive ed elaborazione dei dati

Il rilievo sismico dovrà essere eseguito lungo profili rettilinei con geofoni posti ad interdistanza fissa in relazione alla profondità di indagine ed al dettaglio di rilievo richiesto da Ferrovie.

In linea generale per ogni stendimento la profondità massima raggiunta dalla prospezione sismica è funzione sia delle velocità sismiche dei singoli strati sia della lunghezza dei tiri sismici.

Indicativamente la profondità massima indagata è circa $1/4 \div 1/5$ della lunghezza dei tiri sismici e per ottenere dei risultati ottimali occorre mantenere l'obiettivo della ricerca entro i $2/3$ della profondità massima. Tale indicazione è adeguata sia per l'elaborazione sismica di tipo ordinario che tomografica.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 62 di 232

La spaziatura delle stazioni geofoniche è funzione del dettaglio che si vuole ottenere, in particolare nella sismica tomografica.

Per la sismica con acquisizione ordinaria, visto che l'interpretazione analitica comunque non permette di ottenere un incremento di dettaglio vertico-laterale anche variando significativamente i parametri geometrici di acquisizione (geometria stazioni e densità degli shot), normalmente si adottano spaziature di $1/2 \div 1/3$ della profondità dell'obiettivo (es. spaziature di 5 m per indagini entro 10 m, spaziature di 10 m per indagini entro 20-50 m e spaziature di 20 m per indagini entro 100 m).

Per ciascun stendimento, costituito da un minimo di 24 geofoni, dovranno essere effettuate almeno cinque (5) registrazioni da altrettanti punti di energizzazione. Dei suddetti tiri tre (3) saranno posizionati all'interno della base (due alle estremità + uno al centro) in posizione equidistante e due (2) saranno ubicati all'esterno della stesa a distanza tale da garantire la profondità di indagine richiesta.

Nel caso in cui il rilievo sismico interessi profondità superiori a circa 30 m i tiri non dovranno essere inferiori a sette (7) per ciascuna base sismica dei quali cinque (2 estremità+3) interni e due (2) esterni.

Nella sismica con acquisizione ordinaria l'elaborazione si potrà basare su metodi quali il GRM (Generalized Reciprocal Method) di Palmer e Lankston, il CRM (Common Reciprocal Methods) di Palmer; la scelta di ciascun metodo di interpretazione dovrà essere operata tenendo in debito conto la geometria del sottosuolo investigato e le problematiche di indagine.

Per la sismica con acquisizione tomografica, indicativamente la spaziatura può variare tra $1/4$ ed $1/5$ della profondità dell'obiettivo secondo lo schema di massima seguente:

- obiettivo a 10 m: spaziatura= $10/4(5) = 2,5(2,0)$ m
- obiettivo a 100 m: spaziatura= $100/4(5) = 25(20)$ m.

Per ciascun stendimento costituito da un numero minimo di 24 geofoni, i tiri dovranno essere eseguiti mediamente ogni $2 \div 3$ geofoni oltre a quattro tiri esterni alla stesa per un totale minimo di dodici (12) tiri.

In entrambi i casi (sismica ordinaria o tomografica) non si dovrà superare la spaziatura di 20 m in quanto si inficerebbe l'analisi della porzione superficiale (copertura allentata) la quale può determinare importanti variazioni sia dei parametri elastici del sottosuolo sia degli orizzonti se la sua determinazione è errata.

I tiri estremi dovranno essere ubicati ad una distanza dal primo e dall'ultimo geofono pari alla metà della distanza intergeofonica utilizzata.

I tiri esterni, invece, saranno posizionati, compatibilmente con le condizioni logistico-morfologiche, ad una distanza pari alla semilunghezza della stesa sismica.

Eventuali diverse geometrie dei tiri devono essere preventivamente approvate dalle Ferrovie.

L'elaborazione dei dati, attraverso l'esame dei valori registrati in corrispondenza di ciascuna stazione geofonica, dovrà consentire la definizione dei singoli rifrattori o strati sismici individuati in termini sia di spessore che di velocità delle onde sismiche (longitudinali e/o trasversali).

Nella sismica con acquisizione tomografica i dati rilevati dovranno essere analizzati con modellazione anisotropica del sottosuolo utilizzando metodologie iterative di tipo RTC (Ray Tracing curvilinear) ed algoritmi di ricostruzione tomografica tipo ART (Algebraic Reconstruction Technique), SIRT (Simultaneous Iterative Reconstruction Technique), ILST (Iterative Last Square Technique); il campo di velocità nel sottosuolo sarà discretizzato in celle unitarie, di forma rettangolare, le cui dimensioni orizzontali e verticali (assi x e z) dovranno essere pari rispettivamente a $1/3 \div 1/5$ e $1/5 \div 1/10$ della spaziatura tra i geofoni.

I dati rilevati dovranno essere analizzati anche in termini di attenuazione anelastica degli impulsi sismici attraverso la determinazione del fattore qualità Q.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 63 di 232

Il fattore qualità Q è correlato al coefficiente di attenuazione attraverso la seguente relazione:

$$\frac{1}{Q} = \frac{\alpha \cdot V_p}{\pi \cdot f}$$

Con:

α = coefficiente di attenuazione

V_p = velocità delle onde di compressione

f = frequenza dominante dell'analisi

Il coefficiente di attenuazione esprime l'entità del fenomeno di assorbimento dell'energia sismica in relazione allo specifico divario rispetto alla condizione di perfetta elasticità nei diversi materiali in cui l'onda sismica si propaga.

A seguito dell'attenuazione le componenti ad alta frequenza degli impulsi sismici si estinguono più rapidamente di quelli a bassa frequenza; la misura di $1/Q$, proporzionale alla frazione di perdita dell'energia per ciclo d'onda sinusoidale, contribuisce a fornire informazioni sulle caratteristiche del mezzo attraversato (frequenza di fratturazione, grado di saturazione ecc.).

I processi fondamentali di analisi per la misura dell'attenuazione dovranno seguire le seguenti procedure:

- analisi del rapporto spettrale delle ampiezze variabili nelle diverse componenti di frequenza dell'impulso microsismico ed assorbite in vario grado in funzione della distanza;
- analisi del decadimento d'ampiezza dei primi eventi o di quelli successivi in ragione della distanza e successiva rettificazione della valutazione per compensare la diminuzione dovuta alla geometria di propagazione;
- valutazione delle variazioni di larghezza dell'impulso sismico (pulse width time) in relazione alla distanza; la misura deve essere effettuata sul primo quarto di ciclo del primo evento.

Ove non si disponga di adeguata cartografia di base che permetta una precisa ubicazione di tutti i punti di stazione (geofoni e punti di energizzazione), si dovrà ricorrere ad un rilievo planoaltimetrico, con precisione di $\pm 0,5$ cm, da riferirsi a capisaldi topografici chiaramente individuati sul terreno e riportati sulla carta topografica.

Documenti da consegnare

- a) Relazione conclusiva in cui siano dettagliatamente descritte le operazioni eseguite, i criteri di calcolo e di interpretazione adottati, nonché una sintesi dei risultati ottenuti;
- b) Cartografia in scala 1:5000 (o 1:2000) con l'esatta ubicazione degli stendimenti effettuati;
- c) Libretti di campagna dei rilievi topografici, se effettuati, e sismogrammi in originale rilegati in fascicolo con le necessarie indicazioni per la loro esatta individuazione sulla cartografia;
- d) Diagrammi "Distanze/Tempi Rifratti" (Dromocrone), rappresentati con la stessa sequenza e continuità degli stendimenti effettuati, corredati degli eventuali passaggi intermedi dell'elaborazione;
- e) Sezioni Sismostratigrafiche in termini di velocità delle onde e del fattore qualità se richiesto, alla scala che verrà stabilita dalle Ferrovie, che dovrà risultare adeguata a rappresentare tutti i dettagli emersi dall'elaborazione. Dette sezioni dovranno riportare tutte le indicazioni parametriche dei singoli rifrattori individuati e, in proiezione, la posizione di eventuali sondaggi meccanici e/o misure geofisiche in foro eseguiti per taratura e/o controllo;
- f) Sezioni Tomografiche con elaborazione a celle di velocità o isolinee, in termini di velocità delle onde sismiche, alla scala che verrà stabilita dalle Ferrovie.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 64 di 232

Riferimenti normativi:

- ASTM D 5777-00. Standard guide for using the seismic refraction method for subsurface investigation.

3.6.4.2 Prospezione con metodo sismico a riflessione

La prospezione sismica a riflessione consiste nel generare impulsi acustici e registrare per mezzo dei geofoni le riflessioni delle onde di compressione causate da superfici di "discontinuità" all'interno del sottosuolo, dovute ad ammassi rocciosi con valori diversi di impedenza acustica. Con tale metodo geofisico è pertanto possibile ricostruire le caratteristiche geosismiche e geostrutturali degli ammassi mediante allineamenti isolati e consecutivi di geofoni e registrazioni multiple delle onde di pressione per ciascun stendimento di misura.

A. Strumentazione

L'attrezzatura di acquisizione dati deve essere del tipo digitale con amplificatore a virgola mobile istantanea con le seguenti caratteristiche:

- sismografo con minimo 24 canali di registrazione e possibilità di campionatura dei segnali tra 0,025 e 2 msec, dotato di filtri High Pass, Band Pass e Band Reject, di Automatic Gain Control e di convertitore A/D del segnale campionato, almeno a 16 bit;
- geofoni verticali con frequenza propria variabile tra 25 e 100 Hz in funzione della profondità dell'obiettivo e della risoluzione verticale richiesta;
- geofoni orizzontali con frequenza propria variabile tra 25 e 100 Hz in funzione della risoluzione orizzontale richiesta.

L'energizzazione sismica del terreno dovrà essere fornita da:

- mini cariche esplosive poste a piccola profondità; la quantità di esplosivo da impiegare deve essere determinata attraverso prove necessarie all'ottimizzazione del rapporto segnale/disturbo;
- massa battente in grado di sviluppare almeno 1000 kgm;
- fucile o cannoncino sismico in grado di fornire una velocità alla bocca pari a 400÷600 m/sec.

B. Modalità esecutive

Il rilievo sismico a riflessione dovrà essere eseguito per mezzo di stese lineari con geofoni posti ad intervalli regolari scelti in relazione alla profondità dell'obiettivo da raggiungere.

I punti di origine dell'energia dovranno essere ubicati o nel centro di simmetria del gruppo di registrazione (metodologia "Split Spread") oppure ad un estremo dello stendimento (metodologia "End On" di solito vicino al primo geofono) o infine in posizione distanziata dai due punti precedenti fino ad un massimo di 30÷50 metri dalla stesa ed in direzione ortogonale alla stesa stessa (gap di registrazione).

La geometria della prospezione è legata alla profondità dell'obiettivo (target).

Normalmente la spaziatura ottimale è da considerarsi $1/40 \div 1/50$ della profondità del target [ad es. target a 100 m = spaziatura $100/40(50) = 2,5(2,0)$ m] per una copertura del 2400% (cioè shot su tutte le stazioni e registrazione su 48 canali) oppure la metà cioè $1/20 \div 1/25$ per una copertura del 1200% (cioè shot su tutte le stazioni e registrazione su 24 canali).

In campagna si deve procedere nel modo seguente:

- 1) definizione del gap di registrazione espresso in metri che deve essere un multiplo intero della distanza intergeofonica.
- 2) posizionamento della sorgente di energia sul punto iniziale della prospezione.
- 3) posizionamento della linea sismica con il primo geofono posizionato alla distanza stabilita dal gap.
- 4) energizzazione nel punto stabilito e registrazione dello scoppio sui geofoni dello stendimento.
- 5) posizionamento della sorgente di energia in avanti di un valore pari alla distanza intergeofonica.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 65 di 232

- 6) spostamento di tutti i geofoni della linea in avanti di una unità di distanza intergeofonica
- 7) energizzazione nel nuovo punto e registrazione dello scoppio sui geofoni dello stendimento.

Tale procedura si ripete fino a che non si è coperta tutta la linea da registrare; per facilitare l'operazione è ammesso l'utilizzo di "Roll Along" elettronico o meccanico.

Per esempio, nel caso di un allineamento di sismica a riflessione con lunghezza 1000 metri, distanza intergeofonica di 10 metri con una molteplicità di copertura del 1200% e registratore a 24 canali, una volta definito il gap (che supponiamo essere di 40 metri) si posiziona la sorgente di energia dopodiché si posa il primo geofono dopo 40 metri lungo la linea dieci metri dopo il secondo geofono e così via fino all'ultimo geofono dello stendimento che si troverà a 230 metri dal primo e a 270 metri dal punto di scoppio. È fondamentale mantenere queste distanze inalterate durante tutta la prospezione. Perciò per lo scoppio successivo è necessario traslare tutto il dispositivo di scoppio e di ricezione in avanti di una distanza intergeofonica (10 metri) tale operazione si deve realizzare fino alla realizzazione di 100 scoppi e conseguentemente 100 spostamenti in avanti dell'intera linea di ricezione.

E' importante conoscere la tipologia del target e dei litotipi indagati per desumerne le caratteristiche di risposta acustica ed in particolare il coefficiente di riflessione (rapporto tra le velocità sismiche tra i vari orizzonti) dal quale ricavare indirettamente il grado di copertura (se il valore è molto basso conviene registrare con coperture molto alte, 2400% o più, se invece è elevato, ad esempio target costituito dal contatto tra detrito e calcari, può essere sufficiente una copertura più bassa, ad esempio 1200%).

L'insieme dei dati acquisiti dovrà essere elaborato organicamente per mezzo di adeguato software che permetta un'ampia possibilità di operazioni di trattamento quali almeno:

- correzioni statiche;
- muting;
- analisi spettrale;
- filtraggi sia nel dominio dei tempi che in quello delle frequenze, con filtri variabili;
- FK filter sia in velocità che polinomiali;
- analisi di velocità (Normal Move Out);
- deconvoluzione;
- stacking;
- correzioni statiche residue;
- migrazione.

Ove non si disponga di una cartografia di base che garantisca la necessaria precisione, si dovrà ricorrere ad un rilievo planoaltimetrico della linea sismica, con precisione di $\pm 0,5$ cm, comprendendo i geofoni ed i punti di energizzazione.

Il rilievo dovrà essere appoggiato, per ciascun vertice della linea sismica, ad almeno quattro punti trigonometrici o ad altrettanti punti inequivocabilmente rappresentati e riconoscibili sulla cartografia di base. In questo secondo caso, i singoli punti di appoggio dovranno essere collegati tra loro mediante trilaterazione.

Considerando le attuali disponibilità tecniche di energizzazione le onde di taglio potranno essere rilevate in stendimenti con distanza intergeofonica massima fino a 2,5 m.

Documenti da consegnare.

- a) Relazione conclusiva delle attrezzature impiegate, delle operazioni eseguite e dei criteri di calcolo e di elaborazione adottati, integrata da note di commento ed interpretazione delle principali informazioni ottenute sui terreni indagati;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 66 di 232

- b) Sismosezioni in ordinate dei tempi (ms) e in ascisse delle distanze (m) atte a configurare le situazioni geotettoniche primarie;
- c) Sezioni sismostratigrafiche in ordinate delle profondità (m) e in ascisse delle distanze (m) integrate con le indicazioni dei valori relativi ai parametri elastici dei terreni indagati.

3.6.4.3 Prospezione con tecnica Down-Hole

La prospezione sismica Down-Hole misura la velocità di propagazione delle onde sismiche di compressione (V_p) e di taglio (V_s) nei terreni all'intorno di un foro di sondaggio. Le misure si eseguono attraverso il rilievo dei tempi di percorrenza di impulsi sismici da una sorgente emettitrice, posta in superficie, ad una unità ricevente ubicata all'interno del foro di sondaggio, rivestito con idonea tubazione in PVC o ABS.

A. Strumentazione

Il sistema di energizzazione, di tipo esplosivo o meccanico, sarà ubicato in superficie a distanza adeguata dalla bocca foro in funzione della migliore risoluzione dell'indagine.

La sorgente di energia dovrà essere calibrata in funzione della natura e delle caratteristiche dei terreni interessati e che sono da considerarsi noti in quanto le misure geosismiche sono successive alla perforazione dei sondaggi entro i quali si eseguono.

Per il rilievo delle onde trasversali la sorgente di energia dovrà garantire la produzione di impulsi sismici idonei a generare onde a prevalente componente di taglio.

La strumentazione di acquisizione dati deve essere di tipo digitale incrementale con le seguenti caratteristiche:

- sismografo registratore ad almeno 12 canali con capacità di campionamento dei segnali tra 0,025 e 2 msec e dotato di filtri High Pass, Band Pass e Band Reject, di "Automatic Gain Control" e di convertitore A/D del segnale campionato, almeno a 16 bit;
- geofono tri-direzionale con sensori ortogonali (di cui uno verticale e gli altri due orizzontali a 90° dal primo), con frequenza compresa tra 8 e 14 Hz, collegato ad un cavo metrato di sospensione; il geofono deve essere a contatto con il rivestimento per mezzo di un dispositivo di bloccaggio meccanico o pneumatico;
- sistema di comunicazione e di trasmissione del "tempo zero" (time break).
- dispositivo di energizzazione per la generazione di onde P ed onde S, in grado di generare onde elastiche ad alta frequenza ricche di energia, con forme d'onda ripetibili e direzionali cioè con la possibilità di ottenere prevalentemente onde di compressione e/o di taglio polarizzate su piani orizzontali (ed eventualmente anche verticali):
 - per onde P:
 - cariche di esplosivo (velocità di detonazione > 5000 m/sec; alta densità di carica);
 - fucile o cannone sismico (in genere calibro 8 con proiettili da almeno 80 gr) in grado di fornire una velocità alla bocca \geq 400 m/sec;
 - apparato ad impatto di tipo meccanico, elettropneumatico o ad aria compressa (in grado di sviluppare almeno 1000 kgm per registrazioni a distanze superiori a 500 m);
 - per onde S:
 - massa battente (mazza da 10 kg) agente su un blocco di legno o calcestruzzo adeguatamente ancorato al terreno e posto nelle adiacenze della bocca foro. La forma del blocco deve essere tale da potere essere colpito lateralmente ad entrambe le estremità.

Altri dispositivi dovranno essere preventivamente approvati dalle Ferrovie.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 67 di 232

B. Modalità esecutive

L'esecuzione della prova Down-Hole richiede la predisposizione di un foro di sondaggio di diametro sufficiente a permettere l'installazione nel foro di un tubo in PVC munito dei necessari complementi per eseguire la cementazione dello stesso da fondo foro verso la superficie.

Durante la perforazione si dovrà avere particolare cura ad evitare rifluimenti in colonna e decompressioni del terreno nell'intorno del foro; l'eventuale rivestimento del foro dovrà essere estratto a trazione, senza rotazione della colonna.

In cantiere, prima dell'installazione del tubo in PVC o ABS, si dovrà provvedere a:

- 1) controllare che i tubi non presentino lesioni o schiacciamenti dovuti al trasporto con particolare riferimento alle parti terminali;
- 2) controllare che le estremità dei tubi non presentino irregolarità che possano compromettere il loro buon accoppiamento;
- 3) verificare l'efficienza del tubo per l'iniezione della miscela di cementazione da applicare all'esterno della colonna;
- 4) controllare e preparare i componenti per la realizzazione della miscela di cementazione che sarà composta da acqua, cemento e bentonite rispettivamente in proporzione di 100, 30 e 5 parti in peso;
- 5) controllare gli utensili per l'installazione ed in particolare l'efficienza della morsa di sostegno.

I tubi per prove Down-Hole dovranno avere sezione circolare con spessore ≥ 3 mm e diametro interno ≥ 75 mm. I tubi dovranno essere realizzati in PVC/ABS, in spezzoni in genere di 3 m di lunghezza ed assemblati, preferibilmente, mediante filettatura a vite in modo tale da garantire giunti lisci e a perfetta tenuta.

In linea di massima la posa in opera dovrà seguire la seguente procedura:

- 1) pulizia accurata della perforazione con acqua pulita;
- 2) pre-assemblaggio dei tubi in spezzoni di lunghezza in genere pari a 6 m con fasciatura delle giunzioni con nastro autovulcanizzante;
- 3) montaggio sul primo spezzone del tappo di fondo e fissaggio del tubo per l'iniezione;
- 4) inserimento del primo tubo predisposto nella perforazione; in presenza di terreni sotto falda si dovrà riempire il tubo con acqua per favorirne l'affondamento;
- 5) bloccaggio del tubo mediante l'apposita morsa in modo che dalla perforazione fuoriesca solamente l'estremità superiore del tubo in PVC/ABS;
- 6) inserimento dello spezzone successivo ed esecuzione delle operazioni di incollaggio e sigillatura del giunto;
- 7) prosecuzione delle operazioni di cui al punto VI. fino al completamento della colonna;
- 8) inizio della cementazione a partire dal fondo foro, a bassa pressione (≈ 2 atm) attraverso il tubo di iniezione. La cementazione deve risultare priva di sacche d'aria o discontinuità confrontando il volume teorico dell'intercapedine tubo/parete foro con il volume della miscela iniettata. Il rivestimento di perforazione dovrà essere estratto non appena la miscela appare in superficie. Nella fase di estrazione del rivestimento il rabbocco di miscela potrà essere eseguito da testa foro anziché attraverso il tubo di iniezione, per mantenere il livello costante a piano campagna; qualora si noti l'abbassamento del livello della miscela il rabbocco dovrà continuare nei giorni successivi;
- 9) nella fase finale della cementazione si dovrà provvedere alla installazione, attorno al tratto superiore di prova, di un tubo di protezione in acciaio o PVC pesante (diametro minimo = 120 mm, lunghezza ≥ 1 m). Il tubo dovrà sporgere di almeno 15 cm dalla sommità del tubo di prova e dovrà essere provvisto di un coperchio in acciaio dotato di lucchetto;
- 10) al termine delle operazioni di cementazione il tubo di prova dovrà essere accuratamente pulito con acqua per eliminare l'eventuale cemento rimasto all'interno della tubazione;
- 11) verifica della direzione e dello scostamento dalla verticale del foro mediante misure clinometriche, se richiesto da Ferrovie.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 68 di 232

A seguito delle operazioni preliminari su indicate le modalità di esecuzione della prova Down-Hole dovranno seguire la seguente procedura:

- 1) posizionamento e bloccaggio del ricevitore in corrispondenza del primo punto di prova, ubicato in genere verso il fondo foro;
- 2) generazione dell'impulso sismico e registrazione degli arrivi delle onde di compressione e di taglio;
- 3) ripetizione delle operazioni precedenti lungo tutto il foro (o parte di esso) interessato dal rilievo sismico.

Le misure dovranno essere eseguite con la frequenza richiesta dal dettaglio dell'indagine e comunque preventivamente autorizzata con le Ferrovie.

Per il corretto rilievo delle onde di taglio (onde S) il senso dell'impatto alla sorgente deve essere alternato in modo da evidenziare, per uno stesso geofono, un'inversione di fase nelle onde di taglio generate in modo tale da rendere meno incerta la rilevazione nei geofoni orizzontali dei tempi di arrivo delle onde trasversali. A tale scopo si dovrà rilevare con precisione l'orientamento dei geofoni rispetto alla direzione di energizzazione.

Documenti da consegnare

- a) Relazione conclusiva contenente sia una nota tecnica descrittiva della prospezione eseguita (con indicazioni del numero del foro, ubicazione, modalità esecutive, caratteristiche della tubazione installata, quote della bocca foro e del fondo foro ecc.), sia gli algoritmi di calcolo impiegati (tabelle e tavole ad integrazione e chiarimento delle analisi), nonché una diagrafia con tutte le indicazioni riferibili ai dati misurati o calcolati (stratigrafia del sondaggio, tempi di arrivo delle onde P e S, velocità delle onde di P e S per ogni stazione, velocità intervallari delle onde P e S, attenuazione e fattore Q, coefficiente di Poisson dinamico, moduli di elasticità, di taglio e di compressibilità dinamici, tracce sismografiche onde P e S, risultanze finali ed interpretative).
- b) Sismogrammi in originale correlati dalle informazioni necessarie all'identificazione dei singoli tiri.

3.6.4.4 Prospezione con tecnica Cross-Hole

Il metodo sismico Cross-Hole misura la velocità di propagazione delle onde di compressione (V_p) e di taglio (V_s) lungo un percorso orizzontale tra due e più fori di sondaggio all'interno dei quali sono posti rispettivamente la sorgente degli impulsi sismici ed i geofoni ricevitori. I fori dovranno essere paralleli e ad una distanza reciproca compresa tra 5 e 10 m.

A. Strumentazione

Per l'esecuzione della prova Cross-Hole la strumentazione di acquisizione dati dovrà avere le seguenti caratteristiche minime:

- sismografo registratore ad almeno 12 canali con capacità di campionamento dei segnali tra 0,025 e 2 msec, dotato di filtri High Pass, Band Pass e Band Reject, di "Automatic Gain Control" e di convertitore A/D del segnale campionato, almeno a 16 bit;
- geofono tri-direzionale con sensori ortogonali (di cui uno verticale e gli altri due orizzontali a 90° dal primo), con frequenza compresa tra 6 -14 Hz, collegato ad un cavo metrato di sospensione; il geofono deve essere a contatto con il rivestimento per mezzo di un dispositivo di bloccaggio manico o pneumatico;
- sistema di comunicazione e di trasmissione del "tempo zero" (time break);
- sistema di energizzazione, preferibilmente di tipo non distruttivo, costituito da un generatore meccanico e/o pneumatico di onde polarizzate sul piano verticale; in alternativa, sono impiegabili sistemi che generano onde sferiche tipo il cannoncino sismico fondo foro, le microcariche di esplosivo o le capsule detonanti. L'Esecutore dovrà dimensionare correttamente la sorgente di energia in funzione della natura e delle caratteristiche dei terreni interessati che sono da considerarsi noti in quanto le misure sono successive alla perforazione dei sondaggi entro i quali si eseguono le stesse.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 69 di 232

B. Modalità esecutive

L'esecuzione della prova Cross-Hole richiede la predisposizione di almeno due fori di sondaggio di diametro sufficiente a permettere l'installazione in ciascun foro di un tubo in PVC/ABS, munito dei necessari complementi per eseguire la cementazione dello stesso da fondo foro verso la superficie.

I fori andranno eseguiti con le stesse modalità della prova Down-Hole cui si rimanda (paragrafo 3.6.4.3 – punto “B. Modalità esecutive”).

La distanza tra gli assi dei fori nonché la loro direzione dovrà essere accuratamente misurata mediante un rilievo clinometrico.

La misura della deviazione dell'asse (inclinazione dell'asse e rilievo azimutale) dovrà essere eseguita con una sonda inclinometrica avente caratteristiche di precisione 5' sessagesimali e da un sensore di riferimento magnetico con precisione maggiore di $\pm 2^\circ$. La sonda sarà calata nel foro di sondaggio con aste a baionetta in grado di evitare modifiche dell'orientazione azimutale della sonda per l'intera profondità. Le misure inclinometriche dovranno essere eseguite ogni 1÷2 metri di foro.

A seguito delle operazioni preliminari le modalità di esecuzione della prova Cross-Hole dovranno seguire la seguente procedura:

- posizionamento e bloccaggio della sorgente e del/i ricevitore/i in corrispondenza della prima coppia/terna di posizioni coniugate, alla medesima profondità;
- sparo e registrazione degli arrivi degli impulsi longitudinali e di taglio;
- ripetizione delle medesime operazioni per ciascuna coppia/terna di punti coniugati lungo l'intera verticale dei sondaggi o di tratto parziale da indagare.

Le misure dovranno essere eseguite con la frequenza richiesta dal dettaglio dell'indagine e comunque preventivamente autorizzate dalle Ferrovie.

Per il corretto rilievo delle onde di taglio (onde S) il senso dell'impatto alla sorgente deve essere alternato in modo da evidenziare, per uno stesso geofono, un'inversione di fase nelle onde di taglio generate in modo tale da rendere meno incerta la rilevazione, nei geofoni orizzontali, dei tempi di arrivo delle onde trasversali. A tale scopo si dovrà rilevare con precisione l'orientamento dei geofoni rispetto alla direzione di energizzazione.

Documenti da consegnare

- a) Relazione conclusiva contenente sia una nota tecnica descrittiva della prospezione eseguita (con indicazioni del numero del foro, ubicazione, modalità esecutive, caratteristiche della tubazione installata, quote della bocca foro e del fondo foro ecc.), sia uno schema geometrico di installazione dei fori (completo di grafici e tabulati del rilievo della verticalità e della distanza tra fori) sia gli algoritmi di calcolo impiegati (tabelle e tavole ad integrazione e chiarimento delle analisi), dovrà inoltre contenere una diagrafia con tutte le indicazioni riferibili ai dati misurati o calcolati (stratigrafia del sondaggio, tempi di arrivo delle onde P e S, velocità delle onde di P e S per ogni stazione, velocità intervallari delle onde P e S, attenuazione e fattore Q, coefficiente di Poisson dinamico, moduli di elasticità, di taglio e di compressibilità dinamici, tracce sismografiche onde P e S, misure inclinometriche e risultanze finali ed interpretative);
- b) Sismogrammi in originale correlati dalle informazioni necessarie all'identificazione dei singoli tiri.

3.6.4.5 Prospezione geosismica attiva di superficie del tipo Multichannel Analysis of Surface Waves (M.A.S.W.)

La prospezione geosismica attiva di superficie di tipo M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves), viene utilizzata per la determinazione del profilo di velocità delle onde di taglio (Vs) e del parametro Vs30

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 70 di 232

(velocità media delle onde di taglio nei primi 30 metri sotto il p.c.), attraverso il rilevamento delle onde Rayleigh, tramite stendimento di 12 o 24 geofoni-ricevitori o accelerometri allineati, disposti con distanza intergeofonica non superiore a 5 metri.

Con tale metodologia vengono determinate le curve di dispersione delle onde superficiali di tipo Rayleigh, generate con idonei sistemi di energizzazione e registrate con 12 o 24 geofoni verticali disposti secondo geometria lineare ed offset a distanza non inferiore a tre volte il C-spacing e wave number, aventi diverso periodo di oscillazione (10 Hz, 4,5 Hz).

Documenti da consegnare

a) Relazione riepilogativa contenente:

- ubicazione della verticale di esplorazione (espressa in termini di coordinate planimetriche ed altimetriche);
- posizione, rispetto alla verticale, dei ricevitori e della sorgente;
- descrizione della strumentazione utilizzata;
- i segnali registrati dai ricevitori, specificando l'interasse corrispondente tra i ricevitori e la posizione della sorgente;
- il criterio di elaborazione adottato per il calcolo delle velocità e i corrispondenti elaborati;
- l'inversione del modello di rigidità del sottosuolo fino al raggiungimento del miglior "fitting" tra i dati sperimentali e teorici;
- il diagramma che riporta le velocità delle onde di taglio stimate sull'asse delle ascisse in funzione della profondità in metri sull'asse delle ordinate, secondo la Normativa Tecnica vigente.

3.6.4.6 Prospezione geofisica con metodo sismico passivo dei microtremori a rifrazione del tipo Refraction Microtremor (Re.Mi.)

La prospezione geofisica con metodo sismico passivo dei microtremori a rifrazione Re.Mi (Refraction Microtremor), permette la determinazione del profilo di velocità delle onde di taglio (V_s) e del parametro V_{s30} (velocità media delle onde di taglio nei primi 30 metri sotto il p.c.), attraverso l'utilizzo di uno stendimento di 24 geofoni verticali, disposti con distanza intergeofonica non superiore a 5 metri, con frequenza propria di 4,5 Hz.

Il metodo Re.Mi. consiste nell'acquisizione e nell'analisi dei microtremori, con processo di inversione e interpretazione secondo la metodologia di analisi del rapporto spettrale H/V o di Nakamura, eseguita con stendimento di 24 geofoni verticali non allineati e opportunamente distribuiti.

A. Modalità esecutive

L'acquisizione dati consiste nella registrazione, per la durata di diversi secondi, delle onde di superficie generate dall'ambiente in corrispondenza dello stendimento sismico.

I parametri di acquisizione da adottare dovranno essere i seguenti:

- sample rate 2 m/s;
- record length 32 sec.

L'acquisizione delle misure deve essere ripetuta 10 volte, con un intervallo tra un gruppo di prime 5 acquisizioni e il gruppo di successive 5 acquisizioni.

Tra i due gruppi di acquisizione si dovrà provvedere a ruotare di 90° i singoli geofoni, senza modificarne l'ubicazione.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 71 di 232

Documenti da consegnare

a) Relazione riepilogativa contenente:

- grafici del profilo di velocità in onde S e classificazione del sottosuolo ai sensi della Normativa Tecnica vigente;
- l'inversione del modello di rigidità del sottosuolo secondo la procedura di Nakamura;
- planimetria con ubicazione dello stendimento;
- procedure di esecuzione della prova.

3.6.4.7 Misure di rumore sismico ambientale a stazione singola tramite metodo HVSR

Questa tecnica si basa essenzialmente sul rapporto spettrale H/V (rapporto di ampiezza fra le componenti spettrali del rumore sismico misurate sul piano orizzontale e verticale) di rumore ambientale (seismic noise) e permette di valutare la frequenza di risonanza di un sito. La tecnica proposta da Nakamura assume che i microtremitori (rumore ambientale a corto periodo, registrabile in qualunque momento posizionando un sensore sismico sul terreno) consistano principalmente di un tipo di onde superficiali, le onde di Rayleigh, che si propagano in un singolo strato sovrastante su semispazio e che la presenza di questo strato sia la causa dell'amplificazione al sito.

Attraverso un sistema di acquisizione composto da un sensore a tre componenti, da un convertitore analogico digitale e da un GPS, si registrano finestre di rumore ambientale dalle quali è possibile elaborare i rapporti H/V; tali rapporti presentano valori differenti a seconda del sito considerato, mostrando a seconda dei casi un picco di amplificazione in corrispondenza della frequenza fondamentale del sito (esso dipende da alcune caratteristiche dei litotipi di indagine, tra le quali le più importanti sono lo spessore delle coltri di copertura e i differenti parametri geotecnici e geofisici che definiscono il contrasto tra i diversi litotipi).

A. Modalità esecutive

La strumentazione di acquisizione presenta le seguenti specifiche:

- trasduttori tricomponenti (N-S, E-W, verticale) a bassa frequenza (< 1-2 Hz);
- amplificatori;
- digitalizzatore;
- frequenza di campionamento: > 50 Hz;
- convertitore A/D (analogico digitale) a 16 o 24 bit;
- durata registrazione: >30 minuti;
- collegamento al tempo GPS per la referenziazione temporale.

Lo strumento di misura composto da geofoni a tre componenti orientati secondo una terna di assi cartesiani (si assume la convenzione descritta nelle linee guida del Progetto SESAME secondo la quale l'asse Z corrisponde al geofono verticale, l'asse X e l'asse Y corrispondono rispettivamente al geofono orizzontale orientato nella direzione Est-Ovest e al geofono orizzontale orientato nella direzione Nord-Sud) dovrà essere dotato di bolla sferica per il posizionamento, mentre l'accoppiamento con la superficie dovrà essere diretto o assicurato con piedini o puntazze in terreni morbidi. E' altresì indispensabile prestare attenzione alla presenza di radici, sottoservizi, vicinanza edifici, vento ecc., in quanto possono creare disturbo nell'effettuazione delle misure, inducendo una forte perturbazione a bassa frequenza. Si dovrà specificare il tipo di apparecchiatura utilizzata e documentare le condizioni in cui viene registrato il rumore ambientale.

Per uno studio di risposta di sito si dovranno effettuare almeno tre misure, ognuna di almeno 30 minuti per punto, da cui derivare il valore di frequenza di risonanza. Per l'elaborazione dei dati si dovrà impiegare un software in grado di consentire la determinazione delle frequenze di risonanza del sottosuolo, mediante la tecnica dei rapporti spettrali secondo le linee guida del progetto europeo SESAME (Site EffectS assessment

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 72 di 232

using Ambient Excitations, 2005). Il metodo non è utilizzabile per la ricostruzione del modello sismostratigrafico del sottosuolo, a meno di una elaborazione congiunta con i risultati di indagini sismiche attive e in presenza di specifiche tarature stratigrafiche.

I principali passi del processing dovranno essere i seguenti:

- suddivisione della finestra di registrazione completa in sotto-finestre di almeno 120 sec.;
- eliminazione delle sotto-finestre eventualmente contenenti transienti;
- FFT (Fast Fourier Transform) incluso il tapering;
- operatore di smoothing (Konno & Ohmachi valida per frequenze <1Hz e Hanning valida per frequenze >1Hz);
- merging dei componenti orizzontali;
- H/V Spectral Ratio per ogni sotto-finestra utilizzata ;
- media della curva H/V;
- valutazione della deviazione standard.

Le risultanze dell'elaborazione dovranno essere presentate mediante graficizzazione dei rapporti spettrali H/V delle varie componenti, indicando il massimo del rapporto HVSR nel valore di “fr” (frequenza fondamentale di risonanza) e la sua deviazione standard. I risultati forniti devono essere comprensivi anche degli spettri iniziali non processati, in modo da rendere possibile la valutazione, anche a posteriori, dell'effettiva qualità del rapporto spettrale. E' consigliato un confronto dei risultati ottenuti tramite rumore ambientale con le funzioni di trasferimento derivate attraverso l'applicazione di tecniche a singola stazione (H/V) o a stazione di riferimento basate sull'analisi di terremoti, nel caso in cui questi siano disponibili.

Documenti da consegnare

La documentazione dovrà contenere:

- descrizione delle procedure eseguite (frequenza di campionamento, durata della registrazione);
- planimetria su base CTR con ubicazione della prova e posizionamento dello strumento;
- criteri di attendibilità della misura;
- criteri di validità del picco di fr;
- valori di soglia delle condizioni di stabilità;
- curve H/V con deviazione standard in tutto l'intervallo di frequenze considerato;
- indicazione dei vari picchi ottenuti e deviazione standard in ampiezza e frequenza;
- tabella con i parametri di qualità secondo le linee guida del progetto europeo SESAME;
- verifica dell'assenza di rumore elettromagnetico ;
- interpretazione di “fr” e dello spettro H/V nei termini di caratteristiche del sito;
- valutazione dell'omogeneità del sito rispetto alle frequenze di risonanza;
- spessori della coltre di copertura;
- informazioni aggiuntive riguardanti la stazionarietà del segnale durante la registrazione e la direttività.

3.6.4.8 Misure di rumore sismico ambientale ad antenna sismica tramite procedura ESAC

Questa tecnica basata sul metodo d'indagine ESAC (AKI 1959) ad antenna singola (array) utilizza una procedura indiretta per la determinazione delle velocità di fase apparente o effettiva delle onde di Rayleigh a partire da misure di vibrazioni ambientali senza dover operare con una sorgente attiva, condotta con gruppi di sensori sismici distribuiti sulla superficie del terreno da indagare (antenna sismica o seismic array). Dato che il rumore ambientale è in genere caratterizzato da onde a basse frequenze (<10-15Hz), la velocità di fase apparente fornita dal metodo riguarda le basse frequenze e quindi gli strati di terreno o roccia più profondi.

Con la tecnica ad antenna singola (array) vengono analizzati i rapporti di fase tra i treni d'onda che

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 73 di 232

attraversano un'antenna sismica ovvero una distribuzione di sensori disposti con geometrie variabili sulla superficie del terreno, che nella pratica comune possono essere a "L", "T", croce, "X", triangolo, rettangolo, cerchio o a disposizione random.

In particolare, la procedura è finalizzata alla determinazione delle velocità di propagazione delle onde superficiali presenti nel campo delle vibrazioni ambientali alle varie frequenze di vibrazione ("curve di dispersione"). Questa informazione verrà poi utilizzata all'interno di una procedura di inversione per dedurre il profilo di velocità delle onde S nel sottosuolo nell'ipotesi che questo sia costituito da una pila di strati orizzontali sovrapposti ed omogenei al loro interno.

Uno stendimento ESAC è realizzato mediante l'utilizzo della classica strumentazione per l'esecuzione di una prospezione sismica a rifrazione con geofoni a componenti verticale da 4,5 Hz disposti secondo una geometria 2D (a "L", croci o cerchi).

L'esito finale di questo tipo di misura è una curva che rappresenta l'andamento delle velocità di fase degli strati di terreno profondi (oltre 50-60 m) in funzione della frequenza di vibrazione.

A. Modalità esecutive

La strumentazione di acquisizione presenta le seguenti specifiche:

- Sismografo dotato di almeno 24 canali;
- Numero di geofoni: ≥ 12
- Frequenza di risonanza dei geofoni: $< 4,5$ Hz
- Passo di campionamento: 2-5 ms
- Spaziatura geofoni: > 3 m
- Frequenza di campionamento: 200-500 Hz;
- Durata della registrazione: > 20 min

Documenti da consegnare

Relazione riepilogativa contenente:

- ubicazione della verticale di esplorazione (espressa in termini di coordinate planimetriche ed altimetriche);
- posizione, rispetto alla verticale, dei ricevitori e della sorgente;
- descrizione della strumentazione utilizzata;
- descrizione del criterio di elaborazione del segnale adottato;
- descrizione della fase di picking della curva di dispersione sperimentale apparente complessiva;
- curva di dispersione effettiva;
- l'inversione del modello di rigidità del sottosuolo fino al raggiungimento del miglior "fitting" tra i dati sperimentali e teorici;
- verifica della compatibilità del profilo ottimale determinato confrontando il risultato ottenuto con il metodo HVSR nel caso sia stato eseguito.

3.6.4.9 Prospezione sismica tomografica

La prospezione sismica tomografica, che si esegue in corrispondenza di una sezione delimitata da due superfici comunque inclinate (un foro di sondaggio e la superficie topografica, due fori di sondaggio, ecc.), consiste nel rilievo della velocità di propagazione di onde sismiche generate ad intervalli costanti in corrispondenza di una delle due superfici in modo da ottenere una fitta rete di percorsi sismici che permettano di dettagliare la distribuzione delle velocità sismiche nella sezione indagata.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 74 di 232

A. Strumentazione

La strumentazione di acquisizione dati dovrà avere le seguenti caratteristiche minime:

- sismografo registratore ad almeno 12 canali con capacità di campionamento dei segnali tra 0,025 e 2 msec, dotato di filtri High Pass, Band Pass e Band Reject, di "Automatic Gain Control" e di convertitore A/D del segnale campionato, almeno a 16 bit;
- geofoni di superficie e da foro con frequenza compresa tra 8 e 14 Hz, collegati ad un cavo metrato; il geofono da foro deve essere a contatto con il rivestimento per mezzo di un dispositivo di bloccaggio meccanico o pneumatico;
- sistema di comunicazione e di trasmissione del "tempo zero" (time break);
- sistema di energizzazione, preferibilmente di tipo non distruttivo; sono impiegabili sistemi quali il cannoncino sismico (in grado di fornire una velocità alla bocca foro di 400-600 m/s), le microcariche di esplosivo. L'Esecutore dovrà dimensionare correttamente la sorgente di energia in funzione della natura e delle caratteristiche dei terreni interessati che sono da considerarsi noti in quanto le misure sono successive alla perforazione dei sondaggi entro i quali si eseguono le stesse.

Nel caso in cui sia previsto anche il rilievo delle onde di taglio i geofoni ed il sistema di energizzazione dovranno avere le caratteristiche indicate nella prova Cross-Hole (paragrafo 3.6.4.4).

B. Modalità esecutive

L'esecuzione della prova sismica tomografica richiede la predisposizione di almeno un foro di sondaggio di diametro sufficiente a permettere l'installazione in ciascun foro di un tubo in PVC munito dei necessari complementi per eseguire la cementazione dello stesso da fondo foro verso la superficie.

I fori andranno eseguiti con le stesse modalità della prova Down-Hole cui si rimanda (paragrafo 3.6.4.3 – punto "B. Modalità esecutive").

La distanza tra gli assi dei fori, nonché la loro direzione, dovrà essere misurata mediante un apposito rilievo inclinometrico. La misura della deviazione dell'asse (inclinazione dell'asse e rilievo azimutale) dovrà essere eseguita con una sonda inclinometrica avente caratteristiche di precisione 5' sessagesimali e da un sensore di riferimento magnetico con precisione maggiore di $\pm 2^\circ$.

L'esecuzione della prospezione prevede l'utilizzo di una catena di geofoni se in superficie o di geofoni da foro se all'interno di un foro di sondaggio, posti a distanza prefissata. L'energizzazione dovrà essere eseguita o in foro oppure in superficie. Il posizionamento dei punti di energizzazione dovrà essere in numero uguale o maggiore del numero di sensori impiegati in modo tale da potere ottenere un reticolo di analisi adeguato agli scopi della ricerca ed in ogni caso dovranno essere preventivamente autorizzata dalle Ferrovie.

L'energizzazione inoltre dovrà essere adeguata alle distanze tra le sorgenti ed i ricevitori nonché alla risoluzione richiesta.

A seguito delle operazioni preliminare le modalità di esecuzione della prospezione tomografica saranno di massima le seguenti:

- posizionamento del sistema di energizzazione in un foro (o in superficie) e di una catena di almeno dodici geofoni, collegati in continuità elastica con le pareti del tubo in PVC, nel secondo foro (o in superficie);
- sparo e registrazione dei tempi di arrivo degli impulsi sismici ai geofoni in foro (o in superficie);
- traslazione della sorgente di energia mantenendo fissa la posizione della catena di geofoni;
- ripetizione dell'operazione di sparo e registrazione;
- spostamento della catena di geofoni dopo aver eseguito un numero di tiri pari al numero di geofoni della catena stessa e ripetizione delle operazioni descritte ai punti precedenti.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 75 di 232

L'elaborazione delle misure sismiche dovrà essere eseguita con tecnica tomografica suddividendo l'area indagata, delimitata dai fori di sondaggio e dalla superficie di campagna, in celle di dimensioni appropriate in funzione dell'estensione dell'area stessa e del numero di raggi sismici rilevati.

Di norma le celle unitarie avranno forma rettangolare di dimensione orizzontale e verticale (asse x ed asse z) pari rispettivamente a $1/3 \div 1/5$ e $1/5 \div 1/10$ della spaziatura tra i geofoni. A ciascuna cella verrà associato un valore di velocità di propagazione delle onde sismiche. I diversi algoritmi (ART, SIRT, ILST ...) disponibili per l'elaborazione e l'interpretazione dei dati seguono in sostanza un modello di calcolo iterativo i cui passi principali sono così sintetizzabili in:

- 1) lettura dei primi arrivi;
- 2) costruzione della famiglia di dati;
- 3) determinazione del modello di velocità di 1^a fase;
- 4) calcolo dei tempi teorici di propagazione;
- 5) confronto tra tempi di propagazione teorici e quelli rilevati;
- 6) modifica e adattamento del modello di velocità.

Ove non si disponga di adeguata cartografia di base che permetta una precisa ubicazione di tutti i punti di stazione (geofoni e punti di energizzazione), si dovrà ricorrere ad un rilievo planoaltimetrico, con precisione di $\pm 0,5$ cm, da riferirsi a capisaldi topografici chiaramente individuati sul terreno e riportati sulla carta topografica.

Documenti da consegnare

- a) Relazione descrittiva delle operazioni eseguite, delle attrezzature impiegate e dei criteri logici e matematici di elaborazione delle misure eseguite. La relazione dovrà anche riportare in sintesi i risultati ottenuti, con la relativa interpretazione, e rappresentati nella documentazione grafica prodotta;
- b) Planimetria con l'esatta ubicazione delle misure effettuate;
- c) Sezioni tomografiche, in tonalità diverse di colore, in termini di ray tracing, di densità dei dati e di velocità delle onde generate;
- d) Tabelle dei dati rilevati e di quelli calcolati;
- e) Sismogrammi in originale corredati dalle indicazioni necessarie all'identificazione di ogni singolo tiro.

3.6.5 PROVE SONICHE

3.6.5.1 Carotaggio sonico in foro di sondaggio.


Con tale metodo geofisico viene rilevata la velocità delle onde elastiche longitudinali lungo l'asse di un foro mediante una strumentazione dotata di un generatore di impulsi di onde ultrasoniche e di uno o due ricevitori.

A. Strumentazione

La sonda di prova, costituita da un corpo cilindrico, dovrà essere dotata di almeno una sorgente di impulsi sonici (nel campo delle frequenze ultrasoniche) ubicata all'estremità superiore e da 1 oppure 2 ricevitori, all'estremità inferiore, separati da una distanza di $80 \div 100$ cm.

Lo spazio all'interno della sonda deve essere costituito da materiale isolante in grado di impedire la diretta propagazione dell'impulso sonico dalla sorgente al ricevitore lungo la sonda stessa. Nel caso di sonda con due ricevitori, anche questi due dovranno essere separati da un corpo intermedio in grado di assorbire gli impulsi diretti.

La sonda di prova dovrà essere collegata, tramite cavi elettrici di connessione, ad una centralina di ricezione del segnale in grado di registrare il tempo di tragitto dell'impulso da sorgente a ricevitore in millisecondi.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 76 di 232

B. Modalità esecutive

Il carotaggio sonico dovrà essere eseguito in foro di sondaggio non rivestito.

La sequenza operativa di esecuzione del carotaggio può essere così sintetizzata:

- 1) posizionamento della sonda alla quota prefissata (normalmente fondo foro);
- 2) esecuzione della misura del tempo di percorrenza sorgente-ricevitore/i delle onde elastiche;
- 3) traslazione della sonda di distanza fissa pari a $0,25 \pm 0,50$ m e ripetizione delle operazioni di cui ai punti precedenti.

Documenti da consegnare.

- a) Relazione descrittiva delle operazioni eseguite con commenti e valutazioni interpretative dei risultati ottenuti;
- b) Diaframie che correlino, per ciascuna profondità del foro investigato, la corrispondente velocità di propagazione dell'onda nel mezzo oggetto di rilevazione;
- c) Diagrammi di registrazione corredati delle indicazioni necessarie a ricostruire la correlazione con la profondità.

3.7 INDAGINI GEOGNOSTICHE

3.7.1 PERFORAZIONI E SONDAGGI.

3.7.1.1 Perforazione ad andamento verticale o con inclinazione inferiore o uguale a 15 gradi, eseguita a distruzione di nucleo.

I sondaggi con perforazione a distruzione di nucleo vengono di norma eseguiti:

- per l'esecuzione di prove geotecniche, geomeccaniche o idrogeologiche a quota prestabilita;
- per l'allargamento del foro prodotto da un attrezzo impiegato per l'esecuzione di una prova in sito;
- per l'attraversamento di strati ad elevata resistenza per consentire l'approfondimento di prove in sito;
- per eseguire sondaggi speditivi atti al riconoscimento indiretto della stratigrafia dei terreni;
- per la posa in opera di strumentazioni ed apparecchiature di controllo e monitoraggio.

A. Strumentazione

A.1. Sonda di perforazione

Le attrezzature da impiegare per la perforazione devono essere esclusivamente del tipo a rotazione o rotopercolazione tali da permettere l'esecuzione di quanto descritto ai successivi punti.

Le attrezzature a rotazione devono avere caratteristiche idonee all'esecuzione del programma di indagini con i requisiti minimi sottoelencati:

Velocità di rotazione	0 ÷ 500	(rpm)
Coppia massima	≥ 400	(kgm)
Corsa continua	≥ 150	(cm)
Spinta	≥ 4000	(kg)
Tiro	≥ 4000	(kg)
Pompa per fluidi di perforazione	30÷60	[bar (pressione)]
	90÷200	[litri (portata)]
Pompa ad alta pressione (100 bar) per il campionamento	presente	
Argano a fune	presente	

La pompa dovrà avere un circuito supplementare per il rabbocco del fluido a testa foro.

Nel caso di impiego di fanghi di circolazione dovrà essere disponibile l'impianto per la preparazione ed il recupero degli stessi.

Tutte le attrezzature operanti dovranno essere dotate di idoneo manometro per il controllo delle condizioni operative.

Il corredo della sonda deve essere completo di tutti gli accessori necessari per l'esecuzione del lavoro degli utensili per la riparazione dei guasti di ordinaria entità.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 78 di 232

A.2. Utensili di perforazione

Dovranno essere disponibili in cantiere:

- triconi o utensili a distruzione dotati di fori radiali per la fuoriuscita del fluido di circolazione;
- carotieri semplici e/o doppi.

A.3. Utensili di pulizia fondo foro

Dovranno essere disponibili in cantiere:

- carotiere semplice con $L = 40 \div 80$ cm;
- attrezzo a fori radiali, da impiegarsi con circolazione di fluido uscente dall'utensile con inclinazione di $45^\circ \div 90^\circ$ rispetto alla verticale;
- campionatore a pareti grosse $\varnothing = 100$ mm, con cestello di ritenuta alla base, per l'asportazione di eventuali ciottoli.

A.4. Rivestimento provvisorio

Nel caso di utilizzo di rivestimenti associati alla perforazione ad aste, essi saranno in acciaio, con le seguenti caratteristiche:

- spessore tubo: $s = 8 \div 10$ mm
- diametro esterno: $\varnothing_{est} = 127 \div 152$ mm
- lunghezza spezzoni: $L = 50 \div 200$ cm

La tubazione di rivestimento provvisorio deve avere un diametro adeguato al diametro dell'utensile di perforazione e deve essere infissa dopo ogni manovra fino alla quota raggiunta dalla perforazione stessa.

A.5. Strumenti di controllo e prova

Devono fare parte del corredo delle attrezzature anche i seguenti strumenti:

- scandaglio a filo graduato per la misurazione della quota effettiva di fondo foro;
- sonda piezometrica elettrica;
- penetrometro tascabile (fondo scala 0,5 e 1 MPa) e scissometro tascabile (fondo scala 100 e 240 kPa);
- sclerometro da roccia tipo L (martello di Schmidt) per la misura della resistenza;
- profilografo a pettine (pettine di Barton) per il rilievo dei profili di rugosità dei giunti;
- calibro e spessimetro a lamelle per la misura dell'apertura dei giunti;
- HCl diluito al 5% per la classificazione di rocce carbonatiche.

Le Ferrovie si riservano la possibilità di autorizzare l'impiego di attrezzature con requisiti diversi da quelli sopraelencati.

B. Modalità esecutive

B.1. Generalità

La perforazione a distruzione di nucleo, a rotazione o a rotopercolazione, può essere eseguita con diametro variabile (comunque non inferiore a mm 100 a meno di specifica richiesta delle Ferrovie) impiegando gli utensili di cui al punto precedente.

La eventuale proposta di modifica del diametro di perforazione, definita in funzione delle prove da eseguire e/o degli strumenti da installare in foro, dovrà essere preventivamente approvata dalle Ferrovie.

Se necessario dovrà essere impiegata una tubazione metallica provvisoria di rivestimento con le caratteristiche di cui al punto precedente.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 79 di 232

Per quanto riguarda la stabilità del fondo foro, la pulizia dello stesso, il rilievo della falda, l'eventuale prelievo di campioni indisturbati nonché il riempimento dei fori di perforazione si dovrà fare riferimento a quanto specificato per i sondaggi a carotaggio continuo.

Se durante l'esecuzione della perforazione è richiesta la registrazione continua dei parametri di perforazione la spinta applicata all'utensile dovrà essere mantenuta costante per l'intera verticale di prova e dovrà essere tale da assicurare il superamento dei livelli più resistenti senza eccessiva perdita di leggibilità dei risultati negli strati meno resistenti.

Il fluido di circolazione sarà costituito da fanghi bentonitici o polimerici salvo diverse indicazioni da parte delle Ferrovie.

B.1.1. Perforazione a distruzione di nucleo nei terreni sciolti

Nei terreni sciolti a granulometria fine (argilla, limo e sabbia) la perforazione sarà eseguita a rotazione con l'impiego di scalpelli a lame con circolazione di acqua e fango bentonitico con o senza polimeri.

Nei materiali sciolti a granulometria grossolana (ghiaia, ciottoli) si useranno di preferenza scalpelli a rulli (triconi).

In entrambi i casi le pareti del foro saranno sostenute con tubi di rivestimento provvisorio oppure con fanghi bentonitici o a base di polimeri.

Nei casi in cui le condizioni lo consentano, la perforazione potrà essere eseguita solamente con i tubi di rivestimento provvisorio, con circolazione di acqua e fango. In tal caso si potranno rendere necessarie delle manovre di pulizia del foro.

Nei terreni sciolti con presenza di grossi elementi lapidei (blocchi, trovanti) alternati a terreni a granulometria minore potrà essere utilizzato l'impiego del metodo di perforazione Odex. Tale metodo prevede l'uso combinato di un martello a fondo foro con eccentrico e del rivestimento metallico provvisorio.

B.1.2. Perforazione a distruzione di nucleo nelle rocce

Nei materiali lapidei la perforazione a distruzione verrà eseguita a rotazione o a rotopercolazione. Nel primo caso si userà uno scalpello a rulli (tricono) con circolazione di acqua o fango. Nel secondo caso, invece, si userà il martello a fondo foro e, come fluido, aria in pressione eventualmente insieme a prodotti schiumogeni.

I detriti di perforazione dovranno essere prelevati durante l'avanzamento di tutto il sondaggio e dopo essere stati lavati dovranno essere disposti, ove richiesto dalle Ferrovie, nelle cassette catalogatrici con l'indicazione chiara del sondaggio e dell'intervallo di profondità di riferimento.

B.1.3. Registrazione continua dei parametri di perforazione

Ove richiesto dalle Ferrovie, per tutta la perforazione e/o parte di essa, dovranno essere registrati, in funzione del tempo o della profondità di perforazione, tramite idonei sensori elettrici di misura direttamente collegati ai circuiti di trasmissione oleopneumatica, i seguenti parametri:

- velocità di rotazione dell'utensile (V_r);
- velocità istantanea di avanzamento (V_a);
- spinta applicata sull'utensile di perforazione (PCS);
- pressione del fluido di circolazione (PIF);
- coppia di rotazione assorbita.

Ove possibile dovrà inoltre essere determinato, in continuo, anche il volume del fluido iniettato dalla pompa solidale all'attrezzatura di perforazione utilizzata ed allo scopo opportunamente attrezzata.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 80 di 232

Il numero dei parametri di perforazione da registrare, non dovrà essere comunque inferiore a tre (velocità istantanea di avanzamento, spinta sull'utensile di perforazione, coppia di rotazione).

La registrazione dei parametri dovrà avvenire preferibilmente con la frequenza di un'operazione di memorizzazione per 1 cm di avanzamento dell'utensile oppure con la frequenza di una registrazione al minuto, nel caso di avanzamenti inferiori a 1 cm/minuto. In ogni caso la frequenza di registrazione non dovrà mai essere superiore a 5 cm di avanzamento.

I dati rilevati dovranno essere memorizzati tramite idoneo registratore (analogico/digitale) e dovranno poter essere elaborati automaticamente in cantiere, prevedendo allo scopo dispositivi di visualizzazione o di stampa delle diagrafie provvisorie tali da consentire ove necessario la verifica da parte delle Ferrovie della validità, oltre che dell'accuratezza, del programma di prove attuato.

Al termine delle prove saranno consegnati i grafici contenenti, in ascisse, le scale di riferimento relative a ciascun parametro misurato ed, in ordinate, i tempi e/o le relative profondità d'investigazione.

Le diagrafie di cui alla presente voce dovranno inoltre indicare il tipo di operazione condotta (perforazione o campionamento).

La bocca dei sondaggi dovrà essere sistemata con chiusino oppure si dovrà procedere attraverso intasamento del foro di sondaggio con miscela cementizia costituita dai seguenti componenti nelle proporzioni elencate (in peso): acqua -100-; cemento -30-; bentonite: -5-.

L'inserimento della miscela nel foro di sondaggio sarà eseguito dal fondo, in risalita, con una batteria di tubi apposita o con manichetta flessibile. Il riempimento del foro dovrà risultare omogeneo e privo di cavità.

Documenti da consegnare

Per ogni perforazione eseguita dovranno essere consegnati i seguenti elaborati:

- a) Colonna stratigrafica, basata sull'esame dei detriti, con esplicite indicazioni relative a:
- cantiere;
 - numero e ubicazione precisa della perforazione;
 - data di inizio e di ultimazione;
 - attrezzatura e sistema di perforazione;
 - utensile/i di perforazione;
 - fluido/i di circolazione;
 - accorgimenti per assicurare la stabilità delle pareti del foro;
 - quota assoluta del piano campagna;
 - profondità e quota assoluta iniziale e finale di ogni strato di terreno attraversato;
 - numero ed ubicazione delle carote prelevate;
 - inclinazione del foro mediante misure dei cateti orizzontale e verticale del triangolo rettangolo avente per ipotenusa la direzione di perforazione riferito al nord;
 - natura e caratteristiche geolitologiche di massima dei terreni attraversati;
 - presenza ed ubicazione precisa dei livelli acquiferi eventualmente intercettati e relative quote di livello statico;
 - eventuali anomalie o difficoltà particolari riscontrate durante la perforazione, nonché qualsiasi altra indicazione ritenuta utile dall'operatore o dalle Ferrovie ai fini dell'indagine.

Riferimenti normativi:

- Associazione Geotecnica Italiana (1977). Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche.

3.7.1.2 Sondaggio geognostico ad andamento verticale o con inclinazione inferiore o uguale a 15 gradi eseguito a carotaggio continuo.

La perforazione a carotaggio continuo si esegue quando, per il riconoscimento del terreno, devono essere prelevati, senza soluzione di continuità, campioni rappresentativi dei sedimenti e deve essere rilevata la completa stratigrafia dei terreni attraversati nonché la presenza e la natura delle discontinuità.

L'esecuzione di sondaggi a carotaggio continuo dovrà permettere quindi:

- la descrizione stratigrafica in chiave geotecnica e/o geomeccanica dei materiali incontrati nella perforazione;
- il prelievo di campioni indisturbati;
- l'esecuzione in foro di prove geotecniche, geomeccaniche e idrogeologiche;
- l'attrezzaggio del foro per prove di controllo e di monitoraggio;
- il rilievo del livello piezometrico della falda.

A. Strumentazione

A.1. Sonda di perforazione

Le attrezzature da impiegare per la perforazione devono essere del tipo a rotazione o rotopercolazione tali da permettere l'esecuzione di quanto descritto ai successivi punti.

Le attrezzature a rotazione devono avere caratteristiche idonee all'esecuzione del programma di indagini con i requisiti minimi elencati di seguito:

Velocità di rotazione	0 ÷ 500	(rpm)
Coppia massima	≥ 400	(kgm)
Corsa continua	≥ 150	(cm)
Spinta	≥ 4000	(kg)
Tiro	≥ 4000	(kg)
Pompa per fluidi di perforazione	30÷60	[bar (pressione)]
	90÷200	[litri (portata)]
Pompa ad alta pressione (100 bar) per il campionamento	presente	
Argano a fune	presente	

La pompa dovrà avere un circuito supplementare per il rabbocco del fluido a testa foro.

Nel caso di impiego di fanghi di circolazione dovrà essere disponibile l'impianto per la preparazione ed il recupero degli stessi.

L'eventuale impiego di fluidi di circolazione e raffreddamento dovrà essere approvato dalle Ferrovie. L'utilizzo di fanghi richiede l'adozione di un impianto per la preparazione, il recupero e la pulizia medesimi.

Tutte le attrezzature operanti dovranno essere dotate di idoneo manometro avente lo scopo di controllare rapidamente che non vi siano sovrappressioni del fluido di perforazione sia durante la perforazione sia du-

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 82 di 232

rante il prelievo di campioni indisturbati.

Il corredo della sonda deve essere completo di tutti gli accessori necessari per l'esecuzione del lavoro degli utensili per la riparazione dei guasti di ordinaria entità.

A.2. Utensili di perforazione

Dovranno essere disponibili in cantiere:

- carotiere semplice, con valvola di testa a sfera e calice per perforazione a secco:
 - diametro nominale: $\varnothing_{est} = 101\div 146$ mm
 - lunghezza utile: $L = 150\div 300$ cm
- carotiere doppio a corona sottile (T2, T6) con estrattore per perforazione con fluido:
 - diametro nominale: $\varnothing_{est} \geq 101$ mm
 - lunghezza utile: $L = 150\div 300$ cm
- carotiere triplo con porta campione interno estraibile ed apribile longitudinalmente (T6S), con estrattore per perforazione con fluido:
 - diametro nominale: $\varnothing_{est} \geq 101$ mm
 - lunghezza utile: $L = 150$ cm
- corone di perforazione in widia e diamantate;
- aste di perforazione con filettatura troncoconica:
 - diametro esterno: $\varnothing_{est} = 67\div 76$ mm
 - lunghezza utile: $L = 150$ cm, 300 cm

Nel caso di avanzamento con metodologia wire-line dovranno essere disponibili carotieri doppi (PQ, HQ) e/o tripli (PQ3, HQ3).

A.3. Utensili di pulizia fondo foro

Dovranno essere disponibili in cantiere:

- carotiere semplice $L = 40\div 80$ cm;
- attrezzo a fori radiali, da impiegarsi con circolazione di fluido uscente dall'utensile con inclinazione di $45^\circ \div 90^\circ$ rispetto alla verticale;
- campionatore a pareti grosse $\varnothing = 100$ mm, con cestello di ritenuta alla base, per l'asportazione di eventuali ciottoli.

A.4. Rivestimento provvisorio

Nel caso di utilizzo di rivestimenti associati alla perforazione ad aste, essi saranno in acciaio, con le seguenti caratteristiche:

- spessore tubo: $s = 8\div 10$ mm
- diametro esterno: $\varnothing_{est} = 127\div 152$ mm
- lunghezza spezzoni: $L = 50\div 200$ cm

La tubazione di rivestimento provvisorio deve avere un diametro adeguato al diametro dell'utensile di perforazione e deve essere infissa dopo ogni manovra fino alla quota raggiunta dalla perforazione stessa.

A.5. Strumenti di controllo e prova

Devono fare parte del corredo delle attrezzature anche i seguenti strumenti:

- scandaglio a filo graduato per la misurazione della quota effettiva di fondo foro;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 83 di 232

- sonda piezometrica elettrica;
- penetrometro tascabile (fondo scala 0,5 e 1 MPa) e scissometro tascabile (fondo scala 100 e 240 kPa);
- sclerometro da roccia tipo L (martello di Schmidt) per la misura della resistenza;
- profilografo a pettine (pettine di Barton) per il rilievo dei profili di rugosità dei giunti;
- calibro e spessimetro a lamelle per la misura dell'apertura dei giunti;
- HCl diluito al 5% per la classificazione di rocce carbonatiche.

Le Ferrovie si riservano la possibilità di autorizzare l'impiego di attrezzature con requisiti diversi da quelli sopraelencati.

B. Modalità esecutive

B.1. Installazione dell'attrezzatura di perforazione

L'installazione della postazione di sondaggio e di tutte le attrezzature necessarie deve essere effettuata in modo da consentire agli operatori accesso e permanenza agevoli nell'area di lavoro, compatibilmente con l'accessibilità generale dell'area di lavoro.

Se richiesto dalle condizioni ambientali, si dovranno eseguire, nell'area interessata, la regolarizzazione del piano di campagna mediante asportazione o riporto di terra o materiale arido ed ogni opera provvisoria atta ad impedire ristagni d'acqua.

L'attrezzatura di perforazione dovrà essere posizionata sulla verticale da indagare in modo che l'inclinazione ed eventualmente la direzione del foro non cambino in seguito a spostamenti accidentali dell'attrezzatura stessa.

Prima di iniziare la perforazione occorre orientare la guida di scorrimento della testa di rotazione della sonda secondo l'inclinazione e la direzione desiderata.

In presenza di sondaggi verticali, l'inclinazione dovrà essere controllata normalmente con una livella a bolla di lunghezza non inferiore a 50 cm oppure con un filo a piombo. In presenza di sondaggi inclinati, l'inclinazione dovrà essere fissata mediante un goniometro controllato tramite calcoli trigonometrici.

B.2. Perforazione a carotaggio continuo

Il sistema e le modalità di perforazione con carotaggio devono essere tali da rendere minimo il disturbo provocato nei terreni attraversati e tali da consentire il campionamento del terreno mediante prelievi di campioni dall'utensile di perforazione. La perforazione, inoltre, deve consentire il prelievo di campioni indisturbati nonché l'esecuzione di prove geotecniche, geomeccaniche ed idrogeologiche.

Il carotaggio dovrà essere integrale e rappresentativo dei terreni attraversati con una percentuale di recupero minima non inferiore al 90%.

In linea generale ed in relazione alle caratteristiche dei terreni la perforazione dovrà essere eseguita secondo le seguenti linee guida:

- 1) nei terreni litoidi: a rotazione con corona a widia o a diamanti ed impiego di carotiere semplice, doppio o triplo;
- 2) nei terreni coesivi: a rotazione con impiego di carotiere semplice senza fluido di circolazione oppure con impiego di carotiere doppio/triplo con debole circolazione di fluido;
- 3) nei terreni granulari: a rotazione con impiego di triplo carotiere o con carotiere semplice senza fluido di circolazione (a secco).

I carotieri saranno azionati ad aste: in alternativa si possono utilizzare, a seguito di approvazione delle

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 84 di 232

Ferrovie, sistemi "wire-line" purché si ottenga la percentuale di carotaggio richiesta e non si producano dilavamenti e/o rammollimenti del materiale. Qualora richiesto dalle Ferrovie, l'Esecutore desisterà dall'uso del sistema wire-line per proseguire con il tradizionale sistema ad aste.

B.2.1. Perforazione a carotaggio continuo nei terreni sciolti

La perforazione a carotaggio continuo sarà di norma eseguita mediante carotiere semplice.

Il carotiere semplice è un tubo di acciaio la cui estremità inferiore è costituita da una corona provvista generalmente di inserti di widia. All'estremità superiore deve essere posizionata una valvola di non ritorno a sfera che impedisca all'acqua presente nelle aste di perforazione di venire a contatto con la carota riducendone così il disturbo e la possibilità che la carota stessa fuoriesca dal carotiere.

Nei terreni sciolti (argilla, limo, sabbia, ghiaia, ciottoli) l'avanzamento del carotiere dovrà avvenire sempre a secco senza impiego di fluidi di perforazione per impedire il dilavamento delle frazioni fini.

Nei terreni sabbiosi e/o ghiaiosi per evitare l'essiccamento del materiale e la formazione dei cosiddetti "tappi" (materiale "bruciato") si dovrà regolare la velocità di rotazione su valori bassi e incrementare la pressione di spinta oppure avanzare per mezzo della sola pressione di spinta, senza rotazione, mediante piccoli movimenti in su e giù della batteria di aste collegate alla testa di rotazione o all'argano di sollevamento.

In presenza di terreni estremamente molli sarà necessario posizionare in prossimità della corona un porta-estrattore con estrattore a cestello per impedire al materiale di sfilarsi.

Al termine della manovra di carotaggio il carotiere dovrà essere estratto molto lentamente mantenendo il battente d'acqua il più elevato possibile con continui rabbocchi, al fine di evitare che la carota si sfilì per effetto pistone.

Nei materiali granulari per evitare che la carota si sfilì, sarà necessario eseguire il "tappo" negli ultimi 10-20 cm di carotaggio di ogni manovra essiccando il materiale in modo che si attacchi alle pareti del carotiere; questa operazione sarà eseguita mediante rotazione e spinta sull'utensile.

Per le operazioni di estrazione della carota dovrà essere utilizzato un estrusore idraulico oppure una scarotatrice dotata di un regolatore della pressione di estrusione e di un tampone a tenuta che impedisca il contatto della carota con il fluido di spinta.

Prima di ogni manovra di campionamento o di prova geotecnica in foro dovrà essere misurata con precisione la profondità del foro utilizzando uno scandaglio a filo graduato. Qualora vi sia differenza tra la quota raggiunta con la perforazione e la quota misurata si deve procedere alla pulizia del foro con apposita manovra.

La pompa utilizzata per la circolazione dei fanghi dovrà avere una potenza atta a sviluppare una adeguata velocità di fuoriuscita dei fanghi stessi dal foro onde impedire la decantazione dei detriti nel foro di sondaggio.

B.2.2. Perforazione a carotaggio continuo nei materiali lapidei

Nei materiali litoidi la perforazione a carotaggio continuo può essere eseguita con il metodo ad aste e doppio carotiere oppure con il metodo wire line.

Di norma il sistema ad aste viene adottato fino a profondità di indagine pari a 80 m, mentre il sistema wire line è preferito per profondità superiori a 80 m.

Il doppio carotiere è costituito da due tubi di acciaio coassiali; quello interno non ruota per mezzo di una speciale testa con cuscinetti a sfera.

L'intercapedine tra i due tubi consente il passaggio del fluido di perforazione che potrà essere acqua, fango bentonitico o polimeri in funzione del materiale incontrato.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 85 di 232

L'utensile di taglio sarà costituito da corona diamantata o da corona con prismi di widia.

Nella perforazione di rocce molto compatte o di calcestruzzo si dovrà utilizzare un carotiere doppio con corona diamantata e fluido di perforazione costituito da acqua.

In presenza di rocce fratturate si useranno i carotieri tripli con fluidi di perforazione costituiti da acqua, fanghi bentonitici o polimeri.

Il sistema wire line prevede l'impiego di aste speciali che funzionano anche da tubi di rivestimento provvisorio e di uno speciale doppio carotiere collegato alla prima asta.

Il tubo interno del doppio carotiere, al termine di ogni manovra di carotaggio, dovrà essere recuperato mediante l'uso di un attrezzo di pescaggio che viene calato in foro con una fune all'interno delle aste wire line.

Per le operazioni di scarotatura (estrazione della carota) dovrà essere utilizzato un estrusore idraulico oppure una scarotatrice dotata di un regolatore della pressione di estrusione e di un tampone a tenuta che impedisca il contatto della carota con il fluido di spinta.

B.3. Rivestimento provvisorio

Per evitare franamenti delle pareti del foro, la perforazione deve essere eseguita impiegando una tubazione metallica provvisoria di rivestimento o utilizzando fango bentonitico o a polimeri, salvo prescrizioni diverse delle Ferrovie. La necessità del rivestimento provvisorio è da verificarsi in relazione alle reali caratteristiche del terreno.

In generale la perforazione sarà seguita dal rivestimento provvisorio del foro solo in previsioni o assenza di autosostentamento delle pareti con l'uso del fluido in circolazione. La pressione del fluido sarà la minore possibile e controllata tramite manometro. Il disturbo arrecato al terreno deve essere contenuto nei limiti minimi, fermando se necessario la scarpa del rivestimento a 20÷50 cm dal fondo foro (con esclusione del metodo wire-line).

Di norma, il rivestimento è installato a rotazione con circolazione di fluido il cui livello deve essere sempre mantenuto mediante aggiunta opportuna fino ad una quota tale da bilanciare la pressione idrostatica nel terreno naturale (in particolare durante l'estrazione della batteria di aste).

Nei tratti di perforazione seguiti da prelievi di campioni indisturbati e/o da prove in sito al fondo foro, l'infissione della tubazione di rivestimento, così come la perforazione quando fatta con fluido di circolazione, devono avvenire evitando punte di pressione del fluido dovute ad infissione molto rapida, a formazione di "anelli" all'esterno del rivestimento oppure a formazione di tappi nel carotiere.

A tal fine occorre operare (verificando sul manometro o sul registratore) in modo che la pressione del fluido, al piano lavoro, non superi mai quella naturale alla quota del fondo foro (pari a circa 0,1 bar per ogni metro di profondità).

Al fine di minimizzare il disturbo al fondo foro il rivestimento dovrà essere arrestato 0,5 m al di sopra della quota di campionamento e/o di prova di sito prevista.

B.4. Fluidi di circolazione

Il fluido di circolazione durante l'avanzamento del rivestimento e, se consentito dalle Ferrovie, nelle fasi di perforazione potrà essere costituito da:

- acqua;
- fango bentonitico;
- fanghi polimerici.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 86 di 232

Il fango bentonitico dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- viscosità, misurata con viscosimetro Marsh, maggiore di 45 gradi Marsh;
- acqua libera minore o uguale al 2%.

La confezione e la circolazione del fango bentonitico devono essere eseguiti mediante l'uso di adeguati mescolatori, pompe, vasche di decantazione ed eventuali additivi di appesantimento o intasanti.

La composizione del fango bentonitico, prima dell'impiego deve possedere i requisiti di uniformità, costanza e stabilità richiesti e durante l'impiego non deve dar luogo a fenomeni di flocculazione.

Possono essere utilizzati fanghi polimerici o altri fluidi speciali subordinati all'approvazione delle Ferrovie e a condizione che il fluido proposto, oltre a esplicitare le funzioni di raffreddamento, di asportazione dei detriti e di eventuale sostentamento del foro, non pregiudichi la qualità del carotaggio, la possibilità di eseguire prove in sito e, soprattutto, che sia biodegradabile.

L'uso di sola acqua pulita è tassativamente prescritto nel caso si eseguano prove di permeabilità in foro.

Nel caso di installazione di piezometri è ammesso solamente l'uso di acqua o di fanghi polimerici biodegradabili entro 72 ore.

La bentonite dovrà essere verificata prelevando alcuni campioni da sacchi distinti; i campioni sottoposti ad un esame visivo non devono presentare alcuna alterazione per effetto dell'umidità. Analoga verifica dovrà essere eseguita su giacenze di bentonite in deposito per un periodo superiore a tre settimane.

Dovranno essere eseguiti periodici controlli della densità (peso di volume unitario) e della viscosità del fluido ed a tal fine dovrà disporre in cantiere di apposito bilancino per la misura speditiva della densità.

B.5. Stabilità del fondo foro

La stabilità del fondo foro dovrà essere assicurata in ogni fase della lavorazione con particolare attenzione nei casi in cui il terreno necessiti di rivestimento provvisorio.

Il battente di fluido in colonna deve essere mantenuto prossimo a bocca foro mediante rabbocchi progressivi specialmente durante l'estrazione del carotiere e delle aste.

L'estrazione degli utensili deve avvenire con velocità iniziale molto bassa ($1 \div 2$ cm/sec), eventualmente intervallata da pause di attesa per il ristabilimento della pressione idrostatica del fluido sul fondo foro. Ciò riguarda le fasi dell'estrazione del carotiere e delle fustelle dei campionatori ad infissione conclusa.

Devono essere evitati indesiderabili effetti di risucchio che possono anche verificarsi nel caso di brusco sollevamento della batteria di rivestimento, qualora essa risulti occlusa all'estremità inferiore dal terreno per insufficiente circolazione di fluido durante l'infissione.

B.6. Pulizia del fondo foro

La quota del fondo foro dovrà essere misurata con scandaglio a filo graduato prima di ogni manovra di campionamento indisturbato o di qualsiasi tipo di prova eseguita in foro.

Apposite manovre di pulizia saranno eseguite quando la differenza tra quota raggiunta con la perforazione e quota misurata con scandaglio supererà le seguenti tolleranze:

- 7 cm, prima dell'uso di campionatori privi di pistone fisso o sganciabile meccanicamente e di prove SPT;
- 10 cm, prima dell'uso di campionatori con pistone fisso o sganciabile meccanicamente.

B.7. Rilievo della falda

Nel corso della perforazione dovrà essere rilevato in forma sistematica il livello della falda nel foro. Le misure devono essere eseguite in particolare ogni mattina e ogni sera, prima di riprendere in lavoro ed al termine

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 87 di 232

dello stesso, con annotazione dei seguenti dati:

- livello dell'acqua nel foro rispetto al piano campagna;
- quota del fondo foro;
- quota della scarpa dell'eventuale rivestimento;
- data ed ora della misura.

Tali annotazioni dovranno comparire anche nella documentazione definitiva del lavoro.

B.8. Campionamento nei sondaggi

Il numero dei campionamenti, la relativa quota in foro di sondaggio e la tipologia di campione da prelevare (indisturbato o rimaneggiato) dovrà essere autorizzato dalle Ferrovie.

Le modalità di campionamento possono prevedere il prelievo dei seguenti tipi di campione:

- B.8.a.** rimaneggiato, raccolto fra i testimoni del carotaggio di qualsiasi litologia;
- B.8.b.** indisturbato, prelevato con campionatore a pistone, fune, rotativo, in terreni coesivi e semicoesivi;
- B.8.c.** campioni di carota lapidea prelevati nel corso del carotaggio in terreni rocciosi o manufatti in muratura, in cls o manufatti in muratura, in cls o in lastre di rivestimento o in terreni naturali consolidati artificialmente.

I campioni di tipo B.8.a. e B.8.b. devono assicurare una rappresentazione veritiera della distribuzione granulometrica del terreno; i campioni di tipo B.8.b. e B.8.c. non devono subire deformazioni strutturali rilevanti e conservare inalterati:

- contenuto d'acqua (solo B.8.b.);
- peso di volume apparente;
- deformabilità;
- resistenza al taglio.

Tutti i campioni prelevati devono essere chiaramente contraddistinti mediante etichette inalterabili in cui siano riportate le seguenti informazioni:

- cantiere;
- numero del sondaggio e del campione;
- profondità di prelievo;
- data di prelievo;
- tipo di campionatore;
- orientamento del campione (parte alta, parte bassa).

I dati relativi al numero del campione, al tipo di campionatore impiegato ed al metodo di prelievo devono essere riportati nell'elaborato della stratigrafia anche nel caso di campionamenti non riusciti.

Nei campioni indisturbati si dovranno pulire accuratamente le estremità del campione rimuovendo le parti di terreno disturbato. Le estremità della fustella devono essere sigillate mediante uno strato di paraffina fusa e con due tappi chiusi ermeticamente con nastro adesivo impermeabile.

Tutti i campioni prelevati dovranno essere ricoverati in locali adatti, chiusi, asciutti prima del sollecito invio al laboratorio geotecnico.

B.8.a. Campioni rimaneggiati

I campioni rimaneggiati devono essere selezionati dal "carotaggio" nella fase di sistemazione dello stesso nella cassetta catalogatrice.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 88 di 232

Essi devono essere rappresentativi della granulometria e del materiale prelevato.

Dovranno essere sigillati in sacchetti o barattoli di plastica trasparente, contraddistinti con un cartellino indelebile posto all'esterno del sacchetto o del barattolo con le indicazioni di cui sopra.

Devono quindi essere ricoverati in un locale riparato e successivamente inviati al laboratorio geotecnico.

La quantità necessaria è di circa 0,5 kg per i terreni fini e di circa 5 kg per quelli grossolani (con ghiaia).

I dati sopraelencati dovranno essere riportati anche sulla stratigrafia del sondaggio.

Rientrano in questa categoria di campioni gli spezzoni delle carote (di lunghezza ≥ 15 cm) prelevate con la perforazione in roccia o in strati cementati; essi devono essere selezionati nella fase di sistemazione nella cassetta catalogatrice, puliti, descritti e ricoperti quindi con paraffina fusa.

Preferibilmente dovranno essere poi inseriti in contenitori cilindrici rigidi con l'indicazione indelebile dei dati di riconoscimento del singolo campione.

B.8.b. Campioni indisturbati

La fustella dei campionatori dovrà essere a pareti sottili in acciaio inox con i seguenti parametri dimensionali:

- rapporto $L/D_i \geq 7,5$
- rapporto delle aree:

$$c_p = \frac{D_{est}^2 - D_i^2}{D_i^2} \cdot 100 \leq 15$$

- coefficiente di spoglia interna:

$$c_i = \frac{D_i - D}{D} \cdot 100 = 0,0 \div 0,5 \text{ per campioni corti e } 0,75 \div 1,0 \text{ per campioni lunghi}$$

- diametro utile ≥ 85 mm

Con:

L = lunghezza utile della fustella

D_i = diametro interno della fustella

D_{est} = diametro esterno della fustella

D = diametro all'imboccatura della fustella

La fustella deve essere liscia, priva di cordoli, non ovalizzata. Il prelievo dei campioni può essere eseguito, a seconda della compattezza del terreno, con l'uso dei seguenti strumenti:

1) Campionatore a pistone infisso idraulicamente (tipo Osterberg)

Il campionatore ad infissione idraulica del pistone (tipo Osterberg) può essere utilizzato con profitto in terreni coesivi aventi resistenza al taglio ≤ 200 kPa, in relazione alla potenza della pompa utilizzata; può essere impiegato con risultati positivi anche in sabbia fine da poco a mediamente addensata.

2) Campionatore a fune con infissione meccanica del pistone

Il campionatore a fune con pistone agganciabile permette il campionamento in terreni la cui consistenza arresta la fustella spinta idraulicamente. Può essere utilizzato positivamente in sostituzione del campionatore Shelby di cui presenta la stessa capacità penetrativa (utilizza la spinta meccanica della batteria di aste) con i vantaggi del pistone.

3) Campionatore rotativo a pareti sottili

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 89 di 232

Il campionatore rotativo a pareti sottili, con scarpa sporgente, permette di campionare i terreni la cui consistenza arresta l'infissione a pressione della fustella. Viene spinto e ruotato meccanicamente dalla batteria di aste, in presenza di fluido di circolazione.

4) Altri campionatori

I campionatori tradizionali (Shelby, Denison, Mazier) possono essere utilizzati solo in seguito alla preventiva autorizzazione delle Ferrovie. Altri tipi di campionatore possono essere utilizzati salvo preventivo parere da parte delle Ferrovie.

L'infissione del campionatore deve avvenire in un'unica tratta, senza soluzione di continuità e senza flessioni o rotazioni del campionatore.

I campionatori a pistone devono essere costruiti in modo da poter portare alla pressione atmosferica, a fine prelievo, la superficie di contatto fra la parte alta del campione ed il pistone.

Nel campione rotativo, la sporgenza della fustella dal carotiere esterno può essere regolata a priori tra 0,5 e 3 cm, ma deve poi rimanere costante durante ciascun prelievo.

Il prelievo di campioni indisturbati deve seguire la manovra di perforazione e precedere quella di rivestimento a quota; nel caso di autosostentamento del foro nel tratto scoperto non esista anche per il breve lasso di tempo necessario al prelievo, si dovrà rivestire prima di campionare avendo cura di fermare l'estremità inferiore del rivestimento metallico provvisorio $0,2 \pm 0,5$ m più alta della quota di inizio prelievo, ripulendo quindi il fondo foro. Si dovrà inoltre evitare qualsiasi eccesso di pressione nel fluido di perforazione nella fase di installazione del rivestimento. A tal fine la pressione del fluido a testa foro dovrà essere controllabile in ogni istante attraverso un manometro di basso fondo scala (10 bar) da escludersi nelle fasi di campionamento Osterberg, ove sono necessarie pressioni maggiori.

B.8.c. Campioni di carota di roccia e/o di strati cementati

I campioni di roccia, oltre ad assicurare una rappresentazione litologica della roccia, non devono subire rotture meccaniche al momento del prelievo conservando inalterate le caratteristiche strutturali.

I campionatori utilizzabili sono:

- 1) Doppio carotiere NT6S: si tratta di un doppio carotiere a rotazione costituito da due tubi indipendenti e munito di corona a scarico frontale in modo da preservare il campione dal fluido di perforazione. Il tubo interno, non rotante, ha la funzione di contenitore del campione; tale tubo campionatore è divisibile longitudinalmente a metà e permette l'esame immediato del campione senza doverlo estrarre meccanicamente.
Il campione, quindi, può essere trasferito nella cassetta portacampioni senza alcun disturbo.
- 2) Doppio carotiere NT6S con modifica: si tratta di un carotiere NT6S il cui tubo interno originale viene sostituito con due adattatori che permettono l'alloggiamento di una fustella portacampioni in PVC.
In questo modo si possono ottenere dei campioni di qualità in fustella con formazioni difficili quali argilliti e marne.
- 3) Tripla carotiere wire line: si tratta di un campionatore wire line a tripla parete con fustelle portacampioni in PVC trasparente che permette di prelevare campioni fino a 3 m di lunghezza totale. Le caratteristiche della fustella in PVC trasparente permettono una descrizione geomeccanica di dettaglio del campione prelevato direttamente in cantiere e la possibilità di scegliere la parte più idonea del campione da sottoporre alle prove di laboratorio.
Questo tipo di campionatore permette il prelievo di campioni significativi per prove di laboratorio anche su litotipi dotati di caratteristiche meccaniche particolarmente scadenti.

B.9. Casette catalogatrici

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 90 di 232

Le carote estratte nel corso della perforazione dovranno essere sistemate in apposite cassette catalogatrici (in legno, metallo, plastica pressofusa o similari), munite di scomparti divisorii e coperchio apribile a cerniera.

B.10. Registrazione dei parametri di perforazione

Durante tutta o parte della perforazione su richiesta delle Ferrovie, dovranno essere registrati:

- velocità di rotazione dell'utensile (V_r);
- velocità istantanea di avanzamento (V_a);
- spinta applicata sull'utensile di perforazione (PCS);
- pressione del fluido di circolazione (PIF);
- coppia di rotazione assorbita.

Ove possibile dovrà inoltre essere determinato, in continuo, anche il volume del fluido iniettato dalla pompa solidale all'attrezzatura di perforazione utilizzata ed allo scopo opportunamente attrezzata.

Il numero dei parametri di perforazione da registrare, non dovrà essere comunque inferiore a tre (velocità istantanea di avanzamento, spinta sull'utensile di perforazione, coppia di rotazione).

La registrazione dei parametri dovrà avvenire preferibilmente con la frequenza di un'operazione di memorizzazione per 1 cm di avanzamento dell'utensile oppure con la frequenza di una registrazione al minuto, nel caso di avanzamenti inferiori a 1 cm/minuto. In ogni caso la frequenza di registrazione non dovrà mai essere superiore a 5 cm di avanzamento.

I dati rilevati dovranno essere memorizzati tramite idoneo registratore (analogico/digitale) e dovranno poter essere elaborati automaticamente in cantiere, prevedendo allo scopo dispositivi di stampa delle diagrafie provvisorie tali da consentire ove necessario la verifica da parte delle Ferrovie della validità, oltre che dell'accuratezza, del programma di prove attuato.

Al termine delle prove saranno consegnati i grafici contenenti, in ascisse, le scale di riferimento relative a ciascun parametro misurato ed, in ordinate, i tempi e/o le relative profondità d'investigazione.

Le diagrafie di cui alla presente voce dovranno inoltre indicare il tipo di operazione condotta (perforazione o campionamento).

B.11. Riempimento dei fori di sondaggio con miscele cementizie

Il foro di sondaggio, all'interno del quale non è stata installata alcuna strumentazione o non è prevista alcuna successiva prova idraulica, geotecnica e meccanica, dovrà essere riempito con miscela cementizia costituita dai seguenti componenti nelle proporzioni elencate (in peso):

- acqua: 100
- cemento: 30
- bentonite: 5

L'inserimento della miscela nel foro di sondaggio sarà eseguito dal fondo, in risalita, con una batteria di tubi apposita o con manichetta flessibile.

Il riempimento del foro dovrà risultare omogeneo e privo di cavità.

B.12. Sistemazione al piano campagna della bocca di sondaggio

Quando il foro di sondaggio deve essere ispezionabile si dovrà provvedere alla sistemazione della bocca del sondaggio al piano di campagna in modo da evitare manomissioni esterne e in modo da permettere di eseguire i controlli periodici e le letture delle apparecchiature installate in sito.

La sistemazione della bocca del foro potrà essere eseguita mediante semplice flangia in ferro zincato con chiusura di sicurezza oppure, nel caso in cui la situazione locale lo richieda, si dovrà provvedere alla formazione di un adeguato pozzetto in muratura o conglomerato cementizio corredato di chiusino carrabile.

B.13. Descrizione stratigrafica, geotecnica, geomeccanica

B13.1. Sondaggio in terreni

Per ciascuno strato o livello attraversato deve essere fornita una esauriente descrizione stratigrafica e geotecnica determinando i seguenti elementi che verranno descritte nel seguito:

- a) tipo di terreno;
- b) morfometria dei clasti;
- c) condizioni di umidità naturale;
- d) compattezza;
- e) colore;
- f) struttura;
- g) odore;
- h) reazione all'HCl
- i) particolarità aggiuntive.

a) Tipo di terreno

I diversi terreni sono raggruppabili in quattro gruppi principali:

- Terreni granulari (blocchi, ciottoli, ghiaia, sabbia) se prevalgono grani visibili ad occhio nudo ($d > 0,006$ mm), privi di coesione se asciutti;
- Terreni coesivi (limo, argilla): se prevalgono grani non visibili ad occhio nudo, dotati di coesione se asciutti;
- Terreni organici o vegetali: se prevalgono materiali organici o vegetali;
- Torbe: se prevalgono resti lignei.

Per la definizione del tipo di terreno, si farà riferimento alla tabella 3.7.1.2-1.

Definizione		Diametro dei grani (mm)	Criteri di identificazione
Blocchi		> 200	Visibili ad occhio nudo
Ciottoli		60 – 200	
Ghiaia	Grossolana	20 – 60	
	Media	6 - 20	
	Fine	2 – 6	
Sabbia	Grossolana	0,6 – 2	
	Media	0,2 – 0,6	
	Fine	0,06 – 0,2	
Limo		0,002 – 0,06	Visibile a occhio nudo solo se grossolano, poco plastico, dilatante, lievemente granulare al tatto. Si disgrega velocemente in acqua, si essicca velocemente, possiede coesione ma può essere polverizzato tra le dita.
Argilla		< 0,002	Plastica, non dilatante, liscia al tatto. Si appiccica alle dita, si disgrega lentamente in acqua, si asciuga lentamente, si ritira durante l'essiccazione. I frammenti asciutti possono essere rotti ma non polverizzati tra le dita.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
	CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 92 di 232

Terreno organico o vegetale		Contiene una rilevante percentuale di sostanze organiche.
Torba		Predominano i resti lignei non mineralizzati. Colore scuro. Bassa densità

Tabella 3.7.1.2-1

Secondo le raccomandazioni AGI il nome del terreno è dato dalla classe granulometrica predominante seguita dalla denominazione della frazione secondaria secondo il seguente schema:

- preceduta dalla preposizione “con” se compresa tra il 50 ed il 25% (es. argilla con limo);
- seguita dal suffisso “-oso” se tra il 25 ed il 10% (es. argilla limosa);
- preceduta dal termine “debolmente” e seguita dal suffisso “-oso” se tra il 10 ed il 5% (es. argilla debolmente limosa).

b) Morfometria dei clasti

Della frazione grossolana (blocchi, ciottoli, ghiaia) si dovrà specificare:

- la natura litologica e l'origine;
- il diametro massimo e medio dei grani;
- la percentuale e la composizione della matrice;
- il grado di uniformità della composizione granulometrica;
- la morfometria con riferimento a:
 - forma: misura delle relazioni esistenti tra le tre dimensioni di un grano (elementi discoidali, sferoidali, lamellari, allungati);
 - sfericità: valutazione quantitativa dell'equidimensionalità di un grano, indipendente dalla misura della forma e dell'arrotondamento (alta sfericità, bassa sfericità);
 - grado di arrotondamento: determinazione della curvatura degli spigoli secondo le definizioni della tabella 3.7.1.2-2.

Tabella 3.7.1.2-2

Definizione	Criteri di identificazione
Angolare	Nessuno smussamento. Le particelle presentano spigoli vivi, facce relativamente piane.
Subangolare	Mantiene forma originale con evidenze di smussamento. Le particelle presentano spigoli arrotondati, facce relativamente piane.
Subarrotondata	Smussamento considerevole e riduzione dell'area di superficie del clasto. Le particelle presentano facce pressoché piane, con spigoli ben arrotondati.
Arrotondata	Rimozione delle superfici originali, con qualche superficie piatta. Le particelle presentano facce incurvate e assenza di spigoli.
Ben arrotondata	Superficie interamente compresa da curve ben arrotondate. Le particelle presentano facce tondeggianti.

c) Condizioni di umidità naturale

Le condizioni di umidità del terreno naturale saranno definite utilizzando uno dei seguenti termini:

- asciutto;
- debolmente umido;
- umido;
- molto umido;
- saturo.

Si deve descrivere la condizione propria del terreno naturale, escludendo quanto indotto dall'eventuale fluido di circolazione.

d) **Compattezza**

Il grado di compattezza dovrà essere descritto in termini di consistenza nel caso di terreni coesivi (argilla, limo) ed in termini di addensamento nel caso di terreni granulari (sabbia, ghiaia).

Lo stato di consistenza dei terreni coesivi sarà descritto misurando la resistenza al penetrometro tascabile sulla carota appena estratta e scortecciata con una frequenza 1 (una) prova ogni 30÷50 cm (purché il materiale non sia fortemente disturbato). In alternanza alle prove con penetrometro tascabile dovranno essere eseguite prove con scissometro tascabile, sempre sulla carota appena estratta e scortecciata.

In aggiunta, le caratteristiche di consistenza dei terreni coesivi possono essere integrate dalle prove manuali riportate nella tabella 3.7.1.2-3.

Il grado di addensamento nei terreni granulari può essere descritto sulla base dei risultati della prova SPT, come indicato nella tabella 3.7.1.2-4.

In presenza di cementazione, nei terreni granulari, se ne dovrà valutare il grado secondo quanto riportato nella tabella 3.7.1.2-5.

Tabella 3.7.1.2-3

Definizione	Resistenza al penetrometro tascabile (kPa)	Prove manuali
Molto tenero	< 25	Espelle acqua quando strizzato tra le dita.
Tenero	25 - 50	Si modella tra le dita con poco sforzo. Si scava facilmente
Mediamente consistente	50 - 100	Si modella tra le dita con un certo sforzo. Offre una certa resistenza allo scavo.
Consistente	100 - 200	Non si modella tra le dita. E' difficile da scavare
Molto consistente	200 - 400	E' molto resistente tra le dita, può essere scalfito con l'unghia del pollice e si scava con molta difficoltà.
Duro	> 400	Può essere scalfito con difficoltà con l'unghia del pollice

Tabella 3.7.1.2-4

Descrizione	N _{SPT} (colpi/30 cm)	Prove manuali
Sciolto	0 - 4	Si scava facilmente con un badile

CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: RFI DTC SI GE SP IFS 001 A	FOGLIO 94 di 232
--	---	------------------

Poco addensato	4 - 10	Si scava abbastanza facilmente con un badile e si penetra con una barra
Moderatamente addensato	10 - 30	Difficile da scavare con un badile o da penetrare con una barra
Addensato	30 - 50	Molto difficile da penetrare, si scava con un piccone
Molto addensato	> 50	Difficile da scavare con un piccone

Tabella 3.7.1.2-5

Definizione	Criteri di identificazione
Debole	Si sbriciola o si rompe con una piccola pressione delle dita
Moderata	Si sbriciola o si rompe con una considerevole pressione delle dita
Forte	Non si sbriciola o si rompe con la pressione delle dita

e) Colore

Il colore dovrà essere descritto subito dopo l'estrazione della carota facendo riferimento alle carte colorimetriche Munsell definendo il colore predominante e la sua gradazione, la luminosità ed il tono.

Nei terreni granulari si dovrà descrivere il colore della matrice.

f) Struttura

La descrizione della struttura dei terreni dovrà evidenziare gli elementi significativi del deposito con particolare riferimento alla presenza o meno di discontinuità. In presenza di materiali coesivi si dovrà mettere in evidenza la presenza di tessiture brecciate (ad es. presenza di elementi consistenti in matrice molle) o di zone di taglio (superfici lisce o striate).

Per la descrizione della struttura si potrà fare riferimento alla tabella 3.7.1.2-6.

Tabella 3.7.1.2-6

Definizione	Criteri di identificazione
Stratificata	Alternanza di strati con spessore e/o colore diverso. Spessore maggiore di 20 mm
Laminata	Alternanza di strati con spessore e/o colore diverso. Spessore minore di 20 mm
Fessurata	Presenza di fratture lungo piani definiti
Massiva	Materiale coesivo che se suddiviso in piccole porzioni mantiene identica resistenza alla rottura del terreno originario
Lenticolare	Inclusione di piccole parti di materiale differente in lenti di spessore noto (ad es. lenti sabbiose in argilla)
Omogenea	Colore e aspetto uniforme

La stratificazione dovrà essere descritta precisandone la spaziatura, come indicato nella tabella 3.7.1.2-7.

Tabella 3.7.1.2-7

Spessore medio (mm)	Descrizione
---------------------	-------------

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
	CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 95 di 232

> 2000	Stratificazione in banchi
600 – 2000	Strati di elevato spessore
200 – 600	Strati di medio spessore
60 – 200	Strati di sottile spessore
20 – 60	Strati di spessore molto sottile
6 – 20	Laminazione
< 6	Laminazione sottile

Le alternanze regolari di tipi litologici diversi (ad es. sabbia e argilla) possono essere definite con il termine di “interstratificazione” o “alternanza”.

g) Odore

I terreni contenenti quantità rilevanti di materiale organico presentano un caratteristico odore di vegetazione in decomposizione che dovrà essere evidenziato nel modulo stratigrafico.

h) Reazione all’HCl

La reazione all’acido cloridrico sarà descritta definendo qualitativamente l’effetto dell’acido sul materiale, come indicato nella tabella 3.7.1.2-8.

i) Particolarità aggiuntive (stato di alterazione; stratificazione: spessore ,forma ecc; fratture)

Ad integrazione degli elementi descrittivi sopra indicati, nel modulo stratigrafico dovranno inserite tutte quelle informazioni e particolarità utili alla definizione delle caratteristiche stratigrafico-geotecniche dei terreni.

A titolo di esempio, è opportuno segnalare la presenza di: radici; manufatti, riporti, materiale di discarica; fossili; sostanze deperibili, friabili, solubili.

Tabella 3.7.1.2-8

Definizione	Criteri di identificazione
Reazione nulla	Nessuna reazione visibile
Reazione debole	Reazione tranquilla, con bolle che si formano lentamente
Reazione forte	Reazione violenta, con bolle che si formano immediatamente

B13.2. Sondaggio in rocce

Per ciascuno litotipo attraversato deve essere fornita una esauriente descrizione stratigrafica e geomeccanica finalizzata all’individuazione delle caratteristiche della roccia intatta e dell’ammasso roccioso mediante la determinazione dei parametri più significativi che influenzano il comportamento dell’ammasso oggetto dell’indagine. Ciò dovrà permettere, tra l’altro, l’applicazione di diverse classificazioni geomeccaniche (Bieniawski, Barton, Hoek ecc.), secondo le indicazioni che saranno impartite dalle Ferrovie.

Dovranno essere determinati i seguenti elementi caratteristici:

a) natura petrografica;

- b) caratteri strutturali;
- c) alterazione;
- d) resistenza della roccia intatta;
- e) descrizione delle discontinuità;
- f) percentuale di carotaggio totale;
- g) percentuale di carotaggio modificata (RQD);
- h) dimensione degli spezzoni di carota.

a) Natura petrografica

La natura petrografica delle rocce deve essere definita facendo riferimento alle usuali classificazioni litologiche e descrivendone compiutamente i costituenti principali e secondari.

E' preferibile basarsi su uno schema di classifica relativamente semplice evitando dettagli di scarso rilievo tecnico.

Nella descrizione si dovrà fare riferimento, oltre che alle caratteristiche litologiche, alle modalità di formazione, alla costituzione mineralogica ed alle caratteristiche tessiturali della roccia.

b) Caratteri strutturali

Si dovrà descrivere la roccia in funzione dello stato di aggregazione, delle dimensioni, della forma e della natura dei suoi costituenti.

Possono essere utilizzati allo scopo i termini descrittivi suggeriti dall'Associazione Geotecnica Italiana e riportati nella tabella 3.7.1.2-9.

c) Alterazione

Si dovrà evidenziare la presenza o meno di fenomeni di disgregazione meccanica e/o di dissoluzione e decomposizione chimica.

Per la descrizione dell'alterazione dell'ammasso roccioso si può fare riferimento alle indicazioni dell'ISRM, riportate nella tabella 3.7.1.2-10.

Tabella 3.7.1.2-9

Struttura	Descrizione
Compatta	Non è possibile distinguere i componenti della roccia ad occhio nudo
Granulare:	È possibile distinguere ad occhio nudo i costituenti della roccia
Cristallina	I singoli elementi sono costituiti da individui cristallini
Clastica	I singoli elementi sono costituiti da frammenti di rocce o minerali
Orientata:	I singoli elementi sono più o meno allineati secondo una direzione
Laminata	La roccia si divide facilmente in frammenti con forma di lamine o scaglie più o meno estese o sottili
Scistosa	La distribuzione di minerali micacei secondo superfici piane e parallele provoca una più o meno facile suddivisibilità della roccia secondo tali superfici

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 97 di 232

Tabella 3.7.1.2-10

Definizione	Criteri di identificazione
Fresca	Non vi sono segni visibili di alterazione, possibile una leggera decolorazione sulla superficie delle maggiori discontinuità
Leggermente alterata	La decolorazione indica una alterazione della roccia e delle superfici di discontinuità. Tutto il materiale può essere decolorato e talvolta può essere all'esterno meno resistente della roccia fresca all'interno.
Moderatamente alterata	Meno della metà del materiale è decomposto e/o disgregato come un terreno. La roccia fresca è presente come uno scheletro continuo o all'interno dei singoli blocchi
Fortemente alterata	Più della metà del materiale è decomposto e/o disgregato come un terreno. La roccia fresca è presente come uno scheletro continuo o all'interno dei singoli blocchi
Completamente alterata	Tutto il materiale è decomposto e/o disgregato come un terreno. La struttura massiva originaria è ancora largamente intatta
Suolo residuale	Tutto il terreno è trasformato in terreno. La struttura dell'ammasso è distrutta. Vi è un forte cambiamento di volume ma il terreno è rimasto in posto e non ha subito trasporti significativi

d) Resistenza della roccia intatta

La resistenza della roccia intatta dovrà essere stimata attraverso prove speditive quali:

- prova con il martello di Schmidt;
- prova di carico puntuale (Point Load Strength Test espressa in MPa)

La prova con il martello di Schmidt consiste nel misurare l'altezza di rimbalzo di una massa che percuote la superficie della roccia con una energia prefissata. Dall'altezza di rimbalzo, per mezzo di grafici predisposti, si ottiene una stima approssimativa della resistenza a compressione della roccia.

La prova di carico puntuale consiste nel portare a rottura un pezzo di carota o un frammento di forma irregolare di roccia mediante l'applicazione di un carico diametrale tra due punte di forma standardizzata.

Per rendere confrontabili i risultati, i valori ottenuti devono essere normalizzati riferendoli ad un diametro standard di 50 mm.

Dalla prova si ottiene un indice di resistenza I_{S50} correlato, tramite una relazione sperimentale, con la resistenza a compressione della roccia:

$$I_{S50} = F * P / (D_e)^2$$

dove:

F = fattore correttivo per la dimensione uguale a $(D_e / 50)^{0.45}$


P = carico applicato (MN)

$D_e = (4 * A / \pi)^{0.45}$

A = sezione minore direzione trasversale del campione (mm²)

e) Descrizione delle discontinuità

In prima analisi si dovrà definire la continuità della roccia evidenziando la presenza o meno di discontinuità

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
	CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 98 di 232

facendo riferimento alla tabella 3.7.1.2-11.

Tabella 3.7.1.2-11

Definizione	Criteri di identificazione
Roccia intatta	Prima dello scavo la roccia è priva di discontinuità, sia pure capillari
Roccia stratificata	Attraversata da superfici piane e parallele con resistenza scarsa o nulla
Roccia poco fratturata	Attraversata da poche discontinuità variamente orientate e molto distanziate
Roccia fratturata	Roccia con discontinuità ravvicinate comunque orientate (da ravvicinate a molto ravvicinate), strette (a labbra combacianti) o beanti (aperte) vuote o riempite di materiale di alterazione
Roccia completamente frantumata	Non alterata dal punto di vista chimico, con i caratteri di un prodotto di frantoio

In secondo luogo, in presenza di discontinuità si deve definirne la tipologia e le caratteristiche principali quali spaziatura, scabrezza, apertura, grado di alterazione, materiale di riempimento e inclinazione.

e.1. Tipo di discontinuità

Per la descrizione del tipo di discontinuità si potrà fare riferimento alla seguente nomenclatura:

- giunto: discontinuità di origine meccanica che interrompe la continuità di un corpo litologicamente omogeneo e lungo la quale non è avvenuto alcun scorrimento;
- piano di strato: discontinuità correlata alla variazione delle condizioni di sedimentazione, all'interno di una stessa formazione (rocce sedimentarie);
- faglia: discontinuità di origine meccanica lungo la quale è riconoscibile l'avvenuto scorrimento;
- contatto: discontinuità che segna il passaggio tra tipi litologici differenti;
- scistosità: piani di debolezza connessi all'orientazione preferenziale in letti e bande di alcuni componenti mineralogiche della roccia (rocce metamorfiche);
- clivaggio: superfici di fissilità parallele, molto ravvicinate, spesso parallele ai piani assiali delle pieghe di formazioni stratificate.

In presenza di un giunto è necessario evidenziare se esso è attribuibile all'azione meccanica del carotaggio oppure se è naturale.

Laddove possibile deve essere determinato anche il numero di famiglie di discontinuità riconoscibili.

e.2. Spaziatura

Definisce la distanza perpendicolare tra discontinuità adiacenti appartenenti alla stessa famiglia.

Per la classificazione del parametro si può fare riferimento, in accordo a ISRM, alla tabella 3.7.1.2-12.

Tabella 3.7.1.2-12

Spaziatura media (mm)	Descrizione
> 6000	Discontinuità estremamente distanziate
2000 - 6000	Discontinuità molto distanziate
600 - 2000	Discontinuità distanziate

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
	CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 99 di 232

200 – 600	Discontinuità moderatamente distanziate
60 – 200	Discontinuità vicine
20 - 60	Discontinuità molto vicine
< 20	Discontinuità estremamente vicine

L'indice della spaziatura delle fratture I_f si determina contando il numero di discontinuità comprese in una lunghezza unitaria di carota:

$$I_f = \frac{\text{lunghezza unitaria (1 m)}}{\text{numero discontinuità}}$$

La determinazione di questo indice deve essere condotta subito dopo l'estrazione dei campioni dal foro in modo da evitare il conteggio delle fratture che in alcune rocce possono verificarsi per effetto dell'essiccamento.

e.3. Scabrezza

Definisce il profilo di una discontinuità dovuta alla presenza o meno di irregolarità sulla sua superficie.

La scabrezza può essere classificata secondo tre famiglie principali (piana, ondulata, a gradini) ciascuna delle quali è ulteriormente suddivisa in tre sottogruppi (rugosa, liscia, levigata).

La scabrezza di una discontinuità può essere determinata in modo speditivo e nel contempo quantitativo, mediante profilometro tascabile (pettine di Barton), confrontando il suo profilo con le classi di scabrezza proposte da Barton a ciascuna delle quali corrisponde un valore del parametro adimensionale JRC (Joint Roughness Coefficient).

e.4. Apertura

Definisce la distanza perpendicolare tra le due pareti di una discontinuità (Tabella 3.7.1.2-13).

In genere la descrizione dell'apertura di una discontinuità intersecata da un sondaggio non è sempre possibile o, comunque, non è sempre rappresentativa della reale situazione in sito.

Tabella 3.7.1.2-13

Apertura media (mm)	Descrizione
< 0,1 ÷ ≤ 0,5	Discontinuità chiusa
≥ 0,5 ÷ ≤ 10	Discontinuità beante
> 10	Discontinuità aperta

e.5. Grado di alterazione

Qualitativamente, il grado di alterazione all'intorno di una discontinuità può essere descritto in funzione di quanto indicato nella tabella 3.7.1.2-14, proposta da ISRM.

Tabella 3.7.1.2-14

Termine	Descrizione
Roccia fresca	Nessun segno visibile di alterazione

CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: RFI DTC SI GE SP IFS 001 A	FOGLIO 100 di 232
--	---	-------------------

Roccia decolorata	Si osserva un cambiamento di colore rispetto alla roccia inalterata. Si deve evidenziare se il cambiamento di colore interessa tutta la superficie oppure solo qualche componente minerale
Roccia decomposta	La roccia è ridotta come un terreno. La struttura originaria è intatta ma alcuni o tutti i costituenti minerali sono decomposti
Roccia disintegrata	La roccia è ridotta come un terreno. La struttura originaria è intatta. La roccia è friabile ma i componenti minerali non sono decomposti.

Quantitativamente, il grado di alterazione di una discontinuità può essere stimato mediante la prova con il martello di Schmidt che permette di determinare l'indice sclerometrico.

Utilizzando l'apposito diagramma, si ricava la resistenza a compressione della parete della discontinuità (JCS: Joint wall Compressive Strength).

Il rapporto tra la resistenza della parete di una discontinuità con quella di una superficie intatta della roccia può essere rappresentativo dello stato di alterazione della discontinuità.

e.6. Materiale di riempimento

E' rappresentato dal materiale di varia natura interposto tra le due superfici di una discontinuità.

Può essere costituito da ricristallizzazioni mineralogiche (calcite), da minerali accessori (clorite, talco) oppure da argilla, limo breccia di frizione ecc..

Il materiale di riempimento dovrà essere descritto sia in termini di composizione sia in termini di spessore in mm.

Se il riempimento è di tipo argilloso, dovrà essere valutata anche la resistenza al taglio mediante prova con penetrometro tascabile, oppure attraverso una stima mediante quanto indicato nella tabella 3.7.1.2-15.

Tabella 3.7.1.2-15

Denominazione	Criteri di identificazione	Resistenza a compressione (MPa)
Argilla molto morbida	Facilmente penetrabile con il pugno	< 0,025
Argilla morbida	Facilmente penetrabile con il pollice	0,025 – 0,05
Argilla consistente	Penetrabile con il pollice con sforzo moderato	0,05 – 0,1
Argilla rigida	Intaccabile con il pollice ma con grande sforzo	0,1 – 0,25
Argilla molto rigida	Facilmente intaccabile con l'unghia del pollice	0,25 – 0,5
Argilla dura	Intaccabile con difficoltà con l'unghia del pollice	> 0,5

e.7. Inclinazione

L'inclinazione della discontinuità sarà espressa come angolo, misurato in senso orario mediante goniometro, tra la perpendicolare dell'asse di perforazione ed il piano della discontinuità.

f) Percentuale di carotaggio totale

E' data dal rapporto percentuale tra la lunghezza della carota (sommatoria di tutti gli spezzoni di carota compresi i tratti recuperati in frammenti) e la lunghezza della manovra di carotaggio.

g) Percentuale di carotaggio modificata (RQD)

L'indice RQD (Rock Quality Designation) è definito come rapporto percentuale tra la somma delle singole lunghezze dei pezzi di carota maggiori o uguali a 10 cm e la lunghezza del tratto carotato.

$$RQD = \frac{\sum l_i}{l_f} \cdot 100 \quad | \% |$$

dove

l_i = singole lunghezze degli spezzoni di carota ≥ 10 cm

l_f = lunghezza totale del tratto carotato (per lunghezza del tratto carotato si intende l'effettivo avanzamento anche se minore della lunghezza del carotiere)

Nel calcolo dell'indice RQD dovrà essere esaminata attentamente la natura delle fratture; superfici di fratture fresche, rotte in modo regolare e giuntabili facilmente dipendono dall'azione meccanica di carotaggio e pertanto i pezzi corrispondenti devono essere messi insieme e contati come un unico pezzo.

Di norma devono essere considerate discontinuità naturali caratteristiche dell'ammasso le fratture lisce, apparentemente fresche ma non ricongiungibili e quelle contenenti prodotti di degradazione meteorica o alterazioni, elementi cementanti nonché striature.

In caso di rotture oblique, la lunghezza del singolo spezzone di carota deve essere misurato in corrispondenza dell'asse della carota.

Tabella 3.7.1.2-16

RQD (%)	Qualità della roccia
0-25	molto scadente
25-50	scadente
50-75	discreta
75-90	buona
90-100	ottima

h) Dimensione degli spezzoni di carota

Il rilievo della dimensione lineare degli spezzoni di carota integra le informazioni derivate dall'indice RQD.

La misura deve essere eseguita lungo l'asse degli spezzoni di carota non considerando eventuali fratture meccaniche.

Si dovranno distinguere tre classi di lunghezza degli spezzoni di carota:

- spezzoni con dimensioni inferiori a 5 cm;
- spezzoni con dimensioni tra 5 e 10 cm;
- spezzoni con dimensioni superiori a 10 cm.

Documenti da consegnare

Per ogni perforazione eseguita dovranno essere consegnati i seguenti elaborati:

a) Colonna stratigrafica con esplicite indicazioni relative a:

- cantiere;
- numero e ubicazione precisa del sondaggio;
- data di inizio e di ultimazione;

- attrezzatura e sistema di perforazione;
- utensile/i di perforazione;
- fluido/i di circolazione;
- accorgimenti per assicurare la stabilità delle pareti del foro;
- quota assoluta del piano campagna;
- inclinazione del foro mediante misure dei cateti orizzontale e verticale del triangolo rettangolo avente per ipotenusa la direzione di perforazione;
- profondità e quota assoluta iniziale e finale di ogni strato di terreno attraversato;
- numero ed ubicazione dei campioni di terreno prelevati;
- rappresentazione stratigrafica dei terreni attraversati alle varie profondità;
- percentuali di carotaggio;
- presenza ed ubicazione precisa dei livelli acquiferi eventualmente intercettati e relative quote di livello statico;
- natura e caratteristiche dei terreni attraversati secondo le specifiche su indicate e con particolare riferimento a:
 - in terreni non lapidei:
 - colore/i prevalente/i della formazione;
 - composizione granulometrica approssimata nei termini correnti (blocchi, ciottoli, ghiaia, sabbia, limo, argilla), indicando tra l'altro il diametro massimo della frazione grossolana, la tessitura, la presenza di sostanze organiche o torbe, fossili, legno ecc.;
 - caratteristiche di consistenza (terreni coesivi) nei termini correnti (tenero, plastico, consistente, molto consistente) e con riferimento alle prove in sito eseguite (penetrometro tascabile e vane test);
 - caratteristiche di addensamento (terreni non coesivi) nei termini usuali (poco addensato, mediamente addensato, molto addensato) con riferimento ad eventuali prove SPT;
 - grado di arrotondamento e/o di appiattimento e natura delle ghiaie e dei ciottoli;
 - spessori e frequenze di alternanze litologiche e laminazioni ritmiche.
 - in terreni lapidei:
 - natura litologica e caratteri strutturali;
 - durezza;
 - colore;
 - natura e quantità del cemento, della matrice e dello scheletro;
 - natura ed ubicazione delle discontinuità presenti, loro spaziatura ed apertura nonché loro inclinazione rispetto all'asse del sondaggio;
 - presenza di materiale di riempimento e natura dello stesso;
 - grado di alterazione;
 - recupero di carotaggio corretto (RQD), percentuale di carotaggio totale e dimensione degli spezzoni di carota;
 - eventuali anomalie o difficoltà particolari riscontrate durante la perforazione nonché qualsiasi altra indicazione ritenuta utile dall'operatore o dalle Ferrovie ai fini dell'indagine.

Riferimenti normativi:

- Associazione Geotecnica Italiana (1977). Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche.
- ASTM D4220-95 (2000). Standard Practices for Preserving and Transporting Soil Samples.
- ASTM D5079-90 (1996). Standard Practices for Preserving and Transporting Rock Core Samples.
- ASTM D6032-96. Standard Test Method for Determining Rock Quality Designation (RQD) of Rock

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 103 di 232

Core.

- Bollettino del Servizio Geologico d'Italia, Vol. LXXXIX (1968). Codice italiano di nomenclatura stratigrafica

3.7.1.3 Cassette catalogatrici atte alla conservazione di almeno 5 metri di carote di terreno provenienti da sondaggi a carotaggio continuo, compresa la fotografia digitale.

Le carote estratte nel corso della perforazione dovranno essere sistemate in apposite cassette catalogatrici (in legno, metallo, plastica pressofusa o similari), munite di scomparti divisori e coperchio apribile a cerniera; le cassette dovranno essere resistenti in modo tale da non subire danni negli spostamenti in cantiere per il rilievo del loro contenuto o durante le operazioni di impilamento una sull'altra per il loro stoccaggio.

Gli scomparti dovranno avere una lunghezza interna di 1 m tale da consentire in ogni cassetta la conservazione di 5 m (cinque metri) di carotaggio. Sul fondo delle cassette sarà posto un foglio di plastica di dimensioni tali da poter essere rivoltato a protezione delle carote alloggiate

Le carote coesive verranno scortecciate mentre quelle lapidee dovranno essere lavate.

I recuperi delle singole manovre dovranno essere evidenziati da setti separatori recanti l'indicazione delle rispettive quote da riferirsi sempre alla bocca foro.

Negli scomparti saranno inseriti blocchetti di legno o simili a testimoniare gli spezzoni di carota prelevati ed asportati per il laboratorio, con l'indicazione delle quote di inizio e fine dei suddetti prelievi.

Le singole cassette verranno fotografate con macchina fotografica digitale a colori entro 24 ore dal loro completamento.

Nelle foto dovrà essere ben visibile l'etichetta dove sono apposte le indicazioni riguardanti il cantiere, il sondaggio e le quote di riferimento ed un metro per i riferimenti di scala.

Le fotografie dovranno fornire una visione chiara delle carote contenute; si consiglia quindi una foto presa dall'alto e scattata da una distanza non superiore a 2 m, evitando aberrazioni prospettiche o ombre riflesse che condizionino la resa cromatica della fotografia stessa, che dovrà essere nitida e con i riferimenti scritti ben leggibili.

Le fotografie dovranno essere consegnate su supporto cartaceo (formato minimo 10x15 cm) ed in formato digitale (Jpeg, Tiff) registrate in Cd-rom o DVD.

Sul coperchio e su almeno un lato di ciascuna cassetta dovranno essere indicati i dati di identificazione della parte di carotaggio contenuta così come specificato:

- cantiere e/o località in cui è stato eseguito il sondaggio;
- sigla e numero del foro;
- quota, riferita al piano campagna, di inizio e fine della parte di carotaggio contenuta;
- numero progressivo di ciascuna cassetta catalogatrice.

3.7.1.4 Prelievo a rotazione di campioni indisturbati o a limitato disturbo.

Il prelievo dei campioni dovrà essere eseguito di norma in terreni coesivi di elevata consistenza e talvolta anche i materiali granulari compatti con matrice limo-argillosa o con un certo grado di cementazione.

I campionatori a rotazione consistono in doppi carotieri speciali a due pareti indipendenti. La parete interna non rotante è munita di una scarpa tagliente atta a penetrare a pressione per un breve tratto e quindi

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 104 di 232

sporgente rispetto alla corona della parete esterna rotante. Tale sporgenza è prefissata a priori (decescente con l'aumentare della compattezza del terreno) nel campionatore tipo Denison o autoregolabile mediante un dispositivo a molla nel campionatore tipo Mazier modificato.

Nel campionatore tipo Denison, un lamierino sottilissimo o un tubo di PVC interno al tubo non rotante funge da contenitore del campione.

Nel campionatore tipo Mazier modificato, il tubo interno non rotante costituito da un tubo in acciaio di qualità (acciaio inossidabile, cadmiato o comunque trattato in modo opportuno) funge da contenitore del campione.

Il contenitore del campione, subito dopo il prelievo, deve essere sigillato ermeticamente con coperchio e paraffina onde mantenere invariate le caratteristiche meccaniche ed il contenuto di umidità del campione stesso.

Il numero e la profondità di prelievo di ogni singolo campione dovranno essere stabiliti, o comunque approvati, dalle Ferrovie.

I campioni, dovranno avere lunghezza non inferiore a cm 60 e diametro non inferiore a mm 83. Il prelievo del campione dovrà essere preceduto da accurata pulizia del foro di sondaggio e dalla misura diretta della profondità di campionamento da confrontarsi con la profondità raggiunta dalla perforazione al fine di verificare l'assenza di caduta di terreno a fondo foro. Per ogni campione prelevato dovranno essere riportate le relative caratteristiche sul documento stratigrafico relativo al sondaggio nel quale esso è stato prelevato.

3.7.1.5 Prelievo a pressione di campioni indisturbati con campionatore tipo Shelby.

Il prelievo dei campioni di cui alla presente voce dovrà essere eseguito impiegando campionatori a pareti sottili di tipo aperto (campionatore Shelby) e dovrà essere effettuato di norma in presenza di terreni coesivi di medio-bassa consistenza o a grana fine di scarso addensamento.

Il campionatore Shelby è composto da una testa con valvola a sfera e relativi sfiati collegata con viti a brugola al tubo di infissione che funge da contenitore del campione di terreno. Lo spessore di tale tubo può variare normalmente da 2 a 3 mm.

Il tubo di infissione, in acciaio di qualità, deve essere resistente alla corrosione ed adeguatamente levigato all'interno (acciaio inossidabile o cadmiato o comunque trattato in modo opportuno).

Alla base il tubo deve risultare tagliente con un angolo di taglio della scarpa compreso tra 4° e 15°.

Il contenitore del campione, subito dopo il prelievo, deve essere sigillato ermeticamente con coperchio e paraffina onde mantenere invariate le caratteristiche meccaniche ed il contenuto di umidità del campione stesso.

Il numero e la profondità di prelievo di ogni singolo campione dovranno essere stabiliti, o comunque approvati, dalle Ferrovie. I campioni, dovranno avere lunghezza non inferiore a cm 40 e diametro non inferiore a mm 83. Per ogni campione prelevato dovranno essere riportate le relative caratteristiche sul documento stratigrafico relativo al sondaggio nel corso del quale esso è stato prelevato.

3.7.1.6 Prelievo a pressione di campioni indisturbati con campionatore tipo Osterberg.

Il prelievo dei campioni di cui alla presente voce dovrà essere eseguito impiegando campionatori a pistone ad infissione idraulica, di norma in presenza di terreni coesivi di medio-bassa consistenza o a grana fine di scarso addensamento.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 105 di 232

Il campionatore Osterberg è costituito da un pistone mobile, solidale al tubo di prelievo, che scorre sull'asta interna che collega la testa del campionatore al pistone fisso.

La pressione sul pistone mobile viene esercitata attraverso le aste di collegamento con acqua in pressione. Uno sfiato posto sull'asta di collegamento testa campionatore/pistone fisso appena sopra al pistone fisso, permette l'azzeramento della pressione a fine corsa.

Durante il campionamento bisognerà operare in modo che l'avanzamento a pressione sia continuo (senza interruzioni) ed il più rapido possibile onde minimizzare l'entità dei disturbi, particolarmente nel caso di terreni coesivi di bassa consistenza.

Il contenitore del campione, subito dopo il prelievo, deve essere sigillato ermeticamente con coperchio e paraffina onde mantenere invariate le caratteristiche meccaniche ed il contenuto di umidità del campione stesso.

Il numero e la profondità di prelievo di ogni singolo campione dovranno essere stabiliti, o comunque approvati, dalle Ferrovie. I campioni, dovranno avere lunghezza non inferiore a cm 40 e diametro non inferiore a mm 83. Per ogni campione prelevato dovranno essere riportate le relative caratteristiche sul documento stratigrafico relativo al sondaggio nel corso del quale esso è stato prelevato.

3.7.1.7 Prelievo di un campione rimaneggiato di terreno o di uno spezzone di carota lapidea nel corso di sondaggi, compresa la conservazione in idonei contenitori.

Il prelievo di cui alla presente voce interessa il materiale prelevato durante il carotaggio continuo e non oggetto di campionamento indisturbato.

Nel caso di terreno coesivo il campione deve essere ripulito dalla parte esterna più rimaneggiata e conservato in contenitore a tenuta quali doppi sacchetti di polietilene o barattoli con tappo a vite. Il campione dovrà contenere tutti i dati per la sua identificazione.

Nel caso di terreno granulare il campione dovrà essere prelevato in quantità rappresentative dell'assortimento granulometrico; dovranno essere scartate quelle componenti chiaramente dovute alle operazioni di carotaggio. La conservazione avverrà in maniera analoga a quella prevista per i campioni coesivi.

In terreni cementati e in rocce si potranno prelevare dal carotaggio spezzoni di lunghezza > 15 cm, purché rappresentativi del tipo litologico perforato. Gli spezzoni di carota devono essere paraffinati ed inseriti in un involucro rigido in PVC di protezione. Il campione stesso dovrà poi essere imballato e protetto dai possibili danneggiamenti durante il suo trasporto al laboratorio geotecnico.

3.7.1.8 Perforazione a carotaggio continuo, ad andamento anche inclinato, eseguita con corona diamantata in corrispondenza di opere d'arte e strutture in elevazione o in fondazione.

La perforazione a carotaggio continuo con corona diamantata si esegue per la determinazione dello spessore e delle caratteristiche delle murature (in senso lato) di opere d'arte in elevazione, in fondazione e pavimentazioni.

A. Attrezzatura

L'attrezzatura deve avere le seguenti caratteristiche minime:

- carotatrice a rotazione azionata da motore elettrico, idraulico o a combustione interna;
- tubo in acciaio con corona diamantata;
- tubi di prolunga;
- sistema di ancoraggio o di contrasto.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 106 di 232

La carotatrice deve essere montata su una slitta orientabile in qualsiasi direzione.

La potenza della carotatrice deve essere adeguata alla profondità da raggiungere ed alle caratteristiche di consistenza e durezza dei materiali da attraversare.

L'avanzamento potrà essere meccanico od automatico ed in ogni caso dovrà essere regolabile.

La carotatrice deve permettere l'utilizzo di corone diamantate di diametro diverso, secondo le disposizioni delle Ferrovie, comunque non inferiore a 25 mm .

Le corone diamantate, di norma, saranno costituite da tubi in acciaio con placchette diamantate fissate all'estremità come una merlettatura; i cristalli di diamante industriale sono microscopici ed affiorano man mano che si consuma la lega metallica.

La corona diamantata dovrà essere raffreddata ad aria oppure ad acqua.

B. Modalità esecutive

Se non diversamente richiesto dalle Ferrovie, il carotaggio dovrà essere eseguito perpendicolarmente alla superficie.

Per una corretta esecuzione del carotaggio è necessario che la carotatrice sia ancorata saldamente alla struttura da indagare. L'ancoraggio può essere eseguito mediante una struttura di contrasto oppure mediante bloccaggio della carotatrice con l'inserimento di ganci d'acciaio.

La velocità di avanzamento della progressione dovrà essere regolata, in funzione della consistenza del materiale, in maniera tale da avere un carotaggio di ottima qualità con percentuale di recupero maggiore o uguale al 95%.

Le carote via via estratte devono essere sistemate nelle cassette catalogatrici con tutte le indicazioni per la corretta identificazione dell'intervallo di profondità di ciascun singolo tratto di carotaggio.

Il foro di sondaggio se non attrezzato con strumentazione di monitoraggio o di prove idrauliche o geotecniche va opportunamente intasato con malta cementizia da fondo foro verso la superficie.

Documenti da consegnare

Per ogni foro eseguito dovranno essere consegnati i seguenti elaborati:

- a) Colonna stratigrafica con esplicite indicazioni relative a:
 - cantiere;
 - numero e ubicazione precisa del foro di sondaggio;
 - data di inizio e di ultimazione;
 - attrezzatura e sistema di perforazione;
 - utensile di perforazione;
 - fluido di raffreddamento;
 - quota assoluta della bocca foro;
 - profondità e quota assoluta iniziale e finale di ogni strato di materiale attraversato;
 - percentuali di carotaggio e RQD;
 - eventuali anomalie o difficoltà riscontrate durante la perforazione nonché qualsiasi altra indicazione ritenuta utile dall'Esecutore ai fini dell'indagine.
 - descrizione del materiale carotato:
 - Muratura:
 - Integrità carote di muratura;
 - Presenza di malta;
 - Stato di alterazione murature e malte;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 107 di 232

- Stato di fratturazione murature (orientamento: longitudinale rispetto agli elementi, perpendicolare agli elementi e trasversale);
- Presenza di acqua in foro;
- Elementi granulari di appoggio fondazione;
- Presenza di riempimento a sacchi all'interno di opere murarie in elevazione o fondazione;
- Presenza di elementi di sottofondazione;
- Presenza armature;
- Calcestruzzo:
 - Integrità carote di calcestruzzo;
 - Stato di alterazione del calcestruzzo (ettringite, carbonatazione, ecc.);
 - Stato di fratturazione (studio fratture, riempimento, orientazione, apertura, ecc.);
 - Presenza armature;
 - Valutazione costituenti cls (inerti, filler, cemento);
 - Presenza di acqua nel foro;
 - Presenza di elementi di fondazione;

3.7.1.9 Sondaggio per indagini ambientali

Le indicazioni contenute nel presente paragrafo dovranno essere recepite nel caso di realizzazione di sondaggi geognostici per indagini ambientali, in aggiunta e/o modifica di quanto prescritto nei precedenti paragrafi.

PERIMETRAZIONE DEL SITO ED ATTIVITA' PRELIMINARI :

Prima di procedere all'esecuzione di sondaggi geognostici a carotaggio continuo per indagini ambientali, occorre eseguire una serie di attività preliminari finalizzate ad individuare e delimitare in modo univoco l'area di interesse, sulla quale dovranno essere condotte le successive fasi di caratterizzazione e bonifica.

La corretta ubicazione e delimitazione dell'area dovrà essere fornita sulle seguenti basi cartografiche, che dovranno essere rese disponibili anche in formato digitale raster e/o vettoriale:

- Sezione Carta Tecnica regionale scala 1:10.000
- Stralcio cartografia del PRG e certificazione di destinazione d'uso delle aree in esame
- Cartografia catastale
- Cartografia di dettaglio scala 1:2.000 per singole aree
- Cartografia di dettaglio scala 1:500 per punti critici

RACCOLTA DATI ED INFORMAZIONI DISPONIBILI:

Tale attività consiste nella raccolta di informazioni dettagliate e disponibili riguardanti l'area, ed hanno come obiettivo fondamentale il riconoscimento di una situazione di potenziale contaminazione mediante:

- L'identificazione di tutte le attività antropiche che hanno o hanno avuto luogo nell'area, come potenziali fonti di contaminazione;
- L'identificazione delle vie di migrazione dei contaminanti, dirette ed indirette;
- L'individuazione dei bersagli potenziali della contaminazione.

ANALISI DEI CICLI LAVORATIVI ATTUALI E PREGRESSI

Dovrà essere condotta un'analisi dell'attività attuale e passata condotte sul sito, individuando innanzitutto :

- La tipologia e i cicli di attività condotte sul sito;
- Le sostanze chimiche utilizzate, prodotte, derivate, stoccate o smaltite;
- L'ubicazione degli impianti/aree di utilizzo, produzione, derivazione, stoccaggio, deposito e smaltimento;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 108 di 232

- La ricostruzione di eventuali eventi accidentali di sversamenti, perdite ecc....
- Localizzazione di possibili fonti di contaminazione.

PIANIFICAZIONE ED ESECUZIONE DI INDAGINI DIRETTE

In base alle elaborazioni disponibili, dovranno essere progettate le campagne di indagine dirette ed indirette finalizzate a:

- Definizione del modello del sottosuolo (geometria degli acquiferi e loro parametrizzazione);
- Definizione della direzione del flusso idrico sotterraneo;
- Caratterizzazione chimica delle varie matrici ambientali considerate (suolo, sottosuolo, acque superficiali e acque sotterranee);
- Stime dei volumi coinvolti dalla contaminazione
- Stima della massa di contaminante presente;
- Raccolta di tutte le informazioni utili per indirizzare i successivi interventi sui terreni e sulle acque di falda.

UBICAZIONE DEI PUNTI DI INDAGINE

L'ubicazione dei punti di indagine dovrà essere determinata da una griglia costituita dalla sovrapposizione di 2 maglie :

- La maglia "sistematica", costituita da una maglia triangolare avente 75 m di lato i cui nodi individuano i punti di campionamento e/o di misura;
- La maglia "ragionata", una maglia più "fitta" che consente di intensificare i controlli in corrispondenza di aree particolarmente a rischio contaminazione (centri di pericolo).

La sommatoria dei nodi della maglia sistematica e della maglia ragionata permetterà di definire la maglia complessiva di indagine dell'area.

I punti di campionamento e/o misura saranno localizzati in corrispondenza dei nodi della maglia complessiva, dovranno essere riportati su opportuna cartografia su base catastale e dovranno essere ubicati in situ con opportuni picchetti fissati saldamente al terreno e provvisti di targhetta indelebile e inamovibile.

Le indagini dovranno essere spinte ad una profondità variabile tra i 5 e i 10 metri, in funzione della tipologia e delle caratteristiche del terreno, e comunque ad una profondità tale da raggiungere il terreno naturale in posto non contaminato.

METODO DI PERFORAZIONE

La perforazione dovrà essere eseguita a carotaggio continuo, con percentuale di recupero $\geq 90\%$, a secco senza fluido di perforazione o limitandone l'uso al minimo indispensabile, evitando fenomeni di surriscaldamento del terreno. Qualora dovesse risultare indispensabile per l'avanzamento l'utilizzo del fluido di perforazione, dovrà essere usata acqua pulita, eventualmente additivata con polimeri biodegradabili. L'estrusione della carota dovrà avvenire a secco.

Tutte le fasi di perforazione e di campionamento dovranno essere eseguite da personale specializzato dotato di strumentazione e attrezzature adeguate, costruiti con materiali e modalità tali che il loro impiego non modifichino le caratteristiche delle matrici ambientali e la concentrazione delle sostanze contaminanti.

Si dovrà evitare la diffusione della contaminazione nell'ambiente circostante e nella matrice ambientale campionata (cross-contamination) durante le operazioni di perforazione, allestimento e prelievo dei campioni. A tal fine, saranno controllati i circuiti idraulici delle macchine e di tutte le attrezzature utilizzate durante le perforazioni e il campionamento per evitare le perdite di olio, lubrificanti, carburanti e altre sostanze; nel caso di perdite e/o fuoriuscite accidentali si dovrà rimuoverle prontamente ed accertarsi che queste non abbiano

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 109 di 232

prodotto contaminazione del campione o del terreno.

Per la decontaminazione delle attrezzature dovrà essere predisposta un'area delimitata e opportunamente impermeabilizzata, posta a una distanza dall'area di prelievo-campionamento sufficiente a evitare la diffusione dell'inquinamento delle matrici campionate. A fronte di quanto detto, saranno eseguiti i lavaggi di: carotiere, aste di perforazione e rivestimenti metallici, prima dell'inizio della perforazione e a ogni manovra di perforazione; la pulizia dei contenitori e dell'impianto per l'eventuale acqua di circolazione di perforazione, prima dell'inizio di ogni sondaggio.

Al termine di ogni perforazione saranno decontaminati tutti gli attrezzi e gli utensili che hanno operato sia in superficie sia in profondità. Tali operazioni saranno compiute con acqua in pressione per mezzo di una idropulitrice a vapore.

Le apparecchiature e gli attrezzi dovranno essere asciugati mediante evaporazione naturale o in caso di condizioni climatiche avverse con carta assorbente esente da contaminazione.

In caso di eventi meteorici le operazioni di decontaminazione dovranno essere effettuate al riparo dalle acque di pioggia al fine di garantire assenza di alterazioni del campione.

Utensili non facilmente pulibili (funi, guanti) dovranno essere sostituiti con nuovi al termine di ogni trivellazione.

Al termine delle operazioni o in attesa di essere riutilizzati gli attrezzi e le apparecchiature decontaminati dovranno essere conservati in condizioni tali da evitare la contaminazione.

Le attrezzature utilizzate dovranno essere in perfette condizioni di manutenzione e operatività e permettere la perforazione in terreno di qualsiasi natura; sarà facoltà delle Ferrovie far sostituire il materiale di perforazione non conforme alle presenti specifiche e/o ritenuto non idoneo ai fini della tipologia d'indagine in oggetto.

I sondaggi saranno preferibilmente realizzati con una sonda meccanica a rotazione, del diametro di 101 mm e rivestimento a seguire del diametro di 127 mm; sarà verificata, a cura e oneri dell'Esecutore, la provenienza e la qualità dell'acqua eventualmente utilizzata come fluido di perforazione, mediante lo svolgimento regolare di analisi chimiche.

Tutte le operazioni di perforazione saranno coordinate dal geologo, responsabile tecnico, che dovrà determinare, per ogni sondaggio eseguito :

- la stratigrafia dei materiali incontrati;
- il livello della falda o delle falde eventualmente presenti;
- parametri geotecnici con prove geotecniche in sito quali: permeabilità (prova Lefranc), coesione apparente e angolo d' attrito (Vane Test e Pocket Penetrometer);
- evidenze visive e olfattive del campione, atte alla caratterizzazione litologica ed all' individuazione di inquinanti presenti nel terreno;

Dovrà essere segnalata e registrata sul giornale di campo ogni venuta d'acqua nel foro, specificando la profondità e stimando l'entità del flusso. Nel caso di perforazioni di durata superiore alla giornata, si dovrà eseguire la misura del livello piezometrico a fine giornata e si avrà cura di proteggere il foro da eventuali contaminazioni esterne.

Il livello piezometrico sarà registrato anche il giorno successivo, alla ripresa delle operazioni di perforazione e al termine delle stesse, annotando il tutto sui moduli di campagna.

La quota del fondo foro sarà verificata tramite scandaglio a filo graduato. Apposite manovre di pulizia saranno eseguite qualora vi sia differenza tra quota raggiunta con la perforazione e quota misurata con scandaglio.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 110 di 232

È vietato l'impiego di lubrificanti di origine non naturale per i filetti, l'impiego di corone e scarpe verniciate e dovranno essere assolutamente evitate perdite derivanti dagli impianti idraulici.

Documenti aggiuntivi da consegnare

Per ogni sondaggio di tipo ambientale, in aggiunta alla documentazione prevista per i sondaggi non ambientali, dovrà essere consegnata:

- 1) Una Relazione conclusiva e riepilogativa di tutte le attività svolte, contenente:
 - informazioni relative all'ubicazione del sito, con planimetria riportante ubicazione dei punti di indagine con coordinate planimetriche e altimetriche misurate con GPS;
 - procedure di campionamento seguite e modalità di gestione dei campioni;
 - eventuali procedure di decontaminazione adottate;
 - informazioni dettagliate su tutte le anomalie riguardanti la perforazione (come ad esempio franamenti o rifluimenti all'interno del foro, perdite di fluido di perforazione, venute d'acqua, presenza di acque di falda, prove e campionamenti non terminati, presenza di gas, variazione nella velocità di avanzamento, ecc.), da registrate dettagliatamente nel rapporto di perforazione .

CASSETTE CATALOGATRICI

Le carote estratte nel corso della perforazione verranno sistemate in apposite cassette catalogatrici (in legno, metallo o plastica), munite di scomparti divisorii e coperchio, dopo averle avvolte in un telo di politene nuovo. Le carote coesive verranno scortecciate, le lapidee lavate.

Dei setti separatori suddivideranno i recuperi delle singole manovre, recando indicate le quote rispetto al piano campagna.

Negli scomparti saranno inseriti blocchetti di legno o simili a testimoniare gli spezzoni di carota prelevati ed asportati per il laboratorio con le quote di inizio e fine di tali prelievi.

Tutte le indicazioni segnate sulla cassetta, sui separatori e sui blocchetti di commento devono essere scritte chiaramente con pennarello indelebile. Le cassette catalogatrici devono essere riposte in luogo coperto e asciutto, e, in caso di sondaggi considerati "sensibili", il luogo deve risultare inaccessibile ad estranei (deposito, container, magazzino ecc., chiudibile con lucchetto).

FOTOGRAFIE

Le singole cassette verranno fotografate al termine del loro completamento, con pannello colorimetrico standard e scala di riferimento. Si richiede la completa leggibilità di tutte le indicazioni esistenti sulla cassetta ed una visione chiara delle carote contenute; si consiglia quindi una foto dall'alto e scattata da una distanza non superiore a 2 metri. L'acquisizione delle immagini dovrà avvenire in alta risoluzione con mezzi digitali e restituzione su supporto informatico, in formato non compresso (jpg, bmp, .tif, ecc.).

3.7.2 SCAVI ESPLORATIVI DI SUPERFICIE E PRELIEVO DI CAMPIONI

3.7.2.1 Prelievo di campioni indisturbati da scavo esplorativo di superficie o da parete di fronte di scavo.

Il prelievo di campioni indisturbati di terreno, in scavi esplorativi di superficie o in pareti di fronti di scavo, dovrà essere eseguito o mediante isolamento in sito di un idoneo volume di materiale o mediante un apposito campionatore a fustella.

Tale campione dovrà essere imballato in modo tale da non subire danneggiamenti durante il trasporto e spedito al laboratorio geotecnico.

A. Attrezzatura

Nel caso di campionamento con fustella il cilindro campionatore dovrà avere le seguenti caratteristiche minime:

- altezza: $h (\geq) 125 \div 200$ mm;
- diametro interno: $\varnothing_i = 94$ mm;
- spessore delle pareti: $s = 3$ mm;
- angolo di scarpa: $\alpha = 60^\circ$.

Nel caso di campionamento mediante isolamento di un blocco di terreno dovrà essere disponibile la seguente attrezzatura:

- attrezzi da scavo (piccone, pala, zappetta);
- attrezzi da taglio (spatole taglienti, filo in acciaio armonico);
- scatola cubica in legno (lato pari a $(\geq) 30$ cm) con maniglie da trasporto; due facce contrapposte devono essere svitabili e riavvitabili in sito con semplice cacciavite.

B. Modalità esecutive

Il prelievo dovrà essere eseguito in ogni caso su fronti di scavo freschi, dopo avere rimosso lo strato superficiale essiccato, alterato o allentato, previa pulitura senza rimaneggiamento della superficie di prelievo del campione e con l'accortezza di eseguire lo scavo degli ultimi 10 cm a mano.

Al prelievo deve assistere il Geologo responsabile del cantiere e un rappresentante delle Ferrovie.

Il cilindro campionatore dovrà essere infisso a pressione costante nel terreno senza movimenti di rotazione e/o oscillazione. Al termine dell'infissione il terreno all'intorno del campionatore dovrà essere asportato e la fustella dovrà essere staccata delicatamente dal fondo per mezzo di un adeguato utensile (spatola tagliente, filo di acciaio armonico), onde evitare rimaneggiamenti o addensamenti artificiali.

In presenza di terreni coesivi consistenti o in terreni contenenti ciottoli o ghiaia l'infissione della fustella potrà essere favorita con il contemporaneo scavo laterale del terreno all'intorno del campionatore.

Le estremità del campionatore dovranno essere sigillate mediante uno strato di paraffina fusa e con tappi ermeticamente chiusi con nastro adesivo impermeabile.

Per eseguire il prelievo di un campione in blocco si dovrà approfondire lo scavo fino a circa 70 cm al di sotto della quota o profondità di prelievo e successivamente si dovrà operare secondo la seguente procedura:

- isolare un blocco di dimensioni superiori a quelle prefissate di prelievo ($25 \div 30$ cm di lato);
- agendo per strati successivi, dal perimetro verso l'interno, ricavare il blocco delle dimensioni richieste rifinendo con arnesi affilati il blocco stesso;
- paraffinare la superficie del blocco isolato;
- infilare la scatola di legno priva di coperchio e di fondo;
- riempire con paraffina fusa l'intercapedine scatola-campione ed avvitare il coperchio della scatola;
- tagliare alla base il blocco con il filo d'acciaio armonico;
- regolarizzare il campione, paraffinare il lato inferiore del blocco e chiudere la faccia inferiore della scatola.

Il numero dei campioni indisturbati e la profondità di ogni singolo prelievo dovranno essere stabiliti o comunque approvati dalle Ferrovie.

Documenti da consegnare

A corredo delle operazioni di prelievo dovrà essere compilata una scheda, allegata al campione, che riporterà le seguenti indicazioni:

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 112 di 232

- a) data di prelievo;
- b) cantiere;
- c) numero ed ubicazione del pozzetto esplorativo o del fronte di scavo;
- d) numero del campione;
- e) quota o profondità di prelievo;
- f) parte alta del campione;
- g) fotografia a colori del campione e della fustella in posizione di prelievo
- h) documentazione della formazione da cui viene prelevato il campione. La descrizione dovrà contenere almeno gli elementi di seguito citati:
 - terre: litologia, granulometria e classificazione, addensamento o consistenza, colore, stato idrico, alterazione, contenuto organico, prove con pocket penetrometer e/o Vane Test, stratificazione;
 - roccia: litologia, classificazione, stato fatturazione, stato alterazione, colore, porosità, densità, stato idrico.

Riferimenti normativi:

- UNI EN 932-1 (1998) – “Metodi di prova per determinare le proprietà generali degli aggregati. Metodi di campionamento”
- Associazione Geotecnica Italiana (1977). Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche.
- CNR-BU n. 25 (1972). Campionatura di terre e terreni.
- Bollettino del Servizio Geologico d'Italia, Vol. LXXXIX (1968). Codice italiano di nomenclatura stratigrafica

3.7.2.2 Prelievo di campioni di aggregati depositati in cumulo all'interno di carri ferroviari o di autocarri, presso impianti di frantumazione (produzione) o in opera come massicciata ferroviaria.

Lo scopo del prelievo è di ottenere un campione rappresentativo delle caratteristiche di un aggregato in opera (ad esempio massicciata ferroviaria) o stoccato in deposito.

A. Attrezzatura

Possono essere utilizzate le seguenti attrezzature:

- paletta per campionamento con sezione trasversale rettangolare;
- paletta per campionamento con sezione trasversale circolare;
- pala;
- telaio di campionamento dotato di fiancate parallele che si adattano al nastro trasportatore e di lunghezza pari all'ampiezza del nastro stesso;
- scatola di campionamento di capacità pari a due volte il volume di materiale da prelevare e di larghezza minima pari a tre volte la dimensione massima dell'aggregato;
- tubo di campionamento di lunghezza variabile tra 1 e 2 metri e di diametro minimo pari a tre volte la dimensione massima dell'aggregato.

Possono essere utilizzate altre attrezzature che siano conformi alla normativa citata nei riferimenti e che sia preventivamente autorizzata dalle Ferrovie.

B. Modalità esecutive

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 113 di 232

In generale le variazioni di campionamento dovute alla eterogeneità del materiale possono essere ridotte ad un livello accettabile eseguendo un numero adeguato di prelievi.

I prelievi devono essere scelti a caso nell'ambito di un quantitativo di materiale di cui il campione globale deve essere rappresentativo. Il numero dei punti di prelievo e la loro distribuzione per ottenere il campione globale rappresentativo dovranno essere preventivamente approvate dalle Ferrovie.

La quantità del campione globale deve essere calcolata in funzione del tipo e del numero delle prove da eseguire, delle dimensioni degli aggregati e della loro massa volumica.

Nel caso di campionamento di materiale in cumulo, devono essere prelevati campioni di dimensioni approssimativamente uguali da punti differenti a differenti altezze o profondità distribuite su tutto il volume.

Nel caso di campionamento da carri ferroviari o autocarri, si può seguire il criterio precedentemente descritto se il materiale fluisce liberamente dai cassoni/vagoni. Se, invece, il materiale rimane stoccato nel vagone o nel cassone è preferibile utilizzare attrezzature come il tubo di campionamento inserendolo verticalmente per tutta la profondità dell'aggregato.

Documenti da consegnare

A corredo delle operazioni di campionamento dovrà essere compilata una scheda, allegata al campione, che riporterà le seguenti indicazioni:

- data e luogo di prelievo;
- cantiere o area di prelievo;
- planimetria con l'indicazione del numero e dell'ubicazione dei punti di prelievo;
- numero o sigla identificativa del campione;
- fotografia a colori del campione e dei punti di prelievo.

Riferimenti normativi:

- UNI EN 932-1 (1998). Metodi di prova per determinare le proprietà generali degli aggregati. Metodi di campionamento.
- UNI EN 13450 (2013). Aggregati per massicciate per ferrovie.

3.7.2.3 Prelievo di un campione di terreno per indagini ambientali, compresa la conservazione in idonei contenitori.

Il prelievo di campioni di terreno interessa il materiale prelevato durante l'esecuzione di carotaggi di tipo ambientale.

Nel caso sia previsto il prelievo di campioni destinati anche all'analisi di sostanze volatili, si procederà innanzitutto al prelievo puntuale immediatamente dopo l'estrazione della carota e in particolare:

- nel caso di impiego di carotieri apribili longitudinalmente subito dopo l'apertura del campionatore;
- nel caso di campione ottenuto con fustella in PVC subito dopo che la fustella sarà estratta e sezionata longitudinalmente.

A. Attrezzature e Modalità esecutive

Il campione sarà inserito in appositi contenitori tipo vials.

Per i campioni da sottoporre ad analisi chimiche di sostanze non volatili, si procederà omogeneizzando il materiale di carota estratto, previa posa su telo in nylon e privando il materiale della frazione superiore a 2 cm con l'impiego di setaccio.

Dal passante verrà prelevato un campione di circa 1 chilo che sarà riposto in appositi contenitori in vetro

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 114 di 232

sterilizzati e a tenuta.

Il campione dovrà contenere tutti i dati per la sua identificazione.

I contenitori in vetro dovranno essere etichettati riportando i seguenti dati:

- committente;
- luogo, data, numero del sondaggio;
- profondità di campionamento.

Ogni campione prelevato, sia per analisi di sostanze volatili che non volatili, sarà suddiviso in due aliquote, una per l'analisi da condurre ad opera del laboratorio incaricato, ed una per archivio a disposizione per eventuali analisi di verifica e controllo.

Dopo il campionamento, il restante materiale dovrà essere conservato nelle apposite cassette catalogatrici, salvo altre indicazioni.

Il telo di nylon dovrà essere sostituito con uno nuovo ad ogni campionamento.

Gli attrezzi utilizzati per il campionamento dovranno essere opportunamente lavati con idropulitrice ed asciugati prima del campionamento successivo.

Lo schema di prelievo dei campioni di terreno da adottare, salvo diverse indicazioni delle Ferrovie, è il seguente:

- 1 campione medio, campionato ogni metro di perforazione nella fascia di profondità tra 0,00 m e 5,00 m da piano campagna.
- salvo diversa indicazione delle Ferrovie, saranno esaminati in prima istanza soltanto i campioni dei primi tre metri di profondità dal p.c.;
- i campioni più profondi saranno analizzati solo dopo l'accertamento dell'eventuale superamento del limite di soglia degli analiti esaminati di cui alla tabella B dell'allegato 5 alla parte IV del D.lgs 152 e smi.
- qualora nel corso della perforazione si dovessero rinvenire materiali assimilabili a rifiuti si procederà al campionamento del tal quale secondo quanto previsto dalla normativa vigente.

3.7.3 PRELIEVO DI CAMPIONI IN AMBIENTE COSTIERO E FLUVIALE

3.7.3.1 Prelievo di campioni di terreno sciolto in corrispondenza di una spiaggia, di una spiaggia sommersa, del fondo di un alveo fluviale o della sponda di un corso d'acqua .

Il campionamento di terreno sciolto deve consentire, attraverso l'analisi granulometrica, di conoscere le caratteristiche dimensionali dei materiali prelevati in corrispondenza di una spiaggia, di una spiaggia sommersa, del fondo di un alveo fluviale o della sponda di un corso d'acqua.

Le modalità di campionamento per il rilievo della granulometria devono essere diversificate in relazione alle dimensioni ed all'assortimento dei sedimenti secondo i seguenti metodi:

- a) prelievo con benna a tenuta;
- b) prelievo manuale;
- c) prelievo con il metodo della griglia campionamento.

A. Attrezzature e modalità esecutive

A.a Prelievo con benna a tenuta

Questo sistema di prelievo è consigliato in presenza di depositi sommersi a granulometria sabbioso-limosa.

Si esegue con campionatore a benna tipo Van Veen o similare installato in genere sopra un'imbarcazione e in

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 115 di 232

alternativa su un ponte o in casi particolari da guado.

Il campionatore può essere manovrato manualmente o mediante argano e le operazioni di campionamento devono essere ripetute fino al raggiungimento del quantitativo minimo di 2 kg di materiale scolato, curando l'esecuzione delle manovre di recupero del dispositivo per evitare il dilavamento del campione.

A.b Prelievo manuale

Questo metodo di prelievo si adotta in presenza di depositi emersi a granulometria eterogenea sabbioso-limoso-ghiaiosa.

Si dovrà prelevare un quantitativo minimo di 2 kg di materiale utilizzando attrezzi quali una paletta, un badile ecc. curando la corretta rappresentatività del campione.

A.c Prelievo con il metodo della griglia di campionamento

Questo sistema si adotta in presenza di depositi emersi a granulometria grossolana (ciottoli) con una pezzatura media pari o superiore a 10 cm circa.

In tale caso è opportuno procedere alla valutazione diretta della distribuzione dei diametri applicando il metodo della griglia di campionamento. Il metodo prevede la stesa, su un'area granulometricamente omogenea, di un reticolo a maglia quadrata di lato 0,5 m, per un'estensione minima di 5x5 m. In corrispondenza dei vertici del reticolo si procede al prelievo dei ciottoli e alla misura dei tre diametri caratteristici (assimilando ogni elemento a un ellissoide) mediante compasso comparatore.

I campioni di terreno sciolto dovranno essere prelevati, di norma e salvo diversa disposizione delle Ferrovie, lungo l'allineamento di un profilo batimetrico-celerimetrico rilevato. Tutti i campioni dovranno essere posti in contenitori stagni etichettati con il numero distintivo, il riferimento al profilo batimetrico, la posizione in ascissa rispetto al picchetto di riferimento a terra sul profilo rilevato, la profondità di prelievo.

Il campione prelevato dovrà essere imballato in modo da non subire danneggiamenti per il trasporto ad un laboratorio geotecnico.

Documenti da consegnare.

Al termine delle operazioni dovranno essere consegnati i seguenti elaborati:

- a) Relazione generale sulle operazioni di prelievo;
- b) Planimetria in scala da concordare con le Ferrovie con l'indicazione dell'ubicazione dei profili/sezioni rilevate, recante l'indicazione dei punti di prelievo con i rispettivi numeri distintivi;
- c) Elenco dei campioni prelevati con l'indicazione dei relativi dati identificativi, dell'ubicazione e della data del prelievo, del volume scolato, della classificazione granulometrica approssimativa;
- d) Ubicazione della griglia di campionamento, in scala da concordare con le Ferrovie, con l'indicazione dei risultati delle misure eseguite.

3.7.4 OPERE DI COMPLETAMENTO E SISTEMAZIONE

3.7.4.1 Installazione all'interno di fori di sondaggio già eseguiti, di tubi in materia plastica per esecuzione di prospezioni geofisiche in foro.

A. Attrezzatura

Per l'esecuzione di prospezioni geofisiche in foro di sondaggio, occorre inserire in questi ultimi tubi in materiale plastico tipo P.V.C., giuntati con manicotto e mastice, aventi diametro interno non inferiore a 80 (ottanta) millimetri e spessore non inferiore a 3 (tre) millimetri.

B. Modalità esecutiva

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 116 di 232

La posa in opera del tubo in p.v.c. pesante dentro il foro di sondaggio per l'effettuazione delle prove geofisiche dovrà effettuarsi con le seguenti modalità operative:

- a) lavaggio accurato del foro con acqua pulita e controllo della profondità;
- b) calaggio della tubazione nel foro; i tubi saranno giuntati con manicotti incollati ma non rivettati (eventualmente fissati con viti autofilettanti non passanti), in modo da garantire la perfetta linearità interna e l'assenza di scalini nella tubazione;
- c) cementazione dell'intercapedine foro-tubo con miscela acqua-bentonite-cemento (dosaggio a/c/b rispettivamente 100/50/10) in modo da garantire la continuità del contatto terreno-tubazione su tutta la verticale per garantire registrazioni sismiche di qualità.

La cementazione deve essere eseguita a partire dal fondo foro con un tubo ausiliario riempiendo dal basso verso l'alto in maniera uniforme l'intercapedine tra foro e rivestimento, allontanando il fango e i detriti eventualmente presenti

La pressione di iniezione non deve essere superiore a 2 atm. Qualora la situazione incontrata presentasse forti venute di acqua, fatturazione, scavamenti, ecc., la composizione della miscela e la pressione d'iniezione potranno essere opportunamente variate previa la preventiva autorizzazione delle Ferrovie.

Una volta terminate le operazioni di rivestimento e cementazione l'interno dei tubi deve essere lavato con acqua pulita e lasciato pieno d'acqua.

3.7.4.2 Sistemazione al piano campagna della bocca di perforazioni e di sondaggi.

La sistemazione della bocca di perforazioni o di sondaggi dovrà essere eseguita in modo da evitare manomissioni esterne e da consentire di effettuare periodicamente le ispezioni o le letture delle apparecchiature e delle strumentazioni installate in opera.

L'operazione complessivamente consiste in :

- scavo di 20 cm di profondità e 20 cm attorno al foro di sondaggio per l'esecuzione di prospezioni geofisiche in foro da effettuarsi prima dell'estrazione dell'ultimo spezzone di tubo di rivestimento del foro qualora non sia stato posizionato un tubo di rivestimento definitivo e di attrezzaggio del foro stesso.
- inserimento e cementazione nel pozzetto di uno spezzone di tubo d'acciaio zincato (flangia) con sovrastante cappelletto apribile con lucchetto del diametro interno inferiore o superiore a 120 mm in funzione della tipologia di attrezzaggio applicato.
- nel caso di sondaggio posizionato in aree pavimentate o carrabili occorrerà eseguire un pozzetto attorno al foro di sondaggio di sezione almeno 30 X 30 e profondità maggiore di 30 cm con cordolo in muratura o in cls e posizionamento di flangia con lucchetto e superiormente di chiusino presente serrabile.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 117 di 232

3.8 PROVE GEOTECNICHE IN SITO

3.8.1 APPARECCHIATURA IN OPERA

3.8.1.1 Fornitura e installazione di piezometro a tubo aperto di diametro non inferiore a mm 40.

Il piezometro a tubo aperto è costituito da tubi PVC inseriti di norma entro fori di sondaggio in presenza di una falda acquifera in terreni a permeabilità medio alta ($K > 10^{-6}$ m/sec) per la misura di livello della falda stessa.

A. Attrezzatura

Lo strumento è costituito da:

- Tubi filtranti in PVC, di spessore pari a 1÷2 mm, con finestre trasversali con apertura di 0,4÷1,0 mm, diametro interno compreso tra 40 e 80 mm, con giunzione a manicotto esterno. I tubi dovranno essere forniti in spezzoni di lunghezza non superiore a 3 metri.
- Tubi ciechi in PVC, di spessore pari a 1÷2 mm, con diametro interno compreso tra 40 e 80 mm e con le estremità filettate e giuntate con manicotti esterni; questi tubi dovranno avere le medesime dimensioni dei tubi filtranti.

Se destinato al prelievo di campioni di fluido per analisi chimico - fisiche, si installeranno tubi del diametro interno $\varnothing_{int} \geq 100$ mm, in PVC con rivestimento in granulare siliceo; l'uso di tubi in PVC non rivestito deve in questo caso essere concordato con le Ferrovie e chiaramente segnalato nella documentazione della avvenuta installazione.

B. Installazione

B1. Controlli ed operazioni preliminari

Prima della posa in opera:

- verificare che i tubi non presentino lesioni, schiacciamenti o curvature dovute al trasporto o all'immagazzinamento, o eventuali altri difetti di fabbricazione;
- verificare che i filetti alle estremità dei tubi ed i manicotti non presentino anomalie tali da compromettere il buon accoppiamento dei tubi;
- montaggio dei manicotti di giunzione ad una estremità dei tubi con sigillatura mediante sigillanti idraulici;
- preparazione del materiale necessario alla formazione degli strati filtranti e di sigillatura (o impermeabilizzazione);
- per lo strato filtrante devono essere utilizzati sabbia e ghiaietto puliti con granulometria 1÷4 mm;
- per la sigillatura (o impermeabilizzazione) devono essere utilizzate palline di bentonite precomprese con diametro 1÷2 cm e ghiaietto da 2÷3 cm.

B2. Modalità esecutiva

La posa in opera dei piezometri deve essere eseguita secondo le seguenti modalità:

- verificare con lo scandaglio la quota del fondo foro che dovrà essere almeno 50 cm maggiore della profondità di posa della cella;
- lavare accuratamente il foro con acqua pulita immessa dal fondo fino a che non esca acqua limpida;
- verificare nuovamente la quota del fondo foro con lo scandaglio;
- sollevare il rivestimento di circa 70 cm;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 118 di 232

- se il piezometro non è previsto a fondo foro ma ad una quota intermedia, prima dell'immissione della sabbia di fondo foro si dovrà riempire il tratto di sondaggio non utile con una miscela di acqua cemento e bentonite (dosaggio a/c/b rispettivamente 100/50/10 in peso), sigillandola infine con un tappo di bentonite;
- immettere della sabbia grossa o del ghiaietto fine ($\varnothing = 1\div 4$ mm) per un'altezza di circa 50 cm dal fondo, controllando con lo scandaglio la quota raggiunta;
- inserimento del tubo piezometrico nel foro di sondaggio, aggiungendo progressivamente gli spezzoni di tubo secondo la sequenza tratti finestrati/tratti ciechi prevista dalle Ferrovie e sigillando le giunzioni con sigillanti idraulici. La giunzione dei tubi deve essere realizzata senza forzare eccessivamente l'avvitamento dei manicotti filettati al fine di evitare la deformazione delle estremità dei tubi e la conseguente difficoltà di passaggio della sonda di misura; Il tratto finestrato dovrà essere protetto con geosintetico (tessuto non tessuto di luce non superiore a 0,5 mm) e l'estremità inferiore del tubo sarà chiusa con apposito tappo di fondo;
- posa di sabbia grossa ($\varnothing = 1\div 4$ mm) pulita o materiale granulare pulito (ghiaietto fine - $\varnothing = 2\div 4$ mm) attorno al tubo fino a risalire di 1 m dall'estremità superiore del tratto finestrato, ritirando man mano la colonna di rivestimento, senza l'ausilio della rotazione, con l'avvertenza di controllare che il piezometro non risalga assieme al rivestimento;
- formazione di un tappo impermeabile superiore, costituito da palline di bentonite preconfezionate ($\varnothing = 1\div 2$ cm) in strati di 20 cm alternate a straterelli di ghiaietto di 2÷3 cm, per lo spessore complessivo di 1 m, ritirando man mano i rivestimenti (senza l'ausilio della rotazione) e costipando i livelli di ghiaietto;
- riempimento del tratto del foro compreso tra l'estremità superiore del tappo impermeabile e il piano campagna con malta di cemento e bentonite (dosaggio a/c/b rispettivamente 100/50/10 in peso) o altro materiale idoneo;
- sistemazione e protezione del piezometro con la creazione di un pozzetto in lamiera verniciata, ben cementato nel terreno, munito di coperchio con lucchetto e chiavi che verranno consegnate alle Ferrovie; nel caso di installazione in luoghi aperti al traffico veicolare o pedonale (strade, piazzali, marciapiedi), e solo su specifica richiesta delle Ferrovie, in luogo del chiusino standard dovrà essere installato idoneo chiusino carrabile, posto in opera a filo della pavimentazione esistente;
- verifica dell'assenza di ostruzioni o di impedimenti ed eventuale spurgo del tubo piezometrico.

Nei casi di installazione di piezometri nell'ambito di indagini di tipo ambientale e in tutti i casi in cui sia previsto il prelievo di campioni d'acqua da sottoporre ad analisi chimiche, particolare cura dovrà essere posta nell'utilizzo dei materiali necessari alla formazione degli strati filtranti e di sigillatura e dell'acqua delle operazioni di lavaggio al fine di evitare qualsiasi contaminazione dell'acqua di falda.

Nei giorni successivi all'installazione, di norma, devono eseguirsi alcune letture (minimo n. 3) per controllare la stabilizzazione del livello piezometrico, la prima delle quali deve essere rilevata almeno un paio di ore dopo l'installazione del piezometro e le altre, successivamente, almeno una volta al giorno per tutta la durata del cantiere.

C. Misure

Per la misura manuale del livello di falda nei piezometri a tubo aperto deve essere impiegato un idoneo indicatore di livello ("freatimetro").

Tale indicatore deve essere composto da un puntale rilevatore e da un cavo metrato/centimetrato avvolto su rullo. Deve essere dotato di un avvisatore acustico/luminoso che segnali il contatto del puntale con la superficie del pelo libero dell'acqua e di un cavo metrato/centimetrato per determinare la profondità del pelo libero rispetto alla sommità del tubo di misura.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 119 di 232

Le letture manuali con indicatore di livello devono essere eseguite secondo il seguente schema:

- infilare il sensore dell'indicatore nel tubo di misura del piezometro ed accendere la sonda;
- calare lentamente il sensore nel tubo facendo ruotare il rullo avvolgicavo ed evitando che scenda per peso proprio;
- quando l'indicatore segnala l'avvenuto contatto con l'acqua, estrarre leggermente la sonda fino alla cessazione del segnale acustico e/o luminoso;
- calare di nuovo lentamente il sensore fino al contatto e leggere la quota sul cavo;
- ripetere le operazioni almeno 3 volte, e comunque fino a che la quota possa essere definita con una precisione pari a ± 5 mm;
- annotare la quota così rilevata sul modulo di lettura.

Lo strumento di misura da cui dipende la precisione della lettura (sonda a scandaglio) deve essere tarato con le modalità esecutive di seguito riportate.

La taratura ordinaria deve essere operata mensilmente sul cavo metrato per mezzo di una bindella metrica di riferimento.

Lo strumento di lettura deve essere assoggettato solo a semplici controlli prima e dopo l'esecuzione di ogni lettura giornaliera. I due controlli a priori e a posteriori devono avvenire comunque nel corso dello stesso giorno solare. Essi devono consistere nell'immersione dello strumento in acqua con verifica dell'affondamento del sensore al momento della chiusura del contatto. La sonda deve essere inserita nell'apposito tubo di misura, munito di una tacca di riferimento distante esattamente un metro dal pelo libero dell'acqua.

Tra il punto di contatto e la tacca del primo metro deve essere verificata una distanza di $1 \text{ m} \pm 2 \text{ mm}$. Nel caso in cui ciò non avvenga, si deve provvedere alla sostituzione della sonda e della sua eventuale nuova taratura. I controlli devono inoltre comprendere una attenta ispezione visiva dell'integrità della sonda nonché la verifica della carica delle batterie e dell'efficienza del sistema di avviso acustico e/o luminoso.

Qualora si riscontrino piegature, incisioni della guaina, abrasioni e/o traslazioni di tacche di riferimento, la sonda deve essere sostituita.

Non sono ammesse giunzioni di qualsiasi tipo sul cavo.

Documenti da consegnare.

Al completamento delle operazioni dovranno essere riportate nel documento stratigrafico del relativo sondaggio o della perforazione eseguita, per ogni piezometro installato, tutte le informazioni sulle relative misure e sul livello piezometrico rilevato, comprendenti:

- informazioni generali (profondità, quota bocca foro m slm ecc.);
- schema, tipo e posizione del piezometro installato;
- quote del tratto cieco e di quello finestrato;
- quota assoluta del bordo superiore del pozzetto di protezione;
- tabella con valori delle letture eseguite e relative date fino alla consegna.

3.8.1.2 Installazione di piezometro con cella tipo Casagrande a doppio tubo.

La cella piezometrica è uno strumento, posto in opera in fori di sondaggio, per misurare la pressione neutra dell'acqua con tempi di risposta relativamente brevi, anche in corrispondenza di falde minori sospese, isolando il tratto di misura, e in terreni con permeabilità bassa. Nei normali fori di sondaggio è possibile installare una o più celle piezometriche. Per una corretta installazione, in presenza di fori instabili, è comunque necessario che il foro di sondaggio medesimo sia sostenuto con tubi di rivestimento.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 120 di 232

A. Strumentazione

La verticale strumentale completa deve essere costituita dai seguenti elementi:

- cella piezometrica;
- tubi di misura e di spurgo.

A1. Cella piezometrica

La cella piezometrica deve essere composta da un filtro e da un telaio. Il filtro, avente un diametro esterno di circa 50 mm e lunghezza non inferiore a 200 mm, deve essere costituito da agglomerato di silice - o materiale equivalente - con porosità compresa tra 0,2 e 0,6 mm; il telaio deve avere ad una estremità due raccordi da 1/2".

Per consentire di attrezzare eventualmente il piezometro con un trasduttore elettrico di pressione, uno dei due raccordi deve avere un diametro da 1 1/2".

Tutti i materiali che costituiscono la cella piezometrica devono essere protetti da agenti corrosivi.

A2. Tubi di misura e di spurgo

Ogni cella piezometrica deve essere munita di un tubo di misura e di un tubo di spurgo in PVC, con giunti a tenuta stagna, aventi le seguenti caratteristiche:

- diametro nominale 1/2";
- spessore ≥ 3 mm;
- lunghezza standard degli spezzoni pari a 3÷6 m.

B. Installazione

B1. Controlli ed operazioni preliminari

Prima della posa in opera:

- a) verifica dell'integrità del filtro e del suo corretto montaggio sul corpo della cella;
- b) verifica che i tubi non presentino lesioni, schiacciamenti o curvature dovute al trasporto o immagazzinamento;
- c) verifica che i filetti alle estremità dei tubi ed i manicotti non presentino anomalie tali da compromettere il buon accoppiamento dei tubi.
- d) saturazione della cella porosa in acqua disareata;
- e) collegamento del primo spezzone dei tubi alla cella piezometrica con sigillatura dei filetti mediante sigillanti idraulici;
- f) montaggio dei manicotti di giunzione ad una estremità dei tubi con sigillatura mediante sigillanti idraulici;
- g) preparazione del materiale necessario alla formazione degli strati filtrante e di sigillatura;
- h) per lo strato filtrante si consiglia di utilizzare sabbia e ghiaietto puliti con granulometria 1÷4 mm;
- i) per la sigillatura si può utilizzare una miscela di palline di bentonite precomprese con diametro 1÷2 cm e ghiaietto di 2÷3 cm;

B2. Modalità esecutive

La posa in opera dei piezometri deve essere eseguita secondo le seguenti modalità:

- a) controllo della quota di fondo del foro con idoneo scandaglio;
- b) lavaggio della perforazione con acqua pulita e immessa dal fondo;

- c) se richiesto, riempimento del foro con malta di acqua-cemento-bentonite (dosaggio a/c/b rispettivamente 100/50/10), fino alla quota di 1,5 m al di sotto di quella prevista per l'installazione della cella piezometrica, con ritiro progressivo del rivestimento;
- d) posa di un tappo impermeabile costituito da palline di bentonite ($\varnothing=1\div 2$ cm) precedentemente confezionate, costipate con pestello, per lo spessore di 1 m, con ritiro ulteriore del rivestimento;
- e) abbondante lavaggio del foro con acqua pulita immessa dal fondo;
- f) controllo della profondità del foro;
- g) posa di uno strato (spessore pari a 0,5 m) di materiale granulare pulito uniforme e saturo ($\varnothing=1\div 4$ mm), ritirando il rivestimento; tale operazione deve avvenire con il foro pieno d'acqua;
- h) controllo della profondità del foro;
- i) discesa a quota della cella piezometrica preventivamente saturata (mantenuta fino a quel momento in acqua pulita) collegando i tubi di andata e ritorno, assicurandosi della perfetta tenuta dei giunti mediante sigillanti idraulici;
- j) posa di sabbia pulita attorno e sopra il piezometro (0,5 m) con ritiro della colonna di rivestimento senza l'ausilio della rotazione, con l'avvertenza di controllare che il piezometro non risalga assieme ai rivestimenti e che in colonna sia sempre presente sabbia;
- k) completamento dell'installazione dei tubi e verifica di assenza di ostruzioni o comunque impedimenti al passaggio della sonda, inserendo la sonda stessa;
- l) formazione di un tappo impermeabile, per uno spessore totale di almeno 1 m, costituito da strati di circa 15 cm di palline di bentonite ($\varnothing=1\div 2$ cm) e strati di ghiaietto ($\varnothing=2\div 3$ cm), entrambi compattati con pestello,
- m) innalzamento progressivo del rivestimento del foro sempre senza l'ausilio della rotazione mentre si compiono le operazioni di sigillatura;
- n) se non è prevista l'installazione di una seconda cella piezometrica, riempimento del tratto del foro compreso tra l'estremità superiore del tappo impermeabile e il piano campagna con miscela di cemento e bentonite (dosaggio a/c/b rispettivamente 100/50/10) o altro materiale idoneo;
- o) verifica finale dell'assenza di ostruzioni o comunque di impedimenti al passaggio della sonda, mediante l'inserimento dell'indicatore di livello;
- p) spurgo della cella con acqua pulita immessa alternativamente nei due tubi per almeno 20 minuti.
- q) inserimento delle estremità dei tubi in un pozzetto metallico con chiusura a lucchetto e chiave. Il pozzetto dovrà essere cementato nel terreno. Le chiavi, identificate da un cartellino completo delle indicazioni del caso, saranno consegnate alle Ferrovie; nel caso di installazione in luoghi aperti al traffico veicolare o pedonale (strade, piazzali, marciapiedi), e solo su specifica richiesta delle Ferrovie in luogo del chiusino standard dovrà essere installato idoneo chiusino carrabile, posto in opera a filo della pavimentazione esistente.

Qualora si preveda di installare all'interno della stessa perforazione due celle Casagrande a differenti profondità, deve essere eseguito un adeguato tappo impermeabile che consenta il completo isolamento fra le due celle piezometriche. Tale isolamento può essere realizzato con strati alternati di palline di bentonite e ghiaietto dello spessore di circa 10 cm per una lunghezza totale di almeno 3 m.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 122 di 232

Nei giorni successivi all'installazione, di norma, devono eseguirsi alcune letture (minimo n. 3) per controllare la stabilizzazione del livello piezometrico, la prima delle quali deve essere rilevata almeno un paio di ore dopo l'installazione del piezometro e le altre, successivamente, almeno una volta al giorno per tutta la durata del cantiere.

C. Misure

Per la misura manuale del livello di falda nei piezometri Casagrande deve essere impiegato un idoneo indicatore di livello ("freatimetro").

Tale indicatore deve essere composto da un puntale rilevatore e da un cavo metrato/centimetrato avvolto su rullo. Deve essere dotato di un avvisatore acustico/luminoso che segnali il contatto del puntale con la superficie del pelo libero dell'acqua e di un cavo metrato/centimetrato per determinare la profondità del pelo libero rispetto alla sommità del tubo di misura.

Le letture manuali con indicatore di livello devono essere eseguite secondo il seguente schema:

- infilare il sensore dell'indicatore nel tubo di misura del piezometro ed accendere la sonda;
- calare lentamente il sensore nel tubo facendo ruotare il rullo avvolgicavo ed evitando che scenda per peso proprio;
- quando l'indicatore segnala l'avvenuto contatto con l'acqua, estrarre leggermente la sonda fino alla cessazione del segnale acustico e/o luminoso;
- calare di nuovo lentamente il sensore fino al contatto e leggere la quota sul cavo;
- ripetere le operazioni almeno 3 volte, e comunque fino a che la quota possa essere definita con una precisione pari a ± 5 mm;
- annotare la quota così rilevata sul modulo di lettura.

La strumentazione installata deve essere oggetto di controlli periodici consistenti nella verifica che il piezometro non sia intasato confrontando le quote piezometriche nei due tubi (di misura e di spurgo). Se le letture differiscono per più di 5 cm, il filtro deve essere ritenuto intasato e si deve quindi procedere all'operazione di spurgo da eseguirsi, indicativamente, secondo le seguenti modalità:

- a) immissione di un getto di acqua dolce pulita a pressione non superiore a 0,5 bar in uno dei due tubi, attendendo che l'acqua fuoriesca dall'altro tubo per almeno 10 minuti;
- b) ripetizione dell'operazione a) immettendo acqua nell'altro tubo.

Lo strumento di misura da cui dipende la precisione della lettura (sonda a scandaglio) deve essere tarato con le modalità esecutive di seguito riportate.

La taratura ordinaria deve essere operata mensilmente sul cavo metrato per mezzo di una bindella metrica di riferimento.

Lo strumento di lettura deve essere assoggettato solo a semplici controlli prima e dopo l'esecuzione di ogni lettura giornaliera. I due controlli a priori e a posteriori devono avvenire comunque nel corso dello stesso giorno solare.

Essi devono consistere nell'immersione dello strumento in acqua con verifica dell'affondamento del sensore al momento della chiusura del contatto. La sonda deve essere inserita nell'apposito tubo di misura, munito di una tacca di riferimento distante esattamente un metro dal pelo libero dell'acqua.

Tra il punto di contatto e la tacca del primo metro deve essere verificata una distanza di $1 \text{ m} \pm 2 \text{ mm}$. Nel caso in cui ciò non avvenga, si deve provvedere alla sostituzione della sonda e alla sua eventuale nuova taratura.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 123 di 232

I controlli devono inoltre comprendere una attenta ispezione visiva dell'integrità della sonda nonché la verifica della carica delle batterie e dell'efficienza del sistema di avviso acustico e/o luminoso.

Qualora si riscontrino piegature, incisioni della guaina, abrasioni e/o traslazioni di tacche di riferimento, la sonda deve essere sostituita.

Non sono ammesse giunzioni di qualsiasi tipo sul cavo.

Documenti da consegnare.

Al completamento delle operazioni dovranno essere riportate, sul documento stratigrafico del relativo sondaggio o della perforazione eseguita, per ogni piezometro installato, tutte le informazioni sul tipo di cella, sulla installazione del piezometro e sul livello piezometrico rilevato.

Per ciascuna cella installata dovranno essere fornite:

- informazioni generali (profondità, quota bocca foro s.l.m. ecc...) marca, modello , eventuale numero di matricola;
- schema geometrico di installazione;
- quota assoluta dei terminali piezometrici;
- posizioni e dimensioni dei tamponi;
- tabelle e grafici con letture piezometriche eseguite.

Riferimenti normativi:

- AGI (1977) "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche"

3.8.1.3 Installazione di piezometro elettrico.

Tale strumento viene utilizzato in terreni con permeabilità da media a bassa ($K < 10^{-6}$ m/sec) per la misura delle pressioni neutre nel terreno quando sia necessaria una risposta rapida alle variazioni del carico idraulico.

A. Strumentazione

Il piezometro elettrico è costituito dai seguenti elementi:

- a) un corpo cilindrico in acciaio inossidabile contenente la camera idraulica, il sensore di misura, la scheda di condizionamento 4-20 mA e la terminazione del cavo;
- b) un filtro, a forma di disco, realizzato in acciaio sinterizzato, ceramica o plastica che mette in comunicazione la camera idraulica con l'ambiente esterno;
- c) un cavo elettrico di opportune caratteristiche che realizza il collegamento dello strumento all'unità di lettura.

Il trasduttore elettrico di pressione dovrà avere le seguenti caratteristiche minime:

- Campo di misura tipico: compreso tra 0,2 e 5 MPa (da stabilirsi in funzione del problema)
- Massimo sovraccarico: 30% f.s.
- Precisione tipica: < 0,3% f.s.
- Sensibilità: 0,01% f.s.
- Segnale in uscita: 4-20 mA
- Deriva termica di sensibilità: < 0,01%/ °C
- Campo di temperatura: -10÷+55°C

I filtri dovranno avere le seguenti caratteristiche minime:

- Materiale: acciaio inox sinterizzato, ceramica, plastica
- Tipo di saturazione: normalmente con aria degassata
- Porosità tipica: 1 micron (alto air entry value)
40-50 micron (basso air entry value)

La saturazione dei filtri ha lo scopo di rimuovere il gas presente nei pori del filtro e di sostituirlo con fluido disareato che consenta di trasferire più velocemente e rigorosamente la pressione dall'esterno all'interno del piezometro. I filtri a "basso air entry value" sono più facilmente saturabili rispetto ai filtri con "alto air entry value". I cavi dovranno avere le seguenti caratteristiche minime:

- Conduttori: rame stagnato
- Isolamento tipico: PVC, PE, PTFE
- Carico di rottura: non inferiore a 100 Kg
- Schermatura: 90% in calza di rame stagnato
- Rigidità dielettrica: non inferiore a 5000 V
- Isolamento dei conduttori: non inferiore a 1000 V
- Guaine di protezione (interna ed esterna): in funzione delle condizioni di installazione.

B. Installazione

B1. Controlli ed operazioni preliminari

Prima dell'inizio della posa in opera:

- a) controllo visivo sull'integrità e sul corretto montaggio dello strumento, con particolare riguardo al filtro ed alla connessione del cavo e del relativo terminale;
- b) verifica del corretto funzionamento dello strumento;
- c) preparazione del piezometro in un sacchetto di juta o tela, riempito con sabbia fine già lavata, e sistemazione dello strumento in un contenitore con acqua;
- d) esecuzione di una lettura con centralina portatile;
- e) preparazione del materiale per la formazione degli strati filtrante e di sigillatura;
- f) per lo strato filtrante devono essere utilizzati sabbia e ghiaia fine pulite ($\varnothing=1\div 5$ mm);
- g) per la sigillatura si utilizzano palline di bentonite precompressa con diametro $\varnothing=1\div 2$ cm e ghiaietto da $2\div 3$ cm.

B2. Modalità esecutive

La posa in opera dei piezometri è eseguita secondo le seguenti specifiche:

- a) controllo della quota di fondo del foro con idoneo scandaglio;
- b) lavaggio della perforazione con acqua pulita e immessa dal fondo;
- c) se richiesto, riempimento del foro con malta di acqua-cemento-bentonite (dosaggio a/c/b rispettivamente 100/50/10), fino alla quota di 0,5 m al di sotto di quella prevista per l'installazione del piezometro elettrico, con ritiro progressivo del rivestimento;
- d) lavaggio della perforazione con acqua pulita e immessa dal fondo;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 125 di 232

- e) realizzazione dello strato filtrante in sabbia fine per uno spessore di almeno 0,5 mm, compattando leggermente con apposito pestello e ritirando i rivestimenti. Tale operazione deve essere eseguita con il foro pieno d'acqua.
- f) posizionamento del piezometro nella perforazione alla quota prevista (all'interno del contenitore con acqua e sabbia) e del cavo di collegamento;
- g) esecuzione di una lettura per controllare il corretto funzionamento del piezometro;
- h) immissione di sabbia pulita attorno e sopra il piezometro per una altezza di circa 0,5 m, ritirando progressivamente i rivestimenti di perforazione senza l'ausilio della rotazione e controllando che il piezometro non risalga con i rivestimenti;
- i) controllo della quota superiore dello strato filtrante mediante apposito scandaglio;
- j) formazione del tappo impermeabile costituito da palline di bentonite da 2÷3 cm di diametro, con spessore superiore a 1 m; ritiro progressivo dei rivestimenti di perforazione, non utilizzando la rotazione e compattando leggermente con pestello per evitare di danneggiare il cavo;
- k) riempimento del tratto del foro compreso tra l'estremità superiore del tappo impermeabile e il piano campagna con miscela di cemento e bentonite (dosaggio a/c/b rispettivamente 100/50/10 in peso) od altro materiale idoneo;
- l) esecuzione di una lettura di controllo del buon funzionamento del piezometro;
- m) sistemazione dell'estremità superiore del piezometro in un pozzetto metallico con chiusura a lucchetto e chiave. Il pozzetto dovrà essere cementato nel terreno. Le chiavi, identificate da un cartellino completo delle indicazioni del caso, saranno consegnate alle Ferrovie; nel caso di installazione in luoghi aperti al traffico veicolare o pedonale (strade, piazzali, marciapiedi), e solo su specifica richiesta delle Ferrovie, in luogo del chiusino standard dovrà essere installato idoneo chiusino carrabile, posto in opera a filo della pavimentazione esistente.

Nei giorni successivi all'installazione di ogni piezometro devono essere eseguite alcune letture al fine di controllarne il corretto funzionamento e la stabilizzazione della pressione interstiziale e solo successivamente potrà essere eseguita la prima lettura operativa.

La misura deve essere effettuata connettendo il cavo alla centralina di lettura mediante l'apposito connettore.

C. Misure

Per la lettura dei trasduttori di pressione devono essere utilizzate centraline di lettura con le seguenti caratteristiche tecniche:

- Display: 4 1/2 digits - LCD
- Risoluzione: 1 digit
- Precisione tipica: % 2 digits
- Coefficiente di deriva termica: $\leq 0,3$ digit /°C
- Temperatura di utilizzo: 0÷50°C
- Grado minimo di protezione: IP64
- Connettori: stagni IP65
- Alimentazione: con batterie interne ricaricabili
- Autonomia: min. 10 ore

Le misure acquisite dovranno essere riferite alla quota assoluta rispetto al livello del mare.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 126 di 232

Documenti da consegnare.

Per ogni piezometro installato dovranno essere riportate nel documento stratigrafico del relativo sondaggio o della perforazione tutte le informazioni sulla ubicazione e le relative caratteristiche e sul livello piezometrico rilevato.

La documentazione comprenderà, per ciascun piezometro elettrico installato:

- informazioni generali (profondità, quota bocca foro ecc.);
- tipo e caratteristiche del piezometro elettrico e dell'unità di misurazione (marca, modello, eventuale numero di matricola)
- schema geometrico dell'installazione;
- quota assoluta dei terminali piezometrici;
- tabulazioni dei dati piezometrici raccolti per la durata del cantiere.

Riferimenti normativi:

- AGI (1977) “ Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche”

3.8.1.4 Installazione di tubo inclinometrico.

Si tratta di tubi deformabili, resi solidali al terreno e di cui seguono le deformazioni, all'interno dei quali viene calata una apposita sonda inclinometrica in grado di misurare le variazioni dalla verticale su due piani perpendicolari. La strumentazione trova efficace utilizzo nei movimenti franosi o di grandi rilevati per i quali è in grado di fornire informazioni su profondità, direzione e velocità di scorrimento. Affinché si ottengano valori attendibili è necessario che la base del tubo inclinometrico sia ammorsata in terreno stabile.

A. Strumentazione

A1. Tubi e manicotti

Devono essere utilizzati tubi inclinometrici a 4 guide con diametro interno del tubo pari a 76 mm e lunghezza non inferiore a 3 m.

I tubi devono essere realizzati in alluminio; in alternativa potranno essere installati tubi inclinometrici in ABS il cui utilizzo dovrà essere preventivamente autorizzato dalle Ferrovie.

La giunzione tra gli spezzoni di tubo deve avvenire per mezzo di appositi manicotti di giunzione la cui lunghezza non deve essere inferiore a 300 mm. Le tolleranze di accoppiamento con i tubi devono essere tali da garantire una rotazione reciproca dei tubi inferiore a 2°.

Le caratteristiche dei tubi dovranno essere le seguenti:

- Dimensioni: $\varnothing_{\text{int guide}} = 82 \text{ mm}$
- Spessore: min. 2 mm (min. 4 mm per tubi in ABS)
- Lunghezza tubi: 3 m
- Materiale: alluminio, ABS
- Eventuali protezione: anodizzazione o verniciatura con vernici epossidiche (per tubi in alluminio)
- Angolo di spiralatura max: $< 0,5^\circ/\text{m}$
- Perpendicolarità delle sezioni terminali: $\pm 1^\circ$

L'utilizzo di tubi in alluminio in ambiente aggressivo dovrà essere subordinato alla realizzazione di opportune protezioni (anodizzazioni o verniciatura con resine epossidiche), da concordare con le Ferrovie.

La cementazione dei tubi in alluminio dovrà comunque sempre essere eseguita mediante l'utilizzo di cemento pozzolanico.

Le caratteristiche dei manicotti di giunzione dovranno essere le seguenti:

- Dimensioni: $\varnothing_{\text{int guide}} = 87\div 89$ mm
- Lunghezza: 300 mm
- Materiali: alluminio, ABS
- Gioco massimo di accoppiamento tra i tubi, dovuto ai soli manicotti: $\pm 2^\circ/\text{giunto}$

A2. Sonda inclinometrica

La sonda inclinometrica dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- Tipo di sonda: biassiale
- Sensori: servoinclinometri
- Passo tra le ruote: 50 cm
- Campo di misura: $\pm 14,5^\circ$, $\pm 30^\circ$
- Connettore per giunzione al cavo: stagno (500 m)
- Materiale: acciaio inox
- Carrelli: basculanti a due ruote
- Risoluzione: 1" di grado

A3. Cavo

Il cavo deve fornire l'alimentazione alla sonda e trasmettere i segnali rilevati, nonché garantirne il sostegno e permettere la determinazione della profondità di lettura. A questo scopo esso deve essere dotato di tacche di riferimento di lunghezza uguale al passo dello strumento.

Il cavo deve essere di tipo inestensibile con armatura interna in acciaio o Kevlar e deve avere la guaina esterna anti-abrasione, con tacche di riferimento ogni mezzo metro, in accordo al passo tra le ruote della sonda.

Il cavo deve essere provvisto alle estremità di connettori per il collegamento alla sonda ed alla centralina di lettura.

A4. Centralina di misura

La lettura delle inclinazioni rilevate dalla sonda devono essere eseguite per mezzo di una centralina portatile dotata di uno o due displays su cui vengono visualizzate le inclinazioni espresse in seno dell'angolo, amplificate di un fattore pari a 10.000, 20.000 o 25.000 con coefficiente di deriva termica compreso tra 0,01 e 0,03% fondo scala/ $^\circ\text{C}$.

La centralina può essere di tipo manuale, quindi con la necessità di trascrizione manuale dei dati rilevati, oppure automatica con registrazione dei dati rilevati, oppure automatica con registrazione dei dati su memoria magnetica e non volatile ed eventuale stampa su carta.

Le caratteristiche della centralina di misura dovranno essere le seguenti:

- Display: 4 ½ digits LCD
- Risoluzione: 1/10.000; 1/20.000; 1/25.000
- Precisione tipica: +2 digits; $\pm 0,3$ digit/ $^\circ\text{C}$
- Lettura: 10.000/20.000/25.000 sen α
- Temperatura di utilizzo: 0÷50 $^\circ\text{C}$
- Alimentazione: batterie interne ricaricabili
- Autonomia: min. 10 ore
- Protezioni: IP 64

B. Installazione

La perforazione in cui verrà installato il tubo inclinometrico dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- diametro sufficiente all'inserimento del tubo inclinometrico che nella parte a massima sezione (manicotto con nastro di protezione) ha un diametro di circa 96 mm al quale va aggiunto il diametro del tubetto di iniezione;
- deviazione globale dalla verticale $\leq 1,5\%$.

B1. Controlli ed operazioni preliminari

Prima dell'inizio della posa in opera:

- a) verifica che i tubi ed i manicotti non presentino lesioni o schiacciamenti soprattutto nelle parti terminali;
- b) verifica che le estremità dei tubi e dei manicotti non presentino sbavature tali da compromettere il buon accoppiamento di tubi e lo scorrimento della sonda di misura;
- c) verifica dell'efficienza del tubo per l'iniezione della miscela di cementazione dalla valvola di fondo;
- d) verifica del corretto montaggio della valvola di fondo;
- e) controllo e preparazione dei componenti per la realizzazione della miscela di cementazione;
- f) controllo degli utensili per l'installazione: diametro delle punte del trapano, rivetti, collante, ecc.;
- g) verifica quota fondo foro.

B2. Modalità esecutive

La posa in opera dei tubi inclinometrici deve essere eseguita secondo le seguenti modalità:

- a) mantenimento del foro pieno il più possibile d'acqua e verifica della profondità con scandaglio;
- b) pre-assemblaggio dei tubi in spezzoni di 6 m terminanti ad un estremo con un manicotto; le giunzioni devono essere realizzate secondo le seguenti modalità:
 - inserimento del manicotto sul tubo per metà della sua lunghezza;
 - esecuzione dei fori per i rivetti (minimo 4 per ogni tubo) lungo generatrici equidistanti dalle guide ed a circa 50 mm dall'estremità del manicotto;
 - mantenendo in posizione il manicotto mediante inserimento provvisorio di rivetti, introduzione dell'altro tubo ed esecuzione dei fori;
 - rimozione del manicotto;
 - stesura di un sottile strato di mastice o di idoneo collante all'estremità dei tubi da giuntare, per una lunghezza di circa 15 cm;
 - inserimento del primo tubo nel manicotto e rivettaggio;
 - inserimento del secondo tubo e rivettaggio;
 - evitando bruschi movimenti, abbondante fasciatura del giunto con nastro adesivo auto vulcanizzante, in particolar modo sui bordi e sopra i rivetti;
- c) assemblaggio della valvola di fondo sul primo spezzone di tubo, con annotazione della lunghezza totale e montaggio del primo manicotto;
- d) inserimento del primo spezzone così predisposto nella perforazione;
- e) bloccaggio del tubo con la cravatta avendo cura di non deformarlo e di permettere la fuoriuscita del solo manicotto di giunzione;
- f) inserimento dello spezzone successivo e foratura, incollaggio, rivettatura e sigillatura del giunto;
- g) dopo avere allentato la cravatta, calaggio della colonna nel foro fino a fare sporgere il solo manicotto; bloccaggio del tubo con la cravatta;
- h) inserire nel tubo inclinometrico l'acqua necessaria per diminuire il galleggiamento dello stesso se non sono stati inseriti pesi sufficienti sul fondo della tubazione;
- i) mediante operazioni simili a quelle sopra descritte, completamento della posa della colonna provvedendo, ad intervalli opportuni, a fissare al tubo inclinometrico i tubetti di iniezione (se previsti);

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 129 di 232

- j) completata la posa della colonna, inserimento all'interno del tubo inclinometrico dei tubi di iniezione (se previsti) che vengono agganciati alla valvola di fondo: inizio della cementazione a bassa pressione (max 2 bar). L'operazione si considera ultimata dopo avere osservato, per un congruo intervallo di tempo, la fuoriuscita di miscela in superficie;
- k) estrazione del rivestimento di perforazione senza l'ausilio della rotazione. Durante questa fase si eseguono i rabbocchi necessari di miscela di cementazione direttamente dall'alto; qualora si sia notato l'abbassamento del livello della miscela, si deve provvedere al rabbocco anche nei giorni successivi;
- l) terminata la cementazione, lavaggio del tubo mediante apposito attrezzaggio;
- m) verifica dell'integrità e della continuità del tubo mediante sonda testimone;
- n) determinazione della guida di riferimento e valutazione del suo azimut mediante bussola;
- o) posa in opera del pozzetto di protezione.

C. Misure

La quota assoluta della testa del tubo inclinometrico deve essere rilevata mediante livellazione di precisione con frequenza almeno semestrale. Il rilievo deve essere ripetuto ogni qualvolta si effettuino operazioni che comportino la variazione di quota della testa del tubo.

L'esecuzione di una lettura deve essere eseguita annotando i valori letti al display della centralina quando la sonda inclinometrica si trova posizionata ad una profondità nota.

Questi valori dipendono dalla costante di misura della sonda e sono proporzionali all'inclinazione locale.

Le letture devono essere eseguite in tutte le quattro guide dei tubi: la prima con la ruota di riferimento nella guida 1, la seconda lettura nella guida 3, la terza nella guida 2 e la quarta nella 4, per cui, utilizzando sonde biassiali le profondità sono lette complessivamente in otto componenti (A1, A2, A3, A4; B1, B2, B3, B4).

L'eventuale esecuzione delle letture su due guide soltanto deve essere preventivamente concordata con le Ferrovie.

Le letture devono essere eseguite secondo le seguenti modalità:

- a) la sonda inclinometrica viene inserita nella guida 1, che di norma è sull'asse più parallelo alla direzione del movimento da indagare, e quindi calata lentamente nel tubo fino a fondo foro e ivi mantenuta ferma per circa 10 minuti fino alla stabilizzazione del valore visualizzato al display;
- b) la sonda viene sollevata nella posizione della prima lettura a circa 0,50 m da fondo foro. Atteso qualche secondo per la stabilizzazione dei valori visualizzati, si annotano la profondità e le componenti A e B dell'inclinazione locale sul foglio delle letture;
- c) la sonda viene sollevata nella successiva posizione di lettura, distante dalla precedente, una quantità pari all'interasse dei carrelli. Atteso qualche secondo per la stabilizzazione dei valori visualizzati, vengono annotate profondità e letture A e B;
- d) le letture vengono proseguite fino a testa foro completando così il ciclo;
- e) con le stesse modalità, vengono eseguiti i cicli di letture nelle altre guide: nell'ordine 3-2-4, avendo annotato i valori sul foglio di lettura.
- f) le letture inclinometriche devono essere ripetute ogni qualvolta si effettuano operazioni di variazione di quota della testa tubo.

D. Manutenzione

Periodicamente (almeno ogni 6 mesi) o qualora durante l'esecuzione delle misure se ne riscontrasse la necessità, si deve procedere ad un lavaggio dei tubi per rimuovere eventuali incrostazioni o depositi di materiale sul fondo.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 130 di 232

Il lavaggio deve essere effettuato con un tubo idoneo ad un getto di acqua a bassa pressione. Inoltre si deve porre attenzione alla manutenzione della testa dei tubi, perché non subisca danneggiamenti per urti o schiacciamenti che precludano l'accesso della sonda o possano invalidare l'eventuale riferimento topografico realizzato a testa tubo.

Le letture devono essere eseguite con una frequenza di 1 misura ogni metro di profondità di tubo nell'intervallo definito dalle Ferrovie.

Documenti da consegnare.

Al termine dell'installazione e della prima serie di misure (lettura "zero") e comunque dopo ogni serie di misure entro il termine temporale concordato con le Ferrovie e comunque entro 15 giorni dalla loro effettuazione dovrà essere consegnata alle Ferrovie la seguente documentazione:

- planimetria con ubicazione tubo e orientamento esatto della guida "1" rispetto al Nord geografico;
- schema della numerazione delle guide;
- eventuali coefficienti di correlazione applicati alla strumentazione utilizzata in fase di rilevazione dati;
- lista dei dati originali rilevati con l'indicazione dello scostamento rispetto alla media teorica e degli spostamenti massimi e minimi su tabella formato excel;
- elaborazione dati rispetto alla lettura di riferimento, secondo il passo con cui è stata effettuata la misura stessa ed elencazione numerica, al decimo di millimetro, degli spostamenti assoluti, dei relativi azimut riferiti alla guida 2 e delle componenti di spostamento parziale lungo l'asse x (guida 1-3) e lungo l'asse y (guida 2-4);
- indicazione di eventuali coefficienti di correlazione applicati in fase di elaborazione per l'eliminazione degli errori sistematici;
- elaborazioni grafiche con disegni in linea continua ed in scala appropriata agli ordini di grandezza riscontrati degli spostamenti, dei relativi azimut e delle componenti di spostamento x e y;
- copia del certificato di taratura della sonda usata.

Al termine dell'ultima serie di misure nei termini concordati con le Ferrovie e comunque entro 30 giorni:

- elaborazioni grafiche comparative per ogni singolo tubo, con disegno in linea continua ed in scala appropriata agli ordini di grandezza riscontrati, riportanti contemporaneamente sui singoli elaborati le curve di spostamento, di azimut e delle componenti di spostamento lungo le direzioni x e y, di tutte le letture effettuate, in modo da evidenziare le eventuali differenze nel tempo.

Nel caso di impiego di tubi inclino-assestometrici la documentazione di cui sopra dovrà essere integrata dai seguenti dati:

- tabelle con l'indicazione dei dati rilevati e della loro elaborazione;
- diagramma con l'indicazione degli spostamenti relativi di ciascuna coppia di anelli adiacenti in funzione della profondità;
- diagramma con l'indicazione della somma degli spostamenti a partire dalla base più profonda considerata ferma.

3.8.1.5 Installazione di assestometro elettromagnetico verticale a tubo corrugato.

L'assestometro elettromagnetico è installato all'interno di un foro di sondaggio ed è in grado di determinare a varie quote l'entità dei cedimenti nel tempo dei terreni in profondità.

A. Strumentazione

La strumentazione è generalmente costituita da:

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 131 di 232

- un tubo parete in PVC deformabile corrugato lungo la sua lunghezza ($\varnothing_{est} = 50\div 85$ mm, spessore ≥ 1 mm), filettato all'estremità e fornito generalmente in spezzoni o in continuo con una punta da avvitare nell'estremità inferiore;
- anelli magnetizzati installati coassialmente ed esternamente al tubo parete e resi solidali al terreno circostante grazie ad alette o molle in grado di garantirne un sicuro ammorzamento;
- un tubo guida in duralluminio ($\varnothing_{est} = 25\div 33$ mm) in spezzoni di 1,5÷3,0 m filettati alle estremità, fissato solo superiormente (onde garantirne verticalità e rettilineità) tramite un anello di sospensione ad un tubo di testa a sua volta fissato al terreno tramite apposita gabbia di ancoraggio.

B. Installazione

B1. Controlli ed operazioni preliminari

Prima dell'inizio della posa in opera:

- a) verifica che i tubi e gli anelli magnetizzati non presentino lesioni o schiacciamenti, in particolare nelle parti terminali;
- b) verifica che le estremità dei tubi e degli anelli non presentino sbavature tali da compromettere il buon accoppiamento di tubi e lo scorrimento della sonda di misura;
- c) verifica dell'efficienza del tubo per l'iniezione della miscela di cementazione dalla valvola di fondo;
- d) verifica del corretto montaggio della valvola di fondo;
- e) controllo e preparazione dei componenti per la realizzazione della miscela di cementazione;
- f) controllo degli utensili e degli accessori per l'installazione;
- g) verifica quota fondo foro.

B2. Modalità esecutive

La posa in opera della strumentazione deve essere eseguita con le seguenti modalità:

- accoppiamento degli spezzoni tramite la filettatura;
- avvitamento della punta terminale all'estremità inferiore del tubo parete corrugato;
- inserimento di questo nel foro di sondaggio rivestito;
- inserimento del tubo guida all'interno del tubo parete e suo fissaggio superiore;
- graduale sollevamento del rivestimento del sondaggio con progressivo riempimento del foro con ghiaietto;
- posa in opera di uno strato di sabbia e sollevamento del rivestimento poco al di sopra (circa 30 cm) della quota prevista per il primo anello magnetico;
- controllo profondità foro;
- inserimento tramite apposito strumento guida del primo anello magnetico (le molle devono aderire al terreno al di sotto dell'estremità inferiore dei tubi di rivestimento);
- riempimento dell'intercapedine con miscela acqua-cemento-bentonite con caratteristiche tali da riprodurre quelle dei terreni circostanti;
- sollevamento del rivestimento fino alla successiva posizione con riempimento del foro mediante sabbia;
- ripetizione successiva delle operazioni per tutti gli anelli previsti;
- realizzazione del blocco di ancoraggio al terreno e fissaggi definitivi, controllo preliminare della strumentazione.

Il numero di anelli magnetizzati e la loro profondità di posa deve essere preventivamente concordata con le Ferrovie.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 132 di 232

C. Misure

La misurazione avviene tramite sondina manuale con un cavo metrato alla cui estremità è posizionato un puntale che emette un segnale acustico e/o luminoso a contatto con il campo magnetico prodotto da ciascun anello.

Le letture vengono eseguite con le seguenti modalità:

- calaggio della sondina nel tubo guida svolgendo lentamente il cavo;
- nel momento dell'emissione del segnale acustico, rialzare leggermente il cavo e riabbassarlo nuovamente annotando la quota relativa sul cavo;
- ripetere la misurazione per almeno 4 volte e mediare il risultato ottenuto (o comunque fino al raggiungimento di una precisione di ± 2 mm)

La quota assoluta della testa dell'assestimetro dovrà essere rilevata mediante livellazione di precisione con frequenza di rilievo da definire con le Ferrovie. Il rilievo inclinoassestimetrico, comunque, dovrà essere eseguito ogniqualvolta si effettuano operazioni di variazione di quota della testa tubo di riferimento.

D. Manutenzione

Periodicamente (almeno ogni 6 mesi) o qualora durante l'esecuzione delle misure se ne riscontrasse la necessità, si deve procedere ad un lavaggio dei tubi per rimuovere eventuali incrostazioni o depositi di materiale sul fondo. Il lavaggio deve essere effettuato con un tubo idoneo ad un getto di acqua a bassa pressione.

Inoltre si deve porre attenzione alla manutenzione della testa dei tubi, perché non subisca danneggiamenti per urti o schiacciamenti che precludano l'accesso della sonda o possano invalidare l'eventuale riferimento topografico realizzato a testa tubo.

Documenti da consegnare.

Al completamento delle operazioni dovranno essere riportate nel documento stratigrafico del sondaggio tutte le informazioni generali e le letture effettuate comprendenti:

- informazioni generali (profondità, quota boccaforo s.l.m. ecc.);
- caratteristiche dei tubi installati;
- schema geometrico di installazione con indicate quote assolute e relative degli anelli magnetici.

Inoltre:

- entro 15 giorni dall'installazione dell'assestimetro, un grafico con l'esatta indicazione delle caratteristiche e delle misure del dispositivo installato nonché una tabella con i dati relativi alla misura base;
- entro 15 giorni da ogni misura, gli stessi elaborati di cui al punto precedente più l'andamento degli assestamenti rilevati posti anche in diretto raffronto con i precedenti rilievi mediante tabelle e grafici.

3.8.1.6 Installazione di assestimetro a piastra.

L'assestimetro a piastra viene installato per valutare l'evoluzione nel tempo dei cedimenti del terreno, sollecitato da carichi, in genere in corrispondenza di rilevati e opere in terra di nuova realizzazione.

A. Strumentazione

L'assestimetro a piastra è costituito da una piastra in calcestruzzo o in acciaio zincato, munita di aste rigide prolungabili su cui eseguire periodicamente le livellazioni di precisione.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 133 di 232

La piastra in calcestruzzo dovrà avere dimensioni non inferiori a 60x60 cm e spessore 10 cm; dovrà essere opportunamente armata per evitare deformazioni o fessurazioni e la sua base dovrà essere perfettamente piana.

La piastra in acciaio, di dimensioni non inferiori a 50x50 cm e spessore 1 cm, sarà rinforzata lungo le diagonali per evitare eventuali deformazioni.

Al centro delle piastre sarà fissato o saldato l'anello di avvvitamento dell'asta rigida di misura consistente in un tubo filettato da 1" in modo tale che l'asta sia perfettamente perpendicolare alla base della piastra.

L'asta di misura sarà in acciaio inox di diametro non inferiore a 25 mm, in barre da 2 m con filettatura femmina e manicotti di giunzione.

L'asta di misura sarà protetta da un rivestimento (guaina antiattrito corrugata), ad alta deformabilità, tenuto in posizione coassiale rispetto all'asta stessa mediante un anello di invito inferiore fissato alla piastra assestimettrica ed un anello portaguaina superiore.

L'estremità superiore dell'asta di misura sarà chiusa da una borchia che avrà funzione di riferimento per le letture oltre che di tappo di chiusura superiore.

B. Installazione e modalità esecutive

Per la posa in opera della piastra si dovrà eseguire uno scavo fino ad una profondità di 1 m circa dal piano campagna; il fondo dello scavo sarà livellato con sabbia fine (circa 20 cm) compattata in modo da ottenere una superficie orizzontale su cui sarà posata la piastra.

L'asta di misura, avvvitata alla piastra, dovrà risultare perfettamente verticale.

Attorno all'asta verrà posto il tubo di rivestimento che non dovrà poggiare sulla piastra.

Con il procedere della costruzione del rilevato, si dovrà prolungare l'asta di misura, avvvitando tubi successivi da 1" , ed il rivestimento di protezione.

Per evitare possibili danneggiamenti causati dai mezzi di cantiere, il sistema asta di misura-rivestimento dovrà essere esternamente protetto con tubi prefabbricati in cemento, del diametro di 50÷56 cm (20" ÷22") e l'intercapedine tra il tubo ed il rivestimento di protezione dell'asta di misura dovrà essere riempita a mano.

L'asta di misura ed il rivestimento dovranno sporgere di poco dal piano campagna.

Il rivestimento in sommità dovrà essere munito di un coperchio con lucchetto a protezione dell'asta di misura.

La testa dell'asta di misura dovrà sporgere dal rivestimento, tolto il coperchio, per consentire le misure topografiche di controllo.

Al procedere della crescita del rilevato, si dovrà togliere l'anello di tenuta superiore ed aggiungere un'altra asta di misura curando di giuntare tra loro gli spezzoni di guaina antiattrito.

C. Misure

Dopo l'installazione si eseguirà una misura topografica di controllo, a distanza di qualche giorno dalla posa, per determinare la quota di zero della piastra.

I cedimenti saranno misurati con uno strumento ottico di precisione, con l'approssimazione di 1 mm, riferito ad un caposaldo fisso.

La parte sommitale dell'estensimetro dovrà essere adeguatamente protetta da eventuali danneggiamenti.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 134 di 232

Documenti da consegnare.

Al completamento dell'installazione dell'assestometro dovrà essere consegnata la seguente documentazione:

- descrizione generale (progetto, ubicazione dello strumento, data di installazione ecc...);
- caratteristiche del terreno di appoggio della piastra;
- caratteristiche e schema di installazione dell'assestometro;
- quota assoluta della piastra e dell'estremità superiore (borchia) dell'asta di misura;
- misura di zero;

Entro quindici giorni da ogni campagna di misura, dovranno essere consegnati per ciascun assestometro:

- tabulato con le letture di campagna contenente la differenza delle varie misure di controllo rispetto alla misura di zero;
- grafico cedimento/tempo.

3.8.1.7 Installazione di assestometro orizzontale a cella idraulica.

L'assestometro orizzontale è composto da un tubo flessibile, installato orizzontalmente, all'interno del quale viene inserita una sonda idrostatica piena di liquido le cui variazioni di altezza sono funzione della deformata del tubo stesso e di conseguenza dei cedimenti del terreno al suo intorno.

A. Strumentazione

Il tubo flessibile da porre in sito avente diametro di 2" è costituito da polietilene ad alta densità.

La sonda di misura è costituita da un cilindro di acciaio ($\varnothing_{est} = 32$ mm) con trasduttore di pressione con fondo scala di 10000 mm di colonna di fluido, per la misura della pressione del liquido contenuto nel circuito.

Il cavo viene avvolto in apposito rullo avvolgicavo all'interno del quale è posizionato il serbatoio del liquido idraulico nonché la centralina di misura.

Il cavo elettroidraulico dovrà trasmettere i segnali elettrici del trasduttore di pressione con tubetto di diametro pari a 8 mm contenente il fluido costituito da una miscela di acqua e glicerina 1:1.

B. Installazione

B1. Controlli ed operazioni preliminari

Prima dell'inizio della posa in opera:

- a) verifica che il tubo non presenti lesioni o schiacciamenti, in particolare nelle parti terminali;
- b) verifica che le estremità del tubo non presenti sbavature tali da compromettere lo scorrimento della sonda di misura;
- c) controllo degli utensili e degli accessori per l'installazione.

B2. Modalità esecutive

La posa in opera della strumentazione deve essere eseguita con le seguenti modalità:

- preparazione di apposita trincea e suo livellamento;
- posizionamento del tubo orizzontalmente nel terreno;
- riempimento con materiale idoneo (sabbia o altro) adeguatamente compattato in modo tale da garantire una deformazione uniforme al terreno circostante una volta realizzata la sovrastruttura della quale si vogliono misurare i cedimenti;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 135 di 232

- realizzazione di due blocchetti in calcestruzzo alle estremità del tubo, ai quali il tubo stesso viene vincolato ma in modo da poter scorrere;
- messa in opera di tasselli di riferimento sui blocchetti;
- inserimento di tappi di protezione;
- rilievo topografico dei blocchetti di calcestruzzo e della sovrastruttura durante i vari stadi di costruzione.

C. Misure

Le letture devono essere rilevate lungo il tubo e rapportate ai tasselli di riferimento esterni in modo da potere tracciare un profilo completo delle deformazioni. La risoluzione del sistema è pari a 0,01 m mentre il campo di esercizio va da -5 a +5 m rispetto al livello di riferimento.

Dopo avere eseguito il rilievo topografico dei blocchi di calcestruzzo e della sovrastruttura, una volta raggiunto l'equilibrio termico dell'insieme, è necessario procedere alla calibratura del sistema attraverso una apposita base di misura adiacente al foro del tubo assestometrico; ciò avviene inserendo la sonda in due fori aventi dislivello noto.

Dopo avere inserito la sonda nel tubo le misurazioni saranno eseguite a distanze regolari predeterminate con il cavo metrato.

Documenti da consegnare.

Al completamento delle operazioni dovranno essere consegnati i seguenti elaborati:

- a) uno schema geometrico del posizionamento della strumentazione;
- b) entro quindici giorni dall'installazione dell'assestometro, un grafico con l'esatta indicazione delle caratteristiche e delle misure del dispositivo installato;
- c) una tabella con i dati relativi alla misura di base, caratteristiche e dati della strumentazione di misura (marca, modello, numero matricola, sensibilità, precisione);
- d) entro quindici giorni da ogni misura, gli stessi elaborati di cui ai punti precedenti più gli elementi, tabellati e grafici, degli assestamenti rilevati.

3.8.1.8 Installazione di estensimetro a cavo.

Si tratta di cavi, appositamente ancorati ad una estremità e dotati di contrappeso all'altra, atti a misurare spostamenti relativi rispetto ad un punto di riferimento fisso.

A. Strumentazione

La strumentazione è costituita essenzialmente da:

- tubo guida in acciaio invar per l'alloggiamento del contrappeso e del trasduttore di spostamento, dotato di una testa di ancoraggio con puleggia di rimando e di un dispositivo per la correzione della posizione del trasduttore di spostamento;
- chiodi di ancoraggio di lunghezza compresa tra 350 e 500 mm e diametro minimo pari a 20 mm;
- contrappeso costituito da materiale a basso coefficiente di dilatazione;
- filo d'acciaio invar di diametro minimo pari a 3 mm e di lunghezze varie, dotato di occhielli e di gancio di fermo per la sospensione;
- fermo di tensione con occhiello e gancio;
- trasduttore di spostamento con differenti campi di misura.

I cavi in materiale invar dovranno avere un basso coefficiente lineare di dilatazione termica; in ogni caso il sistema dovrà essere dotato degli accorgimenti necessari per individuare, e quindi annullare per via analitico - interpretativa o automatica, variazioni nella lunghezza dei cavi in seguito ai cambiamenti di temperatura del materiale.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 136 di 232

B. Installazione

L'estensimetro a cavo dovrà essere installato posizionando due chiodi di ancoraggio a cavallo della frattura da esaminare.

La sequenza operativa per la messa in opera dei chiodi è la seguente:

- perforazione di diametro e lunghezza adeguata alle dimensioni del chiodo da installare;
- posizionamento del chiodo all'interno del foro lasciando sporgere soltanto la testa del chiodo stesso;
- cementazione dell'intercapedine foro-chiodo mediante malta a presa rapida, curando il completo intasamento del volume da cementare.

Al termine della cementazione si dovrà aspettare almeno un paio d'ore prima di proseguire con le operazioni di installazione dell'estensimetro che prevedono le seguenti fasi:

- posizionamento del tubo guida e della relativa testa di ancoraggio al chiodo predisposto;
- collegamento dell'estremità opposta al tubo guida con un filo d'acciaio con fermo di tensione allentato;
- collegamento del filo d'acciaio invar al contrappeso di tensione che dovrà passare nella puleggia di rimando;
- tesatura del filo d'acciaio per mezzo del fermo di tensione e successivo azzeramento del trasduttore di spostamento.

C. Misure

Gli eventuali allungamenti o accorciamenti dovranno essere letti in corrispondenza del trasduttore di spostamento utilizzando un'ideale centralina di lettura.

La frequenza di esecuzione delle misure dovrà essere approvata preventivamente dalle Ferrovie.

Documenti da consegnare.

Per ogni estensimetro attrezzato per letture dirette dovranno essere consegnati i seguenti elaborati:

- a) immediatamente dopo ogni misura, a richiesta delle Ferrovie, una copia dei dati originali di campagna;
- b) entro 15 giorni dall'esecuzione delle misure una relazione con la documentazione relativa alla misura effettuata, così composta:
 - dati di individuazione dell'estensimetro oggetto della misura;
 - data ed ora di effettuazione della misura;
 - indicazione delle temperature medie esterne, dell'estensimetro e della roccia al momento della lettura;
 - lista dei dati originali rilevati in campagna;
 - elaborazione e graficizzazione dei dati rispetto alla lettura di riferimento;
 - indicazione di eventuali correzioni effettuate per l'eliminazione per via analitico-interpretativa degli errori sistematici.
- c) entro trenta giorni dall'esecuzione dell'ultima serie di letture, una relazione conclusiva comprendente, oltre quanto sopra detto relativamente ad ogni singola lettura, elaborazioni e graficizzazioni comparative e riassuntive di tutte le misure effettuate.

Riferimenti normativi:

- ISRM (1978). Suggested Methods for Monitoring Rock Movements using Borehole Extensometers.

3.8.1.9 Installazione di estensimetro a barra.

L'estensimetro a barra viene utilizzato per la misura dello spostamento relativo, in roccia o nel terreno tra uno (estensimetro monobase) o più (estensimetro multibase) punti in profondità ed un riferimento in superficie, attraverso aste messe in opera all'interno di un foro di perforazione.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 137 di 232

A. Strumentazione

Lo strumento è costituito da un riferimento fisso, installato in profondità, all'interno di perforazioni appositamente realizzate cui è collegata una batteria di aste protette da una guaina esterna le quali trasferiscono il movimento del punto di ancoraggio alla testa di riferimento dello strumento. I movimenti del punto di ancoraggio devono essere rilevati per mezzo di un trasduttore elettrico di spostamento o da un comparatore centesimale.

L'estensimetro a barra può essere monobase o multibase; in genere all'interno di un foro di diametro pari a 101 mm può essere installato un estensimetro multibase fino a sei basi di misura.

I componenti principali dell'estensimetro a barra sono:

- aste di misura in fibra di vetro o in acciaio/invar;
- tubo antiatrito dell'asta di misura;
- ancoraggio superiore ed inferiore;
- testa estensimetrica monobase o multibase;
- tubi di cementazione;
- tappo per il bloccaggio delle aste durante la cementazione;
- coperchio della testa, tappi di chiusura e centratori delle aste;
- strumenti di misura (trasduttore elettrico di spostamento, comparatore centesimale).

Le aste di misura possono essere sia in fibra di vetro sia in acciaio o invar.

Le aste in fibra di vetro in generale sono più facili da installare specialmente se lo spazio a disposizione è ridotto; inoltre le aste in fibra di vetro possono essere pre-assemblate in fabbrica della lunghezza richiesta e trasportate in sito.

Le aste invar sono da preferirsi quando si aspettano grandi variazioni termiche nell'ambiente di installazione.

Le aste in acciaio sono fornite in spezzoni di lunghezza pari a 2-3 m con filettature maschio/femmina.

Le aste in acciaio/invar sono più rigide di quelle in fibra di vetro e sono da preferirsi quando si ipotizzano fenomeni di accorciamento (compressione) piuttosto che di allungamento (trazione) ed in ogni caso quando è previsto l'impiego di aste molto lunghe.

Il diametro delle aste varia a secondo della casa costruttrice; le aste in fibre di vetro hanno in genere diametri inferiori rispetto a quelle in acciaio/invar.

Negli estensimetri multibase le aste di misura devono essere dotate di anelli centratori installati ad intervalli di 3 m .

Il tubo antiatrito deve ospitare l'asta di misura isolandola dal terreno circostante, impedendo l'insorgere di attriti e facendo sì che l'asta interna sia libera di scorrere e trasmettere il movimento relativo tra l'ancoraggio inferiore e la testa di misura. Il diametro del tubo antiatrito deve essere adeguato al diametro delle aste di misura; per esempio, in presenza di aste di misura di 11 mm di diametro si dovrà utilizzare una guaina di protezione di diametro pari ad almeno 16 mm. Il tubo antiatrito dovrà essere collegato agli ancoraggi superiore ed inferiore mediante guarnizioni a tenuta stagna

Gli ancoraggi inferiore e superiore sono costituiti da spezzoni di tubo in acciaio.

L'ancoraggio inferiore è in acciaio zincato ad aderenza migliorata (lunghezza compresa tra 250 e 600 mm) ed è cementato al terreno circostante.

L'ancoraggio superiore dovrà essere collegato alla asta di misura e si innesta nella testa di misura.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 138 di 232

La testa estensimetrica di misura sarà monobase o multibase in funzione dei punti di misura necessari. Dovrà essere costruita in acciaio inossidabile e sarà fornita di una testa di protezione a tenuta stagna.

Il sistema di misura può essere di tipo elettrico mediante trasduttore elettrico di spostamento e di tipo meccanico mediante comparatore centesimale.

- Il trasduttore elettrico di spostamento dovrà avere le seguenti caratteristiche minime:
 - Campo di misura tipico: $\pm 20, \pm 50$ mm
 - Risoluzione: 0,05 mm
 - Precisione tipica: compresa tra 0,5 ed 1% fondo scala
 - Principio di funzionamento: potenziometrico, LVDT, od altro
 - Coefficiente di deriva termica: non superiore a 0,03% fondo scala/°C
 - Campo di temperatura: $-10^{\circ}\text{C} \div +50^{\circ}\text{C}$
 - Grado di protezione: IP 65.
- Il comparatore centesimale dovrà avere le seguenti caratteristiche minime:
 - Campo di misura tipico: 20 mm, 50 mm
 - Risoluzione tipica: 0,01 mm
 - Precisione tipica: 0,1 mm

B. Installazione

Controlli ed operazioni preliminari

Prima dell'inizio della posa in opera devono essere eseguiti i seguenti controlli:

- a) controllo visivo dell'integrità e rispondenza dei componenti alle specifiche;
- b) verifica funzionale degli strumenti di misura e degli accoppiamenti tra i vari componenti;
- c) verifica dell'identificazione della verticale di misura.

Modalità esecutive

Per un estensimetro monobase la posa in opera deve essere eseguita secondo le seguenti modalità:

- a) lavaggio della perforazione con acqua dolce pulita;
- b) preparazione dei componenti le aste di misura e della guaina di protezione (tubo antiatrito) in spezzoni di lunghezza idonea a realizzare l'installazione;
- c) montaggio dell'elemento di fondo composto da: ancoraggio di fondo, primo elemento della guaina di protezione (dotata dell'elemento di tenuta idraulica) e dalla prima asta di misura;
- d) preparazione dei materiali necessari all'installazione: miscela cementizia, tubo di iniezione, materiale di riempimento, materiali isolanti per la giunzione delle guaine;
- e) fissaggio all'ancoraggio del tubo di iniezione;
- f) inserimento dell'ancoraggio nella perforazione e suo approfondimento fino a fondo foro, aggiungendo progressivamente spezzoni di aste di misura e di guaina di protezione;
- g) cementazione dell'ancoraggio, rimozione del tubo di iniezione;
- h) riempimento della perforazione con materiale idoneo;
- i) installazione della testa di misura;
- j) montaggio del trasduttore di spostamento o del comparatore centesimale.

Nei 5 giorni successivi all'installazione deve essere eseguita almeno 1 lettura al giorno al fine di controllare che i cedimenti conseguenti all'installazione non siano di entità tale da ridurre il campo di misura al di sotto del valore minimo previsto per i cedimenti a lungo termine. Eventualmente si deve procedere ad un "recupero" della corsa dello strumento interponendo tra la testa di misura ed il trasduttore di spostamento appositi distanziatori.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 139 di 232

Per un estensimetro multibase la posa in opera dello strumento deve avvenire secondo la procedura di seguito elencata:

- a) lavare la perforazione con acqua dolce pulita;
- b) calzare uno spezzone di tubo di para (15 cm circa) sul codolo dell'ancoraggio inferiore fascettandolo;
- c) avvitare il primo spezzone dell'asta di misura all'ancoraggio inferiore;
- d) calzare un manicotto sul terminale dell'asta di misura a cavallo della guaina di protezione, premontata sull'asta di misura;
- e) avvitare un altro spezzone di asta di misura;
- f) fissare sulle aste così preparate un tubo di plastica per la cementazione, fissandolo con nastro in più punti;
- g) ripetere le operazioni fin qui descritte per le eventuali altre basi estensimetriche di misura;
- h) inserire le aste nel foro di perforazione, eventualmente sostenendole;
- i) proseguire con il prolungamento dello strumento direttamente in foro, inserendo ad intervalli di circa due-tre metri i centratori ed alternando a questi robuste nastrature;
- j) riprendere le operazioni fino a completare l'installazione;
- k) lasciare che l'estensimetro sporga di circa un metro dalla boccaforo;
- l) montare su ogni base l'ancoraggio superiore;
- m) applicare uno strato di cemento a presa rapida intorno alla bocca del foro e quindi posizionare la testa dello strumento a contatto con la parete, inserendo i bulloni nelle apposite sedi;
- n) fissare la testa di misura alla parete serrando i bulloni;
- o) svitare i tappi di protezione dei raccordi di iniezione (maschi 3÷6") e collegarsi ai raccordi di utilizzo con la tubazione di mandata della miscela cementizia. Per la cementazione sono previsti due metodi esecutivi in funzione della posizione dello strumento stesso:
 - per estensimetri installati verso l'alto, l'iniezione deve procedere dal tubetto più corto fino a quello più lungo. L'iniezione dall'interno del primo tubetto deve proseguire fino al momento in cui fuoriesce malta dal tubetto intermedio; quindi si deve riprendere l'iniezione da quest'ultimo, dopo avere rimesso il tappo a quello precedente, fino alla fuoriuscita di malta dal tubetto più lungo;
 - per estensimetri installati verso il basso, si deve procedere iniettando la malta cementizia dal tubetto più lungo. In questo caso, se non si verificano inconvenienti durante l'iniezione si deve vedere fuoriuscire malta, contemporaneamente dagli altri due tubetti.

E' buona norma non iniettare a pressioni superiori a quelle necessarie al riempimento del foro, onde evitare l'apertura di eventuali fratture esistenti.

Terminata la cementazione si dovranno richiudere tutti i raccordi di iniezione con i relativi tappi e attendere che la miscela faccia presa.

Il montaggio degli strumenti deve ancora essere preceduto dalla regolazione fine della lunghezza di ciascuna base estensimetrica, in modo da ottenere una misura di riferimento prestabilita (es. metà corsa del comparatore o del trasduttore); le operazioni di regolazione devono essere effettuate nel seguente modo:

- svitare il tappo di protezione della base;
- montare lo strumento di misura (trasduttore elettrico o comparatore meccanico) ed effettuare la lettura;
- smontare lo strumento e regolare la posizione della vite sull'astina di riferimento. In questa fase, si presti attenzione a non applicare sforzi di compressione sull'astina;
- rimontare lo strumento e controllare che la misura sia quella desiderata: se così non è, ripetere le operazioni.

E' bene effettuare la vera misura iniziale "di zero" a completa maturazione della malta di iniezione. Se necessario, la posizione delle astine può essere ancora ripresa. Nel caso di utilizzo di trasduttori elettrici (fissi), l'installazione dell'estensimetro deve essere ultimata montando sulla testa la custodia cilindrica di protezione meccanica, non necessaria invece nel caso di comparatore centesimale (removibile).

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 140 di 232

Se lo strumento di misura è costituito da un comparatore meccanico rimovibile, si dovrà controllarne la taratura, prima di ogni campagna di misure di esercizio, utilizzando l'apposita dima (in dotazione).

Il montaggio e l'installazione degli estensimetri con basi in fibra di vetro deve avvenire seguendo le modalità indicate dal Fornitore. In generale, comunque, poiché le basi devono essere realizzate in elementi di lunghezza prefissata, pari alla profondità di installazione, le operazioni consistono nell'assemblaggio di vari componenti a piè d'opera e nell'inserimento dello strumento nel foro di perforazione.

C. Misure

Le letture manuali con il comparatore consistono nella annotazione sul foglio di lettura del valore indicato dallo strumento.

Periodicamente, ogni 15 giorni o ogni mese a seconda della frequenza di lettura, si deve togliere la protezione della testa di riferimento dell'estensimetro e procedere all'esecuzione di un controllo funzionale del comparatore con le seguenti operazioni:

- sollevare l'astina di riferimento del comparatore per alcuni millimetri (< 5 mm) e lasciarla liberamente, verificando che il valore indicato sia sempre compreso in un intervallo compatibile con la precisione dello strumento;
- interporre tra l'astina del comparatore ed il riferimento di misura uno spessore calibrato (2÷3 mm) e controllare la precisione con cui il comparatore misura tale spessore;
- confrontare tale valore con quello del controllo precedente.

Le letture manuali con comparatore devono essere eseguite secondo le seguenti modalità:

- verificare il valore di riferimento del comparatore (valore di zero) mediante l'apposita dima di riscontro ed annotare il valore;
- posizionare il comparatore sulla base di misura ed annotare il valore indicato;
- rimuovere il comparatore e ripristinarlo sulla base; annotare il nuovo valore. Verificare la corrispondenza delle due letture. In caso di divergenza superiore a 0,1 mm verificare che non vi sia presenza di sporco sul comparatore o sulla base e che i riferimenti di misure siano integri e correttamente montati. Quindi ripetere la misura fino a che non si ottengono valori ripetitivi.

Le letture automatiche con trasduttore elettrico dovranno prevedere le seguenti modalità operative:

- a) accendere la centralina e verificarne il valore di zero;
- b) spegnere la centralina;
- c) collegare la centralina al terminale di lettura e accenderla;
- d) attendere che il valore evidenziato sul display si stabilizzi e comunque per il tempo minimo eventualmente indicato nel manuale d'uso;
- e) annotare il valore rilevato sull'apposito modulo di lettura che deve contenere anche la lettura precedente.

Per la lettura dei trasduttori di spostamento devono essere utilizzate centraline di lettura aventi le seguenti caratteristiche tecniche minime:

- Display: 4 1/2 digits - LCD
- Risoluzione: 1 digit
- Precisione tipica: % 2 digits
- Coefficiente di deriva termica: ≤ 0,3 digit/°C
- Temperatura di utilizzo: 0÷50°C
- Grado minimo di protezione: IP64
- Connettori: stagni IP65

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 141 di 232

- Alimentazione: con batterie interne ricaricabili
- Autonomia: min. 10 ore

Documenti da consegnare.

Per ogni estensimetro attrezzato per letture dirette dovranno essere consegnati i seguenti elaborati:

- a) immediatamente dopo ogni misura, a richiesta delle Ferrovie, una copia dei dati originali di campagna;
- b) entro 15 giorni dall'esecuzione delle misure una relazione con la documentazione relativa alla misura effettuata, così composta:
 - dati di individuazione dell'estensimetri oggetto della misura;
 - data ed ora di effettuazione della misura;
 - indicazione delle temperature medie esterne, dell'estensimetro e della roccia al momento della lettura;
 - lista dei dati originali rilevati in campagna;
 - elaborazione e graficizzazione dei dati rispetto alla lettura di riferimento;
 - indicazione di eventuali correzioni effettuate per l'eliminazione per via analitico-interpretativa degli errori sistematici.
 - copia dei dati caratteristici della strumentazione (estensimetri a barre) forniti da costruttore ed eventuali tarature
- c) entro trenta giorni dall'esecuzione dell'ultima serie di letture, una relazione conclusiva comprendente, oltre quanto sopra detto relativamente ad ogni singola lettura, elaborazioni e graficizzazioni comparative e riassuntive di tutte le misure effettuate.

Riferimenti normativi:

- ISRM (1978). Suggested Methods for Monitoring Rock Movements using Borehole Extensometers.

3.8.1.10 Installazione di estensimetro incrementale.

L'estensimetro incrementale è utilizzato per il rilievo delle deformazioni di un ammasso attraverso la misura di precisione, lungo l'asse di un foro, degli spostamenti assiali relativi di una serie di basi di misura generalmente poste ad intervallo di 1 m.

L'estensimetro incrementale può essere ad accoppiamento meccanico o ad accoppiamento elettromagnetico.

A. Strumentazione

Il sistema in generale è costituito da:

- tubo guida ed anelli di riferimento;
- un set di aste e di accessori per il posizionamento della sonda nel foro;
- una sonda estensimetrica portatile completa di cavo;
- una centralina di controllo e di lettura.

L'estensimetro incrementale ad accoppiamento elettromagnetico si basa sull'induzione elettromagnetica tra le bobine ad altissima precisione di una sonda di misura che passa attraverso anelli di riferimento in ottone fissati all'esterno dei tubi guida e cementati alle pareti del foro.

L'estensimetro ad accoppiamento meccanico si basa su un preciso accoppiamento cono-sfera tra una sonda removibile dotata di un trasduttore lineare di spostamento tipo LVDT e una serie di riscontri di misura alloggiati in una tubazione in PVC e cementati alle pareti di un foro di sondaggio.

A.1. Tubo guida ed anelli di riferimento

Nell'estensimetro ad accoppiamento elettromagnetico (tipo Increx) il tubo guida è di tipo inclinometrico ed è costituito

da un tubo scanalato in ABS all'esterno del quale vengono posizionati gli anelli di riferimento, magnetici, in metallo speciale (ottone) resi solidati al terreno mediante cementazione.

Il tubo guida dovrà avere uno spessore di almeno 0,5 cm con un diametro esterno adeguato al diametro del foro ed alle dimensioni della sonda di lettura (per es.: diametro esterno 70 mm e interno 60 mm con sonda da 46 mm).

Il posizionamento degli anelli di riferimento al tubo guida deve avvenire mediante una dima di precisione in modo tale che la distanza tra due anelli contigui sia precisamente pari a 1000 mm (1 metro).

Il fissaggio degli anelli deve essere tale da garantire il mantenimento della loro posizione nella fase di installazione dell'estensimetro e nello stesso tempo deve permettere lo scorrimento degli anelli stessi per seguire le deformazioni dell'ammasso circostante nella fase di esercizio.

Nell'estensimetro ad accoppiamento meccanico (tipo Sliding deformer/Trivec) il tubo in PVC è munito, ogni metro, di ancoraggi anulari in ABS che sono collegati telesopicamente e sono resi solidati al terreno mediante iniezioni di malta cementizia.

Gli ancoraggi anulari sono dotati di una sede conica che permette l'accoppiamento meccanico con le due teste sferiche della sonda estensimetrica, previa rotazione di 45° della sonda stessa.

All'interno della sonda un trasduttore di spostamento di tipo potenziometrico permette di rilevare gli spostamenti relativi tra due ancoraggi successivi.

Nel caso di impiego di una sonda di lettura tipo Trivec devono essere seguite, a ciascun livello di misura, almeno due letture: la prima nella posizione di blocco iniziale della sonda e la seconda dopo una rotazione di 180° della sonda stessa.

A.2. Aste per il posizionamento della sonda

Le aste in genere hanno una lunghezza unitaria pari a 2 m e diametro adeguato alle dimensioni della sonda utilizzata.

La giunzione dei diversi segmenti di aste dovrà permettere il perfetto posizionamento della sonda estensimetrica all'interno del tubo guida.

In presenza di assestimetri di lunghezza superiore a 30 m è consigliabile l'impiego di un argano a supporto delle aste guida.

A.3. Sonda estensimetrica

Le caratteristiche tecniche minime di base della sonda dovranno essere le seguenti:

- base di misura : 1 m
- campo di misura: ± 5 mm; ± 10 mm; ± 20 mm
- precisione: $\pm 0,02$ mm
- sensibilità: $0,001 \div 0,01$ mm
- campo di temperatura: $- 5^\circ \div + 50^\circ$ C

La sonda estensimetrica tipo Trivec, oltre la deformazione assiale, deve permettere il rilievo delle deformazioni in due direzioni ortogonali all'asse del foro e dovrà possedere le seguenti caratteristiche minime:

- base di misura: 1 m
- micrometro:
 - campo di misura: ± 20 mm (± 10 mm)
 - precisione: $\pm 0,003$ mm
 - sensibilità: 0,001 mm

- inclinometro:
 - campo di misura: $\pm 14,5^\circ$ (rispetto alla verticale)
 - precisione: $\pm 0,05$ mm/m
 - sensibilità: 0,005 mm (1°)
 - campo di temperatura: $- 5^\circ \div + 50^\circ$ C

A.4. Centralina e cavo di misura

La centralina di misura dovrà avere le seguenti caratteristiche minime:

- lettura massima: 19999 digits
- temperatura operativa: $- 5^\circ \div + 70^\circ$ C
- batterie: 12 V - 5,7 Ah

Le batterie dovranno essere preferibilmente di tipo ricaricabile e dovranno avere un tempo di operatività di almeno $5 \div 10$ ore. Il cavo elettrico di collegamento tra la sonda estensimetrica e la centralina di misura dovrà essere costituito da rame perfettamente isolato con rivestimento in poliuretano e con protezione in kevlar. Pur possedendo caratteristiche di inestensibilità o comunque di ridotta estensibilità, il cavo elettrico non dovrà essere utilizzato per il posizionamento della sonda nei tubi guida scanalati onde evitare al massimo errori di lettura.

B. Modalità esecutive

Le operazioni di montaggio ed installazione della colonna estensimetrica incrementale richiedono una particolare cura in quanto da esse dipende la possibilità di interpretare in modo corretto i dati numerici desunti dalle letture.

L'installazione deve quindi essere eseguita avendo cura di quanto segue:

- evitare effetti spirale inducendo torsioni alle tubazioni;
- salvaguardare la tubazione da ammaccature, sforzi ecc.;
- accoppiare la tubazione al terreno lungo tutto il suo sviluppo mediante cementazione con miscela adeguata alle caratteristiche dei terreni circostanti.

In linea generale si dovrà operare come segue:

- lavare accuratamente il foro di sondaggio con acqua pulita;
- a seconda della profondità di progetto alla quale andrà installato lo strumento, e quindi del foro, preparare un numero adeguato di tubi;
- preparare il materiale di consumo occorrente quale dima per anelli di riferimento, rivetti, mastice, nastro, rivettatrice, trapano, cacciavite ecc. e quant'altro necessario per realizzare correttamente la colonna assestometrica;
- assemblare sulla parte terminale della prima barra di tubo mediante rivetti e mastice il tappo di fondo completo di anello per il fissaggio della fune di supporto della colonna, che dovrà essere montata nel caso d'installazione verticale verso il basso;
- disporre un terminale di testa completo di flangia di fissaggio, sistema di ancoraggio e tappo filettato di chiusura;
- negli assestometri tipo Increx, partendo dal primo spezzone di tubo, montare, coassialmente ad esso, il primo anello di riferimento partendo da 50 cm di distanza rispetto al fondo tubo e fissarlo mediante viti; proseguire, mediante l'uso della dima (che dovrà essere montata sempre a cavallo dei due anelli di riferimento), posizionando il secondo anello di riferimento e fissarlo alla tubazione mediante le viti e così a seguire;

- nel caso di installazione verticale verso il basso, montare sul terminale del tappo di fondo una fune di nylon o similare (non metallica) di lunghezza adeguata alla profondità di posa del tubo per il supporto della colonna durante le fasi di montaggio della stessa;
- qualora il foro sia pieno d'acqua, si dovrà riempire con acqua pulita il tubo in modo da contrastare la sottospinta;
- al termine dell'installazione della colonna estensimetrica incrementale, essa deve essere collegata e resa solidale al terreno mediante cementazione da eseguire a bassa pressione (< 2 bar); l'accurato intasamento dell'intercapedine dal fondo della colonna viene realizzato per mezzo di una boiaccia cementante la cui composizione va attentamente valutata in relazione alle caratteristiche dei terreni circostanti; in situazioni del tutto particolari, qualora la boiaccia cementante tendesse a disperdersi a causa di fratture, l'intasamento può ottenersi versando ghiaietto calibrato (\varnothing 2-4 mm), o sabbia monogranulare, da addensarsi per caduta mediante la percolazione di acqua introdotta dall'alto; l'intasamento della intercapedine con boiaccia può essere ottenuto mediante tubetto volante montato esternamente alla tubazione, per garantire una perfetta cementazione della colonna dal fondo del tubo alla superficie; l'intasamento con boiaccia ha il vantaggio di consentire di estrarre il rivestimento provvisorio se presente in un'unica manovra alla fine della iniezione; in ogni caso il rivestimento di perforazione dovrà essere estratto operando solamente a trazione e senza rotazione; l'intasamento con ghiaietto o sabbia, in preforo rivestito e con acqua, è piuttosto lento dovendo attendere ogni volta la decantazione del materiale fino sotto la scarpa prima di procedere ad estrarre ogni successivo spezzone della camicia provvisoria;
- accurato lavaggio con acqua pulita dell'interno del tubo inclinometrico;
- installazione a testa foro di un chiusino di protezione, cementato al terreno, e provvisto di una chiusura con lucchetto e chiavi.

C. Misure

La lettura di "zero" dovrà essere eseguita non prima di 10 giorni dalla cementazione dei tubi di misura.

Prima di ogni serie di misure ed al termine di essere dovrà essere effettuata una misura di calibrazione con l'apposito dispositivo di taratura.

Prima dell'inizio delle misure la sonda di lettura dovrà raggiungere l'equilibrio termico all'interno del foro (in genere 30 minuti); le misure dovranno essere ripetute almeno due volte lungo la stessa verticale ed i valori ottenuti dovranno essere mediati.

Nell'estensimetro tipo Increx la misura dovrà essere eseguita in risalita secondo le seguenti fasi:

- inserimento della sonda nel tubo guida e approfondimento della stessa fino a fondo foro;
- attesa della completa stabilizzazione della sonda nei confronti della temperatura di fondo foro;
- esecuzione delle letture in risalita ad intervalli di 1 m regolando la posizione della sonda in corrispondenza degli anelli di riferimento attraverso la testa di bloccaggio.

Nell'estensimetro tipo Sliding Deformeter la misura dovrà rispettare la seguente procedura:

- inserimento della sonda nel tubo guida in posizione di movimento ed abbassamento della stessa fino a superare il primo riscontro di misura;
- rotazione della sonda di 45° e sollevamento della stessa fino a completo bloccaggio nel riscontro di misura;
- esecuzione della misura e ripetizione della procedura fino a fondo foro;
- ripetizione delle misure in risalita.

Nell'estensimetro tipo Trivec la misura dovrà rispettare la seguente procedura:

- inserimento della sonda nel tubo guida in posizione di movimento ed abbassamento della stessa fino a superare il primo riscontro di misura;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 145 di 232

- rotazione della sonda di 45° e sollevamento della stessa fino a completo bloccaggio nel riscontro di misura;
- esecuzione della lettura estensimetrica (componente di spostamento z) e della prima lettura inclinometrica (componenti x e y);
- ripetizione delle misure inclinometriche in corrispondenza dello stesso riscontro a 90°, 180° e 270° rispetto alla guida di riferimento iniziale e riposizionamento della sonda in corrispondenza della guida principale;
- abbassamento della sonda fino a superare il secondo riscontro di misura;
- ripetizione della procedura fino a fondo foro;
- ripetizione delle misure in risalita.

Documenti da consegnare.

Per ogni sistema di estensimetri attrezzato per letture dirette dovranno essere consegnati i seguenti elaborati:

- a) immediatamente dopo ogni misura, a richiesta delle Ferrovie, una copia dei dati originali di campagna;
- b) entro 15 giorni dall'esecuzione delle misure una relazione con la documentazione relativa alla misura effettuata, così composta:
 - dati di individuazione dell'estensimetro oggetto della misura con schema geometrico;
 - data ed ora di effettuazione della misura;
 - indicazione delle temperature medie esterne, dell'estensimetro e della roccia al momento della lettura;
 - lista dei dati originali rilevati in campagna;
 - elaborazione e graficizzazione dei dati rispetto alla lettura di riferimento;
 - indicazione di eventuali correzioni effettuate per l'eliminazione per via analitico-interpretativa degli errori sistematici.
 - copia dei dati caratteristici della strumentazione (estensimetro incrementale) fornita dal costruttore ed eventuali tarature
- c) entro trenta giorni dall'esecuzione dell'ultima serie di letture, una relazione conclusiva comprendente, oltre quanto sopra detto relativamente ad ogni singola lettura, elaborazioni e graficizzazioni comparative e riassuntive di tutte le misure effettuate.

3.8.1.11 Installazione di estensimetro a corda vibrante o di tipo resistivo (barretta estensimetrica)

Gli estensimetri a corda vibrante o di tipo resistivo sono utilizzati per misurare le deformazioni e lo stato di sollecitazione in strutture quali pali di fondazione, rivestimenti di gallerie, opere in terra ed edifici ecc..

A. Strumentazione

Gli estensimetri possono essere a corda vibrante o di tipo resistivo.

L'estensimetro a corda vibrante è costituito da una corda d'acciaio tesa tra due blocchetti che sono fissati o annegati nella struttura da tenere sotto controllo.

Le due estremità della corda devono essere ancorate in modo tale da assicurare una stabilità costante a lungo termine.

In prossimità della corda è presente una bobina elettromagnetica che produce delle vibrazioni convertite in segnali elettrici di corrente alternata; la frequenza di tali segnali elettrici risulta inversamente proporzionale alla lunghezza della corda.

Il cambiamento dello stato di sforzo della struttura sotto controllo provoca una variazione della lunghezza della corda e di conseguenza una variazione della frequenza del segnale che sarà misurato in microstrain per mezzo di una apposita centralina di lettura digitale.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 146 di 232

L'estensimetro a corda vibrante può essere di due tipi:

Estensimetro a c.v. per saldatura

L'estensimetro è in acciaio inox con un tubicino protettivo mobile assicurato da un O-ring. Una molla interna tiene la corda ad una tensione iniziale il cui valore, di norma, è a metà del campo di misura dello strumento ma può essere facilmente modificato nel corso dell'installazione agendo su una apposita vite di regolazione.

Viene impiegato per applicazioni su elementi di acciaio o su barre di armatura mediante blocchetti di montaggio.

Estensimetro a c.v. per annegamento in calcestruzzo

Utilizzato per misurare le sollecitazioni nel calcestruzzo, questo estensimetro è dotato di ancoraggi piatti alle due estremità. E' possibile, tuttavia, gettare l'estensimetro in briquette di calcestruzzo che, oltre a proteggerlo, dovranno consentire di incorporare l'apparecchiatura nella struttura sotto controllo; in alternativa, tali estensimetri, se richiesto dalle Ferrovie, dovranno essere gettati in opera.

L'estensimetro a c.v. dovrà presentare le seguenti caratteristiche minime:

- Lunghezza della corda: 50, 150 ÷ 250 mm
- campo di rilievo: ± 1500 microstrain
- sensibilità: 1,0 microstrain
- frequenza di zero tipica: 800 Hz
- resistenza della bobina: 150 ohm
- temperatura di esercizio: -20° ÷ +80° C

L'estensimetro a c.v. dovrà essere dotato di un sensore integrato per il contemporaneo rilievo della temperatura della struttura sotto controllo. Tale temperatura dovrà essere letta nella centralina di lettura.

L' estensimetro di tipo resistivo (barretta estensimetrica) è costituito essenzialmente da un conduttore elettrico che a seguito di una deformazione provoca una variazione di resistenza proporzionale alla deformazione stessa.

Gli accorgimenti costruttivi della barretta estensimetrica devono prevedere le compensazioni per gli effetti delle deformazioni radiali e di quelli termici. In pratica, quindi, l'estensimetro resistivo è costituito da una asta in acciaio che in una data sezione è sensibilizzata con quattro estensimetri collegati a ponte Wheatstone così che due risultino con l'asse orientato per misurare le deformazioni e due risultino di compensazione.

L'estensimetro resistivo dovrà presentare le seguenti caratteristiche minime:

- Uscita nominale: 2 mV/V f.s.
- Impedenza di ingresso: ~ 350 ohm
- Impedenza d'uscita: ~ 350 ohm
- campo di rilievo: ± 1500 microstrain
- tensione di eccitazione: max. 10 V
- frequenza di zero tipica: 800 Hz
- temperatura di esercizio: -5° ÷ +65° C

B. Installazione

Le modalità di installazione variano in funzione del tipo di estensimetro adottato.

Negli estensimetri installati per saldatura si dovrà adottare la seguente procedura di massima:

- pulire accuratamente la superficie di saldatura rimuovendo l'eventuale ruggine con una levigatrice o carta smerigliata;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 147 di 232

- eliminare eventuali irregolarità nella superficie e/o tracce di grasso;
- segnare esattamente la posizione di saldatura;
- eseguire la saldatura;
- verificare che la saldatura sia stata effettuata a perfetta regola d'arte secondo i criteri della normativa vigente.

Quando si saldano gli estensimetri resistivi ai ferri di armatura è necessario avvolgere la barretta estensimetrica con uno straccio bagnato per contrastare la propagazione del calore verso il ponte estensimetrico.

Negli estensimetri installati per annegamento nel calcestruzzo la procedura di massima è la seguente:

- realizzare una struttura metallica di dimensione idonea;
- fissare l'estensimetro alla struttura metallica per mezzo di fil di ferro non troppo tesato;
- rivestire con nastro auto vulcanizzante i due punti di contatto dell'estensimetro con il fil di ferro;
- posizionare la struttura secondo la direzione desiderata ed in maniera da renderla stabile durante il getto di calcestruzzo.

E' possibile annegare l'estensimetro direttamente nel calcestruzzo senza gabbia quando si ha la certezza che la sua orientazione risulterà corretta.

E' buona regola proteggere l'estensimetro con una scatola metallica da fissare alla struttura sotto controllo con bulloni posizionati a debita distanza dall'estensimetro per non falsare le letture.

Gli estensimetri dovranno essere collegati alla centralina di lettura per mezzo di cavi la cui lunghezza deve essere adeguatamente prevista in fase di programmazione dell'installazione delle apparecchiature allo scopo di evitare, successivamente, di ricorrere a giunzioni o prolunghie. Ciascun cavo dovrà essere dotato, all'estremità esterna, di una targhetta identificativa chiaramente leggibile anche durante l'esercizio.

C. Misure

La procedura di lettura dovrà essere la seguente:

- a) accendere la centralina e verificarne il valore di zero; spegnere la centralina;
- b) collegare la centralina al terminale di lettura e accenderla;
- c) attendere che il valore evidenziato sul display si stabilizzi e comunque per il tempo minimo eventualmente indicato nel manuale d'uso;
- d) annotare il valore rilevato sull'apposito modulo di lettura che deve contenere anche la lettura precedente.

Documenti da consegnare.

Per ogni sistema di estensimetri attrezzato per letture dirette dovranno essere consegnati i seguenti elaborati:

- a) immediatamente dopo ogni misura, a richiesta delle Ferrovie, una copia dei dati originali di campagna;
- b) entro 15 giorni dall'esecuzione delle misure una relazione con la documentazione relativa alla misura effettuata, così composta:
 - dati di individuazione dell'estensimetro oggetto della misura e schema geometrico adottato, marca, modello ed eventuale numero di matricola;
 - data ed ora di effettuazione della misura;
 - indicazione delle temperature medie esterne, dell'estensimetro e della roccia al momento della lettura;
 - lista dei dati originali rilevati in campagna;
 - elaborazione e graficizzazione dei dati rispetto alla lettura di riferimento;
 - indicazione di eventuali correzioni effettuate per l'eliminazione per via analitico-interpretativa degli errori sistematici.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 148 di 232

- c) entro trenta giorni dall'esecuzione dell'ultima serie di letture, una relazione conclusiva comprendente, oltre quanto sopra detto relativamente ad ogni singola lettura, elaborazioni e graficizzazioni comparative e riassuntive di tutte le misure effettuate.

3.8.1.12 Installazione di fessuometro meccanico tridirezionale.

Il fessuometro tridirezionale è di norma installato a cavallo di lesioni o fratture in corrispondenza di pareti rocciose o in strutture in calcestruzzo e/o muratura al fine di verificarne l'evoluzione nel tempo secondo tre direzioni ortogonali di spostamento.

A. Strumentazione

Il fessuometro è formato essenzialmente dai seguenti elementi:

- telaio in acciaio inox suddiviso in due elementi, da installare ai due lati opposti della discontinuità, sagomati in modo tale da poter inserire il comparatore meccanico ed effettuare le misure secondo le tre direzioni x, y e z;
- staffe di ancoraggio;
- comparatore a lettura manuale con le seguenti caratteristiche minime:
 - risoluzione pari ad almeno 0,01 mm
 - campo di misura minimo = 0-50 mm
 - precisione di misura minima = 0,02-0,05 mm

Lo strumento deve permettere di eseguire le letture anche con trasduttori elettrici mediante unità di lettura portatile o con registrazione automatica dei dati.

B. Modalità esecutive

Per il montaggio dello strumento si dovrà procedere nel seguente modo:

- pulizia, asportazione delle asperità e regolarizzazione della superficie di installazione;
- perforazione dei fori di ancoraggio posizionati mediante l'impiego della dima di riferimento o della sagoma di assemblaggio dello strumento;
- inserimento del tassello o del dado di ancoraggio e cementazione dello stesso;
- verifica della cementazione e rimozione della dima/sagoma;
- collegamento dello strumento agli ancoraggi.

La lunghezza dei fori ed il diametro delle staffe di ancoraggio dovranno essere tali da garantire un fissaggio stabile e durevole nel tempo.

La posizione delle staffe di ancoraggio deve essere preferibilmente simmetrica rispetto alla discontinuità.

C. Misure

La misura di "zero" dovrà essere eseguita subito dopo l'installazione della strumentazione dopo avere raggiunto il necessario equilibrio termico con l'ambiente circostante.

In corrispondenza di ogni misura, sia di taratura che operativa, dovrà essere rilevata la temperatura dell'aria, del fessuometro nonché della roccia o della struttura su cui è ancorato lo strumento.

La restituzione dei dati elaborati dalle misure dovrà permettere la ricostruzione dell'andamento delle tre direzioni di spostamento nel tempo; in pratica dovrà essere possibile rilevare l'apertura, lo scorrimento relativo e l'abbassamento delle due parti della lesione o frattura sotto controllo.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 149 di 232

Documenti da consegnare.

Per ogni fessurometro installato per letture dirette dovranno essere consegnati i seguenti elaborati:

- a) immediatamente dopo ogni misura, a richiesta delle Ferrovie, una copia dei dati originali di campagna;
- b) entro 15 giorni dall'esecuzione delle misure una relazione con la documentazione relativa alla misura effettuata, così composta:
 - dati di individuazione del fessurometro oggetto della misura, indicazione delle sue caratteristiche (marca, modello, numero di matricola, precisione) ed indicazione dello schema geometrico di installazione;
 - data ed ora di effettuazione della misura;
 - indicazione delle temperature medie esterne, del fessurometro e della roccia al momento della lettura;
 - lista dei dati originali rilevati in campagna;
 - elaborazione e graficizzazione dei dati rispetto alla lettura di riferimento;
 - indicazione di eventuali correzioni effettuate per l'eliminazione per via analitico-interpretativa degli errori sistematici.
 - copia dei dati caratteristici della strumentazione (fessurometri meccanici) fornita da costruttore ed eventuali tarature
- c) entro trenta giorni dall'esecuzione dell'ultima serie di letture, una relazione conclusiva comprendente, oltre quanto sopra detto relativamente ad ogni singola lettura, elaborazioni e graficizzazioni comparative e riassuntive di tutte le misure effettuate.

3.8.1.13 Installazione di fessurometro meccanico monodirezionale.

Il fessurometro monodirezionale è di norma installato a cavallo di lesioni o fratture in corrispondenza di pareti rocciose o in strutture in calcestruzzo e/o muratura al fine di verificarne l'evoluzione nel tempo lungo una sola direzione.

A. Strumentazione

Il fessurometro è formato essenzialmente dai seguenti elementi:

- due elementi in acciaio inox, da installare ai due lati opposti della discontinuità, sagomati a L in modo tale da poter inserire il comparatore meccanico ed effettuare le misure secondo una sola direzione;
- staffe di ancoraggio;
- comparatore a lettura manuale con le seguenti caratteristiche minime:
 - risoluzione pari ad almeno 0,01 mm
 - campo di misura minimo = 0-50 mm
 - precisione di misura minima = 0,02-0,05 mm

Lo strumento deve permettere di eseguire le letture anche con trasduttori elettrici mediante unità di lettura portatile o con registrazione automatica dei dati.

B. Modalità esecutive

Per il montaggio dello strumento si dovrà procedere nel seguente modo:

- pulizia, asportazione delle asperità e regolarizzazione della superficie di installazione;
- perforazione dei fori di ancoraggio posizionati mediante l'impiego della dima di riferimento o della sagoma di assemblaggio dello strumento;
- inserimento del tassello o del dado di ancoraggio e cementazione dello stesso;
- verifica della cementazione e rimozione della dima/sagoma;
- collegamento dello strumento agli ancoraggi.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 150 di 232

La lunghezza dei fori ed il diametro delle staffe di ancoraggio dovranno essere tali da garantire un fissaggio stabile e durevole nel tempo.

La posizione delle staffe di ancoraggio deve essere preferibilmente simmetrica rispetto alla discontinuità.

C. Misure

La misura di "zero" dovrà essere eseguita subito dopo l'installazione della strumentazione nella direzione concordata con le Ferrovie dopo avere raggiunto il necessario equilibrio termico con l'ambiente circostante.

In corrispondenza di ogni misura, sia di taratura che operativa, dovrà essere rilevata la temperatura dell'aria, del fessurometro nonché della struttura su cui è ancorato lo strumento.

La restituzione dei dati elaborati dalle misure dovrà permettere la ricostruzione dell'andamento dello spostamento nel tempo evidenziando fenomeni di apertura, chiusura o spostamento dei lembi della fessura strumentata.

Documenti da consegnare.

Per ogni fessurometro installato per letture dirette dovranno essere consegnati i seguenti elaborati:

- a) immediatamente dopo ogni misura, a richiesta delle Ferrovie, una copia dei dati originali di campagna;
- b) entro 15 giorni dall'esecuzione delle misure una relazione con la documentazione relativa alla misura effettuata, così composta:
 - dati di individuazione del fessurometro oggetto della misura (marca modello ed eventuale numero di matricola, precisione);
 - data ed ora di effettuazione della misura;
 - indicazione delle temperature medie esterne, del fessurometro e della roccia al momento della lettura;
 - lista dei dati originali rilevati in campagna;
 - elaborazione e graficizzazione dei dati rispetto alla lettura di riferimento;
 - indicazione di eventuali correzioni effettuate per l'eliminazione per via analitico-interpretativa degli errori sistematici.
 - copia dei dati caratteristici della strumentazione (fessurometri meccanici) fornita dal costruttore ed eventuali tarature;
- c) entro trenta giorni dall'esecuzione dell'ultima serie di letture, una relazione conclusiva comprendente, oltre quanto sopra detto relativamente ad ogni singola lettura, elaborazioni e graficizzazioni comparative e riassuntive di tutte le misure effettuate.

3.8.1.14 Installazione di fessurimetro con reticolo graduato.

Il fessurimetro con reticolo graduato è di norma installato a cavallo di lesioni o fratture in corrispondenza di pareti rocciose o in strutture in calcestruzzo e/o muratura al fine di verificarne l'evoluzione nel tempo.

A. Attrezzatura e modalità esecutive

Il fessurimetro è formato da due basette di resina, policarbonato o plastica, parzialmente sovrapposte e mobili.

La piastra superiore riporta un reticolo o riferimento cartesiano mentre quella inferiore presenta una scala calibrata in millimetri sia in senso orizzontale che in senso verticale e con l'azzeramento sulle quattro parti mediane.

Le piastrine devono essere fissate saldamente sulla parete o sulla struttura da monitorare attraverso l'utilizzo di resine epossidiche o per mezzo di sistemi di fissaggio meccanici (tasselli di plastica).

Il sistema di funzionamento consiste nel posizionare le basette a cavallo della lesione che si vuole misurare.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 151 di 232

Nella fase di posizionamento iniziale il riferimento cartesiano coincide con gli assi del reticolo di misura.

La variazione di apertura della lesione, qualunque essa sia, viene misurata dalla posizione assunta dal reticolo rispetto a quella assunta dal riferimento.

La precisione di lettura deve essere pari ad almeno 1 mm mentre il campo minimo di lettura deve essere di \pm 20 mm.

B. Misure

La misura di "zero" dovrà essere eseguita subito dopo l'installazione della strumentazione dopo avere raggiunto il necessario fissaggio.

Le successive misure saranno eseguite con una frequenza da concordare preventivamente con le Ferrovie.

Ogni misura deve riportare la lettura sull'asse delle x e sull'asse delle y.

La restituzione dei dati elaborati dalle misure dovrà permettere la ricostruzione dell'andamento dello spostamento nel tempo evidenziando fenomeni di apertura, chiusura o stabilità della fessura strumentata.

Documenti da consegnare.

Per ogni fessurimetro installato per letture dirette dovranno essere consegnati i seguenti elaborati:

- a) immediatamente dopo ogni misura, a richiesta delle Ferrovie, una copia dei dati originali di campagna;
- b) entro 15 giorni dall'esecuzione delle misure una relazione con la documentazione relativa alla misura effettuata, così composta:
 - dati di individuazione del fessurimetro oggetto della misura;
 - data ed ora di effettuazione della misura;
 - lista dei dati originali rilevati in campagna;
 - elaborazione e graficizzazione dei dati rispetto alla lettura di riferimento;
 - indicazione di eventuali correzioni effettuate per l'eliminazione per via analitico-interpretativa degli errori sistematici.
 - copia dei dati caratteristici della strumentazione (fessuometri con reticoli graduati) fornita dal costruttore ed eventuali tarature
- c) entro trenta giorni dall'esecuzione dell'ultima serie di letture, una relazione conclusiva comprendente, oltre quanto sopra detto relativamente ad ogni singola lettura, elaborazioni e graficizzazioni comparative e riassuntive di tutte le misure effettuate.

3.8.1.15 Installazione di stazione di convergenza.

Le misure in una stazione di convergenza vengono eseguite per valutare la variazione di distanza tra una coppia di punti fissi in corrispondenza di scavi in sotterraneo o a cielo aperto o di pareti naturali in versanti rocciosi.

I sistemi di misura possono essere di tipo meccanico e di tipo ottico.

Il sistema di tipo meccanico prevede l'utilizzo di:

- distometro a nastro;
- bulloni di convergenza.

Il sistema di tipo ottico prevede l'impiego di:

- stazione topografica con funzione di teodolite e distanziometro;
- mire ottiche.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 152 di 232

A. Attrezzatura

A.1. Distometro a nastro

Il distometro è costituito da:

- una bindella centimetrata in acciaio inox o invar montata su telaio ;
- un sistema meccanico di tensionamento;
- un comparatore (digitale o analogico) di lettura centesimale;
- un telaio di calibrazione.

Il distometro dovrà presentare le seguenti caratteristiche tecniche minime:

- campo di misura: 1,5÷15 m
1,5 ÷ 30 m
- risoluzione: 0,01 mm
- precisione: 1*10⁻⁵ della distanza
- materiale del telaio misuratore: lega leggera o acciaio verniciato
- materiale bindella: acciaio inox - invar.

A.1.1. Bulloni di convergenza

I bulloni di convergenza ($\varnothing \geq 20$ mm) sono realizzati in acciaio nervato con zincatura elettrolitica anticorrosione con testa filettata, protetta da un cappuccio protettivo in PVC, idonea all'aggancio del distometro.

I bulloni possono avere dimensioni differenti in funzione del diverso campo di applicazione (roccia, centine, muratura, calcestruzzo) ed essenzialmente si differenziano per le modalità di posa in opera in bulloni da cementare in apposito foro (roccia, cls, muratura) e bulloni da saldare (centine).

La lunghezza standard dei bulloni cementati è pari a 250 mm.

A.2. Stazione topografica

La stazione topografica deve svolgere contemporaneamente la funzione di teodolite di precisione e di distanziometro elettronico.

Il teodolite elettronico dovrà essere di elevata precisione e tale da garantire una precisione angolare almeno pari a +/- 1" (0,3 mgon) in conformità alle norme DIN.

Il distanziometro elettronico dovrà avere una precisione almeno pari a +/- (1 mm + 2 ppm).

La precisione del rilievo dovrà essere pari alla precisione minima strumentale incrementata del 10%.

A.2.1. Mira ottica

La mira ottica dovrà essere costituita o da una piastra in cui è montato almeno n. 1 target, in grado di ruotare di 360°, o da una testa cubica contenente la mira ottica su ciascuna faccia rilevabile.

La dimensione della mira ottica non dovrà essere inferiore a mm 30x30.

B. Modalità esecutive e misure

B1. Bulloni

Normalmente in presenza di bulloni da cementare la sequenza operativa sarà la seguente:

- a) perforazione mediante trapano di diametro e lunghezza adeguato al tipo di bullone adottato;
- b) pulizia del foro con aria compressa , posizionamento e orientamento del bullone;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 153 di 232

- c) cementazione del bullone e relativa maturazione;
- d) verifica della presa della cementazione;
- e) numerazione dei bulloni;
- f) esecuzione delle misure.

Il diametro della perforazione dovrà essere adeguatamente scelto in funzione delle dimensioni del bullone adottato per permettere una sigillatura totale del chiodo stesso.

Una volta eseguita la cementazione, utilizzando malte a presa rapida, si dovrà aspettare almeno 2 (due) ore prima di eseguire le misure per permettere la maturazione del legante.

Il bullone di convergenza potrà essere inserito nel foro secondo due schemi:

- con testa di misura esterna alla superficie di misura e protetta con cappellotto in plastica;
- con testa di misura all'interno della roccia o immersa nel calcestruzzo.

In entrambi i casi si dovrà sempre verificare che la parte filettata del bullone permetta la completa e libera battuta a fondo del giunto cardanico di collegamento della bindella a nastro.

Nel caso di testa di misura sporgente si dovrà verificare che la stessa non interferisca con il profilo degli ostacoli della linea.

In caso di impiego di bulloni saldati le fasi da a) a d) sono sostituite dall'operazione di saldatura che deve fissare il bullone in maniera salda alla struttura da monitorare e con la corretta orientazione.

La misura consiste nello stendere la bindella agganciandone le estremità, provviste di snodi sferici (giunto cardanico), su due bulloni di convergenza. Posizionato il distometro, si provvederà al tensionamento della bindella ed alla lettura meccanica o digitale sul comparatore.

Per ciascuna coppia di chiodi dovranno essere eseguite almeno tre letture adottando poi il valore medio delle stesse. Lo scarto ammissibile su lunghezze fino a 10 m è mediamente inferiore ai 10 centesimi di metro per una lettura orizzontale ed ai 15 centesimi di metro per una diagonale. Se il suddetto scarto risulta maggiore in una delle tre letture, si dovrà eseguire una quarta lettura e scartare il valore anomalo.

Prima di ogni serie di misurazioni dovrà essere eseguita la taratura dello strumento servendosi dell'apposito telaio di calibrazione in dotazione.

B2. Mire ottiche

La mira ottica dovrà essere installata, per mezzo degli adattatori previsti, su un bullone di convergenza oppure attraverso la saldatura diretta a strutture metalliche tipo centine; in ogni caso l'installazione della mira ottica deve essere tale da garantire la ripetibilità delle misure sempre con la stessa precisione.

Per l'installazione dei bulloni si dovranno seguire le prescrizioni sopra riportate. La mira ottica sarà fissata successivamente per mezzo di un adattatore con filettatura femmina, avvitandola a fondo.

Per le mire ottiche installate per saldatura si dovrà adottare la seguente procedura di massima:

- pulire accuratamente la superficie di saldatura rimuovendo l'eventuale ruggine con una levigatrice o carta smerigliata;
- eliminare eventuali irregolarità nella superficie e/o tracce di grasso;
- segnare esattamente la posizione della saldatura;
- eseguire la saldatura;
- verificare che la saldatura sia stata effettuata a perfetta regola d'arte secondo i criteri della normativa vigente.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 154 di 232

Le mire in opera dovranno essere adeguatamente protette contro urti o danneggiamenti fortuiti.

Sempre allo scopo di garantire la ripetibilità delle misure con la stessa precisione la stazione topografica dovrà essere preferibilmente sistemata su un supporto fisso reso solidale alla parete della galleria (o della struttura da monitorare) ad una distanza massima non superiore a 100 m .

Nel caso in cui sia impossibile realizzare il supporto fisso, si dovrà cercare di posizionare lo strumento topografico in posizione tale da eseguire letture successive in posizioni simili rispetto alla sezione da monitorare.

La misura consiste nel rilevare la distanza lineare ed il relativo valore angolare per ciascuna mira ottica.

Documenti da consegnare.

Per ogni serie di misure dovranno essere forniti i seguenti elaborati:

- a) Tabella di tutte le misure effettuate, delle medie calcolate e data dell'effettuazione delle letture;
- b) Tabella riepilogativa di raffronto con le misure medie analoghe eventualmente rilevate in precedenza sulla medesima sezione;
- c) Grafico riportante le risultanze delle elaborazioni delle serie di misure rilevate con l'indicazione delle date relativa a ciascuna di esse.
- d) Schema geometrico con le posizioni di tutti i chiodi/mire ottiche.

3.8.1.16 Installazione di cella di pressione.

Le celle di pressione sono impiegate per il controllo delle pressioni totali nel terreno, nel calcestruzzo, nella roccia e nei punti di interfaccia tra i suddetti materiali.

A. Attrezzatura

La cella di pressione è costituita dai seguenti elementi:

- cella di pressione (piatto sensore);
- tubo idraulico di collegamento;
- trasduttore di pressione.

La cella di pressione (piatto sensore) è costituita da due sottili lastre in acciaio inossidabile saldate ai bordi al cui interno è contenuto un fluido in pressione, in genere olio disaerato sotto vuoto spinto, per ottenere la minima compressibilità dell'olio.

La pressione esercitata dal terreno agisce sull'elemento sensibile della cella e viene trasmessa mediante il fluido ad un trasduttore di pressione. Il trasduttore di pressione può essere di diversi tipi: meccanico, di tipo elettrico in corrente con uscita standard 4-20 mA oppure a corda vibrante.

La cella di pressione può essere di forma circolare, rettangolare o qualsiasi; in generale per misure in calcestruzzo si dovranno impiegare celle a forma rettangolare o quadrata, mentre per applicazioni in terreni sono preferibili celle circolari e rettangolari.

Il tipo di cella, inoltre, dovrà essere scelto in funzione del campo di pressione previsto in sito (0-5 MPa, o 0-20 MPa).

Nel calcestruzzo dovranno essere impiegate celle di pressione dotate di valvola di ripressurizzazione al fine di poter ripressurizzare la cella se, a seguito della maturazione del calcestruzzo, si formano delle superfici di discontinuità tra il calcestruzzo e la cella stessa. Tale operazione di ripristino dovrà essere eseguita al termine del raffreddamento del calcestruzzo e con l'ausilio di una particolare attrezzatura di ricarica dotata di manometro.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 155 di 232

B. Modalità esecutive e misure

Le modalità di installazione variano in funzione del tipo di struttura da monitorare e del tipo di terreno interessato dall'installazione.

B.1. Installazione in terreni

Se il terreno interessato non è uniforme e la posizione della cella è orizzontale si dovrà seguire la seguente procedura:

- preparare uno strato di sabbia di circa 10 cm, compattato a mano;
- posizionare la cella di pressione a contatto con lo strato di sabbia;
- ricoprire la cella con più strati di sabbia compattati a mano e con uguale densità, per uno spessore totale di 20 cm.

Se il terreno interessato è uniforme e la posizione della cella è orizzontale si dovrà procedere nel modo seguente:

- compattare a mano il terreno naturale;
- posizionare la cella di pressione;
- ricoprire la cella con il terreno naturale compattato a mano in modo uniforme.

La procedura descritta deve essere seguita anche in presenza di terreni coesivi.

In caso di installazioni verticali le procedure da seguire possono variare in base alla specificità delle situazioni. In generale comunque si dovrà procedere in modo tale da garantire il perfetto contatto tra le due facce della cella di pressione e il terreno circostante ricorrendo anche a preventive operazioni di compattazione manuale del terreno a contatto come nel caso della installazione orizzontale.

B2. Installazione al contatto roccia/rivestimento in galleria

La cella di pressione deve essere posizionata in modo tale da garantire un contatto perfetto ed il più possibile vicino alla superficie rocciosa.

La cella deve essere posizionata secondo la seguente procedura:

- pulizia e livellazione della superficie di applicazione;
- applicazione di un sottile strato di cemento a presa rapida alla parete rocciosa;
- posizionamento della cella utilizzando il telaio metallico saldato al contorno della cella stessa;
- ricoprimento della faccia a vista della cella di pressione con uno strato di malta.

Il tubo idraulico di collegamento e il trasduttore di pressione dovranno essere protetti in maniera adeguata per evitare un loro danneggiamento in fase di getto del calcestruzzo.

B3. Installazione entro il calcestruzzo

Per installazioni all'interno del rivestimento di una galleria, la cella di pressione può essere utilizzata per misurare sia le pressioni radiali sia quelle tangenziali.

Per la misura delle tensioni radiali si dovrà seguire la procedura indicata al punto B2 per installazioni al contatto roccia-rivestimento.

Per la misura delle tensioni tangenziali la cella deve essere posizionata inglobandola nel calcestruzzo, utilizzando il telaio metallico saldato al contorno, fissata all'armatura o ai rinforzi metallici del calcestruzzo o agli anelli di rinforzo della struttura oppure mediante supporti di legno fissati in appositi fori.

In ogni caso la cella di pressione dovrà essere ben fissata in maniera tale da non subire rotazioni o spostamenti durante la fase di getto del calcestruzzo.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 156 di 232

Il tubo idraulico di collegamento con la centralina di lettura non deve subire stiramenti o schiacciamenti per cui è consigliabile collegare i tubi alle armature o ai rinforzi presenti ricoprendo i tubi stessi con un getto di malta.

Dopo qualche giorno dall'installazione della cella di pressione si dovrà verificare la continuità del contatto cella/rivestimento ed eventualmente procedere alla ripressurizzazione della cella.

Verificata la continuità del contatto cella/terreno (rivestimento), si procederà al precarico della cella eseguendo al termine della stessa una misura di controllo che comunque non deve essere presa come misura iniziale dal momento che la operazione di precarico della cella provoca una perturbazione nel sistema.

Sarà necessaria attendere alcune ore prima della stabilizzazione e comunque si consiglia di eseguire la misura iniziale ("zero") qualche giorno dopo il precarico della cella.

Documenti da consegnare.

Al completamento delle rilevazioni dovranno essere consegnati i seguenti documenti:

- a) Grafico in scala opportuna riportante l'indicazione della posizione di ciascuna cella;
- b) Elaborato grafico e tabellare riportante i valori rilevati e la relativa elaborazione;
- c) Relazione riepilogativa con nota interpretativa delle misure rilevate.

Riferimenti normativi:

- ISRM (1980). Suggested Methods for Pressure Monitoring Using Hydraulic Cells, Document n° 6.

3.8.1.17 Installazione ed esecuzione di prova con martinetto piatto.

La prova misura la variazione dello stato tensionale in un volume limitato della roccia (o muratura, calcestruzzo) indotta da un taglio piano di piccole dimensioni eseguito perpendicolarmente alla parete rocciosa.

Dalla misura dello sforzo necessario a ripristinare le condizioni precedenti al taglio si ricavano lo stato di sollecitazione e le caratteristiche di deformabilità esistenti nella roccia o nella struttura nel punto di prova.

A. Attrezzatura

L'attrezzatura dovrà comprendere:

- sega circolare con disco diamantato, dotata di un sistema per il fissaggio alla parete e di una asta di guida per la realizzazione della fessura di prova; lo spessore del disco diamantato dovrà essere scelto in funzione dello spessore del martinetto piatto da alloggiare nella fessura;
- martinetto piatto, costituito da due lamine di acciaio saldate lungo il perimetro tra le quali viene immerso olio disaerato in pressione, in grado di consentire una deformazione pressoché parallela delle due lamine; lo spessore del martinetto dovrà essere compreso tra 4 e 6 mm in funzione della pressione massima applicabile durante la prova; la forma dovrà essere 'semicircolare' (con dimensioni di 350 x 260 mm,) oppure, in alternativa, rettangolare (con dimensioni pari a 400 x 200 mm); dimensioni diverse devono essere preventivamente approvate dalle Ferrovie;
- manometro o coppia di manometri con diverso fondo scala per la lettura della pressione, in grado di garantire una precisione di 0,1 MPa, o in alternativa trasduttore di pressione di medesima precisione;
- pompa idraulica per la messa in pressione del martinetto, in grado di mantenere la pressione costante per almeno 5 minuti;
- tubazione idraulica di collegamento;
- serie di basi di misura ed estensimetro meccanico rimovibile oppure trasduttori elettrici di spostamento, con una precisione minima di 0,01 mm.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 157 di 232

L'utilizzo di attrezzature diverse da quelle specificate, dovrà essere sottoposto a preventiva autorizzazione da parte di Ferrovie.

B. Modalità esecutive

Tenuto conto delle dimensioni dei martinetti piatti di uso comune in Italia e considerando preferibile l'esecuzione del taglio di prova con attrezzatura che permetta l'inserimento del martinetto piatto senza dover ricorrere alla successiva cementazione, la prova dovrà essere eseguita in conformità a quanto riportato nel seguito. La prova dovrà seguire la seguente procedura:

- a) individuazione del punto di prova nella parete, pulizia e livellazione della superficie, evidenziazione della posizione del martinetto;
- b) installazione sulla parete di almeno 12 basi di misura, disposte simmetricamente (6 per ogni lato) rispetto alla linea sulla quale si eseguirà il taglio, secondo 3 sezioni di misura ortogonali alla direzione di taglio, di cui una centrale e le altre due laterali e alla stessa distanza dalla prima (ad es. a L/4, dove L è la dimensione maggiore del martinetto); la distanza delle basi di misura dalla linea di riferimento invece potrà essere pari a L/2 e a L/4: ad es. per un martinetto di dimensioni 40 x 20 cm le basi di misura potranno essere disposte simmetricamente rispetto alla linea di riferimento ad una distanza di 10 cm e 20 cm e la distanza tra le sezioni di misura potrà essere di 10 cm; una diversa disposizione delle basi di misura deve essere preventivamente concordata con le Ferrovie;
- c) misura delle distanze reciproche tra le basi installate (lettura "zero"), in corrispondenza delle diverse sezioni;
- d) esecuzione di un taglio piano, normale alla parete, equidistante dalle basi di misura, di dimensioni tali da alloggiare il martinetto piatto; il taglio dovrà essere eseguito utilizzando una sega dotata di disco diamantato munita di un apposito telaio di guida, parallelo alla direzione di taglio;
- e) misura della distanza tra le basi e registrazione dello spostamento delle stesse dopo l'esecuzione del taglio e del conseguente rilascio tensionale; la misura dovrà poi essere ripetuta ad intervalli regolari fino al raggiungimento della massima deformazione (creep);
- f) dilatazione del martinetto, con incrementi di carico di 0,5 MPa, fino ad annullare per intero lo spostamento delle basi dovuto al taglio, annotando i diversi gradini di carico applicati ed i relativi spostamenti delle basi, fino a raggiungere il carico a cui corrisponde il ripristino della distanza tra le basi di misura che esisteva prima dell'esecuzione del taglio; il carico massimo andrà mantenuto per 15 minuti in modo da misurare la deformazione di creep, leggendo le deformazioni delle basi ogni 5 minuti; il carico deve quindi essere riportato a zero seguendo gli stessi gradini utilizzati precedentemente (decrementi di 0,5 MPa) e leggendo le deformazioni delle basi corrispondenti; anche la pressione nulla andrà tenuta per 15 minuti, leggendo le deformazioni delle basi ogni 5 minuti.

Se richiesto dalle Ferrovie la prova potrà essere integrata mediante l'esecuzione di altri cicli di prova a pressione crescente impiegando almeno 10 uguali incrementi tensionali per ciascun ciclo fino alla massima pressione raggiungibile, funzione del tipo di martinetto impiegato, delle caratteristiche di resistenza della roccia (o calcestruzzo/muratura) e della pressione di ripristino registrato nel primo ciclo.

Ciascun martinetto dovrà rimanere in posto, in piena funzionalità, per l'esecuzione di eventuali ulteriori prove di monitoraggio e rimarrà quindi di proprietà delle Ferrovie. Su richiesta delle Ferrovie la prova potrà essere eseguita con due martinetti piatti paralleli per la determinazione delle caratteristiche di deformabilità e di resistenza a rottura.

La prova viene eseguita isolando nell'ammasso roccioso/nella muratura un campione della struttura in esame delimitato alle basi da due martinetti piatti collegati alla medesima pompa idraulica che trasmettono una sollecitazione compressiva all'elemento isolato.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 158 di 232

Le basi di misura devono essere posizionate in modo da definire le caratteristiche meccaniche "medie" del campione di roccia o della struttura, rilevando le deformazioni longitudinali e trasversali.

In generale, si può assumere che la distanza tra i due martinetti sia pari alla dimensione massima del martinetto impiegato e che le basi di misura (nel campione isolato tra i due martinetti) siano disposte su tre file costituite rispettivamente da tre, due e tre riscontri; con tale disposizione si individuano tre basi di misura perpendicolari ai piani di taglio (deformabilità assiale) ed una base di misura parallelo ai piani di taglio (deformabilità trasversale). I due martinetti, connessi in parallelo ad un'unica unità idraulica di pompaggio, applicano al campione interposto uno stato di sollecitazione monoassiale attraverso l'esecuzione di un numero di cicli di carico/scarico, non inferiore a due (2), da concordare preventivamente con le Ferrovie, i cui livelli di sollecitazione dovranno essere scelti sulla base delle caratteristiche meccaniche della muratura o della roccia.

Dopo avere completato la prova di deformabilità, quando richiesto dalle Ferrovie, potrà essere incrementato il carico applicato sui martinetti per valutare la resistenza a rottura della muratura/della roccia.

Documenti da consegnare.

Al termine delle prove dovrà essere consegnata la seguente documentazione:

- a) Relazione conclusiva contenente fra l'altro:
- data, luogo, disposizione e numero delle prove e schema geometrico della prova;
 - documentazione fotografica delle varie fasi della prova compresa la situazione dopo il taglio e prima dell'applicazione del martinetto;
 - descrizione dei materiali che compongono le strutture esaminate (caratteristiche dei mattoni o delle pietre e della malta, presenza di umidità per risalita capillare ecc...) ed eventuale documentazione fotografica; descrizione e specifiche tecniche delle attrezzature utilizzate con marca, modello e numero di matricola; descrizione delle condizioni delle murature o dei terreni al termine delle prove, con documentazione fotografica;
 - valori dei carichi progressivamente applicati, misure di convergenza effettuate e relativi diagrammi sforzi-deformazioni;
 - tempo richiesto per lo svolgimento delle diverse fasi di prova;
 - valore dello stato di sollecitazione misurato e del modulo di deformabilità;
 - valori calcolati del modulo di deformabilità nei differenti intervalli di sollecitazione e resistenza a compressione stimata delle murature o delle rocce nelle prove con doppio martinetto;
 - metodo di calcolo adottato e fattori correttivi introdotti per la determinazione dello stato di sforzo e del modulo di elasticità;
 - Certificato di taratura per lotto di produzione (per martinetti piatti di dimensioni standard) o certificato di taratura singolo (per martinetti piatti di dimensioni diverse dallo standard).
 - copia del certificato di taratura dei manometri o traduttore di pressione e degli estensimetri rimovibili di data non anteriore di sei mesi alla data di prova.

Riferimenti normativi:

- ASTM D4729-87 (1997). Standard Test Method for In Situ Stress and Modulus of Deformation Using the Flatjack Method.

3.8.2 PROVE PENETROMETRICHE E DILATOMETRICHE CONTINUE

3.8.2.1 Prova penetrometrica statica eseguita con dispositivo a punta meccanica (CPT)

La prova consiste nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta conica di dimensioni e

caratteristiche standard, infissa a velocità costante (pari a $2 \text{ cm/sec} \pm 0.5 \text{ cm/sec}$) nel terreno tramite un dispositivo di spinta che agisce alternativamente su una batteria di aste esterna e su una interna, alla cui estremità inferiore è connessa la punta.

A. Attrezzatura

Le attrezzature richieste sono le seguenti:

- dispositivo di spinta;
- punta penetrometrica;
- aste;
- dispositivo di misura.

A1. Dispositivo di spinta

Deve essere usato un martinetto a comando idraulico in grado di esercitare la spinta richiesta (10 o 20 ton) sulla duplice batteria di aste.

La corsa deve essere pari a 1 m. La velocità di infissione della batteria di aste sarà di 2 cm/s ($\pm 0,5 \text{ cm/s}$), costante nel corso della prova, indipendentemente dalla resistenza offerta dal terreno.

Il dispositivo di spinta deve essere ancorato e/o zavorrato in modo tale che non si muova, rispetto al piano di campagna, durante l'azione di spinta.

A.2. Punta penetrometrica

La punta conica telescopica può essere, entro certi limiti, infissa indipendentemente dalla batteria di aste esterne cave, con le seguenti dimensioni:

- diametro di base del cono d_c : $35,7 \pm 0,4 \text{ mm}$
- angolo di apertura del cono: $60^\circ \pm 5^\circ$
- area della base del cono: 1000 mm^2
- raggio della punta del cono: $< 3 \text{ mm}$

La punta permetterà la misura di:

- resistenza alla punta q_c
- resistenza per attrito laterale f_s

La resistenza per attrito laterale viene rilevata per mezzo di un manicotto d'attrito con le seguenti caratteristiche:

- superficie laterale del manicotto: $150 \text{ cm}^2 \pm 2\%$
- diametro esterno manicotto d_s : $d_c \leq d_s \leq d_c + 0,5 \text{ mm}$ (d_c = diametro della base del cono)

A.3. Aste

Devono essere utilizzate aste di tipo cavo con diametro esterno di 36 mm. Le astine interne devono essere a sezione piena di diametro inferiore di $0,5 \div 1 \text{ mm}$ rispetto a quello interno delle aste cave. Eventuali anelli allargatori devono essere posizionati ad almeno 100 cm dalla base del cono.

A.4. Dispositivo di misura

Dovrà essere costituito da un manometro con fondo scala massimo pari a 10 MPa ed un altro con fondo scala superiore, collegati in modo tale che il primo sia escluso automaticamente dal circuito oleodinamico in caso di pressioni troppo elevate.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 160 di 232

La precisione di lettura deve essere contenuta entro i seguenti limiti massimi:

- 5 % del valore misurato;
- 1 % del valore di fondo scala.

B. Tarature e controlli

Occorrerà verificare che all'interno delle aste cave, quando collegate fra loro, non ci siano sporgenze in corrispondenza della estremità filettata.

Le aste interne a sezione piena dovranno scorrere senza attriti all'interno delle aste cave.

Deve essere controllata periodicamente durante la prova la rettilineità delle aste di spinta, soprattutto per le 5 aste inferiori della batteria.

Periodicamente si deve controllare lo stato di usura della punta del cono, del manicotto di attrito e della prolunga della punta penetrometrica.

I manometri del dispositivo di misura dovranno essere corredati da un certificato di taratura rilasciato da un Ente o Società autorizzata, non anteriore a tre mesi dall'inizio della prova.

C. Modalità esecutive

Il penetrometro dovrà essere posizionato opportunamente in modo da garantire la verticalità della applicazione del carico.

La prova si eseguirà facendo avanzare le astine interne fino ad esaurire l'intera corsa della punta (4 cm) e della punta + manicotto (4 cm), misurando la pressione di spinta nel primo e nel secondo caso; si faranno quindi avanzare le aste cave fino alla chiusura della batteria telescopica (12 cm), misurando ed annotando la pressione totale di spinta.

Le misure di q_c ed f_s saranno discontinue, con annotazioni ogni 20 cm di penetrazione.

La prova sarà quindi eseguita fino al raggiungimento dei limiti strumentali di resistenza (rifiuto) o fino alla profondità massima prevista dal programma delle indagini. Copia delle letture eseguite direttamente ai manometri od al visore, alle varie profondità, devono essere consegnate giornalmente alle Ferrovie.

La prova CPT generalmente dovrà essere limitata a 30 metri di profondità, indagini di profondità maggiore dovranno essere approvate dalle Ferrovie.

Documenti da consegnare

La documentazione di prova comprenderà:

- a) Relazione conclusiva contenente la descrizione di tutte le operazioni eseguite e dei risultati ottenuti;
- b) Planimetria in scala non inferiore a 1:5000 recante l'ubicazione precisa di tutte le prove effettuate;
- c) Elaborati grafici e tabellari riportanti per ciascuna prova:
 - informazioni generali (località, progr. km, data di esecuzione, nominativo dell'operatore ecc.);
 - numero/sigla della prova;
 - caratteristiche dell'attrezzatura;
 - caratteristiche della punta;
 - fotocopia delle tabelle di cantiere, con indicazione dei fattori moltiplicativi di interpretazione delle letture.
 - certificati di taratura delle punte impiegate non anteriori a tre mesi da quella dell'assunzione della prova;
 - quota assoluta del punto di prova;

- profondità della falda;
- grafici della resistenza della punta q_c , dell'attrito laterale locale f_s e del rapporto f_s/q_c calcolato fra valori misurati alla medesima profondità. La profondità deve essere diagrammata in ordinata scala 1:100; i valori di q_c , f_s ed il rapporto f_s/q_c devono essere diagrammati in ascissa:
 - 1 cm = 2 MPa per q_c ;
 - 1 cm = 50 kPa per f_s ;
 - 1 cm = 1% per f_s/q_c %.
- grafico dell'inclinazione delle aste in funzione della profondità;
- posizione di eventuali anelli allargatori;
- note ed osservazioni.

Riferimenti normativi:

- ASTM D3441-98. Standard Test Method for Mechanical Cone Penetration Tests of Soil.
- Associazione Geotecnica Italiana (1977). Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche.
- UNI ENV 1997-1 (2005) – Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali
- UNI ENV 1997-2 (2007) – Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo
- UNI EN ISO 22476-12 (2009) - Indagini e prove geotecniche - Prove in sito - Parte 12: Prova meccanica di penetrazione del cono (CPTM)

3.8.2.2 Prova penetrometrica statica eseguita con dispositivo a punta elettrica (CPTE).

La prova consiste nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta conica di dimensioni e caratteristiche standard, infissa a velocità costante nel terreno tramite un dispositivo di spinta che agisce alternativamente su una batteria di aste cave alla cui estremità inferiore è connessa la punta.

A. Attrezzatura

Le attrezzature richieste sono le seguenti:

- dispositivo di spinta;
- punta penetrometrica;
- aste;
- dispositivo di misura.

A.1. Dispositivo di spinta

Deve essere usato un martinetto a comando idraulico in grado di esercitare la spinta richiesta (10 o 20 ton) sulla duplice batteria di aste.

La corsa minima deve essere pari ad almeno 1 m. La velocità di infissione della batteria di aste sarà di 2 cm/s ($\pm 0,5$ cm/s), costante nel corso della prova, indipendentemente dalla resistenza offerta dal terreno.

Il dispositivo di spinta deve essere ancorato e/o zavorrato in modo tale che non si muova, rispetto al piano di campagna, durante l'azione di spinta.

L'attrezzatura dovrà essere posizionata in modo da fornire una spinta nella direzione verticale con una deviazione ammissibile dalla verticale non superiore al 2%, verificata con un apposito sensore inclinometrico.

A.2. Punta penetrometrica

La punta penetrometrica è costituita da una punta conica, solidale con la batteria di aste cave, ed è caratterizzata dalle seguenti dimensioni:

- diametro di base del cono d_c : 35,7 (34,7÷36,0) mm
- altezza della parte conica del cono: 31,0 (24,0÷31,3) mm
- angolo di apertura del cono: 60°
- altezza dell'estensione cilindrica: ≤ 5 mm

La punta permetterà la misura di:

- resistenza alla punta q_c
- resistenza per attrito laterale f_s

La resistenza per attrito laterale viene rilevata per mezzo di un manicotto d'attrito liscio, ubicato subito al di sopra della punta conica con le seguenti caratteristiche:

- superficie laterale del manicotto: $150 \text{ cm}^2 \pm 2\%$
- diametro esterno manicotto d_s : $d_c \leq d_s \leq d_c + 0,35 \text{ mm}$ (d_c = diametro della base del cono)

La punta di tipo elettrico sarà strumentata con celle di carico estensimetriche per la misura di f_s e q_c , con i seguenti fondo scala:

- 5000 kg per q_c (50 Mpa);
- 750 kg per f_s (500 kPa).

Qualora necessario, le Ferrovie si riservano di richiedere l'uso di punte con sensibilità massima diversa ($q_c = 10 \div 20 \text{ MPa}$ per terreni teneri o poco addensati; $q_c = 70 \div 100 \text{ MPa}$ per terreni molto addensati).

La punta dovrà essere dotata di un sensore inclinometrico per la misura continua della deviazione dalla verticale.

A.3. Aste

Devono essere utilizzate aste di tipo cavo con diametro esterno di 36 mm.

Eventuali anelli allargatori dovranno essere posizionati ad almeno 100 cm dalla base del cono.

A.4. Dispositivo di misura

Oltre alle celle di carico estensimetriche della punta, saranno previsti:

- centralina elettronica per la ricezione e la trasmissione dei dati;
- visualizzatore e registratore grafico;
- registratore digitale dei dati con possibilità di rielaborazione e restituzione dei dati stessi; i dati devono essere memorizzati ogni 2 cm di penetrazione della punta;
- sincronizzatore velocità di avanzamento punta/registratore grafico analogico.

La precisione di misura deve essere contenuta entro i seguenti limiti massimi:

- 5 % del valore misurato;
- 1 % del valore di fondo scala.

B. Tarature e controlli

Oltre a sistematici controlli circa lo stato della punta e del manicotto (geometria, rugosità) o delle aste cave (rettilineità della batteria specie per quanto riguarda le 5 aste più vicine alla punta) dovranno essere eseguiti i seguenti controlli:

- a) le guarnizioni fra i diversi elementi di una punta penetrometrica dovranno essere ispezionate con regolarità per accettarne le perfette condizioni e l'assenza di particelle di terreno;
- b) le punte elettriche dovranno essere compensate rispetto alle variazioni di temperatura;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 163 di 232

Prima di eseguire le prove penetrometriche l'Esecutore deve controllare il perfetto stato della punta, mediante apposite apparecchiature di controllo, il perfetto funzionamento dei dispositivi di amplificazione e registrazione dei dati; inoltre, per ogni punta impiegata, l'Esecutore deve consegnare alle Ferrovie un certificato attestante che la taratura della punta stessa sia stata effettuata in data non anteriore a tre mesi da quella di esecuzione della prova.

Qualora eventi eccezionali possono aver alterato le caratteristiche della punta elettrica e comunque non oltre i 1000 m di effettiva penetrazione effettuata, l'Esecutore deve controllare, con le modalità approvate dalle Ferrovie, che la punta elettrica non sia andata fuori taratura, qualora ciò si verifichi si deve procedere ad una nuova taratura.

I dati di taratura delle punte impiegate devono essere mantenuti in cantiere a disposizione delle Ferrovie.

C. Modalità esecutive

Prima di eseguire la prova deve essere accertata la perfetta verticalità della batteria del penetrometro e della adeguatezza dello zavorramento e/o ancoraggio in relazione alla capacità di spinta dell'attrezzatura.

Durante l'infissione della punta elettrica devono essere registrati separatamente e senza soluzioni di continuità i valori della resistenza alla punta (q_c) e i valori della resistenza laterale e la deviazione della punta verticale.

E' opportuno che la taratura finale dei dispositivi di misura e registrazione sia effettuata dopo che i sensori della punta si siano equilibrati con la temperatura interna del terreno.

La prova di norma sarà eseguita fino alla profondità massima prevista dal programma delle indagini o interrotta per rifiuto in uno dei seguenti casi:

- raggiungimento del fondo scala per uno dei sensori relativi a resistenza q_c e f_s ;
- raggiungimento della massima capacità di spinta del penetrometro;
- deviazione della punta verticale di 10° , se repentina, o di 15° se progressiva.

Al termine della prova ed ogni qualvolta la prova si interrompa, si dovrà rilevare lo sforzo totale applicato.

Quando la resistenza del terreno raggiunge un valore tale da impedire l'ulteriore avanzamento del penetrometro fino alla profondità prevista, ovvero nel caso che la deviazione della punta dalla verticale risulti superiore a 15° l'Esecutore deve sospendere la prova ed estrarre la batteria penetrometrica e, se richiesto dalle Ferrovie, deve procedere alla perforazione del terreno resistente onde proseguire per gli strati successivi la prova medesima.

La perforazione, di norma, deve essere realizzata utilizzando una tubazione provvisoria di rivestimento con diametro interno di $50\div 55$ mm e diametro esterno $70\div 75$ mm, che funge anche da tubazione guida.

Qualora si debba eseguire la perforazione con diametri maggiori di 75 mm, prima di riprendere la esecuzione della prova penetrometrica, deve essere inserita all'interno del foro una tubazione guida come sopra descritta.

Documenti da consegnare

La documentazione di prova comprenderà:

- a) Relazione conclusiva contenente la descrizione di tutte le operazioni eseguite e dei risultati ottenuti;
- b) Planimetria in scala non inferiore a 1:5000 recante l'ubicazione precisa di tutte le prove effettuate;
- c) Elaborati grafici e tabellari riportanti per ciascuna prova:
 - informazioni generali (località, pr. km, data di esecuzione, nominativo dell'operatore ecc.);
 - numero/sigla della prova;
 - caratteristiche dell'attrezzatura;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 164 di 232

- caratteristiche della punta;
- fotocopia delle tabelle di cantiere, con indicazione dei fattori moltiplicativi di interpretazione delle letture.
- certificati di taratura delle punte impiegate non anteriori a tre mesi da quella dell'assunzione della prova;
- quota assoluta del punto di prova ed indicazioni di eventuali prefiori o perforazioni di azzeramento per presenza di strati consistenti;
- profondità della falda;
- grafici della resistenza della punta q_c , dell'attrito laterale locale f_s e del rapporto f_s/q_c calcolato fra valori misurati alla medesima profondità. La profondità deve essere diagrammata in ordinata scala 1:100; i valori di q_c , f_s ed il rapporto f_s/q_c devono essere diagrammati in ascissa:
 - 1 cm = 2 MPa per q_c ;
 - 1 cm = 50 kPa per f_s ;
 - 1 cm = 1% per f_s/q_c %.
- angolo di inclinazione della punta rispetto alla verticale ($^\circ$) e scostamento dalla verticale (m);
- posizione di eventuali anelli allargatori;
- note ed osservazioni.

Riferimenti normativi:

- UNI ENV 1997-1 (2005) – Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali
- UNI ENV 1997-2 (2007) – Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo
- UNI EN ISO 22476-12 (2009). Indagini e prove geotecniche - Prove in sito - Parte 12: Prova meccanica di penetrazione del cono (CPTM)
- ISSMFE Technical committee on Penetration Testing (1988). Cone Penetration Test (CPT): International Reference Test Procedure.
- ASTM D5778-95 (2000). Standard Test Method for Performing Electronic Friction Cone and Piezocone Penetration Testing of Soils.

3.8.2.3 Prova penetrometrica statica eseguita con dispositivo a punta elettrica provvista di piezocono (CPTU).

La prova con piezocono viene eseguita con una attrezzatura per prove penetrometriche statiche, nella quale la punta elettrica è strumentata per la misura in forma continua di quanto sotto elencato:

- resistenza alla penetrazione statica q_c della punta conica e resistenza per attrito laterale f_s ;
- pressione dei pori del terreno (somma della pressione idrostatica e della sovrappressione indotta dall'avanzamento della punta);
- dissipazione nel tempo della sovrappressione indotta nel terreno, a quote predeterminate, per la determinazione della pressione idrostatica e per la determinazione del coefficiente di permeabilità in direzione orizzontale k_h e del coefficiente di dissipazione della sovrappressione idrostatica in direzione orizzontale ch .

A. Attrezzatura

Deve essere usato un martinetto a comando idraulico in grado di esercitare la spinta richiesta (10 o 20 ton) sulla duplice batteria di aste.

La corsa minima deve essere pari ad almeno 1 m. La velocità di infissione della batteria di aste sarà di 2 cm/s ($\pm 0,5$ cm/s), costante nel corso della prova, indipendentemente dalla resistenza offerta dal terreno.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 165 di 232

Il dispositivo di spinta deve essere ancorato e/o zavorrato in modo tale che non si muova, rispetto al piano di campagna, durante l'azione di spinta.

L'attrezzatura dovrà essere posizionata in modo da fornire una spinta nella direzione verticale con una deviazione ammissibile dalla verticale non superiore al 2%, verificata con un apposito sensore inclinometrico.

Il trasduttore di pressione deve essere "a bassa variazione di volume" e il suo fondo scala deve essere di norma 15 bar. Per prove profonde, oltre i 30 m, deve essere usato un trasduttore con fondo scala maggiore di 15 bar. Il fondo scala degli altri sensori (punta e attrito laterale) deve essere di norma rispettivamente 5 t e 750 kg, salvo diverse prescrizioni delle Ferrovie.

A.1. Punta penetrometrica

La punta conica fissa, interamente solidale con il movimento delle aste cave, deve avere le seguenti dimensioni:

- diametro di base del cono dc: 35,7 (34,7÷36,0) mm
- altezza della parte conica del cono: 31,0 (24,0÷31,3) mm
- angolo di apertura del cono: 60°
- altezza dell'estensione cilindrica: ≤ 15 mm

La punta permetterà la misura di:

- resistenza alla punta qt (resistenza alla punta qc corretta in funzione della pressione interstiziale U);
- resistenza per attrito laterale ft (resistenza per attrito laterale fs corretta in funzione della pressione interstiziale U);
- pressione interstiziale U (somma della pressione idrostatica Uo e della sovrappressione indotta DU).

Il parametro fs sarà relativo ad un manicotto di attrito liscio con le seguenti dimensioni:

- superficie laterale del manicotto: 150 cm² ± 2%
- diametro esterno manicotto ds: $dc \leq ds \leq dc + 0,35$ mm (dc = diametro della base del cono)

Il manicotto sarà posizionato subito sopra il cono.

La punta dovrà essere dotata di un filtro poroso intercambiabile, posto preferibilmente alla base del cono, che permetterà la misura delle pressioni interstiziali U.

Il diametro del filtro poroso deve essere pari a: $dc \leq du \leq dc + 0,2$ mm (dc = diametro della base del cono).

La punta di tipo elettrico sarà strumentata con celle di carico estensimetriche per la misura di fs e qc, con i seguenti fondo scala:

- 5000 kg per qc (50 Mpa);
- 750 kg per fs (500 kPa).

Qualora necessario, le Ferrovie si riservano di richiedere l'uso di punte con sensibilità massima diversa (qc= 10÷20 MPa per terreni teneri o poco addensati; qc= 70÷100 MPa per terreni molto addensati).

La punta dovrà essere dotata di un sensore inclinometrico per la misura continua della deviazione dalla verticale.

A.2. Aste

Le aste di tipo cavo dovranno avere diametro esterno di 36 mm.

Eventuali anelli allargatori devono essere posizionati ad almeno 100 cm dalla base del cono.

La dotazione dovrà includere anche una batteria di aste normali ed una puntazza conica del diametro di 50 mm, per eseguire eventuali prefori per raggiungere la falda.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 166 di 232

A.3. Dispositivo di misura

Oltre alle celle di carico estensimetriche, in dotazione alla punta, dovranno prevedersi:

- centralina elettronica per la ricezione e la trasmissione dei dati;
- registratore grafico di qc, fs, u+ Δ u;
- registratore digitale dei dati con possibilità di rielaborazione e restituzione dei dati stessi; i dati devono essere memorizzati ogni 2 cm di penetrazione della punta;
- registratore grafico o stampante su carta per la registrazione della variazione della pressione interstiziale nel tempo nel corso delle prove di dissipazione; la scelta della sequenza temporale di misura, o la velocità di scorrimento della carta devono poter essere adattabili alle più disparate velocità di dissipazione;
- visore per la lettura istantanea dei valori delle grandezze misurate, in forma digitale;
- sincronizzatore velocità di avanzamento punta/registratore grafico.

A.4. Attrezzatura di disaerazione

Il filtro poroso ed il cono dovranno essere perfettamente disaerati adottando una delle seguenti metodologie:

- immersione per bollitura in una cella di disaerazione sottovuoto per circa 3 ore;
- disaerazione per bollitura, con immersione di filtro e cono per un periodo di tempo di sufficiente durata, in funzione del tipo di filtro;
- immersione del filtro poroso in glicerina calda in un contenitore sottovuoto ad ultrasuoni, combinando gli effetti del pompaggio sottovuoto e della vibrazione ad ultrasuoni; il cono verrà disaerato tramite iniezione di glicerina con siringa ipodermica.

Altre attrezzature, tipi di fluido e tecniche di disaerazione dovranno essere autorizzate dalle Ferrovie.

B. Tarature e controlli

Oltre ai sistematici controlli circa lo stato della punta e del manicotto (geometria, rugosità) e delle aste cave (rettilineità della batteria specie per quanto riguarda le 5 aste più vicine alla punta), dovranno essere eseguiti i seguenti controlli:

- le guarnizioni fra i diversi elementi di un piezocono dovranno essere ispezionate con regolarità per accertarne le perfette condizioni e l'assenza di particelle di terreno;
- il piezocono dovrà essere compensato rispetto alle variazioni di temperatura;
- la precisione di misura, tenendo conto di tutte le possibili fonti di errore (attriti parassiti, errori nel dispositivo di registrazione, eccentricità del carico sul cono e sul manicotto, differenze di temperatura ecc.) dovrà essere comunque inferiore ai seguenti limiti:
 - 5% del valore misurato;
 - 1% del valore del fondo scala.

Tale precisione dovrà essere verificata in laboratorio e verificabile in cantiere. Nel primo caso i dati di taratura relativi ad ogni piezocono dovranno essere sempre disponibili in cantiere.

Per ogni punta impiegata, l'Esecutore deve consegnare alle Ferrovie un certificato attestante che la taratura della punta stessa sia stata effettuata in data non anteriore a tre mesi da quella di esecuzione della prova.

C. Montaggio del piezocono

Terminata la disaerazione del filtro e del cono, questi saranno inseriti in un guanto di gomma pieno di acqua disaerata, operando rigorosamente in immersione; il guanto di gomma non sarà rimosso all'inizio della prova, in quanto sarà l'attrito con il terreno a provvedere alla sua rottura ed asportazione.

D. Preforo

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 167 di 232

L'eventuale preforo necessario per raggiungere la quota di falda dovrà essere preventivamente concordato ed autorizzato dalle Ferrovie

E. Stabilizzazione termica

Prima di iniziare la prova, la punta dovrà essere inserita nel preforo, in acqua di falda, e lasciata ferma per 10 minuti per ottenere la stabilizzazione termica, ripetendo alla fine dei 10' gli azzeramenti dei dispositivi di misura e registrazione.

Al termine della prova dovranno essere misurate e registrate eventuali derive di zero dei dispositivi; tali annotazioni finali dovranno far parte integrante della documentazione provvisoria e definitiva della prova.

F. Modalità esecutive

Il penetrometro dovrà essere posizionato opportunamente in modo da garantire la verticalità dell'applicazione del carico.

L'elemento poroso del piezocono deve essere debitamente saturato prima di ogni prova, verificando inoltre che non vi siano bolle d'aria racchiuse nel condotto di adduzione al trasduttore e nella camera del trasduttore. La punta deve essere quindi inserita nel contenitore pieno di acqua disaerata. Tale operazione deve essere ripetuta prima dell'inizio di ogni prova.

Successivamente la punta deve essere fatta avanzare nel terreno saturo fino alla profondità stabilita, registrando, insieme ai parametri misurati dalla punta elettrica, i valori della pressione interstiziale.

La prova si inizierà alla base del tratto preforato, inserendo nel terreno il piezocono protetto dal guanto di gomma.

La prova sarà di norma eseguita fino alla profondità definita dal programma delle indagini, o interrotta per rifiuto in uno dei seguenti casi:

- raggiungimento del fondo scala di uno dei sensori relativi a resistenza qc, fs, o pressione interstiziale;
- raggiungimento della massima capacità di spinta del penetrometro;
- deviazione della punta della verticale di 10°, se repentina, o di 15° se progressiva.

Nel caso di rifiuto potrà essere richiesta la ripresa della prova dopo preforo a quota maggiore di 1 m rispetto a quella della interruzione della prova.

G. Prova di dissipazione

L'avanzamento della punta provoca un aumento della pressione interstiziale nel terreno; la prova di dissipazione, eseguita arrestando la penetrazione, misura la velocità di riequilibrio della pressione dei pori da cui si può risalire alla compressibilità ed alla permeabilità del terreno.

Alla quota indicata dal programma si eseguirà la prova di dissipazione operando come di seguito:

- arresto della penetrazione della punta;
- sollevamento della testa di spinta in modo tale che l'accorciamento elastico delle aste, che si verifica in fase di penetrazione, possa scaricarsi verso l'alto lasciando libero il cono;
- in presenza di terreni particolarmente poco addensati o poco consistenti è opportuno ricorrere al bloccaggio della batteria di aste mediante freno o morsa in modo tale che il peso della batteria di aste non agisca sulla punta;
- scatto contemporaneo dei contasecondi e inizio della registrazione della variazione di pressione interstiziale;
- lettura al visore digitale dell'andamento della pressione interstiziale ai tempi 0,1 - 0,25 - 0,5 - 1 - 2 - 4 - 8 -

15 - 30 minuti;

- la lettura sarà registrata manualmente sul grafico con i tempi in scala logaritmica.

La prova sarà considerata conclusa al 60-80% della dissipazione della sovrappressione indotta dalla punta.

A prova ultimata e ad avvenuta estrazione della punta l'Esecutore deve controllare se si sono verificate derive dello zero per effetto di sforzi eccentrici, urti, sovraccarichi, difetti elettrici, ecc.

L'eventuale nuovo valore di zero (e quindi l'eventuale deriva) deve essere indicato sui grafici e memorizzato nel caso di memoria magnetica, in modo da poterne tenere conto nella elaborazione dei dati.

Documenti da consegnare

La documentazione di prova comprenderà:

- Relazione conclusiva contenente la descrizione di tutte le operazioni eseguite e dei risultati ottenuti;
- Planimetria in scala non inferiore a 1:5000 recante l'ubicazione precisa di tutte le prove effettuate;
- Elaborati grafici e tabellari riportanti per ciascuna prova:
 - informazioni generali (località, pr. km, data di esecuzione, nominativo dell'operatore ecc...);
 - numero/sigla della prova;
 - caratteristiche dell'attrezzatura;
 - caratteristiche della punta e del piezocono (compreso il valore del fattore delle aree del cono) con indicazione di marca, modello e numero eventuale di matricola;
 - fotocopia delle tabelle di cantiere, con indicazione dei fattori moltiplicativi di interpretazione delle letture.
 - certificati di taratura delle punte impiegate non anteriori a tre mesi da quella dell'assunzione della prova;
 - quota assoluta del punto di prova;
 - profondità della falda;
 - grafici della resistenza della punta corretta qT , dell'attrito laterale locale corretto fT , della pressione dei pori U e del rapporto fT/qT calcolato fra valori misurati alla medesima profondità. La profondità deve essere diagrammata in ordinata scala 1:100; i valori di qT , fT , U ed il rapporto fT/qT devono essere diagrammati in ascissa:
 - 1 cm = 2 MPa per qT ;
 - 1 cm = 50 kPa per fT ;
 - 1 cm = 1% per fT/qT %.
 - tabulato delle misure eseguite alle varie profondità (ogni 2 cm), corrette per inclinazione, derive, ecc. Il tabulato deve comprendere le seguenti colonne:
 - qt cioè la qc corretta per l'influenza della pressione interstiziale (U) per effetto dell'area netta;
 - U cioè la U totale misurata diminuita della U_0 corrispondente al carico idrostatico;
 - U/qt rapporto fra la U e la qt (qc corretta);
 - profondità.
 - angolo di inclinazione della punta rispetto alla verticale ($^\circ$) e scostamento dalla verticale (m);
 - grafici delle prove di dissipazione con l'andamento della pressione interstiziale in funzione del logaritmo del tempo e tabelle contenenti le letture fatte ai diversi tempi;
 - posizione di eventuali anelli allargatori;
 - note ed osservazioni.

Riferimenti normativi:

- UNI ENV 1997-1 (2005) – Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali
- UNI ENV 1997-2 (2007) – Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 2: Indagini e prove nel

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 169 di 232

sottosuolo

- UNI EN ISO 22476-1 (2012). Indagini e prove geotecniche - Prove in sito - Parte 1: Prova penetrometrica con cono elettrico e piezocono)
- ISSMFE Technical committee on Penetration Testing (1988). Cone Penetration Test (CPT): International Reference Test Procedure.
- ASTM D5778-95 (2000). Standard Test Method for Performing Electronic Friction Cone and Piezocone Penetration Testing of Soils.

3.8.2.4 Prova penetrometrica statica eseguita con dispositivo a punta elettrica provvista di piezocono sismico (SCPTU).

La prova con piezocono sismico costituisce una variante rispetto alla prova con piezocono. Viene eseguita con una attrezzatura per prove penetrometriche statiche, nella quale la punta elettrica è strumentata per la misura in forma continua di quanto sotto elencato:

- resistenza alla penetrazione statica qc della punta conica e resistenza per attrito laterale fs;
- pressione dei pori del terreno (somma della pressione idrostatica e della sovrappressione indotta dall'avanzamento della punta);
- dissipazione nel tempo della sovrappressione indotta nel terreno, a quote predeterminate per la determinazione della pressione idrostatica e per la determinazione del coefficiente di permeabilità in direzione orizzontale kh e del coefficiente di dissipazione della sovrappressione idrostatica sempre in direzione orizzontale.
- velocità medie delle onde sismiche P ed S dei terreni attraversati alle varie profondità per metro ogni strato di terreno.

A. Attrezzatura

Deve essere usato un martinetto a comando idraulico in grado di esercitare la spinta richiesta (10 o 20 ton) sulla duplice batteria di aste.

La corsa minima deve essere pari ad almeno 1 m. La velocità media di infissione della batteria di aste sarà di 2 cm/s (+/- 0,5 cm/s), costante nel corso della prova, indipendentemente dalla resistenza offerta dal terreno.

Il dispositivo di spinta deve essere ancorato e/o zavorrato in modo tale che non si muova rispetto al piano di campagna, durante l'azione di spinta.

L'attrezzatura dovrà essere posizionata in modo da fornire una spinta nella direzione verticale con una deviazione ammissibile dalla verticale non superiore al 2%, verificata con un apposito sensore inclinometrico.

Il trasduttore di pressione deve essere "a bassa variazione di volume" e il suo fondo scala deve essere di norma pari a 15 bar. Per prove profonde, oltre i 30 m, deve essere usato un trasduttore con fondo scala maggiore di 15 bar. Il fondo scala degli altri sensori (punta e attrito laterale) deve essere di norma rispettivamente 5 t e 750 kg, salvo diverse prescrizioni delle Ferrovie.

Nella parte sommitale della punta verrà installato un manicotto di 49 mm di diametro contenente un geofono almeno biassiale, con assi fra loro perpendicolari disposti per misure orizzontali delle onde S. Sarà possibile, qualora la Direzione Lavori lo ritenesse opportuno, applicare un geofono triassiale, e senza ulteriori oneri per le FS. Gli accelerometri del geofono dovranno avere frequenza naturale di 10Hz.

A.1. Punta penetrometrica

La punta conica fissa, interamente solidale con il movimento delle aste cave, deve avere le seguenti dimensioni:

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 170 di 232

- diametro di base del cono dc: 35,7 (34,7÷36,0) mm
- altezza della parte conica del cono: 31,0 (24,0÷31,3) mm
- angolo di apertura del cono: 60°
- altezza dell'estensione cilindrica: ≤ 15 mm

La punta permetterà la misura di:

- resistenza alla punta q_t (resistenza alla punta q_c corretta in funzione della pressione interstiziale ΔU)
- resistenza per attrito laterale f_t (resistenza per attrito laterale f_s corretta in funzione della pressione interstiziale U)
- pressione interstiziale U (somma della pressione idrostatica U_0 e della sovrappressione indotta DU)

Il parametro f_s sarà relativo ad un manicotto di attrito liscio con le seguenti dimensioni:

- superficie laterale del manicotto: 150 cm² ± 2%
- diametro esterno manicotto d_s : $d_c \leq d_s \leq d_c + 0,35$ mm (d_c = diametro della base del cono)

Il manicotto sarà posizionato subito sopra il cono.

La punta dovrà essere dotata di un filtro poroso intercambiabile, posto preferibilmente alla base del cono, che permetterà la misura delle pressioni interstiziali U .

Il diametro del filtro poroso deve essere pari a: $d_c \leq d_u \leq d_c + 0,2$ mm (d_c = diametro della base del cono).

La punta di tipo elettrico sarà strumentata con celle di carico estensimetriche per la misura di f_s e q_c , con i seguenti fondo scala:

- 5000 kg per q_c (50 Mpa);
- 750 kg per f_s (500 kPa).

Qualora necessario, le Ferrovie si riservano di richiedere l'uso di punte con sensibilità massima diversa ($q_c = 10 \div 20$ MPa per terreni teneri o poco addensati; $q_c = 70 \div 100$ MPa per terreni molto addensati).

La punta dovrà essere dotata di:

- sensore inclinometrico biassiale magneto-resistivo per la misura continua della deviazione dalla verticale con fondo scala di +/- 10 - +/- 20 gradi. La risoluzione del sensore inclinometrico dovrà essere di 0,1 gradi con precisione +/- 0,25 % della lettura.
- geofoni con distorsione ≤ 0,075 % tra 0 e 20°C e frequenze spurie ≥ 250 Hz e normale di 10 Hz e +/- 3,5 % smorzamento 68 % +/- 3,5 %, temperatura operativa -40/+90°C
- sensore per la misura della velocità di avanzamento

A.2. Aste

Le aste di tipo cavo dovranno avere diametro esterno di 36 mm. Eventuali anelli allargatori devono essere posizionati ad almeno 100 cm dalla base del cono.

La dotazione dovrà includere anche una batteria di aste normali ed una puntazza conica del diametro di 50 mm, per eseguire eventuali prefori per raggiungere la falda.

A.3. Dispositivo di misura

Oltre alle celle di carico estensimetriche, in dotazione alla punta, dovranno prevedersi:

- centralina elettronica per la ricezione e la trasmissione dei dati;
- registratore grafico di q_c , f_s , $u + \Delta u$;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 171 di 232

- registratore digitale dei dati con possibilità di rielaborazione e restituzione dei dati stessi; i dati devono essere memorizzati ogni 2 cm di penetrazione della punta;
- registratore grafico o stampante su carta per la registrazione della variazione della pressione interstiziale nel tempo nel corso delle prove di dissipazione; la scelta della sequenza temporale di misura, o la velocità di scorrimento della carta devono poter essere adattabili alle più disparate velocità di dissipazione;
- visore per la lettura istantanea dei valori delle grandezze misurate, in forma digitale;
- sincronizzatore velocità di avanzamento punta/registratore grafico;
- centralina per la ricezione, elaborazione, graficizzazione ed analisi dei segnali dinamici trasmessi da almeno 2 accelerometri costituenti il geofono. Tale centralina potrà anche essere associata a quella relativa per le misure di qc, fs, u+ Δu consentendo la valutazione dei tempi di arrivo di onde sismiche di taglio S ad ogni metro di approfondimento della punta. Il software della centralina dovrà consentire di scartare i segnali erratici, individuando i segnali più puliti su cui individuare e determinare con maggiore precisione i tempi di arrivo delle onde di taglio con precisione di 1×10^{-3} sec.

A.4. Attrezzatura di disaerazione

Il filtro poroso ed il cono dovranno essere perfettamente disaerati adottando una delle seguenti metodologie:

- immersione per bollitura in una cella di disaerazione sottovuoto per circa 3 ore;
- disaerazione per bollitura, con immersione di filtro e cono per un periodo di tempo di sufficiente durata, in funzione del tipo di filtro;
- immersione del filtro poroso in glicerina calda in un contenitore sottovuoto ad ultrasuoni, combinando gli effetti del pompaggio sottovuoto e della vibrazione ad ultrasuoni; il cono verrà disaerato tramite iniezione di glicerina con siringa ipodermica.

Altre attrezzature, tipi di fluido e tecniche di disaerazione dovranno essere autorizzate dalle Ferrovie.

A.5. Sistema di energizzazione

Oltre al geofono applicato alla punta di penetrazione, per la determinazione della velocità di propagazione delle onde di taglio Vs, è necessario predisporre una sorgente del segnale sismico che generi onde di taglio di larga ampiezza e poca o assente componente compressiva. Pertanto attraverso il sistema di energizzazione dovrà essere realizzata una perturbazione sismica (onda) generata in direzione parallela alla superficie del suolo.

Il sistema di energizzazione, pertanto, potrà essere costituito da:

- traversina in legno pesante di dimensioni 1500 x 250 x 250 mm cui sono fissate due piastre in ferro di cm 250 x 250 mm per consentire la creazione delle onde di taglio. La traversina in legno verrà bloccata al terreno attraverso il peso dell'autocarro ad una distanza almeno di 3 metri dalla verticale del penetrometro;
- pendolo con massa metallica che urta orizzontalmente una delle due piastre collegate dalla traversina in legno.

Altri dispositivi di energizzazione, idonei per la trasmissione delle onde di taglio, potranno essere adoperati purché preventivamente approvati dalle Ferrovie.

In ogni caso il dispositivo di energizzazione dovrà essere distante almeno 3 metri dalle aste di infissione della punta e con caratteristiche tali da trasmettere un buon impulso in direzione parallela al suolo.

B. Tarature e controlli

Oltre ai sistematici controlli circa lo stato della punta e del manicotto (geometria, rugosità) e delle aste cave

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 172 di 232

(rettilineità della batteria specie per quanto riguarda le 5 aste più vicine alla punta), dovranno essere eseguiti i seguenti controlli:

- le guarnizioni fra i diversi elementi di un piezocono dovranno essere ispezionate con regolarità per accettarne le perfette condizioni e l'assenza di particelle di terreno;
- il piezocono dovrà essere compensato rispetto alle variazioni di temperatura;
- la precisione di misura, tenendo conto di tutte le possibili fonti di errore (attriti parassiti, errori nel dispositivo di registrazione, eccentricità del carico sul cono e sul manicotto, differenze di temperatura ecc.) dovrà essere comunque inferiore ai seguenti limiti:
 - - 5% del valore misurato;
 - - 1% del valore del fondo scala.

Tale precisione dovrà essere verificata in laboratorio e verificabile in cantiere. Nel primo caso i dati di taratura relativi ad ogni sensore applicato al piezocono dovranno essere sempre disponibili in cantiere.

Prima dell'inizio della campagna di prove SCPTU, dovranno essere misurate le lunghezze delle aste in modo da avere la necessaria precisione per le misure delle profondità di infissione (+/- 0,19 di L).

Per ogni punta impiegata, l'Esecutore deve consegnare alle Ferrovie un certificato attestante che la taratura della punta stessa sia stata effettuata in data non anteriore a tre mesi da quella di esecuzione della prova.

C. Montaggio del piezocono

Terminata la disaerazione del filtro e del cono, questi saranno inseriti in un guanto di gomma pieno di acqua disaerata, operando rigorosamente in immersione; il guanto di gomma non sarà rimosso all'inizio della prova, in quanto sarà l'attrito con il terreno a provvedere alla sua rottura ed asportazione.

D. Preforo

L'eventuale preforo necessario per raggiungere la quota di falda dovrà essere preventivamente concordato ed autorizzato dalle Ferrovie

E. Stabilizzazione termica

Prima di iniziare la prova, la punta dovrà essere inserita nel preforo, in acqua di falda, e lasciata ferma per 10 minuti per ottenere la stabilizzazione termica, ripetendo alla fine dei 10' gli azzeramenti dei dispositivi di misura e registrazione.

Al termine della prova dovranno essere misurate e registrate eventuali derive di zero dei dispositivi; tali annotazioni finali dovranno far parte integrante della documentazione provvisoria e definitiva della prova.

F. Modalità esecutive

Dovrà essere redatto un Programma di esecuzione delle prove che tenga conto delle seguenti necessità:

- la velocità di infissione della batteria di aste dovrà essere di 2 cm/s, costante nel corso della prova, indipendentemente dalla resistenza offerta dal terreno;
- negli strati coesivi la punta dovrà arrestarsi per l'effettuazione delle previste prove di dissipazione della sovrappressione interstiziale, le quote di effettuazione delle prove di dissipazione dovranno essere concordate con la DL delle Ferrovie;
- dovrà essere effettuata una prova sismica ogni metro di profondità a partire da 3 metri dal piano campagna fino al raggiungimento di almeno 31 metri.

Il penetrometro dovrà essere posizionato opportunamente in modo da garantire la verticalità dell'applicazione del carico.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 173 di 232

L'elemento poroso del piezocono dovrà essere debitamente saturato prima di ogni prova, verificando inoltre che non vi siano bolle d'aria racchiuse nel condotto di adduzione al trasduttore e nella camera del trasduttore.

La punta deve essere quindi inserita nel contenitore pieno di acqua disaerata. Tale operazione deve essere ripetuta prima dell'inizio di ogni prova. Successivamente la punta deve essere fatta avanzare nel terreno saturo fino alla profondità stabilita, registrando, insieme ai parametri misurati dalla punta elettrica, i valori della pressione interstiziale.

La prova avrà inizio alla base del tratto preforato, inserendo nel terreno il piezocono protetto dal guanto di gomma.

La prova sarà di norma eseguita fino alla profondità definita dal programma delle indagini, o interrotta per rifiuto in uno dei seguenti casi:

- raggiungimento del fondo scala di uno dei sensori relativi a resistenza qc, fs, o pressione interstiziale;
- raggiungimento della massima capacità di spinta del penetrometro;
- deviazione della punta della verticale di 10°, se repentina, o di 15° se progressiva.

Nel caso di rifiuto potrà essere richiesta la ripresa della prova dopo preforo a quota maggiore di 1 m rispetto a quella della interruzione della prova.

G. Prova di dissipazione

L'avanzamento della punta provoca un aumento della pressione interstiziale nel terreno; la prova di dissipazione, eseguita arrestando la penetrazione, misura la velocità di riequilibrio della pressione dei pori da cui si può risalire alla compressibilità ed alla permeabilità del terreno.

Alla quota indicata dal programma si eseguirà la prova di dissipazione operando come di seguito:

- arresto della penetrazione della punta;
- sollevamento della testa di spinta in modo tale che l'accorciamento elastico delle aste, che si verifica in fase di penetrazione, possa scaricarsi verso l'alto lasciando libero il cono (in presenza di terreni particolarmente poco addensati o poco consistenti è opportuno ricorrere al bloccaggio della batteria di aste mediante freno o morsa in modo tale che il peso della batteria di aste non agisca sulla punta);
- scatto contemporaneo dei contasecondi e inizio della registrazione della variazione di pressione interstiziale;
- lettura al visore digitale dell'andamento della pressione interstiziale ai tempi 0,1 - 0,25 - 0,5 - 1 - 2 - 4 - 8 - 15 - 30 minuti;
- la lettura sarà registrata manualmente sul grafico con i tempi in scala logaritmica.

La prova sarà considerata conclusa al 60-80% della dissipazione della sovrappressione indotta dalla punta.

A prova ultimata e ad avvenuta estrazione della punta l'Esecutore deve controllare se si sono verificate derive dello zero per effetto di sforzi eccentrici, urti, sovraccarichi, difetti elettrici, ecc.

L'eventuale nuovo valore di zero (e quindi l'eventuale deriva) deve essere indicato sui grafici e memorizzato nel caso di memoria magnetica, in modo da poterne tenere conto nella elaborazione dei dati.

Relativamente alle prove sismiche le stesse dovranno essere effettuate con la seguente modalità:

- arresto alla penetrazione della punta;
- attivazione del geofono e dello strumento di registrazione dati;
- predisposizione del sistema di energizzazione;
- scollegamento della testa delle batterie di aste dall'apparecchio di spinta;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 174 di 232

- energizzazione con massa battente di almeno 10 kg trasmessa al suolo in direzione parallela alla superficie.

Terminata la registrazione dei dati, dovrà essere ricollegato l'apparecchio di spinta alla testa delle aste e dovrà essere disattivato il geofono ed il sistema di registrazione (relativamente agli accelerometri) per poi proseguire nella penetrazione del terreno.

A seguito di ogni prova sismica dovrà essere verificata la verticalità della punta.

Documenti da consegnare

La documentazione di prova comprenderà:

- a) Relazione conclusiva contenente la descrizione di tutte le operazioni eseguite e dei risultati ottenuti;
- b) Planimetria in scala non inferiore a 1:5000 recante l'ubicazione precisa di tutte le prove effettuate;
- c) Elaborati grafici e tabellari riportanti per ciascuna prova:
 - informazioni generali (località, pr. km, data di esecuzione, nominativo dell'operatore ecc...);
 - numero/sigla della prova;
 - caratteristiche dell'attrezzatura;
 - caratteristiche della punta e del piezocono (compreso il valore del fattore delle aree del cono) con indicazione di marca, modello e numero eventuale di matricola;
 - fotocopia delle tabelle di cantiere, con indicazione dei fattori moltiplicativi di interpretazione delle letture;
 - certificati di taratura dei sensori delle punte impiegate non anteriori a tre mesi da quella dell'assunzione della prova;
 - quota assoluta del punto di prova;
 - profondità della falda;
 - grafici della resistenza della punta corretta qT , dell'attrito laterale locale corretto fT , della pressione dei pori U e del rapporto fT/qT calcolato fra valori misurati alla medesima profondità, profondità-tempo(s) di arrivo delle onde S , velocità delle onde sismiche di taglio. La profondità deve essere diagrammata in ordinata scala 1:100; i valori di qT , fT , U , fT/qT , t_a , V_s devono essere diagrammati in ascissa:
 - - 1 cm = 2 MPa per qT ;
 - - 1 cm = 50 kPa per fT ;
 - - 1 cm = 1% per fT/qT %
 - - 1 cm = 0,05 sec
 - - 1cm = 150 m/s
 - tabulato delle misure eseguite alle varie profondità (ogni 2 cm), corrette per inclinazione, derive, ecc. Il tabulato deve comprendere le seguenti colonne:
 - q_t cioè la q_c corretta per l'influenza della pressione interstiziale (U) per effetto dell'area netta;
 - U cioè la U totale misurata diminuita della U_0 corrispondente al carico idrostatico;
 - U/q_t rapporto fra la U e la q_t (q_c corretta);
 - profondità;
 - angolo di inclinazione della punta rispetto alla verticale ($^\circ$) e scostamento dalla verticale (m);
 - tempi di arrivo delle onde riportati ogni metro;
 - velocità delle onde riportata ogni metro;
 - grafici delle prove di dissipazione con l'andamento della pressione interstiziale in funzione del logaritmo del tempo e tabelle contenenti le letture fatte ai diversi tempi;
 - posizione di eventuali anelli allargatori;
 - note ed osservazioni.

Riferimenti normativi:

- UNI ENV 1997-1 (2005) – Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali
- UNI ENV 1997-2 (2007) – Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo
- UNI EN ISO 22476-1 (2012). Indagini e prove geotecniche - Prove in sito - Parte 1: Prova penetrometrica con cono elettrico e piezocono)
- ISSMFE Technical committee on Penetration Testing (1988). Cone Penetration Test (CPT): International Reference Test Procedure.
- ASTM D5778-95 (2000). Standard Test Method for Performing Electronic Friction Cone and Piezocone Penetration Testing of Soils.

3.8.2.5 Prova penetrometrica dinamica continua eseguita con massa battente pesante 63,5-73 kg (DPSH).

La prova consiste nell'infissione per battitura di una punta conica metallica nel terreno, contando il numero di colpi necessari per la penetrazione di ciascun tratto di lunghezza prestabilita. La punta conica è avvitata all'estremità di una batteria di aste metalliche e la battitura avviene con un maglio che cade liberamente da una altezza costante.

A. Attrezzatura

Gli standard per tale prova sono definiti da due associazioni di settore:

- AGI - Associazione Geotecnica Italiana;
- ISSMFE - International Society of Soil Mechanics and Foundation Engineering.

Tali standard sono differenti e vengono di seguito descritti.

Secondo l'AGI, l'attrezzatura sarà la seguente:

- 1) Batteria di aste interne ad una seconda batteria di tubi esterni di rivestimento con scarpa sagomata a tagliente alla base:
 - Lunghezza aste: $L = 1 \div 2$ m
 - Peso per metro lineare aste: $M = 4,6 \pm 0,5$ kg
 - Diametro esterno aste interne: $\varnothing_{est} = 34$ mm
 - Diametro esterno rivestimento: $\varnothing_{est} = 48$ mm
 - Diametro interno rivestimento: $\varnothing_{int} = 38$ mm
 - Peso per metro lineare rivestimento: $M = 5,3$ kg

(l'intercapedine tra \varnothing_{int} della scarpa e le aste sarà di $0,2 \div 0,3$ mm; tra le aste e il rivestimento, sopra la scarpa, di 2 mm circa).

- 2) Punta conica collegata alla base delle aste interne:
 - Angolo apertura: $\alpha = 60^\circ$
 - Diametro base: $\varnothing_b = 50,8$ mm
- 3) Dispositivo di infissione con sollevamento e sganciamento automatico con le seguenti caratteristiche:
 - massa battente: $M = 73$ kg
 - altezza di caduta: $h = 750$ mm
 - testa di battuta: ≤ 55 kg

L'asta, alla cui estremità è collegata la punta conica, deve essere perfettamente liscia e calibrata negli ultimi 50 cm. L'altezza di caduta nel corso della infissione dei rivestimenti non è vincolante.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 176 di 232

Secondo ISSMFE, l'attrezzatura ("superpesante" - DPSH) sarà la seguente:

- 1) Batteria di aste:
 - Lunghezza aste: $L = 1 \div 2$ m
 - Peso per metro lineare aste: $M_{max} = 8,0$ kg
 - Diametro esterno aste: $\varnothing_{est} = 32 \pm 0,3$ mm

(l'intercapedine tra \varnothing_{int} della scarpa e le aste sarà di $0,2 \div 0,3$ mm; tra le aste e il rivestimento, sopra la scarpa, di 2 mm circa).

- 2) Punta conica collegata alla base delle aste:
 - Angolo apertura: $\alpha = 90^\circ$
 - Diametro base: $\varnothing_b = 50,5 \pm 0,5$ mm
- 3) Dispositivo di infissione con sollevamento e sganciamento automatico con le seguenti caratteristiche:
 - massa battente : $M = 63,5 \pm 0,5$ kg
 - altezza di caduta : $h = 750 \pm 0,02$ mm
 - testa di battuta : ≤ 30 kg

Il rivestimento nella procedura ISSMFE non è previsto; il suo impiego, tuttavia, è consigliabile soprattutto per ridurre l'effetto dell'attrito laterale sulle aste. In ogni caso si deve sempre verificare che le aste siano in grado di ruotare liberamente all'interno del foro.

B. Modalità esecutive

La prova consisterà nella infissione della punta conica nel terreno, per tratti consecutivi di 20/30 cm misurando il numero di colpi (N_p) necessari, previo eventuale preforo di attraversamento di pavimentazioni o altri ostacoli all'infissione della punta stessa.

L'AGI prevede avanzamenti di 30 cm mentre ISSMFE prevede l'infissione per tratti consecutivi di 20 cm .

Con l'attrezzatura AGI dopo 30 cm di penetrazione della punta verrà infisso il rivestimento rilevando ancora il numero di colpi (N_r).

La prova verrà sospesa per raggiunto rifiuto quando N_p o N_r superano il valore di 100 colpi per avanzamento.

Di norma le prove verranno iniziate alla quota del piano campagna.

La punta conica dovrà sporgere dal rivestimento non più di 30 cm in qualsiasi fase della prova; ciò per evitare che attriti laterali sulle aste alterino i dati di resistenza N_r misurati.

Le due batterie, aste collegate alla punta e rivestimenti, dovranno essere reciprocamente libere per tutta la durata della prova. Nel caso di blocco delle due colonne, a seguito di infiltrazioni di materiale nell'intercapedine, la prova dovrà essere sospesa; prima di estrarre la batteria l'esecutore deve mettere in atto tutti gli accorgimenti dettati dall'esperienza atti a sbloccare le due colonne.

Ad esempio:

- iniezione di acqua in pressione nell'intercapedine;
- bloccaggio di una delle due colonne ed infissione o estrazione dell'altra;
- azione combinata dei due interventi sopra descritti.

Fra la testa di battuta alla sommità della batteria ed il piano campagna dovrà essere installato almeno n.1

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 177 di 232

centratore con funzioni di guida e di irrigidimento.

La prova è continua per tutta la profondità indagata.

Con l'attrezzatura ISSMFE l'infissione della punta conica avverrà per tratti consecutivi di 20 cm, misurando il numero di colpi necessari.

La cadenza di avanzamento dovrà essere pari a 15-30 colpi/minuto. Tutte le interruzioni nella continuità di prova devono essere annotate nel rapporto di cantiere.

Le aste devono essere ruotate per un giro e mezzo ogni metro per mantenere il foro verticale e diritto nonché per ridurre l'attrito laterale sulle aste.

Quando la profondità di prova supera 10 m, la rotazione delle aste deve essere più frequente (ogni 20 cm).

Per eliminare il problema dell'attrito laterale lungo le aste è opportuno prevedere l'iniezione di fango bentonitico tra le aste e le pareti del foro oppure l'adozione di un rivestimento provvisorio, benché non espressamente previsti nella procedura ISSMFE.

C. Elaborazione

Il numero di colpi necessari all'avanzamento dovrà essere espresso anche come resistenza alla penetrazione dinamica q_d (MPa) che tiene conto delle caratteristiche dimensionali e di peso dell'attrezzatura impiegata.

L'espressione da utilizzare è la seguente:

$$q_d = \frac{M}{M + M'} \cdot \frac{M \cdot g \cdot H}{A \cdot e} \quad [MPa]$$

Con:

M = massa del maglio

M' = massa complessiva di testa di battuta, asta di guida del maglio, dispositivo di sgancio e colonna di aste

g = accelerazione di gravità

H = altezza di caduta del maglio

a = area della sezione trasversale della punta

e = penetrazione media per colpo (penetrazione di riferimento divisa per il numero di colpi)

Documenti da consegnare.

Al termine dell'indagine dovranno essere consegnati i seguenti elaborati:

- a) Relazione conclusiva contenente la descrizione di tutte le operazioni eseguite e dei risultati ottenuti;
- b) Planimetria, in scala non inferiore a 1:5000, recante l'ubicazione precisa di tutte le prove effettuate;
- c) Elaborati grafici e tabellari riportanti, per ciascuna prova, i seguenti dati:
 - caratteristiche generali dell'attrezzatura impiegata tipo di penetrometro, dimensioni della punta conica, diametro e peso delle aste e del rivestimento, peso della guida e della testa di battuta, massa del maglio e altezza di caduta;
 - tabella dei dati rilevati per ciascuna verticale di prova della resistenza alla punta (N20 o N30) e della resistenza al rivestimento (Nr);
 - grafico della resistenza alla punta N_p ed al rivestimento Nr in funzione della profondità;
 - grafico e tabella della resistenza alla penetrazione dinamica q_d in funzione della profondità;
 - note ed osservazioni relative all'esecuzione di ciascuna verticale di prova.

Riferimenti normativi:

- Associazione Geotecnica Italiana (1977). Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche.
- ISSMFE Technical Committee on Penetration Testing (1988). Dynamic Probing (DP): International Reference Test Procedure (secondo la terminologia ISSFE, questa prova rientra nel tipo super-pesante: DPSH, in quanto con maglio maggiore di 60 kg).
- UNI ENV 1997-1 (2005) – Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali
- UNI ENV 1997-2 (2007) – Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo
- UNI EN ISO 22476-2 (2012) -Indagini e prove geotecniche - Prove in sito - Parte 2: Prova di penetrazione dinamica

3.8.2.6 Prova penetrometrica dinamica continua eseguita con massa battente medio-leggera 10÷30 kg, (DPM).

La prova consiste nell'infissione per battitura di una punta conica metallica nel terreno, contando il numero di colpi necessari per la penetrazione di ciascun tratto di lunghezza prestabilita. La punta conica è avvitata all'estremità di una batteria di aste metalliche e la battitura avviene con un maglio che cade liberamente da una altezza costante.

A. Attrezzatura

L'attrezzatura da impiegare dovrà rispondere agli standard ISSMFE nonché alle caratteristiche sotto riportate per il penetrometro medio-leggero di tipo "Emilia".

Secondo ISSMFE il penetrometro **medio** utilizza una massa battente da 30 kg e l'attrezzatura sarà la seguente:

- 1) Batteria di aste:
 - Lunghezza aste: $L = 1 \div 2$ m
 - Peso per metro lineare aste: $M = \max 6$ kg
 - Diametro esterno aste: $\varnothing_{est} = 32 \pm 0,3$ mm
- 2) Punta conica collegata alla base delle aste:
 - Angolo apertura: $\alpha = 90^\circ$
 - Diametro base: $\varnothing_b = 35,7 \pm 0,3$ mm
- 3) Dispositivo di infissione con sollevamento e sganciamento automatico con le seguenti caratteristiche:
 - massa battente: $M = 30 \pm 0,3$ kg
 - altezza di caduta: $h = 500$ mm
 - peso testa di battuta: $T = \max. 18$ kg

Secondo ISSMFE il penetrometro **leggero** utilizza una massa battente da 10 kg e l'attrezzatura sarà la seguente::

- 1) Batteria di aste:
 - Lunghezza aste: $L = 1$ m
 - Peso per metro lineare aste: $M = \max 3$ kg
 - Diametro esterno aste: $\varnothing_{est} = 22 \pm 0,2$ mm
- 2) Punta conica collegata alla base delle aste:
 - Angolo apertura: $\alpha = 90^\circ$
 - Diametro base: $\varnothing_b = 35,7 \pm 0,3$ mm
- 3) Dispositivo di infissione con sollevamento e sganciamento automatico con le seguenti caratteristiche:

- massa battente: $M = 10 \pm 0,3 \text{ kg}$
- altezza di caduta: $h = 500 \text{ mm}$
- peso testa di battuta: $T = \text{max. } 6 \text{ kg}$

Il penetrometro **medio-leggero** tipo "Emilia" utilizza una massa battente da 30 kg e l'attrezzatura sarà la seguente:

- 1) Batteria di aste:
 - Lunghezza aste: $L = 1 \text{ m}$
 - Peso per metro lineare aste: $M = 3,6 \text{ o } 2,5 \text{ kg}$
 - Diametro esterno aste: $\varnothing_{\text{est}} = 28 \text{ o } 20 \text{ mm}$
- 2) Punta conica collegata alla base delle aste:
 - Angolo apertura: $\alpha = 90^\circ \text{ o } 60^\circ$
 - Diametro base: $\varnothing_b = 35,7 \text{ mm}$
- 3) Dispositivo di infissione con sollevamento e sganciamento automatico con le seguenti caratteristiche:
 - massa battente: $M = 30 \text{ kg}$
 - altezza di caduta: $h = 200 \text{ mm}$
 - peso testa di battuta: $T = 26 \text{ o } 18 \text{ kg}$

Per evitare l'influenza dell'attrito laterale sulla resistenza alla penetrazione, sono da preferire le attrezzature dotate di rivestimento o di aste cave che consentano l'iniezione di fango bentonitico nell'intercapedine.

B. Modalità esecutive

La prova consisterà nella infissione della punta conica (a perdere) nel terreno, per tratti consecutivi di 10 cm misurando il numero di colpi (N_p) necessari, previo eventuale preforo per l'attraversamento di pavimentazioni o altri ostacoli all'infissione della punta statica.

La prova verrà sospesa per raggiunto rifiuto quando N_p supera il valore di 50 colpi per avanzamento.

Di norma le prove verranno iniziate alla quota del piano campagna.

Fra la testa di battuta alla sommità della batteria ed il piano campagna dovrà essere installato almeno n.1 centratore con funzioni di guida e di irrigidimento.

La prova è continua per tutta la profondità indagata. La cadenza di avanzamento dovrà essere pari a 15-30 colpi/minuto. Tutte le interruzioni nella continuità di prova devono essere annotate nel rapporto di cantiere.

Le aste devono essere ruotate per un giro e mezzo ogni metro per mantenere il foro verticale e diritto nonché per ridurre l'attrito laterale sulle aste.

C. Elaborazione

Il numero di colpi necessari all'avanzamento dovrà essere espresso anche come resistenza alla penetrazione dinamica q_d (MPa) che tiene conto delle caratteristiche dimensionali e di peso dell'attrezzatura impiegata.

L'espressione da utilizzare è la seguente:

$$q_d = \frac{M}{M + M'} \cdot \frac{M \cdot g \cdot H}{A \cdot e} \quad [\text{MPa}]$$

Con:

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 180 di 232

- M = massa del maglio
M' = massa complessiva di testa di battuta, asta di guida del maglio, dispositivo di sgancio e colonna di aste
g = accelerazione di gravità
H = altezza di caduta del maglio
a = area della sezione trasversale della punta
e = penetrazione media per colpo (penetrazione di riferimento divisa per il numero di colpi)

Documenti da consegnare.

Al termine dell'indagine dovranno essere consegnati i seguenti elaborati:

- a) Relazione conclusiva contenente la descrizione di tutte le operazioni eseguite e dei risultati ottenuti;
- b) Planimetria, in scala non inferiore a 1:5000, recante l'ubicazione precisa di tutte le prove effettuate;
- c) Elaborati grafici e tabellari riportanti, per ciascuna prova, i seguenti dati:
 - caratteristiche generali dell'attrezzatura impiegata tipo di penetrometro, dimensioni della punta conica, diametro e peso delle aste (e del rivestimento), peso della guida e della testa di battuta, massa del maglio e altezza di caduta;
 - tabulato dei dati rilevati per ciascuna verticale di prova, della resistenza alla punta (N₁₀) e della resistenza al rivestimento (N_r);
 - grafico della resistenza alla punta N_p (ed al rivestimento N_r) in funzione della profondità;
 - grafico e tabella della resistenza alla penetrazione dinamica q_d in funzione della profondità;
 - note ed osservazioni relative all'esecuzione di ciascuna verticale di prova.

Riferimenti normativi:

- ISSMFE Technical Committee on Penetration Testing (1988). Dynamic Probing (DP): International Reference Test Procedure.
- UNI ENV 1997-1 (2005) – Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali
- UNI ENV 1997-2 (2007) – Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo
- UNI EN ISO 22476-2 (2012) -Indagini e prove geotecniche - Prove in sito - Parte 2: Prova di penetrazione dinamica

3.8.2.7 Prova dilatometrica eseguita con dilatometro piatto tipo Marchetti (DMT).

La prova consiste nell'infiggere verticalmente nel terreno una lama di acciaio, mediante spinta statica, espandendo con del gas in pressione una membrana circolare situata su di un lato della lama e misurando le pressioni corrispondenti a due livelli di deformazione predeterminati della membrana.

A. Attrezzatura

A.1 Dispositivo di spinta

Può essere costituito da un penetrometro statico da 10÷20 t di spinta effettiva, completo di batteria di aste ($\varnothing_{est} = 36$ mm), oppure dal dispositivo di spinta di una sonda da perforazione; in questo secondo caso si richiede che almeno 2÷3 m delle aste, quelle connesse allo strumento di prova, abbiano $\varnothing_{est} = 36$ mm, mentre la rimanente parte può avere diametro superiore.

Il cavo elettrico di collegamento dello strumento con la superficie deve essere sempre interno alle aste $\varnothing_{est} = 36$ mm; può uscire in corrispondenza del raccordo tra aste $\varnothing_{est} = 36$ mm e quelle di perforazione di diametro superiore, tramite apposito giunto spaccato longitudinalmente ed essere fissato opportunamente all'esterno delle aste.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 181 di 232

A.2 Attrezzatura originale Marchetti

L'attrezzatura dilatometrica sarà del tipo originale Marchetti, senza modifiche, e dovrà comprendere:

- dilatometro tipo Marchetti (95x200x14 mm), con membrana metallica laterale (spessore 0,2 mm), espandibile per 1 mm al centro;
- centralina di misura tipo Marchetti;
- siringa di calibrazione della membrana;
- cavo elettropneumatico di collegamento del dilatometro con la centralina;
- bombola di gas azoto, provvista di apposite valvole, regolatore e cavi di collegamento alla centralina;
- cavo per la messa a terra delle aste di spinta e della centralina.

B. Modalità esecutive

B.1 Accertamenti preliminari

Prima dell'esecuzione della prova si dovrà verificare che la lama di prova sia diritta, senza concavità o convessità maggiori di 0,5 mm rispetto al piano di riferimento.

La lama sarà collegata alle aste in modo da contenere la deviazione dall'asse entro 2 mm.

La membrana dovrà essere liscia e regolare ed il metallo che la costituisce non deve essere snervato.

Una volta collegata la lama ai tubi di adduzione gas alla centralina di misura ed alle bombole non si dovranno rilevare nel circuito perdite di pressione maggiori di 100 kPa/min.

B.2 Taratura

L'entità della deformazione della membrana in corrispondenza dei punti di misura A e B sarà misurata tramite il dispositivo di taratura. I segnali acustici relativi ai punti A e B dovranno cessare a deformazioni di 0,05 mm e 1,1 mm rispettivamente.

Membrane con caratteristiche diverse non saranno accettate e dovranno essere sostituite.

Le membrane nuove dovranno essere sottoposte a 20 cicli di carico e scarico con pressioni comprese entro i limiti indicati dal costruttore prima di essere impiegate in prove reali.

La taratura della membrana dovrà essere eseguita di nuovo al termine delle prove oppure ogni 5 verticali di prova.

B.3 Esecuzione della prova

Il dilatometro sarà spinto verticalmente nel terreno arrestando la penetrazione ad intervalli di 20 cm per l'esecuzione delle misure.

Durante l'infissione il segnale acustico (o audiovisivo) sarà sempre attivato e la valvola di sfiato dovrà essere aperta.

Raggiunta la quota di prova ed arrestata l'infissione si scaricano da ogni pressione le aste entro 15 secondi, si invia gas alla membrana misurando, tramite la centralina elettropneumatica di superficie:

- la pressione alla quale inizia il distacco della membrana (lettura A), da rilevarsi entro 20 secondi dalla immissione del gas; la pressione manometrica in corrispondenza della quale si disattiva il segnale audiovisivo corrisponde al valore "A";
- la pressione necessaria per espandere di 1 mm il centro della membrana (lettura B), da rilevarsi entro 30 secondi dalla lettura A; la pressione manometrica in corrispondenza della quale il segnale audiovisivo si riattiva corrisponde al valore "B".

Terminata la lettura si chiude la valvola di mandata e si apre quella di sfiato, scaricando il circuito e passando

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 182 di 232

alla successiva profondità di misura.

La prova si intende conclusa quando il dilatometro ha raggiunto la profondità stabilita.

Qualora la natura del terreno impedisca l'infissione del dilatometro, si deve sospendere la prova e procedere all'approfondimento dello stesso dopo aver effettuato la perforazione del terreno fino alla profondità prescritta.

La tubazione di rivestimento del foro deve avere diametro idoneo per permettere il passaggio del dilatometro. In alternativa (fori molto profondi, operazioni da natante, ecc...) la cella può essere infissa utilizzando l'attrezzatura di perforazione, con le relative aste.

Durante l'esecuzione della prova l'immissione del gas al dilatometro deve essere effettuata in modo da non causare apprezzabili cadute di pressione lungo il tubetto di collegamento.

Documenti da consegnare.

Al completamento delle indagini dovranno essere consegnati i seguenti elaborati:

- a) Relazione conclusiva contenente la descrizione di tutte le operazioni eseguite e dei risultati ottenuti;
- b) Planimetria, in scala opportuna, della quale risulti l'ubicazione esatta delle prove dilatometriche eseguite;
- c) Elaborati grafici e tabellari riportanti, per ciascuna prova, i seguenti dati:
 - informazioni generali (località, Progr. Km, data di esecuzione, nominativo dell'operatore, ecc.);
 - numero/sigla della prova;
 - caratteristiche dell'attrezzatura;
 - quota assoluta del punto di prova;
 - profondità della falda;
 - certificato di taratura della centralina di misura non anteriore di più di 6 mesi alla data della prova;
 - tabella con le letture di cantiere (lettura A, B);
 - elaborazione delle letture in accordo alle correlazioni fornite dal costruttore in termini di:
 - indice di materiale ID, correlato alla granulometria del materiale (sabbia, limo, argilla);
 - modulo edometrico $M_o = 1/mv$;
 - modulo dilatometrico Ed;
 - coesione non drenata cu (nei soli terreni coesivi);
 - angolo di attrito (solo nei terreni incoerenti);
 - indice di spinta orizzontale kd;
 - coefficienti di spinta orizzontale ko;
 - grado di sovraconsolidazione.
 - note ed osservazioni relative all'esecuzione di ciascuna verticale di prova.

Riferimenti normativi:

- ASTM D6635-01. Standard Test Method for Performing the Flat Plate Dilatometer;
- UNI ENV 1997-1 (2005) – Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali;
- UNI ENV 1997-2 (2007) – Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo;
- UNI CEN ISO/TS 22476-11 (2005). Indagini e prove geotecniche - Prove in sito - Parte 11: Prova con dilatometro piatto.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 183 di 232

3.8.3 ALTRE PROVE IN SITO

3.8.3.1 Prova di carico su piastra da eseguirsi su terreno naturale, su riempimenti compattati o su rilevati, per la determinazione del modulo di deformazione dell'ammasso terroso.

La prova consiste nel sovraccaricare con incrementi successivi e regolari una piastra rigida, circolare, poggiata sulla superficie del terreno misurando il cedimento corrispondente ad ogni gradino di carico.

A. Attrezzatura

L'attrezzatura da impiegarsi è la sottoelencata:

- piastra circolare in acciaio, rigida, caratterizzata da:
 - diametro: $\varnothing = 300 \pm 1$ mm
 - spessore: $S_p \geq 20$ mm
- martinetto di carico (idraulico o meccanico) di portata pari ad almeno 50 kN;
- dinamometro (meccanico o idraulico) di portata pari ad almeno 50 kN e sensibilità pari a 0,5 kN;
- scatola cilindrica metallica dotata al suo interno di una superficie piana di appoggio della punta del comparatore;
- cerniera sferica per il centramento del carico;
- prolunga costituita da più aste cilindriche avvitate tra loro;
- comparatori per la lettura dei cedimenti con sensibilità di 0,01 mm e capacità di lettura di almeno 10 mm;
- braccio/i snodabile/i porta comparatore/i con dispositivo a vite micrometrica per l'azzeramento del comparatore;
- trave rigida di sostegno dei bracci porta-comparatori, di lunghezza pari a 2,5 m e con supporti alle estremità per l'appoggio al terreno;
- struttura fissa di contrasto il cui peso sia maggiore di 2 volte la forza massima totale da applicare sulla piastra, secondo il programma di prova;
- contasecondi, filo a piombo, livella a bolla, termometro con sensibilità di 1°C.

B. Operazioni preliminari

B1. Preparazione del terreno

La piastra sarà poggiata su terreno con contenuto d'acqua naturale, non disturbato in forma alcuna, ripulito a mano da qualsiasi detrito, copertura o ciottolo sporgente.

Il terreno sarà, se necessario, regolarizzato con un sottile spessore di sabbia o altro materiale incoerente (tutto passante al setaccio da 2 mm), per ottenere una superficie piana e orizzontale.

La orizzontalità della piastra, una volta posta sul piano di prova, sarà verificata con livella a bolla.

Se la prova deve essere eseguita su una superficie già ricoperta da altro strato, sarà necessario praticare uno scavo le cui pareti siano ad una distanza minima di 30 cm dal bordo della piastra.

In ogni caso gli ultimi 15÷20 cm dello scavo eventualmente previsto devono essere eseguiti manualmente avendo cura di non calpestare l'area in cui deve essere eseguita la prova.

B2. Assemblaggio

Per l'esecuzione della prova è necessario utilizzare un contrasto fisso che fornisca un carico pari ad almeno il doppio di quello massimo da esercitare sulla piastra.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 184 di 232

L'attrezzatura può essere montata secondo due diversi schemi in funzione della disposizione dei singoli elementi al di sopra della scatola cilindrica posta subito a contatto della piastra:

- 1) piastra → scatola cilindrica → martinetto → dinamometro → asta di prolunga;
- 2) piastra → scatola cilindrica → asta di prolunga → dinamometro → martinetto.

Nel primo caso la struttura di contrasto sarà a contatto con l'asta di prolunga, mentre nel secondo caso il contrasto poggerà direttamente sul martinetto.

La prova può essere eseguita secondo due diverse modalità in funzione del numero di comparatori utilizzati per il rilievo dei cedimenti.

- 1) Con un comparatore.

Bloccata la cerniera sferica, si applica sopra la piastra la scatola cilindrica sistemando al suo interno il comparatore con la punta appoggiata sull'apposita sede nella parte inferiore.

Il braccio porta comparatore viene fissato alla trave di sostegno i cui appoggi devono essere ubicati a distanza di almeno 1 m per la piastra e di 0,50 m per le ruote della struttura di contrasto.

- 2) Con tre comparatori

Rispetto alla procedura precedente la scatola cilindrica, se utilizzata, ha funzione unicamente di irrigidimento della piastra.

La cerniera sferica deve essere posizionata tra la struttura di contrasto e la prolunga.

I tre comparatori, per mezzo di appositi bracci, devono essere disposti a 120° sul perimetro della piastra, a circa 5 mm dal bordo.

C. Modalità esecutive

Assemblata l'attrezzatura, si eseguirà la prova previa l'applicazione di un carico di assestamento di almeno 0,02 N/mm² comprendente il peso dell'apparecchiatura gravante sulla superficie di prova.

Esauriti i cedimenti, si azzerano il/i comparatore/i e si porta il carico a 0,05 N/mm² effettuando la prima lettura e applicando successivi incrementi di carico non appena il cedimento, corrispondente ad un determinato carico, risulti inferiore a 0,02 mm/minuto.

Nel caso in cui il cedimento sia maggiore di 0,02 mm/minuto si dovrà mantenere lo stesso carico per un ulteriore intervallo di tempo e rileggere i/il valori/e ai/1 comparatori/e fino al raggiungimento della condizione precedentemente citata.

Nel caso di impiego di tre comparatori deve essere presa in considerazione la media delle tre letture effettuata per ciascun livello di carico.

Con il primo ciclo della prova di carico si determina il modulo M_d (indicativo della portanza) mentre con il secondo ciclo si determina il modulo M'_d necessario per definire il grado di costipamento dello strato in esame.

- a) Primo ciclo

Si dovrà seguire il seguente schema operativo:

- per terreni di sottofondo e per strati di rilevato: incrementi di carico di 0,05 N/mm² fino ad una pressione massima di 0,2 N/mm²;
- per strati di fondazione e per strati di base: incrementi di carico di 0,1 N/mm² fino a pressioni massime rispettivamente di 0,35 e 0,45 N/mm².

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 185 di 232

Raggiunta la pressione massima si esegue lo scarico:

- completo se occorre determinare solo il modulo M_d ;
- fino alla pressione di $0,05 \text{ N/mm}^2$ se occorre determinare anche il modulo M'_d e quindi eseguire il secondo ciclo di carico dopo avere rilevato il cedimento residuo.

b) Secondo ciclo

Si dovrà seguire il seguente schema operativo:

- per terreni di sottofondo e per strati di rilevato: incrementi di carico di $0,05 \text{ N/mm}^2$ fino alla pressione massima di $0,15 \text{ N/mm}^2$;
- per strati di fondazione e per strati di base: incrementi di carico di $0,1 \text{ N/mm}^2$ fino alle pressioni massime rispettivamente di $0,25$ e $0,35 \text{ N/mm}^2$.

Al termine della prova deve essere prelevato un campione rimaneggiato di terreno in prossimità del punto di prova allo scopo di determinarne le caratteristiche fisiche con particolare riferimento all'umidità.

In corrispondenza di terreni di sottofondo dovrà essere verificata la natura del terreno per uno spessore di 50 cm al fine di controllare l'eventuale presenza di ciottoli o blocchi di dimensioni $> 10 \text{ cm}$ al di sotto della piastra di prova. In caso positivo la prova dovrà essere ripetuta in un altro posto.

In corrispondenza di strati di fondazione o di base la dimensione massima dell'aggregato nel punto di prova non deve superare 10 cm.

I moduli di deformazione M_d e M'_d dovranno essere calcolati nei seguenti intervalli di carico:

- per terreni di sottofondo e strati di rilevato: tra $0,05$ e $0,15 \text{ N/mm}^2$;
- per strati di fondazione: tra $0,15$ e $0,25 \text{ N/mm}^2$;
- per strati di base: tra $0,25$ e $0,35 \text{ N/mm}^2$.

In campo ferroviario si deve fare riferimento alla fondazione del rilevato ovvero gli strati di bonifica, agli strati del corpo del rilevato ed allo strato fortemente compattato (supercompattato) costituente l'ultimo strato del rilevato.

Pertanto i relativi moduli di deformazione M_d e M'_d dovranno essere calcolati nei seguenti intervalli di carico:

- per gli strati di fondazione (ovvero strati di bonifica): tra $0,05$ e $0,15 \text{ N/mm}^2$;
- per gli strati del corpo dei rilevati: tra $0,15$ e $0,25 \text{ N/mm}^2$;
- per lo strato fortemente compattato: tra $0,25$ e $0,35 \text{ N/mm}^2$.

Il modulo di deformazione M_d (M'_d) (N/mm^2) deve essere calcolato nell'intervallo di pressione da considerare in accordo alla formula:

$$M_d (M'_d) = \frac{\Delta p}{\Delta s} \cdot D$$

Dove:

Δp = incremento di carico unitario (N/mm^2);

Δs = cedimento corrispondente all'incremento di carico (mm);

D = diametro della piastra (mm).

A richiesta delle Ferrovie la prova potrà essere eseguita con le stesse modalità sopra descritte con una piastra con diametro da 60 cm.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 186 di 232

Documenti da consegnare.

La documentazione da fornire comprenderà, per ciascuna prova:

- informazioni generali (cantiere, n° prova, profondità, diametro piastra, data);
- planimetria, in scala idonea, con ubicazione della prova;
- tabelle con letture di cantiere del/i comparatore/i, per ciascun gradino di carico;
- diagramma carichi-cedimenti;
- calcolo dei moduli di deformazione Md e M'd
- certificato di taratura del dinamometro di misura non anteriore di 3 mesi la data di inizio prove.

Riferimenti normativi:

- CNR-BU n. 146-1992. Determinazione dei moduli di deformazione Md e M'd mediante prova di carico a doppio ciclo con piastra circolare.

3.8.3.2 Prova di carico su piastra da eseguirsi su terreno naturale, su riempimenti compattati o su rilevati, per la determinazione del modulo di reazione k.

La prova consiste nel sovraccaricare con incrementi successivi e regolari una serie di quattro piastre rigide, circolari, di diametro variabile da 300 a 760 mm, poggiate sulla superficie del terreno misurando il cedimento corrispondente ad ogni gradino di carico.

A. Attrezzatura

Per l'esecuzione della prova è necessaria la seguente attrezzatura:

- Serie di piastre circolari con le seguenti caratteristiche:
 - 1 piastra da 760 ± 1 mm di diametro, spessore ≥ 25 mm;
 - 1 piastra da 600 ± 1 mm di diametro, spessore ≥ 25 mm;
 - 1 piastra da 450 ± 1 mm di diametro, spessore ≥ 20 mm;
 - 1 piastra da 300 ± 1 mm di diametro, spessore ≥ 20 mm;
- una testa a snodo dotata di una cerniera sferica per il centramento del carico, bloccabile durante le operazioni d'installazione dell'attrezzatura;
- un martinetto meccanico o idraulico della portata di circa 40 kN;
- un dinamometro meccanico o idraulico della portata di circa 40 kN con una sensibilità ≥ 50 daN;
- una prolunga costituita da più aste cilindriche avvitate tra loro in modo da consentire diverse lunghezze;
- tre comparatori centesimali con una corsa di 10 mm e sensibilità di 0,01 mm;
- tre bracci metallici snodabili porta-comparatori, dotati di un dispositivo a vite micrometrica per l'azzeramento dei comparatori;
- una trave di sostegno dei bracci porta-comparatori, sufficientemente rigida, della lunghezza di circa 5 m, munita di due supporti per l'appoggio sul terreno;
- un contasecondi, un filo a piombo, una livella a bolla e un termometro con sensibilità di 1°C (scala compresa tra -10°C e + 60°C circa).

B. Operazioni preliminari

B1. Preparazione del terreno

Le piastre saranno poggiate su terreno con contenuto d'acqua naturale, non disturbato in forma alcuna, ripulito a mano da qualsiasi detrito, copertura o ciottolo sporgente.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 187 di 232

Il terreno sarà, se necessario, regolarizzato con un sottile spessore (≤ 6 mm) di sabbia o altro materiale incoerente (tutto passante al setaccio da 2 mm), per ottenere una superficie piana e orizzontale.

Gli ultimi 15÷20 cm dello scavo eventualmente previsto devono essere eseguiti a mano avendo cura di non calpestare l'area in cui deve essere eseguita la prova.

La orizzontalità delle piastre, una volta posate sul piano di prova, dovrà essere verificata con livella a bolla.

B2. Assemblaggio

L'attrezzatura di prova può essere montata secondo due schemi a seconda della convenienza di fissare preliminarmente il martinetto, il dinamometro e la prolunga alla struttura di contrasto.

Nel primo schema di montaggio, a partire dall'alto, si ha la struttura di contrasto, la testa a snodo, il martinetto, il dinamometro e l'asta di prolunga a diretto contatto con le piastre.

Nel secondo schema di montaggio, a partire dall'alto, si ha la struttura di contrasto, la testa a snodo, l'asta di prolunga, il dinamometro ed il martinetto a diretto contatto con le piastre.

La piastra da 760 mm dovrà essere posizionata curando che il contatto con il terreno sia il più possibile completo allo scopo di realizzare la migliore uniformità di carico; successivamente si sovrappongono le altre tre piastre, verificando la centratura delle stesse rispetto alla prima.

La testa a snodo dovrà essere fissata alla struttura di contrasto bloccando la cerniera sferica.

Una volta montata l'apparecchiatura di prova, si provvede alla sistemazione dei bracci porta-comparatori curando che le punte dei tre comparatori siano a contatto della piastra da 760 mm su direttrici radiali disposte a 120°.

I bracci dei comparatori devono essere fissati alla trave i cui appoggi devono distare dal centro della piastra e dai supporti della struttura di contrasto di almeno 2,50 m.

Completata l'installazione si dovrà verificare la verticalità della struttura (martinetto, dinamometro, asta di prolunga e testa a snodo).

Per l'esecuzione della prova è necessaria una struttura di contrasto fissa che può essere costituita dal telaio di un autocarro adeguatamente zavorrato.

C. Modalità esecutive

Per iniziare la prova si dovrà sbloccare la cerniera sferica e seguire la procedura di seguito descritta:

- applicare un carico di assestamento di 0,1 daN/cm² (10 kPa);
- aspettare che le deformazioni siano esaurite ed eseguire le letture ai tre comparatori (valore medio L_0);
- applicare un carico di 0,8 daN/cm² (80 kPa);
- aspettare che le deformazioni siano esaurite ed eseguire le letture ai tre comparatori (valore medio L);
- scaricare, rimuovere l'apparecchiatura e prelevare un campione di terreno al di sotto della piastra per la determinazione dell'umidità.

Il modulo di reazione k si ottiene dalla seguente correlazione:

$$k = \frac{0,7}{L - L_0}$$

dove la differenza "L-L₀" è espressa in centimetri.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 188 di 232

Le deformazioni si intendono esaurite quando il loro incremento è inferiore a 0,02 mm/minuto.

Se è previsto che in condizioni di esercizio il terreno sia saturo, la prova dovrà essere eseguita saturando preliminarmente il terreno stesso.

Documenti da consegnare

La documentazione da fornire comprenderà, per ciascuna prova:

- informazioni generali (cantiere, n° prova, data);
- planimetria con ubicazione della prova;
- caratteristiche delle attrezzature impiegate e schema di installazione adottato;
- tabella con le letture di cantiere dei comparatori, per ciascun gradino di carico;
- calcolo del modulo di reazione;
- certificato di taratura del dinamometro di misura non anteriore di 3 mesi la data di inizio prove.

Riferimenti normativi:

- CNR-BU n. 92-1983. Determinazione del modulo di reazione “k” dei sottofondi e delle fondazioni in misto granulare.

3.8.3.3 Prova di densità in sito con il metodo della sabbia calibrata, eseguita anche in pozzetto, compresa la fase preliminare di calibrazione della sabbia da eseguirsi in laboratorio.

La prova determina il peso specifico apparente di una terra in sito attraverso il rapporto tra il peso della terra nella sua sede ed il suo volume.

A. Attrezzatura

L'attrezzatura necessaria è costituita da:

- volumometro a sabbia costituito da un recipiente, in materiale trasparente, con un tappo a vite fornito di una prolunga costituita da un raccordo conico, da un rubinetto con orifizio di diametro > 10 mm e da un imbuto;
- piastra circolare di base con foro centrale munito di battente per l'alloggiamento dell'imbuto;
- stampo cilindrico di volume noto, di diametro uguale a quello dell'imbuto e di altezza compresa tra 1 e 1,5 volte il diametro;
- sabbia pulita e asciutta passante al setaccio da 2 mm e trattenuta da quello da 0,4 mm;
- bilancia della portata di 10 kg con sensibilità 1 g;
- apparecchiatura per la determinazione dell'umidità;
- attrezzi per scavare la buca di prova;
- sacchetti e contenitori per campioni di terra.

B. Operazioni preliminari

Prima dell'esecuzione della prova dovrà essere verificata la taratura dell'apparecchio eseguendo:

- la determinazione del peso di sabbia (P) che riempie l'imbuto ed il foro della piastra di base;
- la determinazione del peso di volume della sabbia impiegata.

Per la determinazione del peso di sabbia occorre:

- a) riempire di sabbia il recipiente e determinare il peso del recipiente pieno (P1);
- b) appoggiare la piastra di base su una superficie orizzontale;
- c) sistemare il volumometro rovesciato con il rubinetto chiuso sulla piastra di base;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 189 di 232

- d) aprire il rubinetto e lasciare uscire la sabbia evitando scuotimenti; quando la sabbia ha cessato di uscire chiudere il rubinetto, rimuovere il recipiente del volumometro e pesarlo con la sabbia rimasta (P2);
- e) il peso di sabbia (P) è dato dalla differenza tra P1 e P2.

Per la determinazione del peso di volume della sabbia impiegata (γ) si deve:

- a) riempire di sabbia il recipiente del volumometro e determinare il peso del recipiente pieno (P3);
- b) disporre lo stampo cilindrico di volume noto, vuoto, su una superficie piana orizzontale e sovrapporre ad esso la piastra di base;
- c) porre il volumometro rovesciato e con il rubinetto chiuso sulla piastra di base;
- d) aprire il rubinetto e lasciare uscire la sabbia evitando scuotimenti; quando la sabbia ha cessato di uscire si dovrà chiudere il rubinetto e rimuovere il volumometro;
- e) pesare il recipiente del volumometro con la sabbia rimasta (P4);
- f) il peso di sabbia che ha riempito l'imbuto, il foro della piastra di base e lo stampo è dato dalla differenza tra il valore P3 e P4;
- g) il peso della sabbia contenuta nello stampo è dato dalla differenza tra il valore (P3-P4) e P1;
- h) il peso di volume γ della sabbia è dato dal rapporto tra il peso della sabbia che riempie lo stampo ed il volume dello stampo.

C. Modalità esecutive

Il metodo trova applicazione generale purché la dimensione massima dei granuli della terra non sia superiore ad un quinto (1/5) del diametro del foro della piastra utilizzata.

Le sequenze operative di prova sono le seguenti:

- 1) riempimento del recipiente del volumometro con la sabbia e determinazione del peso del recipiente pieno;
- 2) spianatura, senza compressione, della superficie dello strato in cui si vuole eseguire la prova e fissaggio della piastra di base sul piano così preparato;
- 3) all'interno della circonferenza del foro centrale della piastra, esecuzione di una buca di profondità approssimativamente uguale al suo diametro;
- 4) posizionamento del volumometro rovesciato, con il rubinetto chiuso, sulla piastra di base e apertura del rubinetto facendo defluire la sabbia;
- 5) chiusura del rubinetto e rimozione del recipiente quando la sabbia ha finito di defluire;
- 6) pesatura del recipiente con la sabbia rimasta e determinazione, per differenza dal peso del recipiente pieno, del peso di sabbia impiegata per la misura (P_f);
- 7) pesatura della terra estratta dal foro scavato (P_v);
- 8) prelievo di un campione nel materiale scavato, per la determinazione dell'umidità

Il volume in sito del terreno estratto si ottiene dalla seguente espressione:

$$V = \frac{P_f - P}{\gamma}$$

dove:

P_f = peso in kg della sabbia uscita dal recipiente (punto C.6);

P = peso in kg della sabbia necessaria per riempire l'imbuto;

γ = peso di volume della sabbia.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 190 di 232

La densità del terreno in sito all'umidità naturale è data da:

$$\gamma = \frac{P_u}{V} (kg / dm^3)$$

dove:

P_u = peso della terra, alla umidità naturale, estratta dalla buca (kg)

V = volume della buca (dm^3)

Documenti da consegnare

La documentazione da fornire comprenderà, per ciascuna prova:

- 1) informazioni generali (cantiere, n° prova, ubicazione planimetrica, data);
- 2) descrizione della strumentazione impiegata e delle tarature eseguite;
- 3) risultati delle prove eseguite.

Riferimenti normativi:

- CNR-BU n. 22-1972. Peso specifico apparente di una terra in sito.
- ASTM D1556-00. Standard Test Method for Density and Unit Weight of Soil in Place by the Sand Cone Method.

3.8.3.4 Prova di densità in sito con il metodo del volumometro a membrana, eseguita anche in pozzetto.

La prova serve a determinare la densità in sito di un volume di terreno attraverso il rapporto tra il suo peso ed il suo volume misurato facendo aderire alle pareti del cavo una sottile membrana elastica

A. Attrezzatura

L'attrezzatura necessaria è costituita da:

- volumometro costituito da un recipiente calibrato, chiuso al fondo con una membrana flessibile ed elastica;
- stampi calibrati di taratura;
- piastra circolare di base con foro centrale provvista di battente per l'alloggiamento del volumometro;
- bilancia con portata di circa 10 kg e con sensibilità di 1 g;
- apparecchiatura per la determinazione dell'umidità;
- strumenti per scavare la buca;
- contenitori e sacchetti per campioni di terra.

L'apparecchio dovrà permettere l'applicazione di sovraccarichi per migliorare l'aderenza al suolo.

Dovrà essere provvisto di un indicatore di volume per determinare il volume della buca in cui viene eseguita la prova, con una approssimazione non inferiore all'1%.

La membrana flessibile dovrà avere dimensioni e forma tali da aderire perfettamente alle pareti della buca e dovrà avere resistenza sufficiente per sopportare la pressione necessaria per gonfiarla fino a farla aderire alle pareti della buca stessa.

B. Operazioni preliminari

Preliminarmente all'esecuzione della prova si dovrà effettuare la taratura dell'indicatore di volume attraverso un controllo con stampi di volume noto e di dimensione all'incirca uguale a quello della buca di prova.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 191 di 232

La procedura da seguire è la seguente:

- appoggiare la piastra di base su una superficie piana orizzontale;
- disporre il volumometro sulla piastra di base, applicare una leggera pressione all'interno dell'apparecchio ed effettuare la lettura iniziale del livello dell'acqua sull'indicatore di volume (V1);
- ripetere la misura dopo avere sovrapposto la piastra di base con il sovrastante volumometro ad uno degli stampi effettuando così la lettura finale del livello dell'acqua sull'indicatore di volume (V2);
- la differenza tra le letture V2 e V1 dovrà corrispondere al volume dello stampo tarato;
- se i due valori non corrispondono, si dovrà correggere la lettura dell'indicatore di volume.

C. Modalità esecutive

Il metodo trova applicazione generale purché la dimensione massima dei granuli della terra non sia superiore ad un quinto (1/5) del diametro del foro della piastra utilizzata e purché non si tratti di terreno molle deformabile sotto l'azione di una piccola pressione.

Per ogni misura dovranno essere eseguite almeno tre determinazioni che non differiscano tra loro oltre l'1%.

Le sequenze operative di prova sono le seguenti:

- 1) spianatura, senza compressione, della superficie dello strato in cui si vuole eseguire la prova e fissaggio della piastra di base sul piano così preparato;
- 2) posizionamento del volumometro sulla piastra di base applicando una leggera pressione all'interno dell'apparecchio fino a che non si notino più variazioni di lettura ed esecuzione della lettura iniziale del livello dell'acqua sull'indicatore di volume (V1);
- 3) rimozione del volumometro e, lasciando in posto la piastra di base, scavo di una buca di diametro all'incirca uguale alla circonferenza del foro centrale della piastra senza variare l'addensamento del terreno attorno alla buca; conservazione del materiale scavato;
- 4) posizionamento del volumometro sulla piastra ed applicazione di una pressione idonea a far aderire la membrana alle pareti della buca ed esecuzione della lettura sull'indicatore di volume V2;
- 5) la differenza tra la lettura V1 (punto 2) e la lettura V2 fornisce il volume della buca (V);
- 6) pesatura della terra estratta dal foro scavato (P);
- 7) prelievo di un campione nel materiale scavato, per la determinazione dell'umidità.

La densità del terreno in sito all'umidità naturale è data da:

$$\gamma = \frac{P}{V} \text{ (kg / dm}^3\text{)}$$

dove:

P = peso della terra, alla umidità naturale, estratta dalla buca (kg); V = volume della buca (dm³).

Documenti da consegnare

La documentazione da fornire comprenderà, per ciascuna prova:

- informazioni generali (cantiere, n° prova, ubicazione planimetrica, data);
- descrizione della strumentazione impiegata e delle tarature eseguite;
- risultati delle prove eseguite.

Riferimenti normativi:

- CNR-BU n. 22-1972. Peso specifico apparente di una terra in sito.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 192 di 232

3.8.4 PROVE IN FORO DI SONDAGGIO

3.8.4.1 Prova penetrometrica dinamica tipo SPT (Standard Penetration Test), da eseguire all'interno dei fori dei sondaggi geognostici.

Questa prova consente di determinare la resistenza di un terreno alla penetrazione dinamica di un campionatore standard infisso a partire dal fondo di un foro di sondaggio.

Di seguito si riportano le caratteristiche delle attrezzature e le modalità esecutive della prova che dovranno essere rispettate.

A. Attrezzatura

A1. Dispositivo di battitura

Il dispositivo di battitura, di peso totale non superiore a 115 kg, deve comprendere:

- una testa di battuta di acciaio avvitata sulle aste;
- un maglio di acciaio da $63,5 \pm 0,5$ kg;
- un dispositivo di guida e di sganciamento automatico del maglio, che assicuri una corsa a caduta libera di $0,76$ m ($\pm 0,03$ m).

Non è ammesso il metodo del cabestano manovrato con la fune.

A2. Aste

Secondo AGI le aste di infissione devono avere diametro esterno ≥ 50 mm e peso pari a $7,00 \pm 0,5$ kg/m).

Le Ferrovie si riservano la facoltà di far adottare diametro e peso delle aste diverse da quelle sopra indicate che comunque, in accordo a quanto consigliato nella procedura ISSMFE, non dovranno superare tassativamente il peso di 10 kg/m.

Se la differenza tra il diametro esterno delle aste e il diametro interno della tubazione di rivestimento del foro è maggiore o uguale a 60 mm, devono essere usati appositi distanziatori (alette di irrigidimento) ad intervalli di circa 3 m lungo la colonna, per ridurre la flessione delle aste durante la battitura.

I distanziatori dovranno essere impiegati anche per prove eseguite a profondità superiore di 15 m.

Le aste devono essere perfettamente dritte ed in sito devono essere controllate periodicamente.

Ciascuna asta, nella sua lunghezza totale, deve presentare una flessione inferiore all'1‰.

Le aste devono essere strettamente avvitate in corrispondenza dei giunti.

A3. Campionatore Raymond

Tubo campionatore in acciaio indurito con superfici lisce, apribile longitudinalmente:

- Diametro esterno: $\varnothing_{est} = 51 \pm 1$ mm
- Diametro interno: $\varnothing_{int} = 35 \pm 1$ mm
- Lunghezza minima escluso tagliente principale: $L_{min} \geq 457$ mm
- Lunghezza scarpa tagliente terminale con rastremazione negli ultimi 19 mm: $I = 76 \pm 1$ mm

Il campionatore, nell'estremità superiore, sarà dotato di valvola a sfera e aperture di scarico a sfiato; la valvola deve essere a tenuta d'acqua nella fase di estrazione del campionatore.

La scarpa del campionatore è costituita da acciaio indurito e deve essere riparata o sostituita quando è sbeccata o distorta.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 193 di 232

In presenza di strati di terreno con ghiaia la scarpa del campionatore Raymond potrà essere sostituita da una punta conica con diametro esterno pari a 51 mm e angolo di 60°.

L'impiego della punta conica dovrà essere preventivamente autorizzata dalle Ferrovie.

B. Modalità esecutive

Le prove devono, di norma, essere effettuate entro fori di diametro compreso tra 60 e 200 mm, alle profondità stabilite dalle Ferrovie.

Le procedure da rispettare sono le seguenti:

- a) estrazione lenta degli utensili di perforazione per evitare la decompressione del terreno interessato dalla prova;
- b) verificare che il fondo foro sia pulito e controllare con scandaglio la quota del fondo foro confrontandola con quella raggiunta con la manovra di perforazione o di pulizia precedentemente fatta. Se la quota misurata è più alta, per effetto di rifluimenti del fondo o per decantazione di detriti in sospensione nel fluido e se tale differenza supera 7 cm la prova non potrà essere eseguita e si dovrà procedere ad una ulteriore manovra di pulizia;
- c) il fondo foro deve essere sempre al di sotto della scarpa dei tubi di rivestimento;
- d) se la prova da eseguire è al di sotto del livello piezometrico, il livello del fluido nel foro dovrà essere mantenuto sempre al di sopra del livello idrostatico per assicurare l'equilibrio idraulico alla profondità della prova;
- e) posizionamento a fondo foro della batteria di prova, montaggio del dispositivo di prova e annotare la penetrazione iniziale dovuta al peso dell'intero sistema;
- f) segnare su una asta i tre tratti di 15 cm.

La distanza tra la testa di battuta e la sommità del rivestimento non deve essere superiore a m 1,50.

Il campionatore deve essere infisso, con un ritmo di battuta di circa 20+30 colpi al minuto, per 3 tratti consecutivi di 15 cm determinando il numero di colpi della massa battente necessario per la penetrazione di ciascun tratto di 15 cm.

Qualora il numero di colpi per l'affondamento della punta per il primo tratto (N1) raggiunga il numero di 50 e l'avanzamento risultasse minore a 15 cm la prova si intende conclusa; in tal caso deve essere registrata la penetrazione ottenuta con i suddetti 50 colpi.

Se il tratto di avviamento è superato con N1 minore o uguale a 50 colpi, la prova prosegue ed il campionatore viene infisso per un secondo tratto di 30 cm, contando separatamente il numero di colpi necessari per la penetrazione dei primi e dei secondi 15 cm (N2 ed N3) fino al limite di 100 colpi (N2+N3=100). Se con N2 + N3 = 100 non si raggiunge l'avanzamento di 30 cm, l'infissione viene sospesa (rifiuto), la prova è considerata conclusa e viene annotata la relativa penetrazione.

L'eventuale affondamento del campionatore per peso proprio, delle aste e della testa di battuta deve essere annotato ma deve essere considerato già parte integrante dei 15 cm di infissione preliminare del campionatore.

Durante l'estrazione della batteria il fluido di circolazione deve essere mantenuto costante alla quota del piano di lavoro.

Il materiale contenuto nel campionatore, dopo l'esecuzione della prova, deve essere misurato, descritto ed inserito (tralasciando la parte alta del campione) in un involucro di plastica con l'indicazione della quota di esecuzione della prova stessa e deve essere inviato al Laboratorio Geotecnico oppure, se richiesto, conservato in un luogo adatto per tutta la durata dell'indagine.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 194 di 232

Documenti da consegnare.

Al termine dell'indagine dovrà essere consegnata la seguente documentazione:

- a) per ciascuna prova eseguita:
- quota della tubazione provvisoria di rivestimento del foro, riferita al piano di campagna;
 - quota raggiunta con la manovra di perforazione o pulizia, riferita al piano di campagna;
 - quota del fondo foro controllata con scandaglio prima di iniziare la prova (= quota inizio prova), riferita al piano di campagna;
 - affondamento per peso proprio delle aste e della testa del campionatore;
 - numero di colpi per infissione di ciascuno dei tre tratti di 15 cm, oppure penetrazione misurata dopo raggiunto il limite dei colpi;
 - peso per metro lineare delle aste impiegate;
 - lunghezza e descrizione litologica del campione estratto;
 - tipo di campionatore impiegato.
- b) per ciascuna verticale indagata:
- il grafico N_{spt} in funzione della profondità;
 - eventuali annotazioni dell'operatore e data di esecuzione.

Riferimenti normativi:

- ASTM - D1586-99 (2001). Standard Test Method for Penetration Test and Split-Barrel Sampling of Soil.
- Associazione Geotecnica Italiana (1977). Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione dell'indagine geotecniche.
- ISSMFE Technical Committee (1988). Standard Penetration Test (SPT: International Reference Test Procedure);
- UNI EN ISO 22476-3 (2012). Indagini e prove geotecniche - Prove in sito -Parte 3: Prova penetrometrica dinamica tipo SPT (Standard Penetration Test);
- UNI ENV 1997-1 (2005) – Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali;
- UNI ENV 1997-2 (2007) – Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo;

3.8.4.2 Prova pressiometrica da eseguire all'interno dei fori dei sondaggi geognostici con pressiometro tipo Menard.

La prova con pressiometro tipo Menard si esegue misurando in un punto prestabilito del foro di sondaggio la deformazione del terreno quando questi viene sollecitato mediante l'espansione radiale di una sonda cilindrica posta a contatto con le pareti del foro stesso.

A. Attrezzatura

A1. Sonda pressiometrica

La sonda cilindrica ad espansione idraulica è costituita da una cella centrale di misura, espandibile radialmente, posta tra due celle di guardia che devono impedire, durante la prova, deformazioni della cella di misura che non siano quelle radiali.

La cella centrale di misura, piena d'acqua, è collegata ad un serbatoio in superficie che funge da separatore aria-acqua. La pressione è fornita da gas neutro (aria o azoto) e la variazione di raggio del foro, a seguito dell'espansione della membrana, viene ottenuta indirettamente misurando la variazione di volume dell'acqua nella cella centrale.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 195 di 232

Le pareti della cella di misura consisteranno di una membrana di gomma e di un involucro deformabile esterno in grado di adattarsi alla forma progressivamente assunta dalle pareti del foro nel corso della prova. La membrana potrà essere protetta da un involucro esterno a lamelle metalliche parzialmente sovrapposte, qualora reso necessario della tipologia del terreno.

Le celle di guardia, anch'esse dotate di membrana elastica, vengono espanse mediante pressione di gas o di acqua attraverso un circuito indipendente da quello della cella centrale di misura.

Dovranno essere utilizzate sonde pressiometriche di norma di diametro pari a 44, 58 o 70 mm con un rapporto lunghezza (comprese celle)/diametro pari ad almeno 6 (sei).

A2. Apparato di espansione

L'apparato di espansione delle celle deve permettere di variare il volume e la pressione all'interno delle stesse in forma del tutto regolabile e controllabile mediante la centralina di misura.

La cella di misura sarà espansa mediante pressione idraulica; le celle di confinamento mediante pressione idraulica o di gas.

A3. Tubi di connessione

I tubi di connessione delle celle con gli apparati di espansione e di misura saranno di tipo plastico rigido, preferibilmente coassiali, con gas a pressione regolabile nell'intercapedine in modo da prevenire e contenere le variazioni di volume in corso di prova.

A4. Centralina di misura

La centralina di misura deve includere un meccanismo per l'applicazione di incrementi controllati di pressione o di volume alla cella di misura ed un regolatore della pressione del gas nelle celle di guardia.

Le pressioni applicate devono essere misurate mediante manometri di precisione con fondo scala di 2,5÷10 Mpa e risoluzione di 25 kPa nel caso dei terreni e con fondo scala di 10÷30 Mpa nel caso di rocce tenere.

Le variazioni di volume devono essere misurate mediante tubicini graduati con risoluzione di circa 1 cm³.

Sarà presente un dispositivo per amplificare di almeno 50 volte la sensibilità di lettura delle variazioni di volume, da impiegarsi quando tali variazioni diventino inferiori a 0,5 cm³ per incrementi di pressione di 1 bar.

B. Tarature

Prima di iniziare la prova, si procederà alla taratura del sistema determinando quanto segue:

B1. Perdite di pressione Pc

Le perdite di pressione sono legate alla inerzia della cella di misura che deve essere misurata espandendo la stessa alla pressione atmosferica mediante incrementi di pressione da 10 kPa ciascuno, da mantenersi per 60 sec, con letture di volume al termine di tale tempo.

Se richiesto dalle successive modalità di prova, la taratura si eseguirà con incrementi di volume della sonda pari al 5% del volume V, da applicarsi in 10 sec e mantenuti per 60 sec prima della lettura di pressione. Queste misure dovranno essere eseguite prima di ogni prova ad ogni cambio della membrana della cella di misura.

B2. Perdite di volume Vc

Le perdite di volume dovute alla espansione dei tubi di collegamento saranno predeterminate pressurizzando progressivamente l'apparato di prova in superficie dopo aver chiuso la sonda in un contenitore metallico che ne impedisca ogni espansione, registrando pressioni e volumi.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 196 di 232

B3. Misura del livello piezometrico

Il livello piezometrico nel foro deve essere misurato immediatamente prima della prova in foro e registrato.

C. Modalità esecutive

Prima di posizionare la sonda pressiométrica nel foro, si procederà alla accurata lettura del volume V (volume della cella di misura alla pressione atmosferica). Tutti I circuiti saranno disaerati e i manometri azzerati con sonda a piano campagna. Il circuito per il controllo dei volumi sarà quindi chiuso e la sonda calata nel foro in queste condizioni.

La profondità di prova viene assunta essere quella corrispondente al punto medio della cella di misura.

Preparato il foro, che deve essere perfettamente pulito, la sonda pressiométrica sarà posizionata alla quota indicata dal programma. In accordo alle indicazioni del programma, la prova pressiométrica potrà essere eseguita in conformità ai due metodi descritti di seguito. Si noti che la pressione che deve essere mantenuta nelle celle di confinamento laterale durante la prova deve sempre essere inferiore a quella agente all'interno della cella di misura e sarà definita in base alla espressione:

$$P_g = P_r + P_w - P_d$$

dove:

P_g = pressione celle di guardia

P_r = pressione letta al manometro

P_w = pressione idrostatica agente tra unità di misura e sonda pressiométrica a quota prova

P_d = differenza di pressione tra cella di misura e celle di guardia.

C1. Preparazione del foro

La prova pressiométrica dovrà essere eseguita esclusivamente in avanzamento.

La perforazione del tratto da sottoporre a prova deve essere eseguita con carotaggio del terreno con attrezzature e metodologie tali da ridurre al minimo il disturbo indotto nel terreno stesso. A tal fine essa deve essere eseguita immediatamente prima di procedere alla prova pressiométrica, in modo da limitare al minimo il rigonfiamento dovuto al rilascio tensionale ed alla presenza di fluido di circolazione statico. La manovra di perforazione deve essere di lunghezza non superiore a 150 cm. Il diametro della perforazione nel tratto di prova deve essere compreso fra 1,03 D e 1,2 D, essendo D il diametro della sonda pressiométrica.

Saranno ammesse varie tecniche di perforazione in relazione al tipo di terreno, con preferenza per il carotaggio integrale con carotieri semplici e doppi, preferibilmente con corone diamantate o comunque molto affilate, con pressione applicata all'utensile in fase di avanzamento inferiore a 200 kPa, numero di giri inferiore a 60 r.p.m. (radianti per minuto), pressione di fluido contenuta e tendenzialmente inferiore a 15 l/min. La tecnica di perforazione dovrà essere comunicata alle Ferrovie.

L'intervallo tra le prove, in uno stesso foro, non deve essere inferiore ad 1 metro.

Le letture relative alle variazioni di volume della sonda (quindi del terreno) dovranno essere effettuate dopo 30 sec e dopo 60 sec dall'applicazione dell'incremento di pressione o volume; le misure dovranno essere registrate con una precisione pari a 0,2% del volume della cella di misura in condizioni di pressione atmosferica e pari al 5% del valore della pressione limite.

C2. Metodo degli uguali incrementi di pressione

La sonda verrà posizionata e la pressione incrementata con uguali intervalli di crescita, fino a che l'espansione della cella nel corso di un incremento di carico diventa maggiore di circa ¼ dell'originale volume della cella di misura. I valori di ciascun incremento dovranno essere in accordo al programma o definiti nel corso della

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 197 di 232

prova stessa, e comunicati alle Ferrovie; in ogni caso si raccomanda l'impiego di un numero minimo di 7÷10 incrementi.

E' richiesta, inoltre, l'esecuzione di almeno un ciclo di scarico-ricarico in corrispondenza del termine del tratto a comportamento elastico; il ciclo dovrà comprendere almeno n. 1 gradino di scarico (pari in genere al 25% della pressione raggiunta e comunque inferiore al 50%) e n. 2 gradini di ricarica.

I cicli di carico/scarico/ricarico dovranno essere approvati dalle Ferrovie.

C3. Metodo degli uguali incrementi di volume

La sonda verrà posta in posizione ed il volume della cella di misura aumentato con incrementi uguali, di valore pari a $0,05 \div 0,1$ volte il volume iniziale V , fino ai limiti naturali dell'apparato di prova.

Analogamente a quanto richiesto al punto C2. dovrà essere eseguito almeno un ciclo di scarico-ricarico nel tratto a comportamento elastico.

Raggiunti i massimi valori di pressione o di volume, la sonda sarà depressurizzata e riportata in superficie.

Documenti da consegnare

Per ogni prova dovranno essere consegnati i seguenti elaborati:

- a) Certificato di prova recante indicazione su:
 - cantiere e numero di sondaggio;
 - profondità di prova;
 - descrizione delle modalità di perforazione e del diametro relativo;
 - descrizione stratigrafica del terreno nell'intervallo di prova;
 - livello piezometrico;
 - curve di taratura per le perdite di pressione e di volume;
 - tabella delle letture a 30" e a 60";
 - tabella con le letture volumetriche a 30" e a 60" dall'applicazione dell'incremento di pressione;
 - curva di cantiere con i valori non corretti di pressione (kPa) e volume a 60" (cm³);
 - curva pressiometrica (valori corretti);
 - curva di creep;
 - determinazione di v_0 (volume iniziale) e p_0 (pressione iniziale);
 - determinazione di v_F (volume di scorrimento o fluage) e p_F (pressione di scorrimento o fluage);
 - calcolo del modulo pressiometrico con indicazione degli intervalli di pressione e volume utilizzati (nel caso di prova con ciclo di scarico-ricarico dovrà essere calcolato anche il modulo nell'asola disegnata dal ciclo eseguito);
 - calcolo della pressione limite p_L , con indicazione del metodo utilizzato e relativo grafico;
 - note su qualsiasi variazione rispetto alle modalità di prova;
 - calcolo della resistenza al taglio (angolo di attrito, coesione);
 - descrizione del tempo atmosferico e della temperatura;
 - copia dei certificati di taratura dei manometri, non anteriori di 6 mesi alla data di esecuzione della prova.

Riferimenti normativi:

- ASTM D4719-00. Standard Test Method for Prebored Pressuremeter Testing in Soils.
- UNI EN ISO 22476-4 (2013). Indagini e prove geotecniche - Prove in sito - Parte 4: Prova con pressiometro Menard;
- UNI ENV 1997-1 (2005) – Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 198 di 232

- UNI ENV 1997-2 (2007) – Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo;

3.8.4.3 Prova scissometrica da eseguire all'interno dei fori dei sondaggi geognostici.

La prova scissometrica misura la resistenza al taglio non drenata nei terreni coesivi saturi; si esegue inserendo nel terreno naturale una paletta-scissometro con sezione a croce greca e misurando lo sforzo torsionale che occorre applicare per portare a rottura il terreno stesso.

A. Attrezzatura

A1. Palette e aste di collegamento

Le palette devono essere costituite da 4 lame rettangolari, ortogonali, di lamiera d'acciaio saldate lungo uno dei lati maggiori. Le dimensioni delle palette scissometriche devono essere tali da avere un rapporto altezza/lato uguale a 2. Il lato sarà compreso tra 45 e 100 mm e lo spessore della paletta sarà tale che la sezione a croce della paletta non deve superare il 10% dell'area della base del cilindro generato dalla sua rotazione.

La paletta è collegata alla superficie mediante una batteria di aste d'acciaio.

Le aste devono presentare elevate caratteristiche di rigidità a torsione e a flessione affinché gli sforzi applicati all'estremità superiore vengano trasmessi integralmente a quella inferiore, cioè alla paletta.

A2. Rivestimento

I tubi di rivestimento svolgono le seguenti funzioni:

- irrigidimento della batteria di aste;
- reazione allo sforzo di torsione applicato in superficie;
- trasmissione della spinta verticale necessaria per l'infissione del dispositivo alla profondità richiesta.

Le aste di collegamento devono ruotare senza attriti all'interno del rivestimento; la centratura delle due batterie dovrà essere garantita dalla presenza di centratori a cuscinetti a sfera posizionati ogni 2÷3 metri circa di batteria.

A3. Strumento di torsione

Lo strumento di torsione viene applicato all'estremità superiore della batteria di aste che collegano la paletta - scissometro ed è collegato all'estremità della batteria di rivestimento (per la necessaria reazione); per mezzo di questo strumento si applicano e si misurano mediante un dinamometro gli sforzi di torsione necessari per portare a rottura il terreno in corrispondenza della paletta.

Lo strumento di torsione deve possedere i seguenti requisiti:

- impermeabilità all'acqua;
- sensibilità < 1% dello sforzo massimo applicabile;
- indicatore del massimo sforzo raggiunto nella prova;
- indifferenza alle variazioni della temperatura ambiente.

B. Controlli e modalità esecutive

Prima di eseguire la prova deve essere accertato che l'estremità inferiore dell'apparecchio sia in perfetta efficienza.

In particolare si deve controllare che:

- l'asta inferiore e la paletta ad essa saldata siano verticali e senza distorsioni;
- il tubetto che protegge l'astina dagli attriti del terreno sia perfettamente calibrato;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 199 di 232

- i cuscinetti reggispira e l'intercapedine tra paletta e relativa "protezione" siano pieni di grasso.

Prima di eseguire la prova deve essere consegnato alle Ferrovie un certificato di taratura dello strumento in data non anteriore a 6 mesi a quella di esecuzione della prova.

La prova deve essere eseguita con le seguenti modalità:

- infiggere la batteria, con paletta alloggiata nella scarpa di protezione, nel terreno fino a 50 cm sopra la quota stabilita per la esecuzione della prova;
- infiggere la sola paletta nel terreno, agendo sulla batteria di aste interne, fino a fine corsa (circa 50 cm);
- bloccare in sommità la batteria di rivestimento;
- applicare lo strumento di torsione e controllare il suo perfetto azzeramento;
- applicare il momento torcente fino a raggiungere il suo valore massimo (resistenza a rottura del terreno) annotando la lettura (Mmax);
- togliere lo strumento di torsione e ruotare la batteria di aste, e quindi la paletta, per 10 giri completi; questa operazione deve essere svolta rapidamente e senza spostamenti verticali della batteria;
- attendere 1÷2 minuti primi;
- riapplicare lo strumento di torsione e ripetere la prova fino a nuova rottura del terreno annotando la lettura massima (MR) corrispondente alla resistenza in condizioni di completo rimaneggiamento;
- togliere la testa di torsione e riportare la paletta all'interno della scarpa di protezione.

Nel corso della prova, la velocità di rotazione della paletta deve essere mantenuta costante e pari a circa 6° al minuto primo; inoltre per tenere conto della torsione delle aste, deve essere applicata una velocità di rotazione di 6° al minuto primo, per prove superficiali, aumentando tale velocità di circa 1° al minuto primo ogni 5 m di maggiore profondità. La paletta da impiegare deve essere scelta in base alla prevedibile resistenza del terreno, tenendo presente che deve, per quanto possibile, operare nella zona centrale del quadrante dello strumento di torsione.

Documenti da consegnare.

Per ogni prova deve essere fornito la seguente documentazione finale:

- cantiere e numero di sondaggio ed ubicazione planimetrica;
- profondità della prova dalla bocca foro;
- diametro e profondità raggiunta dal rivestimento;
- tipo di attrezzatura usata e certificato di taratura del dispositivo di torsione non anteriore di 6 mesi dalla data di esecuzione della prova;
- dimensioni delle palette;
- letture allo strumento di torsione e/o grafici sforzo/deformazione;
- valori della resistenza massima e residua determinata dopo rimaneggiamento del terreno;
- descrizione geotecnica, previo carotaggio di taratura, del tratto di terreno provato;
- osservazioni e note.

Riferimenti normativi:

- Associazione Geotecnica Italiana (1977). Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche;
- UNI ENV 1997-1 (2005) – Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali;
- UNI ENV 1997-2 (2007) – Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 200 di 232

3.8.4.4 Prova di fratturazione idraulica, da eseguire all'interno di fori di sondaggi geognostici, per la determinazione in sito dello stato di sollecitazione di un ammasso roccioso.

Questa prova serve a determinare lo stato di sollecitazione naturale di un ammasso roccioso mediante l'applicazione, in un tratto di foro di sondaggio isolato con due otturatori, di una pressione idraulica mediante una portata costante di fluido.

A. Attrezzatura

L'attrezzatura deve essere costituita almeno dai seguenti componenti:

- un doppio packer gonfiabile ad alta pressione (sonda di fratturazione); la distanza tra i due packer deve essere pari a 6 volte il diametro del foro; i due otturatori devono essere collegati sia meccanicamente che idraulicamente;
- un packer per rilievo di impronta munito di bussola elettronica e rivestito di un apposito strato di gomma sostituibile (packer ad impressione); in alternativa può essere impiegata una telecamera da foro che rilevi l'immagine della frattura;
- una unità di comando per la pressurizzazione degli otturatori e della sezione di prova;
- pompa volumetrica (0-70 MPa; 0-25 lt/min) e tubi flessibili ad alta pressione;
- sistema per la misura della portata;
- un sistema di acquisizione analogico/digitale dei dati pressione-tempo e portata-tempo;
- sistema per il posizionamento dell'attrezzatura nella verticale di prova (aste di perforazione, aste di guida o cavo d'acciaio).

La pressione può essere misurata sia con trasduttori di fondo foro situati nella sonda di fratturazione sia con trasduttori posti in superficie all'uscita della pompa.

B. Modalità esecutive

Il foro di sondaggio dovrà essere perforato in presenza di roccia preferibilmente con l'uso di corona diamantata eseguita in modo da garantire che la parete del foro stesso sia il più possibile liscia e di forma uniformemente circolare. La sezione di prova dovrà essere costituita da roccia sana non fratturata e dovrà essere scelta dopo accurata osservazione delle carote estratte oppure dopo aver ispezionato l'interno del foro con una telecamera. Le fasi esecutive della prova dovranno rispettare il seguente schema:

- a) introdurre il doppio packer nel foro e posizionarlo alla profondità di prova;
- b) gonfiare il doppio packer, pompando acqua attraverso la pompa ad alta pressione, fino a farlo aderire alla parete del foro (normalmente è sufficiente una pressione dei packer di 3 MPa);
- c) pompare acqua nella sezione di prova ad una portata costante, in funzione della permeabilità della roccia (a permeabilità elevata, portata elevata e viceversa), in modo da raggiungere la fratturazione idraulica in un minuto a partire dall'inizio dell'incremento di pressione. Nella fase di pressurizzazione della sezione di prova la pressione nei due packer dovrà essere più elevata di circa 2 MPa rispetto al tratto di prova in modo da evitare eventuali perdite. L'innesco di una frattura idraulica si manifesterà con una brusca caduta di pressione nella sezione di prova. Ai primi segnali di tale fenomeno deve essere interrotta l'iniezione di fluido per valutare la pressione di innesco della frattura. La pressione corrispondente all'innesco della fratturazione sarà definita come pressione critica o di rottura;
- d) a seguito dell'interruzione del pompaggio dell'acqua nel tratto di prova si registrerà un abbassamento della pressione fino ad un valore stabile corrispondente alla pressione di chiusura (shut-in pressure) della frattura;
- e) ripetere il procedimento di cui ai punti b), c) e d), usando la stessa portata, altre due volte, registrando i corrispondenti valori di pressione di riapertura (o pressione di rottura secondaria) e di chiusura della frattura.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 201 di 232

Durante l'intera prova dovranno essere registrati in continuo i dati pressione-tempo e portata-tempo da riportare su un doppio grafico.

Alla fine della prova il doppio otturatore dovrà essere sgonfiato riportandolo al diametro originale. L'otturatore potrà quindi essere riportato in superficie oppure potrà essere posizionato in corrispondenza di una nuova sezione di prova.

Per determinare l'orientamento della fratturazione idraulica (rilievo dell'impronta di frattura) il metodo più comune prevede l'impiego di un packer per rilievo di impronta che dovrà essere gonfiato ad una pressione più elevata della pressione di rottura (o di chiusura) secondaria: in tal modo il packer aprirà leggermente la idro-frattura e permetterà alla membrana di gomma di prendere una buona impronta della frattura.

Per mezzo di una bussola magnetica o di un giroscopio da foro si determinerà l'azimut di un punto fisso del packer.

Dopo circa 30÷60 minuti dalla pressurizzazione, l'otturatore può essere sgonfiato e recuperato, rilevando l'impronta della frattura e determinandone l'orientamento rispetto a Nord facendo riferimento al punto fisso del packer.

Per il calcolo delle pressioni principali si dovrà seguire quanto riportato nelle norme di riferimento in funzione dell'orientamento della idro-frattura (verticale, verticale e orizzontale, orizzontale, inclinata).

I campioni di roccia prelevati nella sezione di prova verranno utilizzati per l'esecuzione della prova di trazione (diretta, indiretta o prova Brasiliana) indispensabile per l'acquisizione dei parametri necessari all'interpretazione corretta della prova in sito.

I valori di pressione riportati equivalgono a quelli registrati durante la prova se la misura delle pressioni viene effettuata con trasduttori di profondità; se viceversa la misura viene effettuata in superficie bisogna aggiungere ai valori misurati il valore del carico idraulico corrispondente alla colonna d'acqua presente (nei tubi) tra la superficie e la profondità di prova.

Documenti da consegnare

Al termine delle prove deve essere consegnata la seguente documentazione:

- a) Relazione conclusiva interpretativa dei risultati ottenuti contenente tra l'altro:
 - informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore);
 - direzione ed immersione del sondaggio;
 - metodo e diametro di perforazione;
 - livello piezometrico della falda;
 - profondità della sezione di prova;
 - descrizione della roccia nella sezione di prova;
 - caratteristiche della attrezzatura impiegata per la prova;
 - descrizione della procedura di prova;
 - grafici pressione/tempo e portata/tempo e descrizione dei metodi utilizzati per determinare Ps ,Pf e Pr se tali valori non sono chiaramente determinabili dai grafici;
 - tabelle dei valori di Ps , Pf , Pr e Po , dei valori calcolati degli sforzi orizzontali massimo smax (sigma massimo) e minimo smin (sigma minimo) e delle direzioni degli sforzi;
 - rappresentazione grafica orientata degli sforzi principali;
 - descrizione del metodo utilizzato per il calcolo di smax;
 - eventuali risultati delle prove di resistenza a trazione (diretta o indiretta) di laboratorio;
 - eventuali note ed osservazioni;
 - copia del certificato di taratura del trasduttore di pressione di data non anteriore di sei mesi alla data di prova.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 202 di 232

Riferimenti normativi:

- ASTM D4645-87 (1997). Standard Test Method for Determination of the In-Situ Stress in Rock Using the Hydraulic Fracturing Method.
- ISRM (1987). Suggested methods for rock stress determination.

3.8.4.5 Prova dilatometrica in roccia, da eseguire all'interno di fori di sondaggi geognostici, per la determinazione in sito delle caratteristiche di deformabilità di un ammasso roccioso.

La prova permette la determinazione delle caratteristiche di deformabilità della roccia in un foro di sondaggio mediante l'applicazione di un carico alle superfici laterali del foro e la misura degli spostamenti indotti.

A. Attrezzatura

L'attrezzatura da impiegare dovrà avere le seguenti caratteristiche minime:

- sonda dilatometrica di diametro compreso tra 75 e 100 mm e di lunghezza ≥ 1000 mm, in modo che la lunghezza efficace sia pari a 5 ± 15 diametri; la sonda sarà costituita da un corpo cilindrico di acciaio rivestito da una guaina di gomma armata abbastanza flessibile da trasmettere almeno il 90% della pressione idraulica applicata;
- tubo di calibrazione di proprietà elastiche note, con un diametro interno uguale a quello del foro di prova e di lunghezza simile alla lunghezza attiva della sonda;
- comparatore centesimale per la misura del diametro esterno della sonda dilatometrica, con una precisione non inferiore a $\pm 0,01$ mm;
- sorgente di pressione ((bombola d'azoto o pompa idraulica) e cavi di collegamento in grado di riempire, gonfiare e sgonfiare la sonda e di applicare e mantenere i valori delle pressioni richiesti;
- sistema di regolazione della pressione in grado di mantenere costante la pressione applicata;
- sistema per la misurazione degli spostamenti, in grado di determinare il diametro del foro con una precisione di 1 μ m, costituito da almeno 3 trasduttori di spostamento (LVDT) con fondo scala non inferiore a 25 mm, posizionati su piani diversi nella parte centrale della sonda, disposti in posizione diametrale a 60° (o 45° nel caso di 4 trasduttori) l'uno dall'altro e connessi mediante cavi elettrici ad una unità di lettura superficiale;
- sistema per la misura della pressione, costituito da un trasduttore elettrico di pressione o da una coppia di manometri con fondo scala diverso (ad es. 1 MPa e 10 MPa), dotato di una precisione di lettura non inferiore a $\pm 2\%$ del range di pressione utilizzato per ogni prova;
- unità superficiale per la registrazione e l'elaborazione dei dati, collegata alla sonda dilatometrica, e dotata di display per la visualizzazione sia delle variazioni di diametro della membrana (uno per ciascun trasduttore) che della pressione di espansione della membrana.
- apposita attrezzatura per l'inserimento, l'abbassamento e il sollevamento della sonda all'interno del foro, in grado di misurare la sua posizione con una precisione di ± 5 cm; possono essere utilizzate aste di perforazione oppure apposite aste di manovra;

L'utilizzo di attrezzature con caratteristiche diverse da quelle sopra indicate deve essere preventivamente autorizzato dalle Ferrovie.

B. Modalità esecutive

Il tratto di foro interessato dalla prova dovrà essere realizzato con la massima cura per garantire la stabilità delle pareti che dovranno essere perfettamente regolari e prive di cavità. Il diametro del foro deve essere adeguato a quello dell'attrezzatura impiegata e, comunque, non potrà essere più largo di 6 mm del diametro della sonda dilatometrica a riposo (ad es. $\varnothing = 101$ mm per una sonda $\varnothing = 95$ mm).

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 203 di 232

In genere prima di introdurre la sonda dilatometrica è consigliabile eseguire un'ispezione del foro con una telecamera in modo da individuare eventuali anomalie che possano danneggiare la membrana flessibile.

In caso di necessità di sostenere le pareti del foro è ammesso un rivestimento sino alla sezione superiore di prova oppure la cementazione del foro: in questo ultimo caso il carico idraulico della malta cementizia non dovrà mai essere superiore a 3 m, in modo da evitare l'iniezione della stessa nell'ammasso roccioso; il foro cementato dovrà essere quindi riperforato rispettando le tolleranze sopra specificate e in modo che il rivestimento di cemento abbia uno spessore inferiore a 1 mm.

L'attrezzatura completa dovrà essere controllata e calibrata prima di ogni serie di prove, almeno settimanalmente durante un programma di prove e comunque dopo ogni importante riparazione, come ad es. la sostituzione della membrana. Le operazioni di calibrazione dovranno essere eseguite con una lunghezza delle tubazioni pari a quella che sarà impiegata per le prove.

Con la sonda inserita nel tubo di calibrazione dovrà essere applicata la pressione massima di prova e dovrà essere effettuato un controllo riguardante il mantenimento e le perdite della pressione.

La pressione dovrà quindi essere rilasciata e di nuovo incrementata secondo il range da utilizzarsi nella prova reale, prevedendo almeno 5 intervalli di pressione (MPa) e leggendo le deformazioni (mm) corrispondenti (le letture di deformazione ai 3 trasduttori dovranno essere mediate).

Dovrà quindi essere plottata una curva pressione/dilatazione media e la sua pendenza Mm (MPa/mm) dovrà essere confrontata con l'espansione teorica del cilindro ottenuta dalla teoria elastica. I valori di deformazione conseguenti allo schiacciamento della membrana così determinati dovranno essere sottratti alle deformazioni misurate in fase di prova.

La sonda dovrà poi essere gonfiata in aria, senza confinamento, per determinare il fattore di correzione m per la rigidità della membrana (MPa/mm), ottenuta come la pendenza della curva pressione/dilatazione non confinata; i valori di pressione letti al manometro in fase di prova dovranno conseguentemente essere corretti per ricavare la pressione realmente applicata alle pareti del foro.

Il sistema di misura dello spostamento dovrà essere controllato indipendentemente con un micrometro: all'interno del range di misura, la precisione totale dell'attrezzatura dovrà essere costante.

Dopo aver controllato che il diametro del foro rispetti la tolleranza sopra specificata, si dovrà introdurre nel foro la sonda dilatometrica abbassandola fino a raggiungere la profondità stabilita per la prova: tale profondità dovrà essere misurata con una precisione di ± 5 cm e registrata.

La sonda dovrà quindi essere fatta espandere sotto una pressione appena sufficiente ad assicurarne il contatto permanente con la parete del foro senza che avvengano scorrimenti: tale pressione di alloggiamento dovrà essere la pressione minima durante la prova.

La prova dovrà essere condotta con almeno 3 cicli di carico/scarico con pressione massima progressivamente crescente fino ad un valore massimo che dovrà essere il più elevato possibile, compatibilmente con la pressione operativa di sicurezza dell'attrezzatura di prova. In ogni ciclo la pressione dovrà essere aumentata in non meno di 5 incrementi approssimativamente costanti fino a raggiungere il valore massimo.

Ogni incremento di pressione deve essere mantenuto costante durante la lettura della pressione (MPa) e della corrispondente dilatazione del foro (mm). La presenza dei 3 trasduttori di spostamento a 120° permetterà la determinazione dei valori del modulo di deformazione in funzione della direzione.

Raggiunto il valore massimo di pressione si dovrà operare lo scarico portando la pressione al valore minimo di prova, leggendo le coppie pressione/dilatazione agli stessi intervalli di pressione utilizzati nella fase di carico.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 204 di 232

Al fine di evidenziare eventuali comportamenti viscosi della roccia, nell'ultimo ciclo di carico la pressione massima raggiunta dovrà essere mantenuta costante fino alla completa stabilizzazione delle deformazioni, con registrazione ad intervalli di tempo opportuni, comunque non superiori a 5 minuti.

Il modulo dilatometrico secante E_d (MPa) dovrà essere calcolato per ogni ciclo di prova, sia in fase di carico che di scarico, secondo la seguente espressione:

$$E_d = (1 + \nu_{ar}) \cdot D \cdot \frac{\Delta p_i}{\Delta D}$$

dove:

ν_{ar} = coefficiente di Poisson dell'ammasso roccioso

D = diametro del foro di prova

Δp_i = incremento di pressione nell'intervallo considerato

ΔD = deformazione diametrale media del foro nell'intervallo considerato

In particolare per ciascun ciclo dovranno essere determinati i seguenti moduli:


- modulo di primo carico, calcolato in fase di carico tra la massima pressione applicata nel ciclo precedente e la massima pressione del ciclo considerato;
- modulo di scarico, calcolato in fase di scarico tra la pressione massima e la pressione minima del ciclo considerato;
- modulo di ricarico, calcolato in fase di carico tra la pressione minima del ciclo in esame e la pressione massima del ciclo precedente;
- modulo di deformazione, calcolato in fase di carico tra la pressione minima di prova e la pressione massima del ciclo considerato.

I valori di deformabilità dovranno essere calcolati per ognuna delle tre direzioni di misura e come media, determinata sulla base della deformazione media del foro.

Documenti da consegnare.

Al termine della campagna di prove deve essere consegnata la seguente documentazione:

- a) Relazione conclusiva interpretativa dei risultati ottenuti contenente tra l'altro:
 - informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore);
 - metodo, diametro di perforazione e tipo di fluido impiegato;
 - localizzazione dei tratti di foro rivestiti o cementati;
 - livello piezometrico della falda;
 - profondità della sezione di misura;
 - descrizione dell'ammasso roccioso nel tratto di prova, con particolare riguardo alle caratteristiche geomeccaniche delle discontinuità;
 - caratteristiche della attrezzatura impiegata per la prova;
 - metodo utilizzato per la calibrazione e risultati;
 - tabelle con le letture registrate durante la prova, includendo i valori non corretti e quelli corretti;
 - diagrammi pressione - dilatazione (deformazione diametrale) per ogni trasduttore;
 - diagramma pressione - dilatazione media;
 - diagramma polare (nel piano perpendicolare al foro) dei valori di dilatazione, in funzione della posizione del trasduttore e della pressione applicata;
 - diagramma dilatazione-tempo a pressione costante relativo alla massima pressione applicata dei singoli trasduttori e della media dei trasduttori;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 205 di 232

- schema di calcolo e relazioni matematiche per il calcolo dei moduli elastici e di deformabilità;
- tabelle riassuntive e grafici dei moduli elastici e di deformabilità calcolati;
- copia dei certificati di calibrazione del manometro o trasduttore di pressione e dei trasduttori di spostamento di data non anteriore di sei mesi la data della prova.

Riferimenti normativi:

- ISRM (1987). Suggested methods for deformability determination using a flexible dilatometer;
- UNI ENV 1997-1 (2005) – Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali;
- UNI ENV 1997-2 (2007) – Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo;
- UNI EN ISO 22476-5 (2013) Indagini e prove geotecniche - Prove in sito - Parte 5: Prova con dilatometro flessibile.

3.8.4.6 Prova di permeabilità tipo Lefranc da eseguire nel corso della perforazione dei fori di sondaggio geognostico.

La prova di permeabilità misura la conducibilità idraulica del terreno e si esegue misurando le variazioni di livello dell'acqua nel terreno, immettendo o emungendo l'acqua in un tratto di foro predeterminato.

La prova può essere eseguita a carico costante o a carico variabile; in presenza di terreni a conducibilità idraulica non elevata si esegue a carico idraulico variabile mentre nel caso di elevata conducibilità si adotta lo schema a carico idraulico costante.

A. Attrezzatura

Per l'esecuzione delle suddette prove devono essere impiegate le seguenti attrezzature:

- una pompa di adeguata portata e prevalenza con tubazione di aspirazione provvista di dispositivo pescante dotato di filtro per trattenere materiali vegetali o comunque intasanti;
- un conta-litri con precisione e/o fondo scala da stabilire prima dell'inizio della prova;
- un tubo o serbatoio di immissione provvisto di una scala millimetrata, lunga almeno 1 m;
- un freatimetro millimetrato;
- un cronometro;
- una vasca di raccolta e decantazione dell'acqua;
- un tubo di lavaggio.

Qualora vengano eseguite prove in piezometri gli stessi, prima dell'esecuzione, devono essere debitamente controllati e spurgati fino alla loro completa funzionalità.

B. Operazioni preliminari

Le operazioni preliminari alla prova consistono in:

- perforazione con carotiere fino alla quota di prova senza l'impiego di fanghi, evitando di modificare le caratteristiche granulometriche e di compattezza del terreno;
- rivestimento del foro fino alla quota raggiunta dalla perforazione, senza uso di fluido di circolazione almeno negli ultimi 100 cm di infissione;
- inserimento nella colonna di rivestimento di ghiaia molto lavata fino a creare uno spessore di 60 cm dal fondo foro;
- sollevamento della batteria di rivestimento di 50 cm, con solo tiro nella sonda o comunque senza fluido di circolazione;
- misura ripetuta più volte del livello d'acqua nel foro;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 206 di 232

- nel caso di terreno fuori falda, immissione continua di acqua pulita nel foro per almeno 30 minuti primi.

Se il rivestimento provvisorio non è necessario per la stabilità delle pareti del foro, esso dovrà comunque essere utilizzato per isolare il tratto di foro effettivamente interessato dalla prova.

Al di sopra della parte di foro scoperto il rivestimento deve essere sigillato al terreno per evitare che l'acqua possa scorrere nell'intercapedine rivestimento/terreno.

C. Modalità esecutive

L'esecuzione della prova avviene secondo le seguenti modalità:

C1. Carico idraulico variabile (in terreni a bassa permeabilità)

La prova mediante immissione d'acqua deve essere eseguita in un tratto al di sotto della falda. Sia durante la perforazione a varie profondità in avanzamento che alla fine della perforazione stessa.

La procedura per immissione d'acqua è la seguente:

- misura del livello di falda prima dell'inizio della prova;
- riempimento con acqua fino alla estremità superiore del rivestimento;
- misura del livello dell'acqua all'interno del tubo (senza ulteriori immissioni) a distanza di 15", 30", 1', 2', 8', 15' dall'inizio dell'abbassamento fino all'esaurimento del medesimo o fino a quando l'altezza dell'acqua nel foro, al di sopra della falda, risulti superiore ad 1/5 della differenza iniziale del livello piezometrico.

Comunque l'intervallo delle letture dovrà variare in funzione della velocità di abbassamento dell'acqua nel foro.

La prova per pompaggio d'acqua si esegue all'interno di un foro rivestito quando è possibile abbassare il livello dell'acqua nel rivestimento mediante una pompa.

Il foro di sondaggio deve penetrare al di sotto del livello di falda per almeno 10 D (dove D = diametro del foro) e comunque, fino ad una profondità tale che la pompa durante la prova non rischi di deprimere il livello stesso in foro fino alla pompa medesima.

La procedura per pompaggio d'acqua è la seguente:

- misura del livello di falda prima dell'inizio della prova;
- emungimento dell'acqua fino ad una quota di poco superiore alla scarpa del rivestimento;
- letture dell'innalzamento dell'acqua nel foro a differenti intervalli.

L'intervallo delle letture dovrà variare in funzione della velocità di risalita dell'acqua nel foro.

Le letture verranno proseguite fino a che la differenza tra il livello dell'acqua nel foro e quello corrispondente alla falda sia inferiore a 1/5 della differenza ad inizio prova.

Il coefficiente di permeabilità K (m/s) può essere determinato utilizzando la seguente formula:

$$K = \frac{A}{F \cdot T}$$

dove:

A = area della sezione trasversale del foro al livello dell'acqua, cioè la sezione del rivestimento (m²)

F = fattore di forma che dipende dalla geometria della prova (m)

T = tempo di riequilibrio (basic time-lag) (s)

Il calcolo del fattore di forma F viene eseguito con la soluzione analitica indicata da Hvorslev (1951), scelta in base alla geometria della prova.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 207 di 232

Per la determinazione di T si devono diagrammare i valori del rapporto h/h_0 , in scala logaritmica, con i corrispondenti valori di tempo t in scala decimale ($t = 0$ all'inizio della prova quando $h/h_0 = 1$, essendo h l'altezza misurata e h_0 l'altezza iniziale). Si traccia poi la retta che meglio collega i punti sperimentali diagrammati. In qualche caso, i punti sperimentali per valori di h/h_0 vicini ad 1 possono seguire una curva; ciò deve essere trascurato e la linea retta va tracciata attraverso i restanti punti. Si disegna quindi una retta parallela a quella precedente, ma che passa per l'origine degli assi ($h/h_0 = 1$; $t = 0$). Il valore del tempo t letto in corrispondenza del rapporto $h/h_0 = 0,37$ è il valore richiesto del tempo di riequilibrio T.

C2. Carico idraulico costante (in terreni ad alta permeabilità)

La prova seguirà la seguente procedura:

- immissione (o emungimento) di acqua pulita nella batteria di rivestimento fino alla determinazione di un carico idraulico costante, cui corrisponde una portata costante nel tempo;
- controllo della portata immessa (o emunta) a regime idraulico costante determinata con un conta-litri di sensibilità pari a 0,1 litri. La taratura del conta-litri deve essere verificata in sito riempiendo un recipiente di volume noto e di capacità superiore a 100 litri;
- mantenimento delle condizioni di immissione (o emungimento) a regime costante senza variazione alcuna per almeno 10 min.; la costanza dell'altezza e la misura della portata vengono controllate ogni 2' (per durata complessiva della prova pari a 10 minuti) oppure ogni 5' (per durata complessiva della prova pari a 30 minuti).

Il coefficiente di permeabilità K (m/s) viene determinato utilizzando la seguente formula:

$$K = \frac{Q}{F \cdot h}$$

dove:

Q = portata immessa o emunta (m^3/s)

F = fattore di forma che dipende dalla geometria della prova (m)

h = differenza di altezza del livello dell'acqua provocato dall'immissione o dall'emungimento (m)

Documenti da consegnare.

La documentazione di ciascuna prova comprenderà:

- a) Indicazioni, da apporre sull'elaborato stratigrafico del sondaggio all'interno del quale è stata eseguita la prova, relative a:
- modalità di prova (carico idraulico costante o variabile, per immissione o emungimento);
 - schema geometrico della prova (diametro e lunghezza del tratto di prova non rivestito, diametro interno e profondità del rivestimento, caratteristiche della cella filtrante);
 - livello di falda;
 - tempo di saturazione (se eseguita);
 - portata a regime (prove a carico costante);
 - letture degli abbassamenti in relazione ai tempi progressivi;
 - calcolo della permeabilità, specificando l'algoritmo ed i parametri adottati.
 - eventuali note e osservazioni.

Riferimenti normativi:

- Associazione Geotecnica Italiana (1977). Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche.
- UNI EN ISO 22282-1 (2012) Indagini e prove geotecniche - Prove idrauliche nel sottosuolo - Parte 1: Regole generali

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 208 di 232

- UNI EN ISO 22282-2 (2012) Indagini e prove geotecniche - Prove idrauliche nel sottosuolo - Parte 2: Prove di permeabilità all'acqua eseguite in un foro di sondaggio a circuito aperto
- UNI EN ISO 22282-3 (2012) Indagini e prove geotecniche - Prove idrauliche nel sottosuolo - Parte 3: Prove di pressione idraulica nelle rocce
- UNI EN ISO 22282-4 (2012) Indagini e prove geotecniche - Prove idrauliche nel sottosuolo - Parte 4: Prove di pompaggio
- UNI EN ISO 22282-5 (2012) Indagini e prove geotecniche - Prove idrauliche nel sottosuolo - Parte 5: Prove infiltrometriche
- UNI EN ISO 22282-6 (2012) Indagini e prove geotecniche - Prove idrauliche nel sottosuolo - Parte 6: Prove di permeabilità all'acqua eseguite in un foro di sondaggio a circuito chiuso

3.8.4.7 Prova di assorbimento d'acqua tipo Lugeon da eseguire nel corso della perforazione dei fori di sondaggio geognostico.

La prova si esegue iniettando dell'acqua in pressione entro un tratto isolato di foro di sondaggio, perforato in terreni litoidi, o su murature, misurando i volumi assorbiti a diverse pressioni.

A. Attrezzatura

L'esecuzione della prova richiede l'attrezzatura elencata di seguito:

- otturatore singolo, per prove in avanzamento, ad espansione idraulica o meccanica;
- otturatore doppio, per prove in risalita, a membrana espandibile idraulicamente. Il tubo di collegamento dei due pistoncini espandibili avrà una superficie forata $A_f \geq 2 A_t$, essendo A_t la superficie della sezione cava del tubo;
- pompa centrifuga in grado di raggiungere pressioni di iniezione di 1 MPa, con portate relativamente elevate;
- conta-litri per la misura delle portate immesse, inserito nel circuito di mandata, con sensibilità di 0,1 litri;
- manometro per la misura della pressione di iniezione, con sensibilità di 0,05 Mpa e certificato di taratura non anteriore a 3 mesi;
- tubi di adduzione di tipo idraulico;
- eventuale circuito indipendente di misura delle pressioni collegato alla camera isolata per la prova, con manometro tarato.

Al fine di ottenere una buona tenuta degli otturatori è necessario che la pressione di gonfiaggio sia superiore di $0,2 \div 0,3$ Mpa a quella di iniezione dell'acqua.

B. Tarature

Il conta-litri dovrà essere tarato in sito, prima di iniziare le prove, riempiendo un contenitore di volume noto e superiore a 100 litri.

Le perdite di carico nei tubi di adduzione, in assenza di un circuito indipendente di misura delle pressioni, saranno valutate in sito con il metodo di un tubo campione posto orizzontalmente in superficie e collegato alla pompa con l'interposizione del manometro.

Si calcolerà la perdita di carico corrispondente alla portata Q come $P_c = P/l$ dove:

P_c = perdita di carico per metro lineare (MPa/m)

P = pressione al manometro (MPa)

l = lunghezza del tubo (m)

La prova sarà ripetuta per almeno 3 diversi valori della portata Q.

C. Modalità esecutive

C1. Prova in avanzamento con otturatore singolo

L'otturatore sarà calato nel foro dopo avere misurato il livello della falda nel foro di sondaggio con sonda piezometrica

Il foro sarà privo di rivestimento; il fluido di perforazione sarà costituito da sola acqua priva di additivi.

Inoltre è indispensabile procedere prima di dare inizio alla prova, allo spurgo e pulizia del foro in corrispondenza di ogni tratto su cui si effettua la prova stessa.

L'otturatore sarà espanso fino ad isolare il tratto finale del foro per una lunghezza compresa tra meno di 1m e fino a 5 metri.

La lunghezza del tratto da provare può comunque variare in funzione della permeabilità della roccia; in generale la lunghezza del tratto di prova sarà $\geq 5D$ dove D è il diametro del foro.

Si procederà ad iniettare nel tratto di prova, eseguendo 3 (o più) diversi gradini di pressione in salita e ripetendo gli stessi primi 2 gradini in discesa, misurando per ciascun gradino le portate assorbite che determinano la stabilizzazione dell'assorbimento raggiunto.

Ciascun gradino di portata sarà mantenuto per almeno 10÷20 minuti, in salita e in discesa, dopo il raggiungimento delle condizioni di regime.

La costanza della portata deve essere controllata ogni 2 minuti e le variazioni non devono essere superiori a 0,1 l/s . La scelta del valore dei gradini di pressione dipenderà dal tipo di ammasso roccioso e dagli specifici obiettivi progettuali delle prove.

Nella tabella 3.8.4.7-1, vengono evidenziati alcuni riferimenti che dovranno essere di volta in volta verificati in funzione delle condizioni di prova (stato di fratturazione dell'ammasso, tensione litostatica, ecc..).

Durante la prova si provvederà a mantenere il foro di sondaggio pieno di acqua , per osservare la perfetta tenuta idraulica dell'otturatore, resa evidente dalla assenza di variazioni di livello.

Nel caso di perdite la prova sarà interrotta e ripresa dopo i necessari interventi correttivi.

Qualora lo stato della roccia fosse tale da non assicurare la tenuta dell'otturatore, le prove saranno eseguite in avanzamento previa cementazione e riperforazione del tratto di foro al disopra della prova, in modo da creare una superficie adatta ad impedire perdite idrauliche.

Tabella 3.8.4.7-1

Condizioni di prova	Gradini di pressione (MPa)
Rocce semilitoidi, litoidi o litiche a scarsa resistenza, a profondità < 5 m dal p.c.	0,05 - 0,15 - 0,25 - 0,15 - 0,05
Rocce a scarsa resistenza	0,1 - 0,2 - 0,3 - 0,2 - 0,1
Rocce a media resistenza	0,1 - 0,3 - 0,5 - 0,3 - 0,1
Rocce ad alta resistenza	0,2 - 0,4 - 0,8 - 0,4 - 0,2

Particolare cura deve avere la collocazione del manometro. Esso infatti deve essere installato direttamente sui tubi che sostengono il pistoncino, in modo da evitare le immancabili perdite di carico.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 210 di 232

L'Esecutore è tenuto a registrare su appositi moduli i seguenti dati:

- numero e diametro del foro dove si esegue la prova;
- profondità del fondo foro dal p.c.;
- profondità del pistoncino dal p.c.;
- diametro dei tubi di immissione d'acqua;
- profondità del livello della falda dal p.c.;
- altezza del manometro dal p.c.;
- eventuale cementazione eseguita.

Durante l'esecuzione della prova si devono registrare per ogni gradino di pressione:

- il tempo e gli assorbimenti per arrivare a regime;
- il tempo e gli assorbimenti con portata a regime con letture prese ogni 2 minuti.

I risultati della prova dovranno essere riportati in un grafico delle portate (espresse in litri/minuto) in funzione delle pressioni (MPa), per ciascun gradino in salita e in discesa.

La pressione (p) sarà quella corretta:

$$p = p_m + \gamma_w h - p_c$$

dove:

p_m = pressione letta al manometro

γ_w = densità dell'acqua

h = distanza verticale tra il manometro ed il livello statico della falda

p_c = perdita di carico nel circuito

C2. Prova in risalita con otturatore doppio

Se richiesto dalle Ferrovie, le prove potranno essere eseguite con otturatore doppio in risalita, con modalità identiche a quanto descritto al precedente paragrafo. Particolare cura dovrà essere posta nel garantire la tenuta dell'otturatore inferiore, il cui comportamento non può essere osservato durante la prova.

Per l'esecuzione di prove fino a 90 m di profondità dalla quota di boccaforo devono essere utilizzate le seguenti attrezzature:

- doppio otturatore completo di linee idrauliche di alimentazione dei packers stessi e delle sezioni di prova;
- pompe idrauliche con pressione massima pari a 7 MPa;
- misuratori di flusso;
- manometri e trasduttori di pressione;
- registratore analogico.

Si deve procedere quindi alla esecuzione della prova secondo le modalità e i contenuti sopra indicati.

Documenti da consegnare.

La documentazione relativa a ciascuna prova comprenderà:

- informazioni generali con individuazione del sondaggio all'interno del quale è stata eseguita la prova;
- schema della geometria del foro, delle modalità di prova e posizione della sezione di prova;
- livello statico della falda;
- descrizione della roccia nel tratto di prova;
- caratteristiche della attrezzatura impiegata per la prova;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 211 di 232

- tabulato delle letture di cantiere (tempi, portate, pressioni al manometro);
- grafico portate/pressioni corrette in camera di prova;
- assorbimento per ciascun gradino espresso in Unità Lugeon UL (dove 1 UL = portata di 1 litro/min/m a 1 MPa);
- calcolo della permeabilità, specificando l'algoritmo ed i parametri adottati;
- copia del certificato di taratura del manometro o del trasduttore di pressione di data non anteriore di sei mesi alla data di prova

Riferimenti normativi:

- Associazione Geotecnica Italiana (1977). Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche.
- UNI EN ISO 22282-1 (2012) Indagini e prove geotecniche - Prove idrauliche nel sottosuolo - Parte 1: Regole generali
- UNI EN ISO 22282-2 (2012) Indagini e prove geotecniche - Prove idrauliche nel sottosuolo - Parte 2: Prove di permeabilità all'acqua eseguite in un foro di sondaggio a circuito aperto
- UNI EN ISO 22282-3 (2012) Indagini e prove geotecniche - Prove idrauliche nel sottosuolo - Parte 3: Prove di pressione idraulica nelle rocce
- UNI EN ISO 22282-4 (2012) Indagini e prove geotecniche - Prove idrauliche nel sottosuolo - Parte 4: Prove di pompaggio
- UNI EN ISO 22282-5 (2012) Indagini e prove geotecniche - Prove idrauliche nel sottosuolo - Parte 5: Prove infiltrometriche
- UNI EN ISO 22282-6 (2012) Indagini e prove geotecniche - Prove idrauliche nel sottosuolo - Parte 6: Prove di permeabilità all'acqua eseguite in un foro di sondaggio a circuito chiuso

3.8.4.8 Misura di velocità di flusso idrico da eseguirsi con apposito micromulinello, nell'interno dei fori di sondaggio geognostico.

Le prove di micromulinello si eseguono in foro di sondaggio, attrezzato con tubo di rivestimento finestrato, utilizzando uno strumento che misura la velocità di circolazione verticale dell'acqua di falda.

A. Attrezzatura

Le attrezzature da impiegarsi sono le seguenti:

- micromulinello costituito da una elica rigida, associata ad un contatore di impulsi a cellula fotoelettrica; l'elica è protetta da una gabbietta ovoidale del diametro esterno di 42 mm oppure 70 mm;
- registratore di impulsi collegato a contasecondi in grado di visualizzare direttamente il numero di giri dell'elica in un intervallo di tempo predeterminato e compreso tra 20 sec e 200 sec;
- tubazioni finestate costituite da tubi di rivestimento del foro del diametro $\varnothing = 52/60$ mm oppure 80/90 mm; i vuoti devono costituire almeno il 10% della superficie fessurata, con aperture di $0,4 \div 1,0$ mm;
- tubazioni non finestate costituite da tubi ciechi di diametro pari a quelli finestrati, giuntabili ai medesimi;
- cavi elettrici di collegamento del sensore al registratore e bobina avvolgicavo con lettore della profondità del sensore.

B. Operazioni preliminari

La perforazione sarà eseguita con diametro maggiore o uguale a 100 mm, con fluidi costituiti da sola acqua pulita, evitando rifluimenti in colonna e decompressioni del terreno circostante che possano alterare l'uniformità della sezione lungo la perforazione.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 212 di 232

Alla fine della perforazione si dovrà eseguire un buon lavaggio del foro con acqua pulita; la pressione e la quantità di acqua di spurgo dovrà essere regolata su valori minimi.

Il foro dovrà essere sostenuto con tubazioni di rivestimento provvisorio.

Per l'esecuzione delle misure deve essere realizzata una colonna filtrante costituita da:

- tubazione in PVC cieca nelle estremità superiore ed inferiore e finestrata nel tratto intermedio; il tratto finestrato deve essere ricoperto, per tutta la lunghezza, da rete di nylon a maglia di 0,5 mm fissata solidamente alla tubazione stessa;
- filtro di ghiaietto pulito ($\varnothing=2\div 4$ mm) nell'intercapedine tra la tubazione forata e la parete del foro;
- idonei tappi impermeabili di isolamento.

La colonna filtrante deve essere realizzata secondo uno schema di massima da concordare con le Ferrovie con indicazione dell'altezza e della quota del tratto finestrato e di quelli ciechi; comunque la parte inferiore cieca deve avere una lunghezza di almeno 100 cm e deve essere chiusa al fondo con un tappo sigillato con mastice e rivetti. Anche i diversi spezzoni di tubo devono essere giuntati e sigillati con mastice e rivetti.

Il tubo piezometrico deve essere finestrato nel tratto di prova in modo da realizzare un rapporto vuoto/pieno pari al 10% della superficie, con apertura delle fessure pari a $0,4\div 1,0$ mm.

Allo scopo di evitare franamenti nel foro la colonna di rivestimento provvisorio dovrà essere estratta progressivamente e contemporaneamente al riempimento del foro, che durante queste fasi dovrà essere sempre pieno d'acqua.

Al termine dell'installazione l'estremità superiore della colonna filtrante deve essere inserita in un pozzetto metallico di protezione, cementato nel terreno per $20\div 30$ cm.

C. Taratura e controlli

Prima di procedere ad effettuare la prova, si determineranno i seguenti parametri del sensore:

V_0 = velocità iniziale di spunto; R = coefficiente di riduzione;
in cui:

V_0 : dipende dagli attriti di origine meccanica che si sviluppano nel perno dell'elica;

R : tiene invece conto della perturbazione della velocità naturale che si verifica per la presenza dell'elica.

Prima di calare il sensore nel foro si controllerà che l'elica ruoti liberamente e che il contatore di impulsi funzioni regolarmente.

Dovrà, inoltre, essere tarato il passo dell'elica (per la conversione da giri/sec a cm/sec) usando uno spezzone di tubo uguale a quello posto in opera.

D. Modalità esecutive

Le misure in sito con il micromulinello devono essere eseguite, di norma, ogni 50 cm per tutta l'altezza del tubo forato; tuttavia in particolari posizioni possono essere richieste anche letture ad intervalli inferiori.

Per ciascuna posizione di misura deve essere rilevato il numero di giri al secondo dell'elica, mediato su un intervallo di $10\div 60$ secondi, nonché il senso della corrente, ascendente o discendente.

Le misure devono essere eseguite nelle due seguenti condizioni:

- a) in condizioni idrauliche naturali, per rilevare eventuali correnti naturali del terreno;
- b) durante l'immissione o l'estrazione d'acqua con cui si realizza un flusso d'acqua "transitorio" attraverso il terreno.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 213 di 232

Prima di iniziare le misure deve essere accuratamente misurato il livello statico e dinamico stabilizzato della falda.

In presenza di falda artesianica, per effettuare le misure in condizioni naturali, il tubo di prova deve essere prolungato al di sopra del p.c. fino ad ottenere un livello statico, mentre per effettuare le misure di tipo b) si deve ripristinare la situazione di artesianesimo e misurare la portata d'acqua che fuoriesce.

La prova con micromulinello si intende conclusa quando sono state eseguite le misure, in discesa ovvero in risalita, in condizioni di falda naturale ovvero di falda dinamica, per tutta l'altezza della colonna filtrante, nelle posizioni approvate dalle Ferrovie.

Documenti da consegnare.

La documentazione preliminare di una prova deve comprendere il grafico delle velocità misurate alle varie profondità nelle due condizioni di prova e le relative tabelle dei dati misurati oltre ai rilievi dei livelli di falda, delle portate immesse od emunte ed il grafico della taratura iniziale dello strumento.

La documentazione finale comprenderà:

a) Relazione conclusiva interpretativa dei risultati ottenuti, contenente tra l'altro:

- schema geometrico del sondaggio attrezzato;
- livello della falda;
- quota assoluta del piano campagna;
- caratteristiche dell'attrezzatura;
- risultati della taratura;
- tabulati delle letture di ciascuna serie di prove;
- grafico V su profondità in condizioni naturali, per ciascuna serie di letture, essendo:

$$V = \frac{nd}{R} + V_o$$

dove:

- n = numero di giri dell'elica per unità di tempo.
- d = passo dell'elica
- R = velocità di spunto iniziale
- V_o = coefficiente di riduzione;

- grafico V' su profondità in condizioni di flusso forzato per immissione, per ciascuna serie di letture;
- grafico V' - V su profondità, utilizzando per ciascuna singola profondità i valori medi misurati.

3.8.4.9 Video ispezione in foro di sondaggio verticale o sub-verticale, comunque orientato sul piano orizzontale, con telecamera a colori ad alta definizione montata su aste di alluminio centimetrato o su cavo idoneo dotato di sistema di rilevamento profondità.

La video ispezione in foro di sondaggio consente la visione diretta delle condizioni stratigrafiche e geostrutturali di un ammasso roccioso perforato da un sondaggio verticale o sub-verticale, l'individuazione di eventuali cavità e discontinuità nonché il rilievo delle caratteristiche e delle condizioni di elementi strutturali in muratura, calcestruzzo ecc..

A. Attrezzatura

L'attrezzatura da impiegarsi potrà essere di due tipi in funzione della finalità dell'indagine :

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 214 di 232

A1. Sonda televisiva standard

La sonda televisiva standard sarà utilizzata quando è sufficiente avere una visione diretta dell'interno di un foro di sondaggio senza dovere eseguire misure stratimetriche o dimensionali al suo interno.

Lo strumento impiegato dovrà presentare le seguenti caratteristiche minime:

- telecamera a colori con sensore CCD/CMOS ad alta risoluzione, impermeabile, messa a fuoco regolabile e sorgente luminosa incorporata;
- obiettivo con visione frontale ed eventualmente laterale;
- sistema manuale/automatico per la determinazione dell'orientazione e della profondità della sonda;
- unità di controllo con monitor a colori;
- sistema di registrazione del video (hard-disk, DVD recorder, ecc.) connesso all'unità di controllo;
- cavi di collegamento, con avvolgicavo dotato di dispositivo per il controllo della profondità della telecamera;
- astine di spinta in fibra di vetro o materiale analogo.

A2. Sonda televisiva tipo BIPS

La sonda televisiva tipo BIPS (Borehole Image Processing System) dovrà essere utilizzata quando è necessario misurare e descrivere con una notevole accuratezza e precisione le caratteristiche geometriche e geomeccaniche delle discontinuità, la giacitura di elementi stratimetrici nonché il dimensionamento di cavità presenti in un foro di sondaggio.

Lo strumento impiegato dovrà presentare le seguenti caratteristiche minime:

- sonda munita di videocamera, con relativa illuminazione, specchio troncoconico di riflessione, unità magnetometrica per la determinazione dell'orientazione, unità servoaccelerometrica per la determinazione dell'inclinazione del foro e di dispositivi di centratura nel foro; in ogni caso la sonda utilizzata dovrà garantire una risoluzione non superiore a 0,5 mm;
- unità di elaborazione e registrazione delle immagini munita di monitor a colori, in grado di ottenere, attraverso la digitalizzazione di un'immagine orientata, una sviluppata a 360° della parete del foro;
- cavi di collegamento, con dispositivo di calata nei fori verticali, che permette di regolare la discesa della sonda e di misurarne la profondità;
- unità di analisi, in grado di elaborare su monitor le immagini a 360° registrate in sito e di acquisire le immagini da video mediante apposito software; in particolare questa unità deve consentire di selezionare le discontinuità in base alla tipologia (stratificazione, scistosità, vene di minerale, fratture, ecc.), alle caratteristiche morfologiche (planari, irregolari, non continue, lenticolari, ecc.), al grado di alterazione (fresche, ossidate, argillificate, ecc.) e di misurarne la giacitura e l'apertura. L'unità dovrà anche consentire l'elaborazione statistica dei dati.

B. Modalità esecutive

Il foro di sondaggio dovrà essere verticale o sub-verticale, del tutto privo di rivestimento, asciutto o contenente acqua limpida, decantata per almeno 3 ÷ 4 ore prima dell'ispezione. Il diametro del foro deve permettere l'inserimento della telecamera ed il suo scorrimento all'interno senza ostacoli o rallentamenti nell'avanzamento.

La telecamera dovrà essere calata lentamente nel foro, fermandosi in corrispondenza dei particolari litologici o strutturali d'interesse, regolando opportunamente il monitor, e l'illuminazione, onde ottenere la migliore qualità possibile delle immagini.

Nel caso di rilievo eseguito con sonda BIPS si dovrà adottare una velocità uniforme non superiore a 0,75÷1,5 m/min e comunque tale da garantire una risoluzione finale non superiore a 0,5 mm.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 215 di 232

Le annotazioni relative ai dati generali dell'ispezione e agli aspetti particolari di quanto osservabile saranno eseguite mediante sovrapposizione su video, con l'uso della tastiera per la videoscrittura o mediante registrazione audio.

Tutte le immagini su monitor, incluse le annotazioni aggiunte, dovranno essere registrate su idoneo supporto digitale (hard-disk, CD-DVD, ecc.) in formato riproducibile (Avi, MPeg, ecc.) da definire preventivamente con le Ferrovie.

Documenti da consegnare.

Al completamento dell'indagine dovrà essere presentata la seguente documentazione:

- a) relazione descrittiva contenente le informazioni generali (cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore), le caratteristiche tecniche della sonda televisiva (dimensioni, tipo e caratteristiche obiettivi), le informazioni necessarie per la completa comprensione del rilievo televisivo e per le successive elaborazioni;
- b) planimetria e sezione con l'indicazione della posizione dei rilievi televisivi eseguiti;
- c) video in formato riproducibile (Avi, MPeg, ecc.), su idoneo supporto digitale (hard-disk, pen-drive, CD-DVD, ecc.).

Nel caso di rilievo eseguito con sonda tipo BIPS, oltre alla documentazione di cui sopra, dovrà essere consegnata, sia su supporto cartaceo che su supporto informatico, la seguente documentazione:

- a) la schematizzazione grafica orientata del reticolo dei piani di divisibilità rilevati durante l'ispezione, con l'indicazione di tutte le misure;
- b) documentazione fotografica a colori di tutto il tratto di foro rilevato, sviluppata a 360° con indicazione dell'orientazione e, per i tratti di foro dei quali è richiesta, anche l'interpretazione geostrutturale di dettaglio;
- c) tabella riassuntiva con indicazioni relative alla giacitura, alla tipologia, all'apertura, alla forma della traccia e al grado di alterazione di tutte le discontinuità rilevate;
- d) sezioni N-S lungo l'asse del sondaggio con riportate le tracce delle discontinuità rilevate;
- e) diagramma della densità di fratturazione, espressa come numero di fratture per metro di foro rilevato;
- f) diagramma equiareale di Schmidt con i poli dei piani di discontinuità rilevati per ciascuna zona omogenea in cui risulta divisibile il tratto di foro in esame;
- g) diagramma equiareale di Schmidt con le aree di isodensità per ciascuna zona omogenea in cui risulta divisibile il tratto di foro in esame;
- h) riproduzioni cartacee e video in 2D e 3D;
- i) tabella con i dati giaciturali, tipologici e di apertura medi delle famiglie di discontinuità individuate.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 216 di 232

3.9 PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO

3.9.1 IDENTIFICAZIONE E DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE FISICHE E CHIMICHE DELLE TERRE

3.9.1.1 Apertura campione di terra, indisturbato o a limitato disturbo, compreso l'esame qualitativo preliminare, la descrizione litologica e la determinazione della consistenza con penetrometro e scissometro tascabili.

Tutte le informazioni inerenti il campione devono essere annotate su appositi moduli in modo che sia sempre identificabile il sondaggio, la profondità di prelievo, la data.

All'atto dell'apertura dovrà essere eseguito l'esame qualitativo preliminare del campione, la sua descrizione litologica e la determinazione della consistenza con penetrometro e scissometro tascabili.

Una volta estruso il campione dalla fustella con la tecnica più adatta in modo da minimizzare il disturbo, si deve creare una zona piana mediante apposito utensile (coltello o filo d'acciaio) per le prove con penetrometro e vane test tascabili.

Dovranno essere descritte eventuali anomalie presenti (rammollimenti, essiccamenti, inclusi organici, fossili, fanghi di perforazione, rimescolamenti). Le parti omogenee vanno descritte ed evidenziate con schizzi o foto con riferimento alle raccomandazioni AGI. Dall'esame dovranno risultare quindi le dimensioni dei granuli, il grado di arrotondamento, l'assortimento, la forma, il colore (attraverso l'ausilio delle Tavole Munsell), l'odore, la reazione all'acido cloridrico, livelli, lenti, laminazioni, vene di ossidazione.

Riferimenti normativi:

- A.G.I. Associazione Geotecnica Italiana (1997). Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche;
- UNI-EN-ISO 14688-1 (2013). Indagini e prove geotecniche - Identificazione e classificazione dei terreni - Parte 1: Identificazione e descrizione;
- UNI-EN-ISO 14688-2 (2013). Indagini e prove geotecniche - Identificazione e classificazione dei terreni - Parte 2: Principi per una classificazione;
- ASTM D2487-00. Standard Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System);
- ASTM D2488-00. Standard Practice for Description and Identification of Soils (Visual-Manual Procedure).
- BS 1377-1990. Methods of test for soils for civil engineering purposes;
- ASTM D653-02. Standard terminology relating to soil, rock, and contained fluids,
- ASTM D3282-93 (1997). Standard Practice for Classification of Soils and Soil-Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes.

3.9.1.2 Determinazione del contenuto naturale in acqua, media di tre misure.

Riferimenti normativi:

- ASTM D2216- (1998). Standard Test Method for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass;
- BS 1377-1990. Methods of test for soils for civil engineering purposes. Part 2: Classification tests;
- UNI EN ISO 1097-5 (2008). Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Parte 5: Determinazione del contenuto d'acqua per essiccazione in forno ventilato

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 217 di 232

- UNI CEN ISO/TS 17892-1 (2005). Indagini e prove geotecniche - Prove di laboratorio sui terreni - Parte 1: Determinazione del contenuto in acqua

3.9.1.3 Determinazione della massa volumica apparente (peso volume) mediante fustella tarata o pesata idrostatica su campione paraffinato.

Riferimenti normativi:

- BS 1377-1990. Methods of test for soils for civil engineering purposes. Part 2: Classification tests;
- UNI EN ISO 1097-5 (2008). Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Parte 5: Determinazione del contenuto d'acqua per essiccazione in forno ventilato
- UNI CEN ISO/TS 17892-2 (2005). Indagini e prove geotecniche - Prove di laboratorio sui terreni - Parte 2: Determinazione della massa volumica dei terreni a grana fine

3.9.1.4 Determinazione della massa volumica reale dei granuli con picnometro.

Riferimenti normativi:

- ASTM D854-00. Standard Test Methods for Specific Gravity of Soil Solids by Water Pycnometer.
- BS 1377-1990. Methods of test for soils for civil engineering purposes. Part 2: Classification tests.
- UNI EN ISO 1097-6 (2013). Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati. Determinazione della massa volumica dei granuli e dell'assorbimento d'acqua.
- UNI CEN ISO/TS 17892-3 (2005). Indagini e prove geotecniche - Prove di laboratorio sui terreni - Parte 3: Determinazione della massa volumica dei granuli solidi - Metodo del Picnometro

3.9.1.5 Determinazione dei limiti di Atterberg.

Riferimenti normativi:

- ASTM D4318-00. Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils
- BS 1377-1990. Methods of test for soils for civil engineering purposes. Part 2: Classification tests. Clause 4 "Determination of the liquid limit".
- BS 1377-1990. Methods of test for soils for civil engineering purposes. Part 2: Classification tests. Clause 5 "Determination of the plastic limit and plasticity index".
- UNI CEN ISO/TS 17892-12 (2005). Indagini e prove geotecniche - Prove di laboratorio sui terreni - Parte 12: Determinazione dei limiti di Atterberg.

3.9.1.6 Determinazione del limite di ritiro.

Riferimenti normativi:

- ASTM D427-98. Test Method for Shrinkage Factors of Soils by the Mercury Method.
- ASTM D4943-02. Standard Test Method for Shrinkage Factors of Soils by the Wax Method.

3.9.1.7 Analisi granulometrica meccanica eseguita mediante setacci.

Riferimenti normativi:

- Associazione Geotecnica Italiana (1994). Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio
- UNI CEN ISO/TS 17892-4 (2005). Indagini e prove geotecniche - Prove di laboratorio sui terreni - Parte 4: Determinazione della distribuzione granulometrica.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 218 di 232

- UNI EN 933-1 (2012). Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati. Determinazione della distribuzione granulometrica. Analisi granulometrica per stacciatura.
- ASTM D422-63 (1998). Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils.
- ASTM D421-85 (1998). Standard Practice for Dry Preparation of Soil Samples for Particle-Size Analysis and Determination of Soil Constants.
- ASTM D2217-85 (1998). Standard Practice for Wet Preparation of Soil Samples for Particle-Size Analysis and Determination of Soils Constants.
- BS 1377-1990. Methods of test for soils for civil engineering purposes. Part 2: Classification tests. 9.2 “Wet sieving method”
- UNI EN 933-2 (1997). Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati. Determinazione della distribuzione granulometrica – Setacci di controllo, dimensioni nominali delle aperture.

3.9.1.8 Analisi granulometrica per sedimentazione secondo il metodo del densimetro o della pipetta

Analisi granulometrica per sedimentazione secondo il metodo del densimetro o della pipetta, esclusa la determinazione della massa volumica reale dei granuli.

Riferimenti normativi:

- Associazione Geotecnica Italiana (1994). Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio
- ASTM D422-63 (1998). Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils.
- BS 1377-1990. Methods of test for soils for civil engineering purposes. Part 2: Classification tests. Subclause 9.5 “Sedimentation by the hydrometer method”
- UNI CEN ISO/TS 17892-4 (2005). Indagini e prove geotecniche - Prove di laboratorio sui terreni - Parte 4: Determinazione della distribuzione granulometrica.

3.9.1.9 Prova di permeabilità mediante permeametro a carico costante o variabile

Riferimenti normativi:

- ASTM D2434-68 (2000). Standard Test Method for Permeability of Granular Soils (Constant Head).
- ASTM D5084-00e1. Standard Test Methods for Measurement of Hydraulic Conductivity of Saturated Porous Materials Using a Flexible Wall Permeameter
- UNI CEN ISO/TS 17892-11 (2005). Indagini e prove geotecniche - Prove di laboratorio sui terreni - Parte 11: Determinazione della permeabilità con prove a carico costante o a carico variabile

3.9.1.10 Determinazione ponderale dei solfati e cloruri

Riferimenti normativi:

- BS 1377-1990. Methods of test for soils for civil engineering purposes. Part 3: Chemical and electrochemical tests. Clause 5 “Determination of the sulphate content of soil and ground water”
- BS 1377-1990. Methods of test for soils for civil engineering purposes. Part 3: Chemical and electrochemical tests. Subclause 7.2/subclause 7.3.

3.9.1.11 Determinazione del contenuto in carbonati.

Riferimenti normativi:

- ASTM D4373-02. Standard Test Method for Calcium Carbonate Content of Soils.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 219 di 232

- BS 1377-1990. Methods of test for soils for civil engineering purposes. Part 3: Chemical and electrochemical tests. Clause 6 “Determination of the carbonate content”

3.9.1.12 Determinazione del contenuto in sostanze organiche

Riferimenti normativi:

- BS 1377-1990. Methods of test for soils for civil engineering purposes. Part 3: Chemical and electrochemical tests. Clause 4 “Determination of the mass loss on ignition or an equivalent method”
- ASTM D2974-00. Standard Test Methods for Moisture, Ash, and organic Matter of Peat and Other Organic Soils.

3.9.1.13 Determinazione del pH con il metodo colorimetrico o con pH-metro

Riferimenti normativi:

- BS 1377-1990. Methods of test for soils for civil engineering purposes. Part 3: Chemical and electrochemical tests. Clause 9 “Determination of the pH value”
- ASTM D4972-01. Standard Test Method for pH of Soils.

3.9.1.14 Determinazione dell'umidità di campo (Field Moisture Equivalent of Soils)

Riferimenti normativi:

- AASHTO, Designation T 93-68. Determinazione della umidità di campo

3.9.2 DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE FISICHE, CHIMICHE E PETROGRAFICHE DI ROCCE E AGGREGATI

3.9.2.1 Determinazione del contenuto naturale d'acqua, media di tre misure

Riferimenti normativi:

- ISRM (1979). Suggested Methods for Determining Water Content, Porosity, Density, Absorption and Related Properties and Swelling and Slake-Durability Index Properties, part 1 – Test 1 – Suggested method for determination of the water content of a rock sample.
- UNI EN 1097-5 (2008). Determinazione del contenuto d'acqua per essiccazione in forno ventilato. Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Parte 5: Determinazione del contenuto d'acqua per essiccazione in forno ventilato

3.9.2.2 Determinazione della massa volumica apparente su provini squadrati o informi

Riferimenti normativi:

- UNI EN 1097-6 (2013). Determinazione della massa volumica dei granuli e dell'assorbimento d'acqua - Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Parte 6: Determinazione della massa volumica dei granuli e dell'assorbimento d'acqua
- UNI 1936 (2007) Determinazione della massa volumica reale e apparente e della porosità totale e aperta
- ISRM (1979). Suggested Methods for Determining Water Content, Porosity, Density, Absorption and Related Properties and Swelling and Slake-Durability Index Properties, part 1 – Test 2 – Suggested method for porosity/density determination using saturation and caliper techniques.
- BS 812-1995. Testing aggregates. Methods for determination of density

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 220 di 232

3.9.2.3 Determinazione della massa volumica apparente di aggregati (massa in mucchio)

Riferimenti normativi:

- UNI EN 1097-3 (1999). Determinazione della massa volumica in mucchio e dei vuoti intergranulari.
- UNI 1936 (2007) Determinazione della massa volumica reale e apparente e della porosità totale e aperta
- CNR-BU n.76-1980. Determinazione della massa volumica di aggregati assestati con Tavola a scosse.

3.9.2.4 Determinazione della massa volumica reale

Riferimenti normativi:

- R.D. N.2232 DEL 16/11/1939. Norme per l'accettazione delle pietre naturali da costruzione
- CNR-BU n.64-1978. Determinazione della massa volumica reale dei granuli di un aggregato.
- BS 1377-1990. Methods of test for soils for civil engineering purposes. Part 2: Classification tests.
- ISRM (1979). Suggested Methods for Determining Water Content, Porosity, Density, Absorption and Related Properties and Swelling and Slake-Durability Index Properties, part 1 – Test 4 – Suggested method for porosity/density determination using mercury displacement and grain specific gravity techniques.
- UNI 1936 (2007) Determinazione della massa volumica reale e apparente e della porosità totale e aperta
- CNR-BU n.76-1980. Determinazione della massa volumica di aggregati assestati con Tavola a scosse.

3.9.2.5 Analisi granulometrica per vagliatura mediante setacci serie UNI, ASTM o BS

Riferimenti normativi:

- BS 812-1985. Testing aggregates. Method for determination of particle size distribution. Sieve tests.
- UNI EN 933-1 (2012). Analisi granulometrica per stacciatura.
- ASTM D2217-85 (1998) Standard practice for Wet Preparation of Soil Samples for Particle Analysis and Determination of Soil Constants (Withdrawn 2007)

3.9.2.6 Determinazione dei coefficienti di forma e di appiattimento

Riferimenti normativi:

- UNI EN 933-3 (2012). Determinazione della forma dei granuli. Coefficiente di appiattimento.
- UNI EN 933-4 (2008). Determinazione della forma dei granuli. Indice di forma.

3.9.2.7 Determinazione macroscopica dei caratteri litologici di una roccia

Riferimenti normativi:

- CNR-BU n.104-1984. Identificazione delle rocce più comuni impiegate come aggregati stradali.
- ASTM C119-01. Standard Terminology Relating to Dimension Stone.
- UNI EN 932-3 (2004). Procedura e terminologia per la descrizione petrografica semplificata
- ASTM D653-02. Standard Terminology Relating to Soil, Rock, and Contained Fluids

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 221 di 232

3.9.2.8 Analisi petrografica mediante determinazione microscopica su sezione sottile dei componenti mineralogici di campioni di roccia, compresa la preparazione di una sezione sottile

Scopo dell'analisi è il riconoscimento dei minerali costituenti la roccia di provenienza e quindi la definizione precisa del litotipo. E' inoltre possibile ottenere utili informazioni sull'evoluzione strutturale del litotipo stesso attraverso l'esame dei rapporti reciproci tra i diversi minerali costituenti.

A. Preparazione

La sezione sottile di roccia andrà preparata per smerigliature successive a partire da una fetta di roccia tagliata con sega circolare (con getto d'acqua) dal campione relativo, fino ad ottenere una sezione sottile di spessore compreso tra 20 e 35 micron e superficie 2-6 cm² fissata a due vetrini (portaoggetti di spessore 1 mm e coprioggetti di spessore 0,1 mm) mediante balsamo del Canada (indice di rifrazione n=1,542).

B. Esame

In generale la descrizione del campione deve comprendere gli aspetti mineralogici, tessiturali e micro-strutturali della roccia seguendo come base la metodologia ISRM (Suggested method for petrographic description of rocks), tramite esame eseguito al microscopio polarizzatore; in particolare dovranno essere descritte tutte le strutture individuabili a scala microscopica (forma e contorno dei minerali, microfratture, sfaldature, micropieghe, inclusioni, ecc., costituenti il cosiddetto "fabric" della roccia di provenienza), i rapporti di accrescimento reciproco tra i singoli minerali e ogni altra informazione che possa contribuire alla ricostruzione degli eventi subiti dal litotipo costituente l'ammasso roccioso di provenienza.

Dei singoli minerali componenti dovranno essere indicati percentuali e caratteristiche ottiche così come individuate dall'analisi microscopica (indici di rifrazione, birifrangenza, tipo e angolo di estinzione, segno ottico, angolo 2V), in modo da definire nel dettaglio i componenti mineralogici e la classifica del litotipo secondo la nomenclatura vigente.

Documenti da consegnare.

Relazione di commento contenente i minerali individuati, le loro caratteristiche e il litotipo di appartenenza, corredata da fotografie a colori eseguite al microscopio polarizzatore su punti significativi della sezione sottile.

Riferimenti normativi:

- ISRM 1977 " Suggested Methods for Petrographic Description of Rock"

3.9.2.9 Determinazione dell'assorbimento d'acqua

Riferimenti normativi:

- R.D. N.2232 DEL 16/11/1939. Norme per l'accettazione delle pietre naturali da costruzione
- UNI EN 1097-6 (2013). Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Parte 6: Determinazione della massa volumica dei granuli e dell'assorbimento d'acqua

3.9.2.10 Analisi diffrattometrica su campione di roccia per la identificazione e la determinazione percentuale dei minerali presenti

Scopo dell'analisi è il riconoscimento di quei minerali non facilmente individuabili attraverso l'esame in sezione sottile al microscopio polarizzatore.

L'analisi verrà eseguita per i minerali fillosilicatici su polveri a granulometria inferiore ai 2 micron.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 222 di 232

A. Preparazione

Dopo aver finemente macinato in un mortaio il materiale, una frazione di questo andrà disperso in una soluzione di acqua distillata con alcune gocce di ammoniaca; dopo agitazione per circa 3 ore e sedimentazione successiva per circa 12 ore, si preleverà la porzione superficiale che verrà centrifugata e lasciata asciugare prima di essere deposta su un vetrino per l'analisi ai raggi x.

B. Esame

Le polveri ottenute secondo la procedura sopra descritta verranno frazionate ed analizzate con tre trattamenti differenti: frazione ottenuta per sola sedimentazione, frazione sedimentata e trattata con glicol etilico, frazione sedimentata e riscaldata a 650 °C per 2 ore.

L'analisi consiste nel colpire le polveri da esaminare con un fascio di raggi x monocromatici determinando la dispersione angolare e l'intensità di diffrazione prodotte dalle polveri stesse.

Sul diffrattogramma così ottenuto si leggerà la posizione delle righe di dispersione rispetto al raggio diretto, che è caratteristica di ogni minerale.

Documenti da consegnare.

- a) Diffrattogrammi originali;
- b) Relazione di commento alla preparazione delle polveri, ai risultati ottenuti ed alla individuazione dei minerali presenti.

3.9.2.11 Determinazione dell'equivalente in sabbia mediante tre prove

Riferimenti normativi:

- UNI EN 933-8 (2000). Valutazione dei fini. Prova dell'equivalente in sabbia.
- ASTM D2419-95. Standard Test Method for Sand Equivalent Value of Soils and Fine Aggregate.

3.9.2.12 Determinazione del contenuto di impurezze organiche

Riferimenti normativi:

- BS 1377-1990. Methods of test for soils for civil engineering purposes.
- UNI EN 1744-1 (2013) Prove per determinare le proprietà chimiche degli aggregati - Parte 1: Analisi chimica

3.9.2.13 Determinazione del contenuto di solfati solubili di un aggregato

Riferimenti normativi:

- BS 812-1988. Testing aggregates. Methods for determination of sulphate content.

UNI EN 1744-1 (2013). Prove per determinare le proprietà chimiche degli aggregati - Parte 1: Analisi chimica

3.9.2.14 Determinazione del contenuto di cloruri solubili di un aggregato

Riferimenti normativi:

UNI EN 1744-1 (2013). Prove per determinare le proprietà chimiche degli aggregati - Parte 1: Analisi chimica

- BS 812-1988. Testing aggregates. Methods for determination of water-soluble chloride salts.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 223 di 232

3.9.2.15 Determinazione del tenore in silice

La determinazione del tenore in silice dovrà essere effettuata su campioni di roccia preventivamente frantumati e polverizzati. Il metodo prevede la disgregazione mediante fusione alcalina e solubilizzazione acida delle perle di fusione.

Il contenuto in silice deve essere poi determinato per via gravimetrica.

Documenti da consegnare

- a) identificazione completa del campione sottoposto a prova;
- b) quantità di materiale analizzato;
- c) tenore in silice espresso in percentuale con indicazione della prima cifra decimale;
- d) documentazione delle misure eseguite;
- e) copia del certificato di taratura degli strumenti di misura e di controllo impiegati di data non anteriore di sei mesi alla data di prova.

3.9.2.16 Determinazione del tenore in carbonati totali

Riferimenti normativi:

- ASTM D4373-02. Standard Test Method for Calcium Carbonate Content of Soils.
- BS 1377-1990. Methods of test for soils for civil engineering purposes. Part 3: Chemical and electrochemical tests. Clause 6 "Determination of the carbonate content".

3.9.2.17 Determinazione del modulo di finezza, esclusa la setacciatura

Riferimenti normativi:

- UNI EN 933-1 (2012). Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Parte 1: Determinazione della distribuzione granulometrica - Analisi granulometrica per setacciatura
- UNI EN 933-9 (2013) Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Parte 9: Valutazione dei fini - Prova blu di metilene

3.9.2.18 Determinazione della resistenza alla degradazione mediante solfati

Riferimenti normativi:

- UNI EN 1367-2 (2010). Prove per determinare le proprietà termiche e la degradabilità degli aggregati - Parte 2: Prova al solfato di magnesio

3.9.3 DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE MECCANICHE DELLE TERRE

3.9.3.1 Prova di compressione ad espansione laterale libera con rilievo delle curve sforzi/deformazioni su un provino di diametro da 35 a 100 mm compresa la determinazione del contenuto in acqua e del peso di unità di volume

Riferimenti normativi:

- ASTM D2166-00. Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Cohesive Soil.
- BS 1377-1990. Methods of test for soils for civil engineering purposes.
- UNI CEN ISO/TS 17892-7 (2005). Indagini e prove geotecniche - Prove di laboratorio sui terreni - Parte 7: Prova di compressione non confinata su terreni a grana fine .

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 224 di 232

3.9.3.2 Prova di taglio diretto con scatola di Casagrande su tre provini con rilievo delle deformazioni verticali e delle curve sforzi/deformazioni trasversali nonché determinazione per ogni provino del contenuto in acqua e del peso di unità di volume

Riferimenti normativi:

- Associazione Geotecnica Italiana (1994). Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio
- ASTM D3080-98. Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions.
- BS 1377-1990. Methods of test for soils for civil engineering purposes.
- UNI CEN ISO/TS 17892-10 (2005). Indagini e prove geotecniche - Prove di laboratorio sui terreni - Parte 10: Prove di taglio diretto.

3.9.3.3 Prova di taglio con apparecchio anulare per la determinazione della resistenza residua su tre provini con rilievo delle deformazioni verticali e delle curve sforzi/deformazioni nonché determinazione, per ogni provino, del contenuto in acqua e del peso di unità di volume

Riferimenti normativi:

- ASTM D6467-99. Standard Test Method for Torsional Ring Shear Test to Determine Drained Residual Shear Strength of Cohesive Soils
- UNI CEN ISO/TS 17892-10 (2005). Indagini e prove geotecniche - Prove di laboratorio sui terreni - Parte 10: Prove di taglio diretto.

3.9.3.4 Prova di taglio con scissometro da laboratorio (Vane Test), su un provino, compresa la determinazione della resistenza al taglio residua

Riferimenti normativi:

- ASTM D4648-00. Standard Test Method for Laboratory Miniature Vane Shear Test for Saturated Fine-Grained Clayey Soil.
- BS 1377-1990. Methods of test for soils for civil engineering purposes.

3.9.3.5 Prova di compressione triassiale eseguita su tre provini con rilievo di tutti i diagrammi necessari per l'interpretazione dei risultati

Riferimenti normativi:

- Associazione Geotecnica Italiana (1994). Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio
- ASTM D4767-95. Standard Test Method for Consolidated Undrained Triaxial Compression Test for Cohesive Soils.
- ASTM D2850-95 (1999). Standard Test Method for Unconsolidated-Undrained Triaxial Compression Test on Cohesive Soils.
- BS 1377-1990. Methods of test for soils for civil engineering purposes.
- UNI CEN ISO/TS 17892-8 (2005). Indagini e prove geotecniche - Prove di laboratorio sui terreni - Parte 8: Prova triassiale non consolidata non drenata.
- UNI CEN ISO/TS 17892-9 (2005). Indagini e prove geotecniche - Prove di laboratorio sui terreni - Parte 9. Prove di compressione triassiale, consolidate, su terreni saturi.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 225 di 232

3.9.3.6 Prova di compressione edometrica da eseguire su campioni indisturbati secondo uno schema di carico e scarico stabilito dalle Ferrovie

Il coefficiente E_{cd} dovrà essere calcolato per ogni intervallo di carico, mentre la determinazione dei coefficienti C_v e K verrà eseguita su tre intervalli di carico da scegliersi in base alle tensioni litostatiche esistenti e ai sovraccarichi da applicare, salvo diversa indicazione delle Ferrovie. La determinazione del T_{50} (o T_{90}) e della pressione massima di consolidazione dovrà essere riportata rispettivamente sui grafici abbassamenti/ $\log T$ e indice dei vuoti/ $\log p$.

Riferimenti normativi:

- Associazione Geotecnica Italiana (1994). Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio
- BS 1377-1990. Methods of test for soils for civil engineering purposes. Part 5: Compressibility, permeability and durability tests.
- ASTM D2435-96. Standard Test Method for One-Dimensional Consolidation Properties of Soils.
- UNI CEN ISO/TS 17892-5 (2005). Indagini e prove geotecniche - Prove di laboratorio sui terreni - Parte 5. Prova edometrica ad incrementi di carico.

3.9.3.7 Determinazione della pressione di rigonfiamento in cella edometrica

Riferimenti normativi:

- ASTM D4546-96. Standard Test Method for One-Dimensional Swell or Settlement Potential of Cohesive Soils – Method C.
- ISRM (1979). Suggested Methods for Determining Water Content, Porosity, Density, Absorption and Related Properties and Swelling and Slake-Durability Index Properties, part 2.
- UNI CEN ISO/TS 17892-5 (2005). Indagini e prove geotecniche - Prove di laboratorio sui terreni - Parte 5. Prova edometrica ad incrementi di carico.

3.9.3.8 Determinazione del rigonfiamento lineare in cella edometrica

Riferimenti normativi:

- ASTM D4546-96. Standard Test Method for One-Dimensional Swell or Settlement Potential of Cohesive Soils – Method A
- ISRM (1979). Suggested Methods for Determining Water Content, Porosity, Density, Absorption and Related Properties and Swelling and Slake-Durability Index Properties, part 2.
- UNI CEN ISO/TS 17892-5 (2005). Indagini e prove geotecniche - Prove di laboratorio sui terreni - Parte 5. Prova edometrica ad incrementi di carico.

3.9.3.9 Prova di colonna risonante (RC)

La prova di colonna risonante è una prova di laboratorio dinamica che consiste nell'applicare a un provino in cella cilindrica una sollecitazione pulsante torsionale ciclica, ad una frequenza tale da mandare in risonanza il sistema provino-oscillatore.

Modalità esecutive e caratteristiche della strumentazione:

La prova dovrà essere effettuata su un provino di terreno di forma cilindrica avente diametro \geq a 50 mm, tramite apparecchiatura dotata di motore torsionale capace di applicare l'eccitazione alla sommità del provino alla sommità del provino fino ad una frequenza non inferiore a 250 Hz, con cella triassiale con capacità di confinamento non inferiore a 1000 kPa, con sistema di misurazione delle pressioni di cella ed interstiziali a due trasduttori di pressione con linearità pari a 0,25%, in un campo di applicazione di 1000 kPa, con

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 226 di 232

trasduttore differenziale di pressione per la determinazione delle variazioni volumetriche con una capacità non inferiore a 500 ml di acqua e 0,25% di linearità, comprensiva di almeno n°10 determinazioni del modulo di taglio e dello smorzamento eseguite su uno stato tensionale isotropo.

Documenti da consegnare:

La documentazione da fornire dovrà comprendere almeno, salvo diversa indicazione delle Ferrovie:

- a) Informazioni generali;
- b) identificazione completa del campione e del provino sottoposto a prova;
- c) tabella riassuntiva con i valori del modulo di taglio G , della deformazione di taglio γ , del rapporto di smorzamento D e dell'incremento delle pressioni neutre Δu durante le varie fasi della prova e nella fase di decadimento;
- d) valore del modulo di taglio G_{max} espresso in percentuale di quello critico;
- e) grafico del modulo di taglio G in funzione della deformazione di taglio γ ;
- f) grafico dello smorzamento D in funzione della deformazione di taglio γ ;
- g) grafico del modulo di taglio G/G_{max} in funzione della deformazione di taglio γ

Riferimenti normativi:

- ASTM D 4015-07 - Standard Test Methods for Modulus and Damping of Soils by the Resonant-Column Method.

3.9.4 DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE MECCANICHE DI ROCCE E AGGREGATI

3.9.4.1 Taglio di provini prismatici, di dimensioni max cm 20 di lato, da blocchi informi di roccia o da spezzoni di carota di roccia.

3.9.4.2 Carotaggio di provini cilindrici da blocchi informi di roccia o da spezzoni di carota di roccia

Riferimenti normativi:

- ASTM D4543-01. Standard Practices for Preparing Rock Core Specimens and Determining Dimensional and Shape Tolerances.

3.9.4.3 Spianatura e rettifica di provini cilindrici o prismatici di roccia

Riferimenti normativi:

- ASTM D4543-01. Standard Practices for Preparing Rock Core Specimens and Determining Dimensional and Shape Tolerances.

3.9.4.4 Prova di compressione monoassiale su provini di roccia cilindrici o prismatici

Riferimenti normativi:

- ASTM D2938-95. Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Intact Rock Core Specimens.
- ISRM (1979). Suggested methods for determining the uniaxial compressive strength and deformability of rock materials.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 227 di 232

3.9.4.5 Prova di compressione monoassiale su provini di roccia cilindrici o prismatici, con determinazione della deformabilità orizzontale e verticale (mediante l'applicazione di almeno 4 estensimetri elettrici) e con rilievo del comportamento post-rottura del provino

Riferimenti normativi:

- ASTM D2938-95. Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Intact Rock Core Specimens.
- ASTM 3148- 02. Standard Test Method for Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens in Uniaxial Compression
- ISRM (1979). Suggested methods for determining the uniaxial compressive strength and deformability of rock materials.
- Rivista Italiana di Geotecnica (1994). Raccomandazioni per determinare la resistenza a compressione monoassiale e la deformabilità dei materiali rocciosi, n° 3.

3.9.4.6 Determinazione delle costanti elastiche dinamiche di provini di roccia mediante ultrasuoni utilizzando almeno tre valori diversi di frequenza

Riferimenti normativi:

- ASTM D2845-00. Standard Test Method for Laboratory Determination of Pulse Velocities and Ultrasonic Elastic Constants of Rock.
- ISRM (1978). Suggested methods for determining sound velocity.

3.9.4.7 Determinazione della resistenza a trazione con prova indiretta "Brasiliana" su provini di roccia cilindrici

Riferimenti normativi:

- ISRM (1978). Suggested Method for Determining Indirect Tensile Strength by Brazil Test.

3.9.4.8 Prova di carico puntiforme per la determinazione dell'indice di resistenza "Franklin" (Point Load Strength Test) su provini cilindrici e/o su frammenti informi di roccia

La prova va eseguita su indicazione delle Ferrovie sia sui provini cilindrici (ad esempio spezzoni di carote di perforazione) che su frammenti o blocchi di roccia informi; in entrambi i casi il risultato dovrà essere riferito a quello relativo a provini di misura standard (50 mm).

Riferimenti normativi:

- ASTM D5731-95. Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock
- ISRM (1985). Suggested methods for determining Point Load Strength.
- Rivista Italiana di Geotecnica (1994). Raccomandazioni per la misura della resistenza al punzonamento, n° 1.

3.9.4.9 Determinazione dell'angolo di attrito di base di una roccia mediante "Tilt Test, compreso il taglio a sega della superficie di prova

La prova dovrà essere condotta (Barton N.-Choubey V.- "The shear strength of rock joints, theory and practice", Rock Mechanics, vol. 10, 1977) determinando l'angolo di attrito di base mediante almeno n.5 test di scorrimento su superficie liscia (di area minima pari a 150 cm²), ottenuta mediante semplice intaglio con sega circolare.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 228 di 232

Le superfici di prova dovranno essere pulite con acqua per rimuovere la polvere del taglio e, successivamente, seccate all'aria.

Per ciascun test dovrà essere determinato il valore dello sforzo normale applicato e l'indice di Schmidt sulla superficie di prova.

Per ciascuna prova dovrà essere redatto un certificato riportante tutte le determinazioni eseguite ed il calcolo del valore medio dell'angolo di attrito di base misurato.

3.9.4.10 Prova di durezza superficiale su roccia e/o struttura muraria mediante impiego di sclerometro (martello di Schmidt)

Riferimenti normativi:

- ISRM (1977). Suggested methods for determining hardness and abrasiveness of rocks.
- ISRM (1993). Supporting paper on a suggested improvement to the Schmidt rebound hardness ISRM suggested method with particular reference to rock machine ability.
- ASTM D5873-00. Standard Test Method for Determination of Rock Hardness by Rebound Hammer Method.
- UNI EN 12504-2 (2012). Prove non distruttive. Determinazione dell'indice sclerometrico.

3.9.4.11 Determinazione del coefficiente di abrasione "Los Angeles"

Riferimenti normativi:

- UNI EN 1097-2 (2010). Metodi per la determinazione della resistenza alla frammentazione.
- ASTM C131-01. Standard Test Method for Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine.
- ASTM C535-01. Standard Test Method for Resistance to Degradation of Large-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine.
- UNI EN 14617-4 (2012) Lapidei agglomerati - Metodi di prova - Parte 4: Determinazione della resistenza all'abrasione.

3.9.4.12 Prova di compressione triassiale a velocità di deformazione controllata su provini di roccia con installazione di almeno 4 estensimetri elettrici di misura delle deformazioni longitudinali e trasversali all'asse di carico

Prova di compressione triassiale a velocità di deformazione controllata su provini di roccia con installazione di almeno 4 estensimetri elettrici di misura delle deformazioni longitudinali e trasversali all'asse di carico, esclusa la preparazione del provino.

Riferimenti normativi:

- ASTM D2664-95a. Standard Test Method for Triaxial Compressive Strength of Undrained Rock Core Specimens Without Pore Pressure Measurements.
- ASTM D5407-95 (2000). Standard Test Method for Elastic Moduli of Undrained Intact Rock Core Specimens in Triaxial Compression without Pore Pressure Measurement.
- ISRM (1978). Suggested Methods for Determining the Strength of Rock Materials in Triaxial Compression.
- ISRM (1983). Suggested Methods for Determining the Strength of Rock Materials in Triaxial Compression: revised version.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 229 di 232

3.9.4.13 Prova di taglio su giunti di roccia compresa la determinazione della resistenza residua

Prova di taglio su giunti di roccia compresa la determinazione della resistenza residua, esclusa la preparazione del provino.

Riferimenti normativi:

- ISRM (1974). Suggested Methods for Determining Shear Strength, Document 1.
- ASTM D5607-02. Standard Test Method for Performing Laboratory Direct Shear Strength Tests of Rock Specimens Under Constant Normal Force.

3.9.4.14 Prova di durabilità (Slake Durability Test) su materiale lapideo

Riferimenti normativi:

- ISRM (1979). Suggested Methods for Determining Water Content, Porosity, Density, Absorption and Related Properties and Swelling and Slake-Durability Index Properties, part 2.
- ASTM D4644-87 (1998). Standard Test Method for Slake Durability of Shales and Similar Weak Rocks.

3.9.4.15 Prova di costipamento di una terra per la determinazione della densità massima e dell'umidità ottimale mediante prova ASSTHO Standard o modificata eseguita su almeno 5 provini

Riferimenti normativi:

- BS 1377-1990. Methods of test for soils for civil engineering purposes. Part 4: Compaction related tests. Clause 3 "Determination of dry density/moisture content relationship"
- ASTM D1557-00. Test Method for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort (56,000 ft-lbf/ft³ (2,700 kN-m/m³);
- ASTM D698-00a. Test Method for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort (12,400 ft-lbf/ft³ (600 kN-m/m³);
- UNI EN 13286-2 (2010) Miscela non legate e legate con leganti idraulici - Parte 2 - Metodi di prova per la determinazione della massa volumica e del contenuto di acqua di riferimento di laboratorio - Costipamento Proctor.

3.9.4.16 Determinazione dell'indice "CBR" su un provino preparato in laboratorio mediante compattazione ed imbibizione in acqua per 4 giorni

Determinazione dell'indice CBR su un provino preparato in laboratorio mediante compattazione ed imbibizione in acqua per 4 giorni, compresa la preparazione del provino.

Riferimenti normativi:

- BS 1377-1990. Methods of test for soils for civil engineering purposes. Part 4: Compaction related tests. Clause 7 "Determination of California Bearing Ratio (CBR)"
- ASTM D1883-99. Standard Test Method for CBR (California Bearing Ratio) of Laboratory-Compacted Soils.
- UNI EN 13286 -47 (2012) Miscela non legate con leganti idraulici - Parte 47: Metodo di prova per la determinazione dell'indice di portanza CBR, dell'indice di portanza immediata e del rigonfiamento

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 230 di 232

3.9.4.17 Determinazione della resistenza al gelo di un aggregato

Riferimenti normativi:

- UNI EN 1367-1 (2007). Determinazione della resistenza al gelo e disgelo.
- UNI EN 14617 – 6 (2012) Metodi di prova - Parte 6: Determinazione della resistenza agli sbalzi termici

3.9.4.18 Determinazione della resistenza al gelo di pietre da costruzione, lastre da pavimentazione, da eseguire su 24 provini cubici di lato 71 mm per le rocce a grana fine e mm 100 per le rocce a grana grossa mediante prove di compressione su provini asciutti, provini saturi d'acqua e su provini sottoposti a cicli di gelo e disgelo

Riferimenti normativi:

- R.D. N.2232 DEL 16/11/1939. Norme per l'accettazione delle pietre naturali da costruzione
- UNI EN 12371 (2010) Metodo di prova per pietre naturali - Determinazione della resistenza al gelo
- UNI EN 14617 – 5 (2012) Lapidei agglomerati - Metodo di Prova 5: Determinazione della resistenza al gelo e disgelo

3.9.5 DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE CHIMICHE, FISICHE E BIOLOGICHE DI ACQUE NATURALI

3.9.5.1 Prelievo di un campione d'acqua da pozzi, piezometri, corsi d'acqua ecc. raccolto in contenitore sterilizzato di vetro o di materiale plastico a chiusura ermetica

Riferimenti normativi:

- UNI-CHIM (1997), manuale n° 157.

3.9.5.2 Determinazione del contenuto in cloruri.

Riferimenti normativi:

- UNI ISO 9297 (2009) - Qualità dell'acqua - Determinazione dei cloruri - Titolazione con nitrato di argento ed indicatore cromato (Metodo di Mohr)
- CNR-IRSA (1976). Metodi analitici per le acque. Vol. I

3.9.5.3 Determinazione del contenuto in solfati.

Riferimenti normativi:

- UNICHIM (1995), metodo MU n° 932:95.
- CNR-IRSA (1976). Metodi analitici per le acque. Vol. II

3.9.5.4 Determinazione del contenuto in solfuri.

Riferimenti normativi:

- UNICHIM (1995), metodo MU n° 945:95 “Determinazione dei Solfuri solubili”
- CNR-IRSA (1976). Metodi analitici per le acque. Vol. II

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 231 di 232

3.9.5.5 Determinazione del contenuto in carbonati.

Riferimenti normativi:

- Standard Methods for the examination of water and wastewater, n° 2320, 18a edizione, 1992.
- CNR-IRSA (1976). Metodi analitici per le acque. Vol. I

3.9.5.6 Determinazione del contenuto in bicarbonati.

Riferimenti normativi:

- UNICHIM (1995), metodo MU n° 1071:95
- Standard Methods for the examination of water and wastewater, n° 2320, 18a edizione, 1992.
- CNR-IRSA (1976). Metodi analitici per le acque. Vol. I

3.9.5.7 Determinazione del contenuto in CO₂ libera.

Riferimenti normativi:

- UNI-UNICHIM 10507 (1996). «Acque destinate al consumo umano – determinazione dell’anidride carbonica libera - Metodo elettrochimico a sonda»

3.9.5.8 Determinazione del contenuto in nitrati.

Riferimenti normativi:

- UNI EN ISO 13395 (2000). Qualità dell’acqua - Determinazione dell’azoto nitroso e dell’azoto nitrico e della somma dei due per analisi in flusso (CFA e FIA) e rivelazione spettrometrica
- CNR-IRSA (1976). Metodi analitici per le acque. Vol. I

3.9.5.9 Determinazione del contenuto in nitriti.

Riferimenti normativi:

- UNI EN ISO 13395 (2000). Qualità dell’acqua - Determinazione dell’azoto nitroso e dell’azoto nitrico e della somma dei due per analisi in flusso (CFA e FIA) e rivelazione spettrometrica
- CNR-IRSA (1976). Metodi analitici per le acque. Vol. I

3.9.5.10 Determinazione della durezza.

Riferimenti normativi:

- UNI-UNICHIM 10505:96
- CNR-IRSA (1976). Metodi analitici per le acque. Vol. I

3.9.5.11 Determinazione del pH.

Riferimenti normativi:

- UNI-UNICHIM 10501 (1996). «Acque destinate al consumo – misure del PH – Metodo potenziometrico»
- CNR-IRSA (1976). Metodi analitici per le acque. Vol. II

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 232 di 232

3.9.5.12 Analisi batteriologica con determinazione di coliformi totali, coliformi fecali, streptococchi e salmonelle.

Riferimenti normativi:

- UNI EN ISO 9308-1 (2002). Qualità dell'acqua - Ricerca ed enumerazione di Escherichia coli e batteri coliformi - Metodo di filtrazione su membrana
- UNICHIM, metodo MU n° 959:94
- UNI 10675 (2010): "Acque destinate al consumo umano - Ricerca e conta dei coliformi totali - Tecnica del numero più probabile (MPN)"
- UNI 10677 (2011) "Acque destinate al consumo umano - Ricerca e conta degli enterococchi (streptococchi fecali) - Tecnica del numero più probabile (MPN)"

3.9.5.13 Determinazione della conducibilità e della temperatura.

Riferimenti normativi:

- UNICHIM, metodo MU n° 930/94
- UNI 10500 (1996) - Acque destinate al consumo umano-misure della temperatura
- CNR-IRSA (1976). Metodi analitici per le acque. Vol. I – II

3.9.5.14 Determinazione del contenuto in calcio.

Riferimenti normativi:

- UNI EN ISO 7980 (2002) Qualità dell'acqua - Determinazione di calcio e magnesio - Metodo per spettrometria di assorbimento atomico
- CNR-IRSA (1976). Metodi analitici per le acque. Vol. II

3.9.5.15 Determinazione del contenuto in magnesio.

Riferimenti normativi:

- UNI-UNICHIM 10541 (1996). Acque destinate al consumo umano - Metodo 902 Magnesio
- CNR-IRSA (1976). Metodi analitici per le acque. Vol. II
- UNI 7980 (2002) Qualità dell'acqua - Determinazione di calcio e magnesio - Metodo per spettrometria di assorbimento atomico

3.9.5.16 Determinazione del contenuto in sodio.

Riferimenti normativi:

- UNI-UNICHIM 10543 (1996). «Acque destinate al consumo umano - Determinazione del Sodio - Metodo AAS Fiamma»
- CNR-IRSA (1976). Metodi analitici per le acque. Vol. II

3.9.5.17 Determinazione del contenuto in potassio.

Riferimenti normativi:

- UNI-UNICHIM 10542 (1996). «Acque destinate al consumo umano- Determinazione del Potassio – Metodo AAS Fiamma»
- CNR-IRSA (1976). Metodi analitici per le acque. Vol. II

**CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO
DELLE OPERE CIVILI**

**PARTE II - SEZIONE 4
DEMOLIZIONI**

- 4.1. SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE
- 4.2. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO
- 4.3. DEFINIZIONI
- 4.4. ABBREVIAZIONI
- 4.5. ONERI E PRESCRIZIONI GENERALI
- 4.6. CONTROLLI

Rev.	Data	Descrizione	Redazione	Verifica Tecnica	Autorizzazione
A	30/12/2016	Emissione per applicazione	D.Magnifico	A.Rinaldi	F.Iacobini
B	22/12/2017	Emissione per applicazione	D.Magnifico <i>[Signature]</i>	A.Rinaldi <i>[Signature]</i>	F.Iacobini <i>[Signature]</i>

INDICE

4.1	SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE	3
4.2	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO.....	3
4.2.1	NORMATIVA NAZIONALE	3
4.3	DEFINIZIONI.....	3
4.4	ABBREVIAZIONI	4
4.5	ONERI E PRESCRIZIONI GENERALI	4
4.6	CONTROLLI	5
4.6.1	CONTROLLI PRELIMINARI.....	5
4.6.2	CONTROLLI FINALI.....	6
4.6.3	CONTROLLI RELATIVI A DANNI E RIPRISTINI.....	6

4.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente sezione è parte integrante del Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle Opere Civili (RFI DTC SI SP IFS 001) e sostituisce la Sezione 4 della parte II del precedente Capitolato (cod. RFI DTC SI CS SP IFS 003 A - del 30/12/2016).

La presente sezione fa riferimento a tutte le demolizioni parziali o totali di opere civili, anche interrato, che si rendessero necessarie nel corso dell'esecuzione dei lavori qualunque siano il mezzo e la modalità utilizzati per eseguirle comprendendo anche le demolizioni di parti o strutture di acciaio o materiali simili.

4.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

I lavori saranno eseguiti in accordo alle norme di legge, istruzioni e normative tecniche applicabili, nonché a tutte quelle indicate nel presente documento e nelle sezioni di Capitolato richiamate nel testo. Si elencano di seguito la principale normativa e documentazione di riferimento.

4.2.1 NORMATIVA NAZIONALE

- Legge 27/03/1992, n. 257 “Norme relative alla cessazione dell’impiego dell’amianto“ e relativa Circolare 17/02/1993, n. 124976 del Ministero dell’Industria del Commercio e dell’Artigianato: “Modello unificato dello schema di relazione di cui all’art. 9, commi 1 e 3, della legge 27 marzo 1992, n. 257, concernente le imprese che utilizzano amianto nei processi produttivi o che svolgono attività di smaltimento o di bonifica dell’amianto“
- Decreto Ministeriale Sanità 06/09/1994 “Normative e metodologie tecniche di applicazione dell’art. 6, comma 3, e dell’art. 12, comma 2, della legge 27 marzo 1992, n. 257, relativa alla cessazione dell’impiego dell’amianto“ e relativa Circolare Ministero Sanità 12/04/1995, n. 7 “Circolare esplicativa del decreto ministeriale 06/09/1994”
- Decreto Ministeriale Sanità 14/05/1996 “Normative e metodologie tecniche per gli interventi di bonifica, ivi compresi quelli per rendere innocuo l’amianto, previsti dall’art. 5, comma 1, lettera f), della legge 27 marzo 1992, n. 257, recante “Norme relative alla cessazione dell’impiego dell’amianto”
- D.lgs. 03 aprile 2006, n. 152 “Norme in materia ambientale”
- D.lgs. 09 aprile 2008, n. 81 “Attuazione dell’articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro” e s.m.i.

4.3 DEFINIZIONI

Contratto: contratto di appalto o di concessione avente per oggetto l’acquisizione di servizi, o di forniture, ovvero l’esecuzione di opere o lavori, posti in essere dalla stazione appaltante;

ESECUTORE: Soggetto incaricato dell’esecuzione dei lavori (Appaltatore, General Contractor, Contraente Generale);

FERROVIE: Rete Ferroviaria Italiana S.p.A. o chi agisce in nome e per conto di Rete Ferroviaria Italiana S.p.A. (Direzione Lavori, Alta sorveglianza)

Prova: forma di verifica che si effettua in ragione del contratto, delle disposizioni normative, delle disposizioni delle FERROVIE.

4.4 ABBREVIAZIONI

CE: Comunità Europea

CNR: Centro Nazionale delle Ricerche

DPI: Dispositivi di protezione individuale

DPR: Decreto Presidente della Repubblica

DUVRI: Documento unico valutazione dei rischi da interferenze

EN: Euro Norma

IEC: International Electro Technical Commission

ISO: International Organization for Standardization

POS: Piano operativo di sicurezza

PSC: Piano di sicurezza e coordinamento

SIGS: Sistema Integrato Gestione della Sicurezza

UNI: Ente Nazionale Italiano di Unificazione

4.5 ONERI E PRESCRIZIONI GENERALI

Per l'effettuazione dei lavori, l'ESECUTORE dovrà adottare tutti gli accorgimenti e le cautele atte a garantire la sicurezza, con particolare riferimento all'incolumità del personale addetto ai lavori. A tal fine dovrà osservare e far osservare scrupolosamente tutte le prescrizioni delle leggi vigenti.

Le attività di demolizione devono essere eseguite nel rispetto del Piano Operativo di Sicurezza (POS) dell'ESECUTORE, coordinato con il Piano di Sicurezza e Coordinamento (PSC).

Quando tale attività non rientra tra quelle previste, potrà essere eseguita, sempre nel rispetto del PSC, solo dopo che questo sia stato opportunamente aggiornato.

Prima dell'inizio dei lavori l'ESECUTORE è tenuto a redigere ed a trasmettere per approvazione alle FERROVIE una relazione tecnica che riporti:

- Data e luogo della demolizione;
- Oggetto della demolizione;
- Mezzi e attrezzature principali da impiegare;
- Modalità di demolizione;
- Tempistica d'intervento;
- Allontanamento o reimpiego del materiale demolito.

Nel caso d'impiego di esplosivi, sono a carico dell'ESECUTORE gli oneri connessi con la richiesta e l'ottenimento di tutti i permessi necessari da parte delle competenti Autorità, la fornitura di tutti i materiali necessari e il loro trasporto, stoccaggio e impiego in linea con le misure di sicurezza fissate dalla legge.

Sempre nel caso di impiego di esplosivi, o comunque per attività che richiedono particolari qualifiche, l'ESECUTORE è tenuto ad utilizzare personale in possesso dei titoli di qualifica previsti dalla legge, documentandolo opportunamente.

Le operazioni di rimozione e smaltimento di materiali contenenti amianto (MCA) dovranno essere condotte secondo quanto previsto dalla vigente normativa in materia di Ambiente e Sicurezza e, in particolare, secondo quanto previsto al titolo IX capo III del D.lgs. 81/2008 e s.m.i. Le attività dovranno essere condotte da impresa specializzata iscritta alla categoria 10 dell'Albo Nazionale Gestori Ambientali, istituito ai sensi del D.lgs. 152/2006 e dovranno essere applicate le disposizioni e apprestamenti prescritti nei Piani di Lavoro e dalle ASL competenti.

Sono a carico dell'ESECUTORE le operazioni connesse all'eventuale interruzione e ripristino di servizi elettrici e telefonici, reti di distribuzione acqua, gas, reti e canalette di drenaggio, ecc.

L'ESECUTORE è tenuto al recupero con ordine e alla eventuale pulizia di tutti i materiali dei quali, secondo le indicazioni del progetto, si prevede il riutilizzo. Tali materiali devono essere trasportati ed immagazzinati o accatastati nei luoghi previsti dal progetto o, quando non previsti, in aree rese disponibili dall'ESECUTORE, con le modalità concordate con le FERROVIE.

E' a carico dell'ESECUTORE il carico, il trasporto, lo scarico e la sistemazione differenziata in linea con la normativa vigente di tutto il materiale di rifiuto. Gli impianti di smaltimento o di recupero, se non già individuati dal progetto, devono essere proposti dall'ESECUTORE e approvati dalle FERROVIE. All'ESECUTORE in questo caso spetta anche l'ottenimento di tutti i permessi necessari.

Tra gli oneri dell'ESECUTORE rientra anche, salvo diverse prescrizioni di progetto, la pulizia delle aree sulle quali sono eseguite le opere di demolizione nonché il riempimento di eventuali scavi fino ad ottenere un piano di lavoro adeguato allo svolgimento delle successive operazioni previste dal progetto. Tutte queste operazioni, ed in particolare gli eventuali rinterrì, devono essere eseguite in linea con le prescrizioni delle pertinenti sezioni del capitolato.

Eventuali danni a terzi causati dalle operazioni di demolizione sono a carico dell'ESECUTORE.

Nel corso dei lavori deve, quindi, essere garantita la protezione delle installazioni circostanti. Spetta all'ESECUTORE la ricostruzione delle opere eventualmente danneggiate durante i lavori di demolizione, fino a riportarle nello stato in cui si trovavano prima dei lavori stessi, secondo quanto concordato nei Testimoniali di Stato.

L'ESECUTORE è, inoltre, tenuto a realizzare le opere provvisoriale e/o a definire le modalità operative finalizzate ad evitare la formazione e la propagazione della polvere eventualmente utilizzando anche convogliatori a terra (è vietato il getto dall'alto dei materiali di risulta).

L'ESECUTORE dovrà anche realizzare la recinzione provvisoria, apporre la necessaria segnaletica diurna e notturna e garantire la necessaria illuminazione nei luoghi soggetti alle demolizioni.

Tagli eventuali con fiamma ossidrica o con attrezzature elettromeccaniche e/o manuali rientrano nello scopo del lavoro dell'ESECUTORE.

In fase di demolizione si dovrà assolutamente evitare l'accumulo di materiali di risulta sulle strutture da demolire o sulle opere provvisoriale in misura tale che si verifichino sovraccarichi o spinte pericolose.

Dove necessario la predisposizione di adeguati consolidamenti del terreno circostante, prima di ogni rimozione di elementi strutturali, secondo le procedure descritte nella Sezione 10 "Opere di miglioramento, rinforzo e stabilizzazione" del presente Capitolato, è a carico dell'ESECUTORE come anche il riempimento degli scavi residui secondo modalità concordate con le FERROVIE.

4.6 CONTROLLI

4.6.1 CONTROLLI PRELIMINARI

L'ESECUTORE dovrà predisporre la documentazione indicata di cui al paragrafo 4.5.

In particolare, prima dell'inizio delle attività, l'ESECUTORE dovrà eseguire le verifiche previste su tutte le attrezzature di protezione, segnalazione e sicurezza previste, nonché sulle predisposizioni necessarie a garantire la salvaguardia dei manufatti circostanti l'opera da demolire e sulle opere provvisorie finalizzate ad evitare lo spandimento delle polveri.

4.6.2 CONTROLLI FINALI

A demolizione avvenuta devono essere verificati:

- la corretta ed efficace effettuazione della demolizione prevista;
- nel caso di impiego di esplosivi, il regolare brillamento di tutte le cariche predisposte;
- gli eventuali danni alle opere esistenti da salvaguardare;
- la qualifica dei mezzi adibiti al trasporto dei detriti e, se previsto il conferimento ad impianto di smaltimento/recupero, verificando che esso abbia le necessarie qualificazioni richieste dalla legge, in funzione del materiale conferito;
- la pulizia dell'area e le condizioni della superficie finita dell'area secondo quanto richiesto al paragrafo 4.5.

4.6.3 CONTROLLI RELATIVI A DANNI E RIPRISTINI

Nel caso l'ESECUTORE accerti danni a manufatti esistenti egli dovrà procedere come segue:

- dovrà emettere una relazione tecnica da trasmettere alle FERROVIE, nella quale si descrivano i danni riscontrati, si illustrino i provvedimenti provvisori e di ripristino che si prevede di effettuare sull'opera danneggiata.
- Dovrà procedere alla verifica dei danni contestualmente alle FERROVIE, se da queste richiesto.

A valle del ricevimento della relazione e dell'eventuale verifica congiunta, le FERROVIE potranno formulare eventuali commenti alle operazioni di ripristino previste.

Sulla base di questa relazione, a valle degli eventuali commenti delle FERROVIE, l'ESECUTORE dovrà emettere un piano di controlli relativo alle verifiche e collaudi correlati all'intervento sul manufatto danneggiato. Saranno adottate, a tale fine, procedure e specifiche relative ai tipi di lavorazioni o realizzazioni d'opera implicate nello svolgimento dell'intervento.

Tale Piano di Controlli. sarà trasmesso alle FERROVIE per approvazione.

Successivamente alla suddetta approvazione, l'ESECUTORE procederà, in concomitanza alle fasi relative, alle verifiche previste dal Piano di Controlli approvato.

Tutta la suddetta documentazione costituirà il dossier del restauro dell'opera danneggiata.

**CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO
DELLE OPERE CIVILI**

**PARTE II - SEZIONE 5
OPERE IN TERRA E SCAVI**


- 5.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE
- 5.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO
- 5.3 DEFINIZIONI
- 5.4 ABBREVIAZIONI
- 5.5 PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI
- 5.6 PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI
- 5.7 CONTROLLI
- 5.8 CONTROLLI SUGLI SCAVI
- 5.9 CONTROLLI SUI RINTERRI
- 5.10 CONTROLLI SUI RILEVATI

Rev.	Data	Descrizione	Redazione	Verifica Tecnica	Autorizzazione
A	30/12/2016	Emissione per Applicazione	A. Latorre	A. Rinaldi	F. Iacobini
B	22/12/2017	Emissione per Applicazione	A. Latorre G. Federico	A. Rinaldi	F. Iacobini

INDICE

5.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE.....	4
5.1.1 SCOPO	4
5.1.2 CAMPO D'APPLICAZIONE.....	4
5.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	4
5.2.1 NORMATIVA NAZIONALE	4
5.2.2 NORMATIVA TECNICA.....	5
5.2.3 NORMATIVA FERROVIARIA.....	6
5.3 DEFINIZIONI	6
5.4 ABBREVIAZIONI	6
5.5 PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI.....	6
5.5.1 DISERBAMENTO E SCOTICAMENTO	6
5.5.2 SCAVI IN GENERE	7
5.5.3 RINTERRI	8
5.5.4 RILEVATI	9
5.5.4.1 Rilevato ferroviario	10
5.5.4.2 Rilevato ferroviario a ridosso delle opere d'arte.....	15
5.5.4.2.1 Rilevato-viadotto.....	15
5.5.4.2.2 Rilevato-scatolare.....	15
5.5.4.3 Rilevato stradale	16
5.5.5 DUNE, RITOMBAMENTI, COLLINE ARTIFICIALI	16
5.5.6 TRINCEE.....	17
5.5.6.1 Trincee ferroviarie.....	17
5.5.6.2 Trincee stradali	17
5.5.7 STRATO “SUPERCOMPATTATO”.....	18
5.5.7.1 Strato “supercompattato” per rilevati e trincee ferroviarie	18
5.5.7.2 Strato di sottofondo per rilevati e trincee stradali	19
5.5.8 INERBIMENTO	20
5.6 PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI	20
5.6.1 PRESCRIZIONI ED ONERI PARTICOLARI PER LA GESTIONE DEI MATERIALI IN ESCLUSIONE DAL REGIME DEI RIFIUTI	21
5.6.2 PRESCRIZIONI ED ONERI PARTICOLARI PER LA GESTIONE DEI MATERIALI IN REGIME DEI RIFIUTI.....	21
5.7 CONTROLLI.....	21
5.7.1 PRESCRIZIONI GENERALI	21
5.8 CONTROLLI SUGLI SCAVI	23

5.8.1 SCAVI A MANO O A MACCHINA.....	23
5.8.1.1 Controllo della geometria	23
5.8.1.2 Controllo della densità secca.....	23
5.8.1.3 Controllo del modulo di deformazione.....	23
5.8.2 SCAVI CON ESPLOSIVI.....	23
5.9 CONTROLLI SUI RINTERRI	24
5.9.1 CONTROLLI SUI MATERIALI	24
5.9.2 CONTROLLO DELLA DENSITÀ SECCA.....	24
5.9.3 CONTROLLO DEL MODULO DI DEFORMAZIONE.....	24
5.9.4 CONTROLLO DELLO SPESSORE DEGLI STRATI.....	24
5.10 CONTROLLI SUI RILEVATI.....	24
5.10.1 RILEVATI FERROVIARI	24
5.10.1.1 Controlli sui materiali	25
5.10.1.2 Corpo del rilevato	25
5.10.1.3 Controlli sul contenuto d'acqua dei materiali.....	25
5.10.1.4 Controlli sulla posa in opera dei materiali e sul livellamento degli strati	25
5.10.1.5 Controlli sulla densità secca	25
5.10.1.6 Controllo del modulo di deformazione.....	26
5.10.1.7 Controllo della geometria del rilevato	26
5.10.1.8 Controllo dell'inerbimento delle scarpate del rilevato	26
5.10.1.9 Monitoraggi.....	26
5.10.2 RILEVATI A RIDOSSO DI OPERE D'ARTE.....	26
5.10.2.1 Controllo del materiale.....	26
5.10.2.2 Controllo della densità secca.....	26
5.10.2.3 Controllo del modulo di deformazione.....	26
5.10.2.4 Controlli sulla posa in opera dei materiali e sul livellamento degli strati	26
5.10.3 RILEVATI STRADALI.....	27
5.10.4 CONTROLLI SULLE DUNE, RITOMBAMENTI E COLLINE ARTIFICIALI	27
5.10.5 CONTROLLI SULLE TRINCEE	27
Trincee ferroviarie	27
5.10.5.1.....	27
5.10.5.1.1 Controlli sui materiali	27
5.10.5.1.2 Controlli sulla densità secca	27
5.10.5.1.3 Controllo del modulo di deformazione	27
5.10.5.1.4 Monitoraggi.....	27
5.10.5.2 Trincee stradali	28
5.10.6 CONTROLLI SULLO STRATO SUPERCOMPATTATO	28
5.10.6.1 Controlli sui materiali	28
5.10.6.2 Controlli sulla posa in opera dei materiali e sul livellamento degli strati	28
5.10.6.3 Controlli sulla densità secca	28
5.10.6.4 Controllo del modulo di deformazione.....	28

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 5 OPERE IN TERRA E SCAVI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 5	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 004 B</u>	FOGLIO 4 di 28

5.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente sezione è parte integrante del Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle Opere Civili (RFI DTC SI SP IFS 001) e sostituisce la Sezione 5 della parte II del precedente Capitolato (cod. RFI DTC SI CS SP IFS 004 A - del 30/12/2016).

5.1.1 SCOPO

Lo scopo della presente sezione del Capitolato è quello di definire le prescrizioni e i requisiti richiesti per l'esecuzione degli scavi e delle opere in terra quali rinterri, rilevati, trincee e delle altre categorie di lavoro definite nel seguito.

Si precisa che, nel rispetto dei principi generali di tutela ambientale, la gestione dei materiali di risulta e dei materiali da utilizzare per l'esecuzione delle lavorazioni oggetto del presente Capitolato potrà essere assoggettata ai disposti normativi per la gestione degli stessi in qualità di rifiuti o in esclusione dal regime dei rifiuti, per i quali si rimanda ai documenti specialistici di riferimento (progetto e documenti contrattuali) nonché a quanto disciplinato dalla normativa ambientale vigente (D.Lgs. 152/06 e s.m.i., D.P.R. 13 giugno 2017, n.120, D.M. 05/02/98 e s.m.i., D.M. 27/09/2010, etc.).

5.1.2 CAMPO D'APPLICAZIONE

Le prescrizioni del presente Capitolato si applicano alle categorie di lavoro di seguito elencate:

- Diserbamento e scoticamento
- Scavi
- Rinterri
- Rilevati
- Trincee
- Dune, colline artificiali, ritombamenti

Nei paragrafi seguenti sono definite le prescrizioni relative a ciascuna categoria di lavoro nonché le prescrizioni ed oneri di carattere generale e i controlli da eseguire.

5.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

I lavori saranno eseguiti in accordo alle norme di legge, istruzioni e normative tecniche applicabili, nonché a tutte quelle indicate nel presente documento e nelle sezioni di Capitolato richiamate nel testo. Si elencano di seguito la principale normativa e documentazione di riferimento.

5.2.1 NORMATIVA NAZIONALE

- D.Lgs. 03 aprile 2006 n° 152 “Norme in materia ambientale”
- DM Ambiente 5 aprile 2006, n. 186 decreto di modifica del Decreto Ministeriale 5.2.98. “Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero ai sensi degli articoli 31 e 33 del decreto legislativo 5.2.97, n. 22”
- D.M Infrastrutture 14 gennaio 2008 “NUOVE NORME TECNICHE PER LECOSTRUZIONI”;
- Circolare 02 febbraio 2009 n° 617/ C.S.LL.PP;
- Decreto Ministeriale 27 settembre 2010 “Definizione dei criteri di ammissibilità dei rifiuti in discarica, in sostituzione di quelli contenuti nel decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio 3 agosto 2005”
- D.P.R. 13 giugno 2017, n.120 “Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e

rocce da scavo, ai sensi dell'articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n. 164”

- Legge del 9 agosto 2013, n. 98 - “Conversione in legge, con modificazioni, del Decreto Legge 21 giugno 2013, n. 69, recante disposizioni urgenti per il rilancio dell’economia”

5.2.2 NORMATIVA TECNICA

- CNR BU n°29 “Norme sui misti cementati”
- CNR BU n.110/85 Norme sui geotessili: determinazione della massa per unità di superficie di un geotessile
- CNR BU n. 142/92 Norme sui geotessili: prova di trazione sui geotessili non tessuti
- CNR BU n. 143/92 Norme sui geotessili: determinazione della resistenza alla lacerazione
- CNR BU n° 146 “Determinazione del modulo Md e Md1 mediante prova di carico a doppio ciclo con piastra circolare”
- UNI 8279-13: 1985 “Nontessuti. Metodi di prova. Determinazione del coefficiente di permeabilità radiale all’acqua”.
- UNI 8279-14: 1985 “Nontessuti. Metodi di prova. Determinazione della resistenza al punzonamento e della deformazione a rottura (metodo della penetrazione)”
- UNI 11531-1: 2014 – Criteri per l’impiego dei materiali – Parte 1 – Terre e miscele di aggregati non legati
- UNI EN 933-8: 2012 “Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati –Parte8: Valutazione dei fini - Prova dell’equivalente in sabbia”
- UNI EN 933-9: 2013 “Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Parte 9: Valutazione dei fini - Prova del blu di metilene”
- UNI EN 1097-2: 2010 “Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Parte 2: Metodi per la determinazione della resistenza alla frammentazione”
- UNIEN 12224: 2001 “Geotessili e prodotti affini - Determinazione della resistenza agli agenti atmosferici”
- UNIEN 12225: 2001 “Geotessili e prodotti affini - Metodo per la determinazione della resistenza microbiologica mediante prova di interrimento”
- UNI EN 13242:2008 “Aggregati per materiali non legati e legati con leganti idraulici per l’impiego in opere di ingegneria civile e nella costruzione di strade”
- UNI EN 13250: 2014 “Geotessili e prodotti affini - Caratteristiche richieste per l’impiego nella costruzione di ferrovie”
- UNI EN 13286-2: 2010 “Miscele non legate e legate con leganti idraulici - Parte 2: Metodi di prova per la determinazione della massa volumica e del contenuto di acqua di riferimento di laboratorio - Costipamento Proctor”
- UNI EN 13286-47: 2012 Miscele non legate e legate con leganti idraulici - Parte 47: Metodo di prova per la determinazione dell’indice di portanza CBR, dell’indice di portanza immediata e del rigonfiamento”
- UNI EN ISO 9863-1: 2005 “Geosintetici - Determinazione dello spessore a pressioni specificate - Parte 1: Strati singoli”
- UNI EN ISO 9864: 2005 “Geosintetici - Determinazione della massa areica di geotessili e prodotti affini”
- UNI EN ISO 10319: 2008 “Geosintetici - Prova di trazione a banda larga”
- UNI EN ISO 10320:2002 “Geotessili e prodotti affini - Identificazione in sito”
- UNI EN ISO 12236: 2006 “Geosintetici - Prova di punzonamento statico (metodo CBR)”
- UNI EN ISO 12956: 2010 “Geotessili e prodotti affini - Determinazione della dimensione di apertura (opening size) caratteristica”

- UNI EN ISO 13433: 2006 “Geosintetici - Prova di punzonamento dinamico (prova di caduta del cono)”

5.2.3 NORMATIVA FERROVIARIA

- Manuale di progettazione delle opere civili, Parte II - Sezione 3
Codifica: RFI DTC SI CS MA IFS 001

5.3 DEFINIZIONI

- **Contratto:** contratto di appalto o di concessione avente per oggetto l'acquisizione di servizi, o di forniture, ovvero l'esecuzione di opere o lavori, posti in essere dalla stazione appaltante;
- **Direzione lavori:** ufficio preposto alla direzione ed al controllo tecnico, contabile e amministrativo dell'esecuzione dell'intervento nel rispetto degli impegni contrattuali;
- **Direttore dei lavori:** soggetto che ha la responsabilità del coordinamento e della supervisione dell'attività di tutto l'ufficio di direzione dei lavori, ed interloquisce in via esclusiva con l'esecutore in merito agli aspetti tecnici ed economici del contratto. Cura che i lavori siano eseguiti a regola d'arte ed in conformità al progetto e al contratto.
- **ESECUTORE:** Soggetto incaricato dell'esecuzione dei lavori (Appaltatore, General Contractor, Contraente Generale)
- **FERROVIE:** Rete Ferroviaria Italiana S.p.A. o chi agisce in nome e per conto di Rete Ferroviaria Italiana S.p.A. (Direzione Lavori, Alta sorveglianza)
- **Prova:** forma di verifica che si effettua in ragione del contratto, delle disposizioni normative, delle disposizioni delle FERROVIE.

5.4 ABBREVIAZIONI

EN: Euronorma

UNI: Unificazione Nazionale Italiana

ISO: International Organization for Standardization

IEC: International Electrotechnical Commission

SISTRI: SISTema Tracciabilità Rifiuti

DL: Direzione Lavori

CER: Codice Europeo dei Rifiuti

5.5 PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI


Le terre da utilizzare per l'esecuzione delle opere in terra di seguito descritte, per essere ritenute idonee e quindi impiegabili, dovranno soddisfare i requisiti di idoneità e i criteri di classificazione delle terre indicati nella norma UNI 11531-1/2014.

Per le terre da trattare con calce dovranno essere applicate le prescrizioni riportate nella Sezione 18 del Capitolato.

5.5.1 DISERBAMENTO E SCOTICAMENTO

Il diserbamento consiste nella rimozione ed asportazione di erbe, radici, cespugli, piante e alberi.

Lo scoticamento consiste nella rimozione ed asportazione del terreno vegetale, di qualsiasi consistenza e con qualunque contenuto d'acqua.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 5 OPERE IN TERRA E SCAVI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 5	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 004 B</u>	FOGLIO 7 di 28

Nell'esecuzione dei lavori l'ESECUTORE dovrà attenersi a quanto segue:

- a) il diserbamento e lo scoticamento del terreno dovranno sempre essere eseguiti prima di effettuare qualsiasi lavoro di scavo o formazione di rilevato secondo piani regolari individuati da livellette longitudinali come riportato nel progetto costruttivo.
- b) Dovrà indicare i limiti dell'area di costruzione e, dove necessario, la DIREZIONE LAVORI indicherà tutti gli alberi, i cespugli, le piante ed altro che dovrà essere lasciato sul posto.
- c) Tutto il materiale vegetale, inclusi ceppi e radici, dovrà essere completamente rimosso.

5.5.2 SCAVI IN GENERE

Per scavo s'intende l'enucleazione, rimozione e trasporto di terreni di qualsiasi natura e di materiali litoidi che rientrino nelle seguenti categorie:

- terreni vegetali ed organici, suoli, riporti artificiali di varia natura;
- terreni sciolti e granulari anche se addensati o con modesta cementazione;
- terreni coesivi, a comportamento plastico, in formazioni spazialmente omogenee, o alternati a modesti livelli di materiale granulare cementato;
- materiali litoidi alterati nonché masse rocciose fessurate, con orientamento non preferenziale delle fessure con separazione della massa in blocchi di dimensione non superiore ad un metro cubo, non cementati.

Si intendono materiali litoidi quei materiali rocciosi coerenti e compatti che debbono necessariamente essere scavati con l'ausilio di macchine ad azione demolitrice, ripper, demolitori, fioretti, martelli pneumatici, cunei idraulici, miscele espansive, etc... Sono comprese anche le rocce in strati alternati nelle quali la presenza di fessurazioni e/o alterazioni non rechi pregiudizio alla compattezza dell'intera massa, ovvero con presenza di cemento di consistenza litoide nelle fessure.

Gli scavi possono essere:

- scavi di sbancamento: scavi interessanti superfici di dimensioni tali da consentire al mezzo di trasporto di raggiungere il fronte o il fondo di scavo;
- scavi di fondazione: scavi per i quali il fronte o il fondo di scavo è inaccessibile al mezzo di trasporto;
- scavi a sezione obbligatoria e/o ristretta: scavi continui (correnti o limitati) di sezione trasversale ristretta, da eseguirsi dal piano di campagna.

Gli scavi potranno essere eseguiti a mano, con mezzi meccanici e, ove previsto, con l'impiego di esplosivi.

Nella esecuzione dei lavori di scavo l'ESECUTORE dovrà farsi carico delle prescrizioni e degli oneri di seguito elencati a titolo descrittivo e non limitativo.

- a) **Rifinire il fondo e le pareti dello scavo non provvisoriale secondo quote e pendenze di progetto.**
L'Esecutore avrà cura che il fondo dello scavo sia compattato secondo le indicazioni del progetto.
- b) **Segnalare l'avvenuta ultimazione degli scavi, per eventuale ispezione da parte della DIREZIONE LAVORI, ove previsto dal Piano dei Controlli, prima di procedere a fasi di lavoro successive.**

Nel caso in cui questa prassi non venisse rispettata, la DIREZIONE LAVORI potrà richiedere all'ESECUTORE di rimettere a nudo le parti occultate senza che questi abbia diritto al riconoscimento di alcun maggior onere.
- c) **Provvedere alla demolizione e/o rimozione dei trovanti di qualsiasi natura e dimensione provvedendo altresì alla frantumazione dei materiali non trasportabili e/o non riutilizzabili.**

- d) Eseguire, ove previsto dai documenti di progetto e/o richiesto dalla DIREZIONE LAVORI, scavi campione con prelievo di saggi e/o prove in sito ed analisi di laboratorio.
- e) Recintare e apporre sistemi di segnaletica diurna e notturna alle aree di scavo.
- f) Provvedere, con qualsiasi sistema (paratie, palancole, sbatacchiature, puntellamenti, armature a cassa chiusa, etc.), al contenimento delle pareti degli scavi in accordo a quanto prescritto dai documenti di progetto, nel rispetto del piano di sicurezza ed in conformità alle norme di sicurezza.
- g) Adottare tutte le cautele necessarie (indagini preliminari, sondaggi, scavi campioni, etc.) per evitare il danneggiamento di manufatti e reti interrato di qualsiasi natura, inclusi, ove necessario la temporanea deviazione ed il tempestivo ripristino delle opere danneggiate o temporaneamente deviate.
- h) Provvedere ad un adeguato drenaggio per evitare accumuli d'acqua nel fondo dello scavo, nonché ad aggettamento dell'acqua ove si rendesse necessario. L'ESECUTORE dovrà mantenere durante i lavori tutti i drenaggi funzionanti in modo da assicurare la fuoriuscita dell'acqua. I danni al lavoro, conseguenti a infiltrazioni d'acqua dovute alla mancate realizzazione di idonei drenaggi, dovranno essere immediatamente rimediati dall'ESECUTORE a sue spese.
- i) Nel caso di impiego di esplosivi, saranno a carico dell'ESECUTORE:
- Il rispetto delle leggi e normative vigenti, la richiesta e l'ottenimento dei permessi delle competenti Autorità.
 - Polvere, micce, detonatori e tutto il materiale protettivo occorrente per il brillamento delle mine, compresa l'esecuzione di fori, fornelli, etc.
 - Mezzi, materiali e personale qualificato occorrente, per l'esecuzione dei lavori nel rispetto delle norme di sicurezza.
 - Il Coordinamento nei tempi di esecuzione, in accordo al programma di costruzione e nel rispetto dei vincoli e delle soggezioni derivanti dalle altre attività in corso e dalle situazioni locali.

5.5.3 RINTERRI

Per rinterrati si intendono:

- la sostituzione di zone di terreno non adeguato, di seguito detta sostituzione, al disotto del piano di posa di manufatti, delle trincee e dei rilevati, effettuata mediante sostituzione dei terreni del sottosuolo con materiale idoneo o mediante il trattamento degli stessi con calce;
- il riempimento di scavi provvisori eseguiti per la realizzazione di fondazioni, cunicoli, pozzetti, e quanto altro;
- la sistemazione superficiale eseguita con o senza apporto di materiale.

Nella effettuazione dei rinterrati l'ESECUTORE dovrà attenersi alle seguenti prescrizioni ed oneri:

- a) La sostituzione del terreno dovrà essere eseguita quando prevista dal progetto, e ogni qualvolta nel corso dei lavori si dovessero trovare delle zone di terreno non idoneo (per es. un terreno altamente compressibile, non compattabile, dotato di scadenti caratteristiche meccaniche o contenente notevoli quantità di sostanze organiche) e/o comunque non conforme alle specifiche di progetto o a prescrizioni contrattuali.
- b) La sostituzione dovrà essere eseguita utilizzando i seguenti materiali; con riferimento alla classificazione delle terre di cui alla norma UNI 11531-1/2014:
- A1, A2, A3 se provenienti da cave di prestito;
 - A1, A2, A3, A4 se provenienti dagli scavi.

Il materiale dovrà essere messo in opera a strati di spessore non superiore a 50 cm (materiale sciolto); per il materiale dei gruppi A2 e A4 gli strati dovranno avere spessore non superiore a 30 cm (materiale sciolto).

Qualora sia previsto in progetto, a causa della non disponibilità dei suddetti materiali ad una distanza dal sito di realizzazione dell'opera economicamente conveniente, è consentito l'uso di terre stabilizzate a calce o calcestruzzo riciclato (definito nel paragrafo 5.5.4), secondo le modalità indicate nella Sezione 18 del Capitolato. E' altresì possibile utilizzare il trattamento con calce, qualora ritenuto economicamente conveniente, nel caso in cui le terre provenienti dagli scavi non raggiungano valori di portanza adeguati, come indicato al punto h) del paragrafo 5.5.4.1.

Dopo la compattazione, il valore della densità secca (AASHTO Modificata EN13286-2) dovrà essere almeno pari a quello previsto per le diverse tipologie di opere in terra, riportato nei paragrafi che seguono; il modulo di deformazione misurato mediante prova di carico su piastra, al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.05 MPa – 0.15 MPa, non dovrà essere inferiore a quello previsto per le diverse tipologie di opere in terra, riportato nei paragrafi che seguono; infine il rapporto dei moduli del 1° e 2° ciclo dovrà essere non inferiore a 0.45 (CNR-BU n. 146). Qualora quest'ultimo valore non fosse conseguibile, si dovrà fare riferimento a quanto previsto al punto 5.5.4.1.i).

- c) Nel caso in cui la bonifica di zone di terreno di cui al punto 5.5.3.b) debba essere eseguita in presenza d'acqua, l'ESECUTORE dovrà provvedere ai necessari emungimenti per mantenere costantemente asciutta la zona di scavo da bonificare fino ad ultimazione dell'attività stessa; per il rinterro dovrà essere utilizzato materiale selezionato appartenente esclusivamente ai gruppi A1, A2-4 ed A3 (di cui alla classificazione delle terre della norma UNI 11531-1/2014).

Qualora le caratteristiche del terreno richiedessero un trattamento profondo di miglioramento, un rinforzo o una stabilizzazione, questo dovrà essere eseguito secondo le prescrizioni di progetto o in accordo con le metodologie descritte con maggiori dettagli nella Sezione 10 del Capitolato "OPERE DI MIGLIORAMENTO, RINFORZO E STABILIZZAZIONE".

- d) Il rinterro degli scavi relativi a fondazioni e manufatti in calcestruzzo dovrà essere effettuato con materiale idoneo opportunamente compattato, secondo le prescrizioni del progetto.
- e) Il rinterro di scavi relativi a tubazioni interrato e cavi elettrici sarà effettuato con materiali sabbiosi (o comunque con materiali che durante l'operazione di rinterro non danneggino dette installazioni).
- f) La sistemazione delle aree superficiali dovrà essere effettuata con materiali idonei sia provenienti dagli scavi che di fornitura dell'ESECUTORE e dovrà essere effettuata con spandimento a strati procedendo alla regolarizzazione delle pendenze secondo le indicazioni del progetto.

5.5.4 RILEVATI

Con il termine "rilevati" sono definite tutte le opere realizzate con terra, destinate a formare il rilevato ferroviario e stradale, ed i piazzali, con esclusione dei lavori inerenti alla sovrastruttura stradale o ferroviaria per i quali si rimanda ad altre Sezioni del presente Capitolato.

Al fine di individuare le diverse parti che costituiscono il rilevato si definisce:

- a) piano di posa del rilevato: la superficie del terreno naturale dopo lo scotico o del terreno di riporto dopo l'eventuale bonifica del terreno naturale;
- b) primo strato di rilevato o strato anticapillare: primo strato di rilevato, al di sopra del piano di posa, con caratteristiche tali da impedire la risalita dell'acqua per capillarità;

- c) corpo del rilevato: opera in terra, costituita dalla sovrapposizione di strati di terre compattate, necessaria per l'appoggio della sovrastruttura ferroviaria o stradale posta a quota superiore a quella del piano di campagna;
- d) ultimo strato del rilevato o strato supercompattato: ultimo strato del rilevato caratterizzato da un elevato grado di costipamento, che costituisce il piano posa del sub-ballast;
- e) sub-ballast: strato posto al di sopra del supercompattato avente la funzione di impermeabilizzare gli strati sottostanti e diffondere i carichi ferroviari;
- f) piattaforma ferroviaria: piano superiore del rilevato su cui poggia la massicciata.

Si definisce inoltre, come indicato nella Sezione 18 del Capitolato:

terra trattata con calce: miscela composta da terra, calce viva o idrata ed acqua, in quantità e rapporti tali da modificare le caratteristiche fisico-chimiche e meccaniche della terra stessa, al fine di ottenere una miscela idonea per la formazione di strati che, dopo il costipamento, risultino di adeguata resistenza meccanica nonché stabili all'azione dell'acqua e del gelo;

aggregato riciclato – Aggregato risultante dalla lavorazione di materiale inorganico precedentemente utilizzato nelle costruzioni (UNI EN 13242-2008);

calcestruzzo riciclato - costituito prevalentemente da aggregati riciclati derivanti dal recupero di frammenti di conglomerati cementizi anche armati provenienti da demolizione di opere in c.a., dagli scarti dell'industria di prefabbricazione di manufatti in cemento anche armato, da traversine ferroviarie in c.a.v.p. ecc..

5.5.4.1 Rilevato ferroviario

Tutti i rilevati, sia che si impostino sul piano di campagna o che si addossino a rilevati esistenti, dovranno essere eseguiti tenendo conto delle seguenti modalità.

- a) Prima della formazione del rilevato, il terreno al di sotto del piano di campagna andrà asportato per uno spessore minimo di 50 cm (scotico) e comunque per tutto lo strato di terreno vegetale. Successivamente dovrà essere preparato il piano di posa, alla quota prevista in progetto, secondo i requisiti previsti nel punto b) del presente paragrafo; se la quota di progetto è superiore a quella dello scotico, la stessa dovrà essere raggiunta con l'apporto di materiale selezionato, rispondente ai requisiti di cui al punto 5.5.3.b) (rinterri).
- b) Il piano di posa, che sia costituito dal terreno in sito o da materiale di rinterro, dovrà essere costipato mediante rullatura in modo da ottenere una densità secca non inferiore al 95% della densità massima, ottenuta per quella terra, con la prova di costipamento AASHTO modificata (UNI-EN13286-2).

Il modulo di deformazione, misurato mediante prova di carico su piastra, al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.05 MPa – 0.15 MPa, non dovrà essere inferiore a 20MPa e inoltre il rapporto dei moduli del 1° e 2° ciclo dovrà essere non inferiore a 0.45 (CNR-BU n. 146). Qualora quest'ultimo valore non fosse conseguibile si dovrà fare riferimento a quanto previsto al punto 5.5.4.1.i). Se il terreno in situ non ha caratteristiche adeguate ai requisiti richiesti, dovrà essere effettuata la bonifica, secondo quanto previsto al punto 5.5.3.b) (rinterri).
- c) Il primo strato di rilevato o strato anticapillare, posto al di sopra del piano di posa, dovrà avere uno spessore di 50 cm (materiale compattato) e dovrà essere costituito da pietrischetto con dimensioni comprese tra 2 e 25 mm avente le seguenti caratteristiche granulometriche (UNI 11531-1/2014):

Tabella 5.5.1

Dimensione granuli	Passante
25 mm	100 %
2 mm	≤15%
0,063 mm	≤ 3 %

Equivalente in sabbia (SE) ≥ 70%.

Resistenza alla frammentazione LA ≤ 40%.

L'impiego di materiali di diversa granulometria è possibile solo nel caso in cui l'ESECUTORE, seguendo le indicazioni del DL che sentirà in proposito i progettisti, esegua una sperimentazione su campo prova volta a dimostrare che la massima risalita capillare non supera la metà dello strato anticapillare stesso.

Il materiale dovrà essere steso in strati non superiori a 50 cm (materiale sciolto) e costipato mediante rullatura. Il modulo di deformazione, misurato mediante prova di carico su piastra al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.15 MPa – 0.25 MPa, non dovrà essere inferiore a 20MPa e inoltre il rapporto dei moduli del 1° e 2° ciclo dovrà essere non inferiore a 0.45 (CNR-BU n. 146). Qualora quest'ultimo valore non fosse conseguibile, si dovrà fare riferimento a quanto previsto al punto 5.5.4.1.i).

Ove previsto dalle sezioni tipologiche tra il sottofondo e lo strato anticapillare sarà interposto un telo di geotessile non tessuto, in polipropilene e/o poliestere, non rigenerato, coesionato meccanicamente mediante agugliatura, esente da trattamenti chimici o termici, rispondente alla norma UNI EN 13250 e avente le caratteristiche minime riportate nella tabella 5.5.2.

Il geotessile dovrà essere marcato CE secondo la norma armonizzata UNI EN ISO 10320. Inoltre, il geotessile dovrà essere conforme alle UNI EN 12224 e 12225, relative rispettivamente ai metodi per la determinazione della resistenza microbiologica e agli agenti atmosferici.

I rotoli di geotessile dovranno essere opportunamente protetti durante il periodo di stoccaggio del materiale ed i tempi di copertura dopo la posa in opera dovranno essere inferiori a quelli indicati dal produttore; in caso di stoccaggio non conforme o di posa in opera successiva alla data indicata, l'Esecutore dovrà effettuare tutte le prove e i controlli atti a garantire i requisiti richiesti dal presente Capitolato. Il geotessile dovrà essere risvoltato per almeno 3 m da entrambi i lati sulla faccia superiore dello strato, qualora lo strato di rilevato che sormonta l'anticapillare abbia contenuto in fino (0.063 mm) minore del 35%. Se invece tale strato avesse contenuto in fino maggiore o uguale al 35%, il geotessile ricoprirà completamente l'anticapillare.

Si precisa inoltre che la prova di piastra andrà eseguita sul piano di posa del rilevato definito come estradosso del riempimento di spessore non inferiore a 50 cm (materiale compattato) realizzato al di sotto del piano campagna.

Tabella 5.5.2

CARATTERISTICHE	VALORI LIMITE	NORME DI RIF. UNI
Massa areica	$\geq 250 \text{ g/m}^2$	UNI EN ISO 9864
Spessore: a 2 KPa	$\geq 2 \text{ mm}$	UNI EN ISO 9863-1
Resistenza a trazione: valor medio valor minimo*	$\geq 18 \text{ kN/m}$ $\geq 16 \text{ kN/m}$	EN ISO 10319
Allungamento a rottura longitudinale e trasversale	$50 \div 85 \%$	EN ISO 10319
Resistenza al punzonamento statico: valor medio valor minimo*	$\geq 2,6 \text{ kN}$ $\geq 2,2 \text{ kN}$	EN ISO 12236
Resistenza al punzonamento dinamico: diametro del foro	$\leq 10 \text{ mm}$	UNI EN ISO 13433
Permeabilità radiale: a 2 KPa a 200 KPa	$\geq 3 \times 10^{-1} \text{ cm/s}$ $\geq 3 \times 10^{-2} \text{ cm/s}$	UNI EN ISO 8279/13
Apertura caratteristica O	$90 \mu\text{m}$	EN ISO 12956

*definito come valore limite inferiore con probabilità di superamento del 95%.

Se i terreni sovrastanti appartengono alle classi A2 e A4 il geotessile dovrà ricoprire completamente lo strato anticapillare.

- d) Nella formazione del corpo del rilevato dovranno essere innanzitutto impiegate le terre provenienti da scavi di sbancamento, di fondazione o di galleria appartenenti ai gruppi A1, A2-4, A2-5, A2-6, A2-7, A3 e A4, di cui alla classificazione delle terre della norma UNI 11531-1/2014, e inoltre terre provenienti da cave di prestito, appartenenti ai gruppi A1, A2-4, A2-5, A2-6, A2-7, A3. Non dovranno essere impiegate terre del gruppo A3 con coefficiente di disuniformità minore o uguale a 7, inteso quale rapporto tra i passanti ai setacci 0,4 mm e 0,063 mm.

Qualora sia previsto in progetto a causa della non disponibilità dei suddetti materiali in un raggio economicamente conveniente è consentito l'uso di terre stabilizzate a calce o aggregati riciclati secondo le modalità indicate nella Sezione 18 del Capitolato. E' altresì possibile utilizzare il trattamento con calce, qualora ritenuto economicamente conveniente, nel caso in cui le terre provenienti dagli scavi non raggiungano valori di portanza adeguati, come indicato al successivo punto h).

L'utilizzo di terre piroclastiche dovrà essere esplicitamente autorizzato dalla DIREZIONE LAVORI.

Lo spessore delle strato (materiale soffice/sciolto) deve essere adeguato ai mezzi di compattazione, in maniera da ottenere un'omogeneità di compattazione per tutta l'altezza dello strato finito. Qualora il materiale presenti un trattenuto al setaccio 31.5 mm maggiore del 35%, si dovrà adottare per la determinazione della densità in sito la norma UNI EN 13286-2.

- e) Per la formazione del corpo dei rilevati potranno essere impiegati frammenti rocciosi delle dimensioni non maggiori di 125 mm (UNI 11531-1/2014) così da poter formare strati dello spessore massimo di 50 cm. Da un punto di vista litologico è da escludere l'impiego di materiali provenienti da marne, argilliti, filladi e micascisti o da rocce soggette a fenomeni di alterazione.
- f) In ogni caso, sia che si tratti di terre, sia che si tratti di rocce frantumate, il grado di uniformità dei materiali utilizzati, definito come il rapporto tra il passante al setaccio D60 e il passante al setaccio D10 ($G.U. = D60 / D10$) dovrà essere ≥ 15 .
- g) Il materiale dovrà essere messo in opera con un contenuto d'acqua (UNI EN 13286-2) prossimo all'ottimale; qualora il contenuto d'acqua si discosti di $\pm 2\%$ dal valore ottimale, l'eventuale aggiunta di acqua avverrà mediante dispositivi spruzzatori e l'eventuale essiccamento avverrà per evaporazione, aerando il terreno mediante erpici, aratri a dischi o altri metodi meccanici adeguati alla tipologia del terreno ed allo spessore dello strato da aerare.
- h) Il materiale impiegato per la formazione del corpo del rilevato dovrà essere steso in strati di spessore non superiore a 50 cm (materiale sciolto) per le terre dei gruppi A1, A2-4 e non superiore a 30 cm (materiale sciolto) per il materiale dei gruppi A2-5, A2-6, A2-7, A3 ed A4.

Su ciascuna sezione trasversale i materiali impiegati per ciascuno strato dovranno essere dello stesso gruppo o sottogruppo.

Prima di porre in opera uno strato, il precedente dovrà essere costipato in modo da raggiungere in ogni punto un valore di densità secca almeno pari al 95% della densità massima ottenuta per quella terra con la prova di costipamento AASHTO modificata (UNI EN 13286-2). In relazione alla difficoltà di ottenere i prescritti valori minimi della densità AASHTO modificata e del modulo di deformazione come più avanti prescritto, l'ESECUTORE, prima di usare terre dei gruppi A2-5, A2-7 e A4, dovrà effettuare opportune prove (in situ e in laboratorio) che attestino la possibilità di raggiungere i prescritti parametri. Di tali prove dovrà essere informata la DIREZIONE LAVORI.

Nel caso di impiego di frammenti rocciosi, in luogo della prova di densità, si dovranno eseguire, durante la formazione degli strati, solo prove per la determinazione del modulo di deformazione, eventualmente con piastra di diametro $D = 600$ mm.

La densità AASHTO modificata sarà determinata secondo i metodi delle prove di cui alla norma UNI EN 13286-2 in relazione alla massima dimensione degli elementi.

- i) Per ciascuno strato del corpo del rilevato, il valore del modulo di deformazione mediante prova di carico su piastra, secondo CNR-BU n° 146, dovrà risultare non inferiore a 20 MPa per le zone di rilevato a distanza inferiore a 1 m dai bordi dello stesso e a 40 MPa per la restante zona centrale. Tali valori dei moduli andranno determinati al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.15 MPa – 0.25 MPa; in entrambi i casi, il rapporto(K)tra i moduli del 1° e 2° ciclo non dovrà essere inferiore a 0.45. Nel caso in cui, nella verifica della compattazione mediante prova di carico su piastra (CNR-BU n° 146), il valore del rapporto tra i moduli del primo e del secondo ciclo di carico risultasse inferiore a 0.45, dovrà essere predisposto, prima di procedere ai lavori, un campo prova per definire sperimentalmente il valore massimo del K ottenibile per il tipo di materiale da utilizzare.

Nel corso di detta sperimentazione dovranno inoltre essere definiti:

- le caratteristiche dei rulli (tipo, peso);
- la loro velocità di avanzamento e, nel caso di rulli dinamici, la frequenza delle vibrazioni;
- il numero delle passate;
- lo spessore massimo di ciascuno strato.

Sulla scorta del valore del coefficiente K, così ottenuto, verrà individuato un rango con indice minore, - 10% del suddetto K che definirà il campo di accettabilità delle lavorazioni.

Ogniqualvolta si utilizzi materiale diverso e/o i valori di K, comunque inferiori a 0.45, siano esterni al campo di accettabilità precedentemente determinato, dovrà essere predisposto un nuovo campo prova.

Al termine del campo prova dovrà essere consegnata alla DIREZIONE LAVORI una relazione contenente tutti i dati relativi al campo prova stesso.

- l) La superficie superiore degli strati avrà una pendenza trasversale pari a circa il 3% e comunque tale da garantire lo smaltimento delle acque meteoriche; dovrà essere evitata la formazione di avvallamenti o solchi. Detta pendenza dovrà essere mantenuta durante il lavoro e il transito dei mezzi di cantiere, impiegando allo scopo le livellatrici e apposite squadre di operai.
- m) Le scarpate dei rilevati dovranno essere inerbite secondo le prescrizioni riportate nel par. 5.5.8.
- n) Le eventuali banche laterali antirifiuto dovranno essere realizzate con gli stessi materiali e le stesse modalità costruttive del corpo del rilevato.
- o) Nel caso di allargamento di un rilevato esistente, previa asportazione dello strato di terreno vegetale umifero, si dovrà ritagliare, con ogni cautela, a gradoni orizzontali la scarpa del corpo del rilevato su cui andrà addossato il nuovo materiale, avendo cura di procedere per fasi, facendo immediatamente seguire ad ogni gradonatura (dell'altezza massima di 50 cm) la stessa del relativo nuovo strato (tale da coprire la gradonatura stessa) ed il suo costipamento, in modo da assicurare comunque la viabilità del rilevato esistente.
- p) Nel caso di interruzione e/o sospensione delle lavorazioni sul corpo del rilevato e ogni volta che la stesa dello strato di terreno successivo venga effettuata oltre le 72 ore dalla compattazione dello strato sottostante, è necessario spargere, subito dopo la compattazione e per l'intera larghezza del rilevato, fitociti, antigerminali o anche taletissici. Prima della ripresa del lavoro, il rilevato già eseguito dovrà essere ripulito dalle erbe e dalla vegetazione in genere che eventualmente vi si fosse insediata, dovrà essere aerata, praticandovi, inoltre dei solchi per il collegamento dei nuovi materiali come quelli finora impiegati e dovranno essere ripetute le prove di controllo delle compattazioni.
- q) L'ultimo strato del rilevato o supercompattato dovrà essere realizzato come riportato al par. 5.5.7.1.
- r) Le operazioni di posa in opera e compattazione non dovranno essere eseguite quando le condizioni ambientali (pioggia, neve, gelo) siano tali da danneggiare la qualità dello strato stesso. Nel caso di ammaloramenti dovuti a tali cause, la parte deteriorata dovrà essere rimossa e ricostruita a cura e spesa dell'Esecutore.
- s) In base alle caratteristiche dei terreni di base dei rilevati vanno rispettati i programmi previsti in progetto per la costruzione dei rilevati stessi in modo che gli eventuali provvedimenti di bonifica o di acceleramento del consolidamento del terreno di posa, possano essere ultimati in tempo utile a garantire che gli assestamenti residui, a far data dal completamento del piano di posa del ballast (compreso l'eventuale strato di sub-ballast), siano non superiori al 10% dei cedimenti teorici e siano comunque inferiori a 5 cm.

5.5.4.2 Rilevato ferroviario a ridosso delle opere d'arte

5.5.4.2.1 Rilevato-viadotto

Qualora non diversamente previsto dal progetto, a ridosso delle spalle dei viadotti, per graduare con continuità la rigidità del sottofondo dal rilevato all'opera d'arte al di sotto del piano di piattaforma longitudinalmente all'asse della ferrovia, il rilevato dovrà essere costituito, a partire dalla spalla, come nel seguito indicato:

- gli strati di sub-ballast e supercompattato saranno continui fino al muro paraghiaia;
- la zona di rilevato che insiste sulla zattera di fondazione sarà costituita da misto cementato avente le caratteristiche indicate sotto;
- dalla proiezione del filo più interno della zattera, al livello dell'intradosso dello strato supercompattato, il misto cementato sarà proseguito per 1 m all'interno del rilevato e quindi degraderà a 45° per un'altezza di 3 m quando le spalle sono più alte di 4 m e fino alla quota di estradosso della fondazione della spalla quando la stessa è più bassa di 4 m;
- per le spalle più alte di 4 m, al di sotto del volume di misto cementato il rilevato sarà costituito da materiale del gruppo A1 fino all'estradosso dello strato anticapillare;
- successivamente per una lunghezza di 4 m al livello di intradosso del supercompattato e degradando all'interno del corpo del rilevato con pendenza 3/2 (3 orizzontale / 2 verticale) il rilevato sarà costituito da materiale del gruppo A1;
- oltre tale volume sarà previsto rilevato standard.

Il misto cementato sarà costituito da inerte calcareo di frantoio rispondente alle norme CNR BU N.29 con fuso di tipo A1 e cemento in ragione del 3% e 4% in massa dell'inerte secco. L'acqua di impasto sarà in ragione del 6% circa della massa secca dell'inerte. La resistenza a compressione con provini cilindrici compattati a 7 gg di stagionatura, come previsto dalla norma CNR citata dovrà essere compresa tra 3 e 7 MPa; per ottenere tali risultati potranno essere usati opportuni additivi. L'inerte da impiegare dovrà provenire da frantumazione di rocce calcaree con preferenza per i calcari teneri con esclusione dei misti calcarei di fiume. Il misto cementato dovrà essere costipato alla densità non inferiore al 95% di quella ottenuta in laboratorio, con le modalità previste al punto 2 della normativa CNR citata. La resistenza a trazione determinata con il metodo brasiliano non dovrà essere inferiore a 0.2 MPa su provini cilindrici stagionati a 7 giorni. Il misto dovrà essere confezionato in cantiere di betonaggio e trasportato sul posto con autobetoniere.

Il misto cementato dovrà essere posto in opera in strati di spessore finito di norma di 30 cm. La superficie superiore degli strati avrà una pendenza trasversale pari a circa il 3% e comunque tale da garantire lo smaltimento delle acque meteoriche; dovrà essere evitata la formazione di avvallamenti o solchi. Detta pendenza dovrà essere mantenuta durante il lavoro e il transito dei mezzi di cantiere, impiegando allo scopo le livellatrici e apposite squadre di operai.

Il materiale A1 deve essere steso per strati con le stesse modalità e requisiti degli strati di rilevato.

5.5.4.2.2 Rilevato-scatolare

Quando le strutture scatolari hanno copertura inferiore a 2.50 m (distanza piano ferro-estradosso soletta superiore) andranno trattate le zone di rilevato adiacenti alle strutture scatolari nel modo descritto nel seguito:

- immediatamente a ridosso della struttura sarà prevista una zona costituita da misto cementato, delle caratteristiche sopra definite, per la lunghezza di un metro a partire dall'estradosso della soletta superiore e successivamente degradando a 45° all'interno del corpo del rilevato. Tale volume di misto cementato sarà realizzato fino alla quota del piano di campagna quando l'estradosso della soletta superiore si trova a quota inferiore a + 4.00 m dal p.c., mentre avrà un'altezza di 3.00 m quando la soletta si trova a quota maggiore a 4.00 m;

- successivamente sarà previsto un volume di rilevato costituito da materiale del gruppo A1 fino a 5 m oltre il filo della struttura misurati a livello del supercompattato. La scarpa di tale zona di rilevato avrà pendenza 3/2 all'interno del corpo del rilevato. Nella zona sovrastante la soletta superiore dello scatolare fino all'intradosso del supercompattato il rilevato sarà costituito da materiale del gruppo A1;
- oltre tale zona sarà prevista la realizzazione di un rilevato così come prescritto al par. 5.5.4.1.

Quando la distanza fra intradosso supercompattato ed estradosso soletta è inferiore a 20 cm, nella zona sovrastante lo scatolare sarà aumentato lo spessore di supercompattato fino ad appoggiarsi sullo scatolare. Quando invece non è possibile garantire la continuità del supercompattato a causa di bassi ricoprimenti, il misto cementato andrà a coprire lo scatolare ed il supercompattato sarà interrotto ad un metro di distanza dai piedritti.

Il misto cementato dovrà essere posto in opera in strati di spessore massimo (materiale sciolto) di 30 cm. La superficie superiore degli strati avrà una pendenza trasversale pari a circa il 3% e comunque tale da garantire lo smaltimento delle acque meteoriche; dovrà essere evitata la formazione di avvallamenti o solchi. Detta pendenza dovrà essere mantenuta durante il lavoro e il transito dei mezzi di cantiere, impiegando allo scopo le livellatrici e apposite squadre di operai.

Il materiale A1 deve essere steso per strati con le stesse modalità e requisiti degli strati di rilevato.

5.5.4.3 Rilevato stradale

I rilevati stradali saranno eseguiti con le stesse modalità dei rilevati ferroviari (par.5.5.4.1) con le eccezioni di seguito elencate:

- il piano di posa dovrà essere costipato mediante rullatura in modo da ottenere una densità secca non inferiore al 95% della densità massima, ottenuta per quella terra, con la prova di costipamento AASHTO modificata (UNI EN 13286-2).
- Il modulo di deformazione misurato mediante prova di carico su piastra, al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.05 MPa – 0.15 MPa, non dovrà essere inferiore a 20MPa al primo ciclo di carico;
- lo strato di anticapillare verrà realizzato solo se previsto in progetto;
- il modulo di deformazione di ciascuno strato del corpo del rilevato, misurato mediante prova di carico su piastra, misurato al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.15 MPa - 0.25 MPa, non dovrà essere inferiore a 40 MPa.

5.5.5 DUNE, RITOMBAMENTI, COLLINE ARTIFICIALI

Con i termini dune, colline artificiali e ritombamenti si definiscono tutte le opere in terra non rientranti nei rilevati (par. 5.5.4) e che non siano opere di presidio idraulico. Esse verranno realizzate con le stesse modalità dei rilevati ferroviari (punto 5.5.4.1) con le eccezioni di seguito elencate:

- il piano di posa dovrà essere costipato mediante rullatura in modo da ottenere una densità secca non inferiore al 90% della densità massima, ottenuta per quella terra, con la prova di costipamento AASHTO modificata (UNI EN 13286-2). Il modulo di deformazione misurato mediante prova di carico su piastra, al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.05 MPa – 0.15 MPa, non dovrà essere inferiore a 10MPa al primo ciclo di carico e inoltre il rapporto dei moduli del 1° e 2° ciclo dovrà essere non inferiore a 0.45 (CNR-BU n. 146). Qualora quest'ultimo valore non fosse conseguibile, si dovrà fare riferimento a quanto previsto al punto 5.5.4.1.i);
- lo strato di anticapillare verrà realizzato solo se previsto in progetto;
- non verrà realizzato lo strato di terreno supercompattato; l'ultimo strato dell'opera in terra avrà le stesse caratteristiche degli strati sottostanti;
- è consentito l'utilizzo di terre trattate a calce per la formazione dell'intera opera in terra;

- dopo la compattazione, la densità secca di ciascuno strato dell'opera in terra dovrà risultare non inferiore al 90% della densità massima, ottenuta per quella terra, con la prova di costipamento AASHTO modificata (UNI EN 13286-2);
- il modulo di deformazione dell'opera in terra, misurato mediante prova di carico su piastra, al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.15 MPa - 0.25 MPa, non dovrà essere inferiore a 15 MPa e inoltre il rapporto dei moduli del 1° e 2° ciclo dovrà essere non inferiore a 0.45 (CNR-BU n. 146). Qualora quest'ultimo valore non fosse conseguibile, si dovrà fare riferimento a quanto previsto al punto 5.5.4.1.i;
- gli strati verranno stesi e costipati con la pendenza indicata in progetto.

Per ritombamenti non destinati a sostenere il corpo stradale, possono essere utilizzate tutte le terre, nel rispetto dei requisiti di portanza, indeformabilità e durabilità definiti in progetto e compatibili con il particolare impiego e con le disposizioni in materia ambientale.

5.5.6 TRINCEE

5.5.6.1 Trincee ferroviarie

Gli scavi in trincea saranno eseguiti con le modalità di cui al punto 5.5.2.

Il terreno in situ, a fondo scavo, potrà essere utilizzato come piano di posa dello strato supercompattato unicamente se risulta appartenere ai gruppi A1, A3 (con coefficiente di disuniformità maggiore di 7) o A2-4, della classifica UNI 11531-1/2014.

Esso dovrà essere costipato in modo da ottenere una densità secca non inferiore al 95% della densità massima, ottenuta per quella terra, con la prova di costipamento AASHTO modificata (UNI EN 13286-2). Il modulo di deformazione, misurato al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.15 MPa - 0.25 MPa, non dovrà essere inferiore a 40 MPa e inoltre il rapporto dei moduli del 1° e 2° ciclo dovrà essere non inferiore a 0.45 (CNR-BU n. 146). Qualora quest'ultimo valore non fosse conseguibile si dovrà fare riferimento a quanto previsto al punto 5.5.4.1.i). In ogni caso, dopo la compattazione, il terreno del piano di posa dovrà avere caratteristiche tali da garantire, sulla sommità dello strato supercompattato, un modulo di 80MPa, misurato al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.25 MPa - 0.35MPa e un rapporto tra i moduli del 1° e il 2° ciclo non inferiore a 0.45.

Se il terreno in situ non ha le caratteristiche di cui sopra, si dovrà effettuare la bonifica; il relativo rinterro dovrà essere eseguito secondo le modalità di cui al punto 5.5.3.b), con valore minimo del modulo di 20 MPa, per tutti gli strati che costituiscono la bonifica, ad eccezione dell'ultimo strato, e cioè quello che costituisce la superficie di appoggio del supercompattato, per il quale il valore minimo del modulo, misurato al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.15 MPa - 0.25 MPa, deve essere di 40 MPa; inoltre il rapporto tra i moduli del 1° e il 2° ciclo non inferiore a 0.45.

Le scarpate dovranno essere inerbite secondo le prescrizioni riportate nel par. 5.5.8.

5.5.6.2 Trincee stradali

Gli scavi in trincea saranno eseguiti con le modalità di cui al punto 5.5.2.

Il terreno in situ, a fondo scavo, potrà essere utilizzato come piano di posa della sovrastruttura stradale unicamente se risulta appartenere ai gruppi A1, A2, A3 della classificazione di cui alla norma UNI 11531-1/2014.

Esso dovrà essere costipato in modo da ottenere una densità secca non inferiore al 95% della densità massima, ottenuta per quella terra, con la prova di costipamento AASHTO modificata (UNI EN 13286-2). Il modulo di deformazione, misurato al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.05 MPa - 0.15 MPa, non dovrà essere inferiore a 20 MPa e inoltre il rapporto dei moduli del 1° e 2° ciclo dovrà essere non inferiore a 0.45 (CNR-BU n. 146). Qualora quest'ultimo valore non fosse conseguibile si dovrà fare riferimento a quanto previsto al punto

5.5.4.1.i). In ogni caso, dopo la compattazione, il terreno del piano di posa dovrà avere caratteristiche tali da garantire, sulla sommità dello strato di sottofondo, un modulo di 50MPa, misurato al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.05 MPa - 0.15 MPa.

Se il terreno in situ non ha le caratteristiche di cui sopra, si dovrà effettuare la bonifica; il relativo rinterro dovrà essere eseguito secondo le modalità di cui al punto 5.5.3.b), con valore minimo del modulo di 20 MPa.

Le scarpate dovranno essere inerbite secondo le prescrizioni riportate nel par. 5.5.8.

5.5.7 STRATO “SUPERCOMPATTATO”

5.5.7.1 Strato “supercompattato” per rilevati e trincee ferroviarie

La superficie costituente il piano di posa del sub-ballast, sia in trincea che in rilevato, sarà realizzata mediante formazione di uno strato di terra compattato di spessore non inferiore a 30 cm (spessore finito).

Per la realizzazione dovranno essere rispettate le seguenti prescrizioni:

- a) Dovranno essere impiegate terreni delle categorie A1, A2-4 e A3, queste ultime se corrette con aggiunta di finopassante al setaccio 0.4 UNI.
- b) Il terreno utilizzato dovrà avere le seguenti caratteristiche:
 - dimensione non superiore a 63 mm, con forma non appiattita, allungata o lenticolare;
 - granulometria compresa in uno dei due fusi (A o B) di cui alla norma UNI 11531-1/2014 – Prospetto 2;
 - perdita in massa, determinata con la prova Los Angeles (UNI EN 1097-2), eseguita, ove possibile, sulle singole pezzature, non superiore al 50%;
 - equivalente in sabbia, per i terreni di tipo A3 $\geq 25\%$, con un coefficiente di disuniformità maggiore di 7;
 - indice di portanza CBR (UNI EN 13286-47), all'umidità ottima di costipamento, dopo quattro giorni di imbibizione di acqua eseguito sul materiale passante al setaccio 31.5, non minore di 50;
 - la miscelazione del materiale e la posa in opera dovranno essere eseguite in maniera da garantire l'omogeneità della granulometria che deve sempre rientrare nel fuso scelto (UNI 11531-1/2014 – Fuso A o B).
- c) Se le miscele contengono oltre il 60% in massa di elementi frantumati a spigoli vivi, l'accettazione dovrà avvenire sulla base delle sole caratteristiche indicate ai precedenti punti.
- d) Dovranno comunque essere esclusi terreni di natura pozzolanica od altri materiali piroclastici.
- e) Il materiale dovrà essere messo in opera con un contenuto d'acqua (UNI EN 13286-2) prossimo all'ottimale; qualora il contenuto d'acqua si discosti di $\pm 2\%$ dal valore ottimale, l'eventuale aggiunta di acqua avverrà mediante dispositivi spruzzatori e l'eventuale essiccamento avverrà per evaporazione.
- f) Le operazioni di posa in opera e compattazione non dovranno essere eseguite quando le condizioni ambientali (pioggia, neve, gelo) siano tali da danneggiare la qualità dello strato stesso. Nel caso di ammaloramenti dovuti a tali cause, la parte deteriorata dovrà essere rimossa e ricostruita a cura e spesa dell'Esecutore.
- g) Per il costipamento e la rifinitura saranno impiegati rulli vibranti semoventi. L'idoneità delle attrezzature e delle tecniche di costipamento verranno verificate con una prova sperimentale in situ impiegando i materiali risultanti dagli studi preliminari in un campo prova sul quale si eseguiranno le determinazioni del modulo di deformazione mediante prova di carico su piastra e della densità. Se la misura in situ riguarda materiale contenente fino al 25% in massa di elementi di dimensioni maggiori di 25 mm, la densità di riferimento (AASHTO modificata), ottenuta in laboratorio, dovrà essere aumentata in base alla formula:

$$d_c = \frac{100}{\frac{100-x}{d_a} + \frac{x}{p_c}}$$

dove:

d_c = densità corretta;

d_a = densità AASHTO modificata;

x = percentuale in massa degli elementi di dimensione maggiore di 25 mm;

p_c = massa volumica reale degli elementi di dimensione maggiore di 25 mm.

Rispetto al valore della densità così aumentata si applicherà la prescrizione del 98%.

Se la percentuale degli elementi di dimensione maggiore di 25 mm e' compresa tra il 25 % ed il 40 %, al termine x dovrà sempre essere assegnato il valore 25.

- h) Dopo il costipamento, in ogni punto la densità secca non dovrà essere inferiore al 98% della massima, ottenuta per quella terra, con la prova di costipamento AASHTO modificata (UNI EN 13286-2). Il modulo di deformazione M_d , misurato in condizioni di umidità prossime a quella ottima di costipamento, mediante prova di carico su piastra non dovrà essere inferiore a 80MPa al primo ciclo di carico e inoltre il rapporto dei moduli del 1° e 2° ciclo dovrà essere non inferiore a 0.45 (CNR-BU n. 146). Qualora quest'ultimo valore non fosse conseguibile si dovrà fare riferimento a quanto previsto al punto 5.5.4.1.i). Sulla sommità dello strato supercompattato, per l'intera larghezza della piattaforma, subito dopo la compattazione, si dovrà intervenire con fitociti, antigerminali o anche taletossici.

5.5.7.2 Strato di sottofondo per rilevati e trincee stradali

La superficie costituente il piano di posa della sovrastruttura stradale, sia in trincea che in rilevato, sarà realizzata mediante formazione di uno strato di terra fortemente compattato di spessore non inferiore a 30 cm (spessore finito).

Per la realizzazione dovranno essere rispettate le seguenti prescrizioni:

- Dovranno impiegarsi terreni appartenenti alle categorie A1, A2-4, A2-5 e A3, con un coefficiente di uniformità (D_{60}/D_{10}) maggiore di 7. Inoltre (UNI 11531-1/2014 – punto 4.1.4) è richiesto che:
 - non vi siano granuli di dimensioni > 63 mm;
 - il passante a 0.063 mm sia ≤ 15 %;
 - l'indice di plasticità sia ≤ 6 , meglio se N.P.;
 - il passante al setaccio da 16 mm sia almeno del 50 %.
- In ogni punto la densità secca non dovrà essere inferiore al 98% della densità massima, ottenuta per quella terra, con la prova di costipamento AASHTO modificata (UNI EN 13286-2). Il modulo di deformazione M_d , misurato in condizioni di umidità prossime a quella ottima di costipamento, mediante prova di carico su piastra non dovrà essere inferiore a 50 MPa al primo ciclo di carico.
- L'eventuale aggiunta di acqua, per raggiungere l'umidità ottima in funzione della densità secondo la prova AASHTO modificata avverrà mediante dispositivi spruzzatori.
- Le operazioni anzidette non dovranno essere eseguite quando le condizioni ambientali (pioggia, neve, gelo) siano tali da danneggiare la qualità dello stesso strato supercompattato. Nel caso di ammaloramenti dovuti a tali cause, la parte deteriorata dovrà essere rimossa e ricostruita a cura e spesa dell'Esecutore.

5.5.8 INERBIMENTO

Sulle scarpate del rilevato dovrà essere posato uno strato di terreno vegetale unifero dello spessore di 20 cm da stendere a cordoli orizzontali opportunamente costipati seguendo d'appresso la costituzione del rilevato e ricavando gradoni di ancoraggio, salvo che il rivestimento venga eseguito contemporaneamente alla formazione del rilevato stesso, nel qual caso detti gradoni non sono necessari.

La semina dovrà essere eseguita con semi (di erbe ed arbusti tipo ginestra e simili), scelti in relazione al periodo di semina ed alle condizioni locali, si da ottenere i migliori risultati. La semina dovrà, se necessario, essere ripetuta fino ad ottenere un adeguato ed uniforme inerimento.

Si potrà anche provvedere all'inerimento mediante altri sistemi, con specifiche approvate dalla DL.

Per le scarpate dei rilevati ferroviari e stradali, l'inerimento verrà effettuato seguendo dappresso la costruzione del rilevato.

5.6 PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI

- a) In merito alla individuazione dei materiali provenienti dagli scavi e riutilizzabili per la costruzione delle opere in terra, sarà cura ed onere dell'ESECUTORE, prima dell'inizio dei lavori, esperire una campagna di indagini allo scopo di fornire alla DIREZIONE LAVORI un'esauriente documentazione sia per quanto attiene le caratteristiche fisico-meccaniche dei materiali che per quanto concerne la disponibilità in funzione delle esigenze quantitative e temporali derivanti dal programma di esecuzione dei lavori.

Qualora i quantitativi dei materiali individuati fossero insufficienti alle esigenze di costruzione, sarà cura dell'ESECUTORE presentare anche un'analogha documentazione relativa alle cave di prestito.

- b) La provenienza ed il tipo di materiale da utilizzare dovranno essere preventivamente comunicati alla DIREZIONE LAVORI.
- c) Sarà cura dell'ESECUTORE provvedere all'aerazione ed alla fornitura dell'acqua necessaria per ottenere l'umidificazione ottimale, ai fini della compattazione, dei materiali utilizzati per i rinterri ed i rilevati.
- d) In presenza di paramenti flessibili e murature laterali la compattazione a ridosso delle opere dovrà essere tale da escludere una riduzione nell'addensamento e nel contempo il danneggiamento delle opere stesse.

In particolare si dovrà evitare che i grossi rulli vibranti operino ad una distanza inferiore a 1.5 m. da opere preesistenti.

A ridosso dei manufatti l'ESECUTORE dovrà usare mezzi di compattazione leggeri quali piastre vibranti, rulli azionati a mano, provvedendo a garantire i requisiti di deformabilità e densità richiesti anche operando su strati di spessore ridotto. Nella formazione di tratti di rilevato rimasti in sospeso per la presenza di tombini, canali, cavi etc. si dovrà garantire la continuità con la parte realizzata impiegando materiali e livelli di compattazione identici.

- e) Sarà cura dell'ESECUTORE fare effettuare le prove in sito e di laboratorio previste dalla "Specifiche di Controllo", così come quelle integrative che la DIREZIONE LAVORI ritenesse necessarie per accertare la qualità del lavoro.
- f) Per consentire l'effettuazione delle prove in tempi congruenti con le esigenze di avanzamento dei lavori, l'ESECUTORE dovrà garantire la presenza in cantiere temporanea o permanente di uno o più laboratori attrezzati per la esecuzione delle prove previste dalle "Specifiche di Controllo".

Tale laboratorio dovrà avvalersi di personale qualificato e numericamente adeguato al quantitativo di prove da eseguire.

- g) Sarà cura dell'ESECUTORE provvedere al controllo e al contenimento di acque di falda e superficiali,

provvedendo alla costruzione delle opere di drenaggio definitive ed alla realizzazione di tutte le opere provvisorie (well-point, palancole, deviazioni, aggettamenti, etc.) atte a garantire la qualità del lavoro da eseguire ed a garantire altresì il regolare deflusso delle acque.

- h) Sarà cura dell'ESECUTORE provvedere alla fornitura ed al trasporto dei materiali provenienti da cave di prestito così come di quelli provenienti dagli scavi.
- i) Nel caso in cui, in qualsiasi fase di lavoro, siano rinvenuti oggetti o materiali di valore od oggetti tutelati dalle leggi vigenti, l'ESECUTORE dovrà scrupolosamente attenersi a quanto prescritto dal Contratto.
- l) Sarà onere dell'ESECUTORE provvedere alla profilatura delle scarpate, delle banchine e dei cigli ed alla costruzione degli arginelli, se previsti, nonché alla maggiorazione delle dimensioni di progetto dei rilevati per tener conto dell'assestamento delle terre, affinché all'epoca del collaudo i rilevati eseguiti abbiano dimensioni non inferiori a quelle previste nel progetto costruttivo.
- m) Sarà onere dell'ESECUTORE il trasporto e lo smaltimento a discarica autorizzata di tutto il materiale di risulta (non idoneo al riutilizzo o comunque esuberante) proveniente dagli scavi o da scarti di vagliatura del materiale accantonato per il riutilizzo.
- n) Sarà cura dell'ESECUTORE, durante tutte le fasi di lavorazione, provvedere alla protezione e conservazione dei manufatti esistenti ed all'eventuale ricostruzione, in caso di danneggiamento o temporanea rimozione, nello stato in cui si trovavano prima della effettuazione dei lavori.
- o) Sarà cura dell'ESECUTORE provvedere alla pulizia, manutenzione e ripristino del manto stradale, sia relativamente alle strade di cantiere che alla viabilità esterna, in modo da preservare l'integrità delle superfici stradali percorse dai mezzi dell'ESECUTORE e di garantire costantemente la percorribilità delle strade anche in relazione agli aspetti concernenti la sicurezza.
- p) Sarà cura dell'ESECUTORE provvedere a programmare i lavori conformemente alle fasi costruttive previste in progetto e verificare che i dati provenienti dal monitoraggio in corso d'opera siano rispondenti a quelli previsti in progetto. Nel caso in cui si verificano delle differenze, dovrà essere tempestivamente informata la DIREZIONE DEI LAVORI. Sarà inoltre onere dell'ESECUTORE raccogliere e consegnare alla DIREZIONE DEI LAVORI i dati del monitoraggio, con cadenza almeno mensile.

5.6.1 PRESCRIZIONI ED ONERI PARTICOLARI PER LA GESTIONE DEI MATERIALI IN ESCLUSIONE DAL REGIME DEI RIFIUTI

Si rimanda a quanto disciplinato nella sezione 20 del Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle Opere Civili.

5.6.2 PRESCRIZIONI ED ONERI PARTICOLARI PER LA GESTIONE DEI MATERIALI IN REGIME DEI RIFIUTI

Si rimanda a quanto disciplinato nella sezione 20 del Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle Opere Civili.

5.7 CONTROLLI

5.7.1 PRESCRIZIONI GENERALI

L'incidenza delle prove definite nelle specifiche di Controllo deve ritenersi come livello minimo; tale incidenza dovrà essere incrementata in ragione della discontinuità granulometrica dei materiali portati a rilevato o rinterro e della variabilità nelle procedure di compattazione.

L'ESECUTORE potrà eseguire le prove di controllo in proprio o tramite un laboratorio qualificato dall'ESECUTORE e approvato dalla DIREZIONE LAVORI.

Il personale addetto dovrà essere di provata esperienza ed affidabilità; il numero dei tecnici nonché quello delle attrezzature effettivamente disponibili dovrà essere tale da poter esperire le prove in sito ed in laboratorio con tempestività, continuità e con le frequenze previste.

Le prove di laboratorio dovranno essere eseguite in una sede adeguatamente attrezzata e capiente distaccata presso il cantiere dell'ESECUTORE ed accessibile alla DIREZIONE LAVORI.

Prima di iniziare i lavori l'ESECUTORE dovrà trasmettere alla DIREZIONE LAVORI l'elenco del personale, delle attrezzature di prova nonché i certificati di calibrazione e taratura delle apparecchiature; durante i lavori l'esito delle prove dovrà essere trasmesso tempestivamente su appositi moduli.

Tutti gli oneri conseguenti all'effettuazione e certificazione delle prove di cui al presente articolo devono intendersi a totale carico dell'ESECUTORE.

Prima di iniziare i lavori in oggetto, l'ESECUTORE dovrà disporre di un Piano dei Controlli approvato dalla DL, per ogni opera da eseguire.

Le prove saranno eseguite presso il laboratorio, accettato dalla DIREZIONE LAVORI o in situ, dal personale dello stesso laboratorio; l'esito di ciascuna prova verrà riportato su un apposito certificato ed allegato al Piano dei Controlli.

Per le prove in situ, su ciascun rapporto di prova certificato dovrà essere chiaramente indicato:

- l'opera di riferimento
- le caratteristiche identificative del lotto testato
- la data di esecuzione del test
- i risultati ottenuti
- il nome e firma del controllore

Per le prove di piastra su ciascun rapporto di prova certificato dovrà essere chiaramente indicato:

- l'opera di riferimento
- la provenienza del materiale testato, con indicazione del lotto o qualsiasi altro elemento identificativo;
- il nominativo dell'operatore che ha eseguito la prova;
- data e luogo della prova;
- visto di chi ha approvato l'emissione del rapporto di prova certificato.

L'esito di tutte le prove e di tutti i controlli effettuati dovrà essere trasmesso alla DIREZIONE LAVORI.

La DIREZIONE LAVORI potrà indicare, a sua discrezione, i punti per il campionamento dei materiali e per l'esecuzione delle prove in situ.

Per quanto concerne i controlli inerenti le tematiche ambientali si rimanda a quanto riportato nei paragrafi precedenti nonché a quanto disciplinato dalla normativa di settore vigente.

5.8 CONTROLLI SUGLI SCAVI

Il modello da applicare per la gestione e la certificazione dei controlli è il Piano dei Controlli completo delle relative schede per il controllo delle attività.

5.8.1 SCAVI A MANO O A MACCHINA

Sono richiesti i seguenti controlli.

5.8.1.1 Controllo della geometria

Questo controllo sarà eseguito dall'ESECUTORE durante l'esecuzione di ogni singolo scavo o lotto di scavo (scavo di trincee e piani di posa delle opere in terra) ed in ogni caso con la frequenza necessaria affinché gli scavi siano eseguiti secondo le pendenze, le dimensioni, lo stato delle superfici e le quote di progetto.

I risultati delle verifiche finali saranno annotati con la data e la firma del verificatore sull'apposita scheda prevista dal Piano dei Controlli.

5.8.1.2 Controllo della densità secca

Dopo la compattazione si dovrà controllare che la massima densità secca raggiunta sia almeno pari a quella richiesta per ciascuna tipologia di opera in terra.

La prova in oggetto sarà effettuata quando all'ESECUTORE è richiesto di effettuare lavori di compattazione sul fondo dello scavo.

La prova sarà eseguita su ogni singolo scavo, se di dimensioni inferiori a 1000 m² o su lotti di scavo di 1000 m².

5.8.1.3 Controllo del modulo di deformazione

Dopo la compattazione si dovrà controllare che il modulo di deformazione raggiunto e il valore del coefficiente K siano almeno pari a quelli rispettivamente richiesti per ciascuna tipologia di opera in terra.

La prova in oggetto sarà effettuata quando all'ESECUTORE è richiesto di effettuare lavori di compattazione sul fondo dello scavo.

La prova sarà eseguita su ogni singolo scavo, se di dimensioni inferiori a 1000 m². o su lotti di scavo di 1000 m².

5.8.2 SCAVI CON ESPLOSIVI

Lo scavo con uso di esplosivi dovrà essere eseguito secondo quanto riportato negli elaborati grafici, dove sono indicati il posizionamento delle cariche, la quantità di carica in ogni foro e completati con una relazione esplicativa in cui sia chiaramente documentata la necessità dell'uso dell'esplosivo, la quantità previste e le modalità esecutive.

Per questo tipo di scavi sono richiesti:

- la verifica del rilascio dei permessi da parte delle autorità competenti;
- la verifica della qualifica del personale addetto al maneggio degli esplosivi.

Entrambe queste documentazioni, in copia, saranno conservate dall'ESECUTORE in prossimità dei luoghi di lavoro a disposizione della DIREZIONE LAVORI e delle Autorità preposte.

5.9 CONTROLLI SUI RINTERRI

Il modello da applicare per la gestione e la certificazione dei controlli è il Piano dei Controlli completo delle relative schede per il controllo delle attività.

5.9.1 CONTROLLI SUI MATERIALI

Prima della posa in opera dei materiali da utilizzare dovrà essere controllato che essi appartengano alle classi ritenute idonee per il tipo di rinterro da effettuare (par.5.5.3.b). Il controllo dovrà essere effettuato con le seguenti frequenze minime:

- materiale proveniente da scavo: una prova ogni 3.000 mc;
- materiale proveniente da cava: non si effettueranno prove in campo ma il materiale dovrà provenire da cava provvista di apposita certificazione e accompagnato da relativo certificato (per ogni lotto omogeneo di materiale) emesso dalla cava, attestante la specifica ed i controlli sulla qualità del materiale. Il controllo sulla tipologia del materiale si ridurrà quindi al controllo del certificato.

5.9.2 CONTROLLO DELLA DENSITÀ SECCA

Dopo la compattazione si dovrà controllare che la massima densità secca raggiunta sia almeno pari a quella richiesta per ciascuna tipologia di opera in terra (par. 5.5.3.b)

Per ciascuno strato di bonifica, dovrà essere eseguita almeno 1 prova ogni 1000 m³, e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato; per ciascuno strato di riempimento di scavi, dovrà essere eseguita almeno 1 prova ogni 2000 m³, e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato.

5.9.3 CONTROLLO DEL MODULO DI DEFORMAZIONE

Dopo la compattazione si dovrà controllare che il modulo di deformazione raggiunto e il valore del coefficiente K siano almeno pari a quelli rispettivamente richiesti per ciascuna tipologia di opera in terra.

Per ciascuno strato di bonifica dovrà essere eseguita almeno 1 prova ogni 1000 m³ e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato; per ciascuno strato di riempimento dello scavo dovrà essere eseguita almeno 1 prova ogni 2000 m³ e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato.

5.9.4 CONTROLLO DELLO SPESSORE DEGLI STRATI

Si dovrà misurare lo spessore dello strato di materiale da compattare (materiale sciolto) e controllare che siano rispettati i valori previsti nei paragrafi precedenti.

Il controllo dovrà essere effettuato per ogni strato steso e almeno ogni 200 m.

5.10 CONTROLLI SUI RILEVATI

Il modello da applicare per la gestione e la certificazione dei controlli è il Piano dei Controlli completo delle relative schede per il controllo delle attività.

5.10.1 RILEVATI FERROVIARI

Gli scavi del terreno al disotto del piano di campagna dovranno essere effettuati con le modalità, di cui al par.5.5.2, ed i controlli di cui al par. 5.8.

5.10.1.1 Controlli sui materiali

Piano di posa

I materiali utilizzati nel caso della bonifica del piano di posa del rilevato (par. 5.5.4.1.a/b) o di riempimento, per raggiungere la quota del piano di posa del rilevato, verranno controllati secondo quanto previsto nel par. 5.9.1.

5.10.1.2 Corpo del rilevato

Per verificare l'accettabilità dei materiali utilizzati per il primo strato del corpo del rilevato (anticapillare- par. 5.5.4.1.c) e per tutto il corpo del rilevato, i controlli verranno effettuati come di seguito indicato.

Per i materiali provenienti da cave certificate, l'accettazione è subordinata alla presentazione del dossier di qualifica della cava, completo dei certificati di qualifica del materiale stesso ed approvato dalla DIREZIONE LAVORI. In questo caso il controllo per la rispondenza dei requisiti dei materiali si ridurrà quindi al controllo del certificato.

Nel caso di impiego di materiali di natura diversa di quelli approvati in sede di qualificazione del materiale, la DIREZIONE LAVORI deciderà sul tipo e quantità di prove da effettuare.

Per materiali provenienti da scavo le prove avverranno sullo scavo di approvvigionamento, con una frequenza di n.2 campionamenti per ogni lotto e volume non maggiore di 3000 m³ (UNI 11531-1/2014) di materiale scavato, ed in ogni caso ogni qualvolta cambi la tipologia del materiale scavato.

Per i controlli dei materiali dell'ultimo strato del rilevato (supercompattato) si rinvia al successivo par. 5.10.6.

5.10.1.3 Controlli sul contenuto d'acqua dei materiali

Per il corpo del rilevato, prima della compattazione, dovrà essere determinato (UNI EN 13286-2) il contenuto d'acqua del materiale da utilizzare, e confrontato con i limiti stabiliti (par.5.5.4.1.g). Nel caso ci sia la necessità di variarlo, mediante l'aggiunta di acqua o mediante evaporazione, la determinazione del contenuto d'acqua verrà ripetuta anche dopo le suddette operazioni.

La frequenza dei controlli sarà di 1 ogni 10000 m³ e comunque almeno 1 ogni strato da compattare.

5.10.1.4 Controlli sulla posa in opera dei materiali e sul livellamento degli strati

Si dovranno misurare gli spessori massimi degli strati stesi, prima della loro compattazione e controllare che non siano superiori a quelli indicati per questo tipo di opera.

Si controllerà inoltre che la pendenza trasversale della superficie superiore dello strato finito, dopo compattazione, sia quella di progetto e che le scarpate dei rilevati mantengano pendenze non superiori a quelle riportate in progetto.

I sopracitati controlli saranno effettuate per ogni strato e almeno 1 per ogni 1000 m².

5.10.1.5 Controlli sulla densità secca

Dopo la compattazione si dovrà controllare che la massima densità secca raggiunta sia almeno pari a quella richiesta rispettivamente per il piano di posa, per lo strato di anticapillare e per il corpo del rilevato.

Per il piano di posa dovrà essere eseguita almeno 1 prova ogni 4000 m², e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato.

Per lo strato anticapillare e per il corpo del rilevato dovrà essere eseguita, sia sul bordo sia al centro del rilevato stesso, almeno 1 prova ogni 2000 m², e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato.

Nel caso di utilizzo, preventivamente approvato, di frammenti di roccia, non verrà effettuata la prova per la determinazione della densità secca.

Per i controlli dei materiali dell'ultimo strato del rilevato (supercompattato) si rinvia al successivo par. 5.10.6

5.10.1.6 Controllo del modulo di deformazione

Dopo la compattazione si dovrà controllare che il modulo di deformazione raggiunto e il valore del coefficiente K siano almeno pari a quelli richiesti per il piano di posa, per lo strato di anticapillare e per il corpo del rilevato (par. 5.5.4.1.b; 5.5.4.1.c.; 5.5.4.1.i).

Per il piano di posa dovrà essere eseguita almeno 1 prova ogni 2000 m², e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato.

Per lo strato anticapillare e per il corpo del rilevato dovrà essere eseguita, sia sul bordo sia al centro del rilevato stesso, almeno 1 prova ogni 2000 m², e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato.

Per i controlli dei materiali dell'ultimo strato del rilevato (supercompattato) si rinvia al successivo par. 5.10.6

5.10.1.7 Controllo della geometria del rilevato

Dovranno essere misurate, su tutta la lunghezza dei rilevati, l'altezza del rilevato, la larghezza delle banchine (se presenti) e la differenza di quota banchina-ciglio del rilevato o altra banchina, e verificare che siano conformi al progetto.

5.10.1.8 Controllo dell'inerbimento delle scarpate del rilevato

Dovrà essere controllato lo spessore dello strato di terreno vegetale umifero, l'eventuale realizzazione di gradoni di ancoraggio e l'uniformità dell'inerbimento.

I controlli dovranno essere effettuati su entrambe le scarpate con una frequenza di 1 ogni 2000 m².

5.10.1.9 Monitoraggi

Dovranno essere effettuate tutte le misure di controllo previste nel piano di monitoraggio in corso d'opera, con le frequenze indicate in progetto. I dati dovranno essere comunicati alla DIREZIONE DEI LAVORI mediante una relazione nella quale sono messe a confronto le previsioni di progetto, fino alla data di redazione della relazione e tutte le misure effettuate nella stessa data. Detta relazione dovrà essere redatta con la frequenza riportata in progetto e comunque non superiore a 30 giorni.

5.10.2 RILEVATI A RIDOSSO DI OPERE D'ARTE

5.10.2.1 Controllo del materiale

Il misto cementato impiegato (par. 5.5.4.2.1) sarà accompagnato da certificazioni controllato mediante prova di resistenza a compressione su provini cilindrici compattati a 7 giorni di stagionatura, secondo norme CNR. B.U. n°29.

La frequenza delle prove sarà in ragione di una prova ogni strato posto in opera.

5.10.2.2 Controllo della densità secca

La frequenza delle prove sarà in ragione di una prova ogni strato posto in opera di misto cementato e di A1.

5.10.2.3 Controllo del modulo di deformazione

La frequenza delle prove sarà in ragione di una prova ogni strato posto in opera di misto cementato e di A1.

5.10.2.4 Controlli sulla posa in opera dei materiali e sul livellamento degli strati

Si dovranno misurare gli spessori massimi degli strati stesi, prima della loro compattazione e controllare che non siano superiori a quelli indicati per questo tipo di opera.

Si controllerà inoltre che la pendenza trasversale della superficie superiore dello strato finito, dopo compattazione, sia quella di progetto e che le scarpate dei rilevati mantengano pendenze non superiori a quelle riportate in progetto.

I sopraccitati controlli saranno effettuati per ogni strato e almeno 1 per ogni 1000 m².

5.10.3 RILEVATI STRADALI

Per i rilevati stradali valgono le stesse prescrizioni previste per il controllo dei rilevati ferroviari di cui al par. 5.10.1.

5.10.4 CONTROLLI SULLE DUNE, RITOMBAMENTI E COLLINE ARTIFICIALI

Per le opere che ricadono in questa categoria valgono le stesse prescrizioni previste per il controllo dei rilevati ferroviari di cui al par. 5.10.1.

5.10.5 CONTROLLI SULLE TRINCEE

5.10.5.1 Trincee ferroviarie

Gli scavi del terreno al disotto del piano di campagna dovranno essere effettuati con le modalità ed i controlli di cui al par. 5.8.

5.10.5.1.1 Controlli sui materiali

Piano di posa

I materiali utilizzati nel caso della bonifica del piano di posa dello strato supercompattato, verranno controllati secondo quanto previsto nel par. 5.9.1.

5.10.5.1.2 Controlli sulla densità secca

Dopo la compattazione del piano di posa o di ciascuno strato di terra che costituisce la bonifica (par. 5.5.3.b) si dovrà controllare che la massima densità secca raggiunta sia almeno pari a quella richiesta per questo tipo di opera.

I controlli dovranno essere eseguiti con una frequenza di almeno 1 prova ogni 1000 m², e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato.

Per i controlli dei materiali dello strato supercompattato si rinvia al successivo par. 5.10.6.

5.10.5.1.3 Controllo del modulo di deformazione

Dopo la compattazione del piano di posa o di ciascuno strato di terra che costituisce la bonifica si dovrà controllare che il modulo di deformazione raggiunto e il valore del coefficiente K siano almeno pari a quelli richiesti per questo tipo di opera.

I controlli dovranno essere eseguiti con una frequenza di almeno 1 prova ogni 1000 m², e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato.

Per i controlli dei materiali dell'ultimo strato(supercompattato) si rinvia al successivo par. 5.10.6.

5.10.5.1.4 Monitoraggi

Dovranno essere effettuate tutte le misure di controllo previste nel piano di monitoraggio in corso d'opera, con le frequenze indicate in progetto. I dati dovranno essere comunicati alla DIREZIONE DEI LAVORI, mediante una relazione nella quale sono messe a confronto le previsioni di progetto, fino alla data di redazione della relazione e tutte le misure effettuate nella stessa data. Detta relazione dovrà essere redatta con la

frequenza riportata in progetto e comunque non superiore a 30 giorni.

5.10.5.2 Trincee stradali

Per le trincee stradali valgono le stesse prescrizioni delle trincee ferroviarie di cui al par. 5.10.5.1.

5.10.6 CONTROLLI SULLO STRATO SUPERCOMPATTATO

5.10.6.1 Controlli sui materiali

Il materiale in opera dovrà presentarsi uniformemente miscelato, privo di segregazione dei suoi costituenti.

Per verificare l'accettabilità dei materiali utilizzati, i controlli (5.5.7.1.a) della granulometria del materiale, della determinazione del C.B.R., della prova Los Angeles, del coefficiente di disuniformità e dell'equivalente in sabbia, verranno effettuati in cave certificate precedentemente selezionate dall'ESECUTORE; l'accettazione è subordinata alla presentazione del dossier di accettazione della cava, completo dei certificati del materiale stesso ed approvato dalla DIREZIONE LAVORI. In questo caso i controlli in corso d'opera per la rispondenza dei requisiti dei materiali si ridurranno al controllo del certificato.

L'equivalente in sabbia dovrà essere determinato anche dopo il costipamento, presso il laboratorio accettato dalla DIREZIONE LAVORI, o, in situ, dal personale dello stesso laboratorio; l'esito di ciascuna prova verrà riportato su un apposito certificato. Queste prove verranno effettuate con una frequenza minima di 1 prova ogni 1000 m³.

5.10.6.2 Controlli sulla posa in opera dei materiali e sul livellamento degli strati

Si dovrà misurare lo spessore massimo dello strato e verificare che non sia inferiore a quelli di progetto, con una tolleranza di più o meno del 5%, purché questa differenza si presenti solo saltuariamente.

Si controllerà inoltre che la pendenza trasversale della superficie superiore dello strato finito, dopo compattazione, sia quella di progetto. La superficie finita non dovrà scostarsi dalla sagoma di progetto di oltre 1 cm controllato con un regolo di m 4,50 di lunghezza e disposto secondo due direzioni ortogonali.

I sopracitati controlli saranno effettuati con una frequenza di almeno 1 per ogni 1000 m².

5.10.6.3 Controlli sulla densità secca

Dopo la compattazione si dovrà controllare (5.5.7.1.h) che la massima densità secca raggiunta sia almeno pari a quella richiesta.

La frequenza dei controlli dovrà essere almeno 1 prova ogni 1000 m², e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato.

5.10.6.4 Controllo del modulo di deformazione

Dopo la compattazione si dovrà controllare (5.5.7.1.h) che il modulo di deformazione raggiunto e il valore del coefficiente K siano almeno pari a quelli richiesti per il piano di posa, per lo strato di anticapillare e per il corpo del rilevato.


Per il piano di posa dovrà essere eseguita almeno 1 prova ogni 1000 m², e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato.

**CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE
OPERE CIVILI**

**PARTE II - SEZIONE 6
OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO**

- 6.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE
- 6.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO
- 6.3 DEFINIZIONI
- 6.4 ABBREVIAZIONI
- 6.5 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO
- 6.6 OPERE IN ACCIAIO
- ALLEGATO 1 – OMOLOGAZIONE E RINNOVO DI CICLI DI VERNICIATURA
- ALLEGATO 2 – SCHEDA DI IDENTIFICAZIONE DEI PRODOTTI VERNICIANTI
- ALLEGATO 3 – ELEMENTO CAMPIONE PER LE PROVE DI APPLICAZIONE PRATICA

Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Verifica Tecnica	Autorizzazione
A	30/12/2016	Emissione per Applicazione	F.Carmona D.Faraldi G.Sorrentino	M.Tisalvi	F.Iacobini
B	22/12/2017	Emissione per Applicazione	F.Carmona D.Faraldi G.Sorrentino	M.Tisalvi	F.Iacobini

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 2 di 156

INDICE

6.1	SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE.....	4
6.1.1	OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO	4
6.1.2	OPERE IN ACCIAIO	4
6.2	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	5
6.2.1	NORMATIVA NAZIONALE.....	5
6.2.2	NORMATIVA EUROPEA.....	5
6.2.3	DOCUMENTAZIONE TECNICA	11
6.2.4	NORMATIVA FERROVIARIA.....	12
6.3	DEFINIZIONI.....	12
6.4	ABBREVIAZIONI	13
6.5	OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO.....	13
6.5.1	PRESCRIZIONI GENERALI.....	13
6.5.2	REQUISITI DEGLI IMPIANTI DI PRODUZIONE DEL CALCESTRUZZO	14
6.5.3	CARATTERISTICHE E REQUISITI DEI MATERIALI COSTITUENTI IL CONGLOMERATO CEMENTIZIO.....	15
6.5.4	CARATTERISTICHE E REQUISITI DEL CONGLOMERATO CEMENTIZIO	18
6.5.5	REQUISITI MINIMI DELLE MISCELE IN RELAZIONE ALL'IMPIEGO	19
6.5.6	REQUISITI AGGIUNTIVI DELLE MISCELE.....	24
6.5.7	PRESCRIZIONI PER I SINGOLI TIPI DI CALCESTRUZZO	25
6.5.8	QUALIFICA DEI MIX DESIGN PER CONGLOMERATI CEMENTIZI.....	28
6.5.9	CONTROLLI DI CONFORMITÀ IN CORSO D'OPERA E FREQUENZE DI PROVA	31
6.5.10	CARATTERISTICHE DELL'ACCIAIO D'ARMATURA PER C.A. E C.A.P.	35
6.5.11	NORME E REGOLE DI ESECUZIONE.....	38
6.5.12	ELEMENTI PRECOMPRESSI	46
6.5.13	ELEMENTI PREFABBRICATI.....	50
6.5.14	CALCESTRUZZI SPECIALI.....	53
6.5.15	TOLLERANZE COSTRUTTIVE.....	60
6.5.16	INTERVENTI DI RIPRISTINO E/O RINFORZO DI STRUTTURE DEGRADATE IN CALCESTRUZZO	62
6.5.17	PROTEZIONE DELLE STRUTTURE IN CEMENTO ARMATO	81
6.5.18	ANCORAGGI E INGHISAGGI	84
6.5.19	INTERVENTI SULLE STRUTTURE IN MURATURA	88
6.6	OPERE IN ACCIAIO	98
6.6.1	CLASSI DI ESECUZIONE.....	98
6.6.2	REQUISITI E OBBLIGHI DELL'ESECUTORE.....	98
6.6.3	QUALITÀ DEI MATERIALI DA IMPIEGARE	100
6.6.4	PROVE DI ACCETTAZIONE DEI MATERIALI	105
6.6.5	LAVORAZIONI D'OFFICINA E PRESCRIZIONI.....	108
6.6.6	BULLONATURE	109
6.6.7	SALDATURE	113
6.6.8	PREMONTAGGIO IN OFFICINA DELLE STRUTTURE PER PONTI FERROVIARI	136
6.6.9	MONTAGGIO IN OPERA	137
6.6.10	TRATTAMENTI SUPERFICIALI.....	139
	ALLEGATO 1 – OMOLOGAZIONE E RINNOVO DI CICLI DI VERNICIATURA	147
1.1	ITER DI OMOLOGAZIONE.....	147
1.2	CLASSI DI CORROSIVITÀ ATMOSFERICA E REQUISITI MINIMI	148
1.3	PROVE DI PREQUALIFICAZIONE DELLA VERNICIATURA.....	148
1.3.1	CAMPIONI E PROVINI.....	148
1.3.2	ANALISI CHIMICHE.....	149
1.3.3	INVECCHIAMENTO ARTIFICIALE IN NEBBIA SALINA	149

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 3 di 156

1.3.4	INVECCHIAMENTO ARTIFICIALE PER ESPOSIZIONE AI RAGGI UV	150
1.3.5	PROVA DI RESISTENZA ALL'URTO	150
1.3.6	RESISTENZA ALLE ATMOSFERE UMIDE CONTENENTI ANIDRIDE SOLFOROSA	150
1.4	PROVE DI APPLICAZIONE DEL CICLO	150
1.5	DOSSIER DI OMOLOGAZIONE	151
1.6	RINNOVO DEI CICLI DI VERNICIATURA	152
1.7	DISPOSIZIONI TRANSITORIE	152
	ALLEGATO 2 – SCHEDA DI IDENTIFICAZIONE DEI PRODOTTI VERNICIANTI.....	154
	DATI DEL PRODOTTO VERNICIANTE (PARTE1).....	154
	IDENTIFICAZIONE CHIMICA DEL PRODOTTO (PARTE 2)	155
	ALLEGATO 3 – ELEMENTO CAMPIONE PER LE PROVE DI APPLICAZIONE PRATICA DEL CICLO DI VERNICIATURA.....	156

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 4 di 156

6.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente sezione è parte integrante del Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili (cod. RFI DTC SI SP IFS 001) e sostituisce la sezione 6 della parte II del precedente Capitolato (cod. RFI DTC SICS SP IFS 001).

6.1.1 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO

Le prescrizioni contenute al par. 6.5 si applicano al conglomerato cementizio per usi strutturali, armato e non, ordinario e precompresso, gettato in opera o prefabbricato.

Nel seguito sono definite:

- le caratteristiche d'idoneità per le miscele di calcestruzzo e i loro componenti,
- le caratteristiche d'idoneità per gli acciai d'armatura e di precompressione,
- le prescrizioni relative alla produzione e al trasporto dei materiali impiegati,
- le modalità esecutive applicabili al fine di ottenere le migliori caratteristiche prestazionali per i materiali richieste dal progetto approvato e di garantire la qualità e durabilità delle opere.

Sono altresì indicati i requisiti riguardo alle malte cementizie per iniezione delle guaine nella post-tensione delle travi e alle malte da utilizzare per i ripristini strutturali e per le rasature delle superfici.

Salvo quanto diversamente indicato nel contratto d'appalto, i controlli, i requisiti e le prescrizioni descritti nel seguito devono integralmente applicarsi a tutte le opere appaltate dalle FERROVIE per la cui realizzazione è previsto l'impiego di almeno 300 m³ di calcestruzzo e comunque sempre nel caso di realizzazione di opere sotto binario e cavalcaferrovia.

Per opere che prevedano l'impiego di quantità complessive di calcestruzzo minori di tale limite, si rimanda alle prescrizioni e ai controlli previsti dalle norme di legge vigenti.

6.1.2 OPERE IN ACCIAIO

Le prescrizioni contenute al par. 6.6, si applicano all'acciaio per carpenteria metallica destinato alla realizzazione delle seguenti tipologie di opere:

- ponti e viadotti ferroviari;
- cavalcavia, passerelle pedonali e altre strutture interferenti con la sede ferroviaria di proprietà di FERROVIE;
- barriere antirumore;
- fabbricati e pensiline.

Nel seguito sono definiti i requisiti per l'esecuzione di costruzioni in acciaio e in particolare:

- le proprietà meccaniche e chimiche del materiale;
- le procedure di controllo dei materiali e delle lavorazioni;
- le caratteristiche dimensionali e di impiego;
- i controlli da eseguire in fase di premontaggio e/o montaggio
- le caratteristiche del trattamento protettivo.

Limitatamente ai cavalcavia e alle passerelle pedonali interferenti la sede ferroviaria realizzati da altri Enti, la

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 5 di 156

presente potrà essere applicata:

- alla sola campata sovrastante la sede ferroviaria nel caso di impalcati semplicemente appoggiati;
- alla campata sovrastante la sede ferroviaria e alle due adiacenti sia nel caso di impalcati continui che per i controlli sui dispositivi di vincolo.

Per le altre campate le FERROVIE potranno acquisire la documentazione prodotta dal Direttore dei Lavori in ottemperanza agli obblighi di legge e contrattuali.

6.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

I lavori saranno eseguiti in accordo alle norme di legge, istruzioni e normative tecniche applicabili, nonché a tutte quelle indicate nel presente documento e nelle sezioni di Capitolato richiamate nel testo. Si elenca di seguito la principale documentazione e normativa di riferimento.

6.2.1 NORMATIVA NAZIONALE

- Legge 5/11/1071 n.1086 "Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica."
- DM Infrastrutture 14/1/2008 "Nuove norme tecniche per le costruzioni";
- Circolare esplicativa del 2 febbraio 2009, n. 617/C.S.LL.PP. - Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni»;
- DM 9/5/2003 n. 156 "Criteri e modalità per il rilascio dell'abilitazione degli organismi di certificazione, ispezione e prova nel settore dei prodotti da costruzione";
- Legge 26/5/1965 n.595 "Caratteristiche tecniche e requisiti dei leganti idraulici";
- DPR 380/2001 "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia";
- Linee guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo indurito mediante prove non distruttive - del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici;
- Linee Guida sul calcestruzzo strutturale - del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici;
- Linee guida per la produzione, il trasporto ed il controllo del calcestruzzo preconfezionato - del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici;

6.2.2 NORMATIVA EUROPEA

Calcestruzzo:

- UNI EN 206:2014 Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità;
- UNI EN 12350-2:2009 Prova sul calcestruzzo fresco - Parte 2: Prova di abbassamento al cono;
- UNI EN 12350-5:2009 Prova sul calcestruzzo fresco - Parte 5: Prova di spandimento alla tavola a scosse;
- UNI EN 12350-7:2009 Prova sul calcestruzzo fresco - Parte 7: Contenuto d'aria - Metodo per pressione;
- UNI EN 12350-6:2009 Prova sul calcestruzzo fresco - Parte 6: Massa volumica;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 6 di 156

- UNI EN 12390-2:2009 Prove sul calcestruzzo indurito - Parte 2: Confezione e stagionatura dei provini per prove di resistenza;
- UNI EN 12390-3:2009 Prove sul calcestruzzo indurito - Parte 3: Resistenza alla compressione dei provini;
- UNI EN 12390-5:2009 Prove sul calcestruzzo indurito - Parte 5: Resistenza a flessione dei provini;
- UNI EN 12390-6:2010 Prove sul calcestruzzo indurito - Parte 6: Resistenza a trazione indiretta dei provini;
- UNI EN 12390-7:2009 Prove sul calcestruzzo indurito - Parte 7: Massa volumica del calcestruzzo indurito;
- UNI EN 12390-8:2009 Prove sul calcestruzzo indurito - Parte 8: Profondità di penetrazione dell'acqua sotto pressione;
- UNI EN 12390-13:2013 Prove sul calcestruzzo indurito - Parte 13: Determinazione del modulo di elasticità secante in compressione;
- UNI EN 12504-1:2009 Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Parte 1: Carote - Prelievo, esame e prova di compressione;
- UNI EN 12504-2:2012 Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Parte 2: Prove non distruttive – Determinazione dell'indice sclerometrico;
- UNI EN 12504-3:2005 Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Parte 3: Determinazione della forza di estrazione;
- UNI EN 12504-4:2005 Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Parte 4: Determinazione della velocità di propagazione degli impulsi ultrasonici;
- UNI EN 13670:2010 Esecuzione di strutture di calcestruzzo.

Acciaio:

- UNI EN 10080:2005 Acciaio d'armatura per calcestruzzo - Acciaio d'armatura saldabile – Generalità;
- UNI EN ISO 15630-2:2010 Acciaio per calcestruzzo armato e calcestruzzo armato precompresso - Metodi di prova - Parte 2: Reti saldate;
- UNI EN ISO 15630-3:2010 Acciaio per calcestruzzo armato e calcestruzzo armato precompresso - Metodi di prova - Parte 3: Acciaio per calcestruzzo armato precompresso;
- UNI EN ISO 15630-1:2010 Acciaio per calcestruzzo armato e calcestruzzo armato precompresso - Metodi di prova - Parte 1: Barre, rotoli e fili;
- UNI EN 1090-2 - Esecuzione di strutture di acciaio e di alluminio - Parte 2: Requisiti tecnici per strutture di acciaio;
- UNI EN ISO 3834 “Requisiti di qualità per la saldatura per fusione dei materiali metallici;
- UNI EN ISO 3834-2 Requisiti di qualità per la saldatura per fusione dei materiali metallici - Parte 2: Requisiti di qualità estesi;
- UNI EN 10210 Profilati cavi finiti a caldo di acciai non legati e a grano fine per impieghi strutturali;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 7 di 156


- UNI EN 10219-1:2006 Profilati cavi saldati formati a freddo per impieghi strutturali di acciai non legati e a grano fine - Parte 1: Condizioni tecniche di fornitura;
- UNI EN 10163-2:2005 Condizioni di fornitura relative alla finitura superficiale di lamiera, larghi piatti e profilati di acciaio laminati a caldo - Parte 2: Lamiera e larghi piatti;
- UNI EN 10163-3:2005 Condizioni di fornitura relative alla finitura superficiale di lamiera, larghi piatti e profilati di acciaio laminati e a caldo. Parte 3: Profilati;
- UNI EN 10025-1:2005 Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 1: Condizioni tecniche generali di fornitura;
- UNI EN 10025-2:2005 Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 2: Condizioni tecniche di fornitura di acciai non legati per impieghi strutturali;
- UNI EN 10025-3:2005 Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 3: Condizioni tecniche di fornitura di acciai per impieghi strutturali saldabili a grano fine allo stato normalizzato/normalizzato laminato;
- UNI EN 10025-5:2005 Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 5: Condizioni tecniche di fornitura di acciai per impieghi strutturali con resistenza migliorata alla corrosione atmosferica;
- UNI EN 10160:2001 Controllo con ultrasuoni di prodotti piani di acciaio con spessore maggiore o uguale a 6 mm (metodo per riflessione);
- UNI EN ISO 1461:2009 Rivestimenti di zincatura per immersione a caldo su prodotti finiti ferrosi e articoli di acciaio - Specificazioni e metodi di prova;
- UNI EN 14399-4:2015 Assiemi di bulloneria strutturale ad alta resistenza da precarico - Parte 4: Sistema HV - Assiemi vite e dado esagonali;
- UNI EN 14399-10:2009 Bulloneria strutturale ad alta resistenza a serraggio controllato - Parte 10: Sistema HRC - Assiemi vite e dado con serraggio calibrato;
- UNI EN 14399-6:2015 Assiemi di bulloneria strutturale ad alta resistenza da precarico - Parte 6: Rondelle piane bisellate;
UNI EN ISO 7090:2001 Rondelle piane, smussate - Serie normale - Categoria A;
- UNI EN ISO 898 -1:2013 Caratteristiche meccaniche degli elementi di collegamento di acciaio - Parte 1: Viti e viti prigioniere con classi di resistenza specificate - Filettature a passo grosso e a passo fine;
- UNI EN ISO 898-2:2012 Caratteristiche meccaniche degli elementi di collegamento di acciaio al carbonio e acciaio legato - Parte 2: Dadi con classi di resistenza specificate - Filettatura a passo grosso e filettatura a passo fine;
- UNI EN ISO 4759-1:2001 Tolleranze per elementi di collegamento - Viti, viti prigioniere e dadi - Categorie A, B e C;
- UNI EN ISO 8501 Preparazione di substrati di acciaio prima dell'applicazione di pitture e prodotti correlati - Valutazione visiva del grado di pulitura della superficie;
- UNI EN ISO 8503 Preparazione di supporti di acciaio prima dell'applicazione di prodotti vernicianti e prodotti simili - Caratteristiche di rugosità superficiale di supporti di acciaio puliti mediante sabbiatura;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 8 di 156

- UNI EN ISO 2808:2007 Pitture e vernici - Determinazione dello spessore del film;
- UNI EN ISO 9117-3:2010 Pitture e vernici - Prove di essiccamento - Parte 3: Prova di essiccamento superficiale mediante il metodo delle perline di vetro;
- UNI EN ISO 6504-1:2006 Pitture e vernici - Determinazione del potere coprente - Parte 1: Metodo di Kubelka-Munk per pitture bianche e chiare;
- UNI EN ISO 6504-3:2007 Pitture e vernici - Determinazione del potere coprente - Parte 3: Determinazione del rapporto di contrasto di pitture di colore chiaro a una resa fissata;
- UNI EN ISO 3251:2008 Pitture, vernici e materie plastiche - Determinazione del contenuto di sostanze volatili;
- UNI EN ISO 2811-1:2016 Pitture e vernici – Determinazione della densità – Parte 1: Metodo col picnometro;
- UNI EN ISO 4624:2016 Pitture e vernici – Test di trazione (pull-off test) per adesione;
- UNI EN ISO 2409:2013 Pitture e vernici - Prova di quadrettatura;
- UNI EN ISO 12944 - Pitture e vernici – Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura;
- UNI EN ISO 9227:2012 Prove di corrosione in atmosfere artificiali - Prove di nebbia salina;
- UNI EN ISO 10025 - Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali;
- UNI EN ISO 10025-2:2005 Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 2: Condizioni tecniche di fornitura di acciai non legati per impieghi strutturali;
- UNI EN ISO 15528:2014 Pitture, vernici e materie prime per pitture e vernici - Campionamento
- UNI EN ISO 1513:2010 Pitture e vernici - Controllo e preparazione dei campioni di prova;
- UNI EN ISO 1514:2005 Pitture e vernici - Pannelli unificati per le prove;
- EN ISO 1514:2016 Paints and varnishes - Standard panels for testing (ISO 1514:2016);
- UNI EN ISO 4628 Pitture e vernici – Valutazione della degradazione dei rivestimenti;
- UNI EN ISO 16474-3:2014 Pitture e vernici - Metodi per l'esposizione a sorgenti di luce di laboratorio - Parte 3: Lampade UV fluorescenti;
- UNI EN ISO 3231:1999 Pitture e vernici - Determinazione della resistenza alle atmosfere umide contenenti diossido di zolfo;
- UNI EN ISO 6272 - Prove di deformazione rapida (resistenza all'urto).

Aggregati:

- UNI EN 932-3:2004 Metodi di prova per determinare le proprietà generali degli aggregati - Procedura e terminologia per la descrizione petrografica semplificata;
- UNI EN 1097-5:2008 Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Parte 5: Determinazione del contenuto d'acqua per essiccazione in forno ventilato;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 9 di 156

- UNI EN 1097-6:2013 Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Parte 6: Determinazione della massa volumica dei granuli e dell'assorbimento d'acqua;
- UNI EN 12620:2008 Aggregati per calcestruzzo.

Aggiunte:

- UNI EN 450-1:2012 Ceneri volanti per calcestruzzo - Parte 1: Definizione, specificazioni e criteri di conformità;
- UNI EN 13263-1:2009 Fumi di silice per calcestruzzo - Parte 1: Definizioni, requisiti e criteri di conformità;
- UNI EN 15167-1:2006 Loppa d'altoforno granulata macinata per calcestruzzo, malta e malta per iniezione - Parte 1: Definizioni, specifiche e criteri di conformità.
- UNI EN 12878:2014 Pigmenti per la colorazione dei materiali da costruzione a base di cemento e/o calce - Requisiti e metodi di prova.

Additivi:

- UNI EN 480-4:2006 Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione - Metodi di prova - Parte 4: Determinazione della quantità di acqua essudata del calcestruzzo;
- UNI EN 934-2:2012 Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione - Parte 2: Additivi per calcestruzzo - Definizioni, requisiti, conformità, marcatura ed etichettatura;
- UNI EN 934-4:2009 Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione - Parte 4: Additivi per malta per iniezione per cavi di precompressione - Definizioni, requisiti, conformità, marcatura ed etichettatura.

Acqua di impasto:

- UNI EN 1008:2003 Acqua d'impasto per il calcestruzzo - Specifiche di campionamento, di prova e di valutazione dell'idoneità dell'acqua, incluse le acque di ricupero dei processi dell'industria del calcestruzzo, come acqua d'impasto del calcestruzzo.

Cemento:

- UNI EN 196-9:2010 Metodi di prova dei cementi - Parte 9: Calore d'idratazione - Metodo semiadiabatico;
- UNI EN 197-1:2011 Cemento - Parte 1: Composizione, specificazioni e criteri di conformità per cementi comuni.

Calcestruzzi precompressi e prefabbricati:

- UNI EN 445:2007 Boiaccia per cavi di precompressione - Metodi di prova;
- UNI EN 523:2005 Guaine in fogli di acciaio per cavi di precompressione - Terminologia, prescrizioni, controllo della qualità;
- UNI EN 13369:2013 Regole comuni per prodotti prefabbricati di calcestruzzo.

Calcestruzzo proiettato:

- UNI EN 14487-1:2006 Calcestruzzo proiettato - Parte 1: Definizioni, specificazioni e conformità;
- UNI EN 14487-2:2007 Calcestruzzo proiettato - Parte 2: Esecuzione;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 10 di 156

- UNI EN 14488-1:2005 Prove sul calcestruzzo proiettato – Parte 1: Campionamento sul calcestruzzo fresco e sul calcestruzzo indutito;
- UNI EN 14488-2:2006 Prove sul calcestruzzo proiettato – Parte 2: Resistenza alla compressione del calcestruzzo spruzzato giovane;
- UNI EN 14488-4:2005 Prove sul calcestruzzo proiettato – Parte 4: Aderenza per trazione diretta sulle carote;
- UNI EN 14488-6:2006 Prove sul calcestruzzo proiettato – Parte 6: Spessore del calcestruzzo su un supporto;

Malte di cemento:

- UNI EN 1504-2:2005 Prodotti e sistemi per la protezione e riparazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 2: Sistemi di protezione delle superfici di calcestruzzo;
- UNI EN 1504-3:2005 Prodotti e sistemi per la protezione e riparazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 3: Protezione e riparazione delle strutture di calcestruzzo;
- UNI EN 1504-6:2005 Prodotti e sistemi per la protezione e riparazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 6: Ancoraggio dell'armatura di acciaio;
- UNI EN 1504-10:2005 Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture di calcestruzzo - Definizioni, requisiti, controllo di qualità e valutazione della conformità - Parte 10: Applicazione in opera di prodotti e sistemi e controllo di qualità dei lavori;
- UNI EN 1015-17:2008 Metodi di prova per malte per opere murarie - Parte 17: Determinazione del contenuto di cloruro solubile in acqua delle malte fresche;
- UNI EN 12190:2000 Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture di calcestruzzo - Metodi di prova - Determinazione della resistenza a compressione delle malte da riparazione;
- UNI EN 196-1:2016 Metodi di prova dei cementi - Parte 1: Determinazione delle resistenze meccaniche;
- UNI EN 13412:2007 Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture di calcestruzzo - Metodi di prova - Determinazione del modulo elastico in compressione;
- UNI EN 1542:2000 Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture di calcestruzzo - Metodi di prova - Misurazione dell'aderenza per trazione diretta;
- UNI EN 13687-1:2003 Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture di calcestruzzo - Metodi di prova - Determinazione della compatibilità termica - Cicli di gelo-disgelo con immersione in sali disgelanti;
- UNI EN 12615:2001 Prodotti e sistemi per la protezione e riparazione delle strutture di calcestruzzo - Metodi di prova - Determinazione della resistenza al taglio;
- UNI EN 13057:2003 Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture di calcestruzzo - Metodi di prova - Determinazione dell'assorbimento capillare.
- UNI EN 13295:2005 Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture di calcestruzzo - Metodi di prova - Determinazione della resistenza alla carbonatazione;

Pitture e vernici:

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 11 di 156

- UNI EN 1062-3:2008 Pitture e vernici - Prodotti e sistemi di verniciatura di opere murarie esterne e calcestruzzo - Parte 3: Determinazione della permeabilità all'acqua liquida;
- UNI EN 1062-6:2003 Pitture e vernici - Prodotti e cicli di verniciatura di opere murarie esterne e calcestruzzo - Determinazione della permeabilità all'anidride carbonica
- UNI EN 1062-7:2005 Pitture e vernici - Prodotti e sistemi di verniciatura per muratura e calcestruzzo esterni - Parte 7: Determinazione delle proprietà di resistenza alla screpolatura;
- UNI EN 1062-11:2003 Pitture e vernici - Prodotti e cicli di verniciatura di opere murarie esterne e calcestruzzo - Metodi di condizionamento prima delle prove;
- UNI EN ISO 7783 Pitture e vernici - Determinazione delle proprietà di trasmissione del vapore acqueo - Metodo della capsula.

Altro:

- UNI EN ISO 9001:2015 Sistemi di gestione per la qualità - Requisiti;
- UNI CEI EN ISO /IEC 17021 del 2011: Valutazione della conformità -Requisiti per gli organismi che forniscono audit e certificazione di sistemi di gestione.

6.2.3 DOCUMENTAZIONE TECNICA

- UNI 11201:2007 Prove sul calcestruzzo fresco - Determinazione del contenuto di acqua;
- UNI 7087:2002 Calcestruzzo - Determinazione della resistenza al degrado per cicli di gelo e disgelo;
- UNI 7123:1972 Calcestruzzo. Determinazione dei tempi di inizio e fine presa mediante la misura della resistenza alla penetrazione;
- UNI 8147:2008 Agenti espansivi non metallici per impasti cementizi - Determinazione dell'espansione contrastata della malta;
- UNI 8520-1:2015 Aggregati per calcestruzzo - Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 12620 - Parte 1: Designazione e criteri di conformità;
- UNI 8520-2:2016 Aggregati per calcestruzzo - Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 12620 - Parte 2: Requisiti;
- UNI 8520-22:2002 Aggregati per confezioni di calcestruzzi - Determinazione della potenziale reattività degli aggregati in presenza di alcali;
- UNI 8866-1:2009 Prodotti disarmanti - Definizioni e classificazione;
- UNI 8866-2:1986 Prodotti disarmanti - Prova dell'effetto disarmante alle temperature di 20 e 80 gradi C. su superfici di acciaio e legno trattato;
- UNI 9156:1997 Classifica e definisce i requisiti dei cementi resistenti all'azione aggressiva (espansiva) dei solfati contenuti nelle acque e nei terreni;
- UNI 9156:2015 Cementi resistenti ai solfati - Classificazione e composizione;
- UNI 9606:1997 Cementi resistenti al dilavamento della calce. Classificazione e composizione;
- UNI 9944:1992 Corrosione e protezione dell'armatura del calcestruzzo. Determinazione della profondità di carbonatazione e del profilo di penetrazione degli ioni cloruro nel calcestruzzo;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 12 di 156

- UNI 10622:1997 Barre e vergella (rotoli) di acciaio d armatura per cemento armato, zincati a caldo;
- UNI 11039-1:2003 Calcestruzzo rinforzato con fibre di acciaio - Definizioni, classificazione e designazione;
- UNI 11104:2016 Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206;
- UNI 11307:2008 Prove sul calcestruzzo indurito – Determinazione del ritiro;
- UNI 11417-2:2014 Durabilità delle opere di calcestruzzo e degli elementi prefabbricati di calcestruzzo - Parte 2: Istruzioni per prevenire la reazione alcali-silice;
- UNI 11417-1:2012 Durabilità delle opere di calcestruzzo e degli elementi prefabbricati di calcestruzzo - Parte 1: Istruzioni per ottenere la resistenza alle azioni aggressive;
- UNI 11530:2014 Determinazione della potenziale reattività agli alcali degli aggregati per calcestruzzo – esame petrografico di dettaglio per la determinazione dei costituenti potenzialmente reattivi agli alcali
- UNI 8998:1987 Malte cementizie espansive premiscelate per ancoraggi. Determinazione della quantità d' acqua d' impasto essudata;
- ETAG 001:1997 Linee guida per il B.T.E di ancoranti metallici da utilizzare nel calcestruzzo.
- ISO 14001:2015 Sistemi di gestione ambientale - Requisiti e guida per l'uso;
- Istruzione CNR UNI 10011 - "Costruzioni di acciaio - Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione".
- ASTM D714 - 02:2009 Standard test method for evaluating degree of blistering of paints;
- UNI 136 "Chiodi da ribadire. Chiodi a testa tonda stretta".
- UNI 139 “Chiodi da ribadire. Chiodi a testa svasata piana”
- UNI 5715:2002 Piastrine per carpenteria per appoggio su ali di travi IPN (inclinazione 14%).
- UNI 5716:2002 Piastrine per carpenteria per appoggio su ali di travi UPN (inclinazione 8%).

6.2.4 NORMATIVA FERROVIARIA

- COp n. 332/RFI del 12 feb. 2016 - Procedura Operativa “ La Direzione dei Lavori negli appalti gestiti da RFI” - RFI DPR PD IFS 021 A;
- Manuale di progettazione delle opere civili di RFI – RFI DTC SI MA IFS 001.
- Condizioni Generali di Contratto per gli Appalti di lavori delle Società del Gruppo Ferrovie dello Stato Italiane approvate dal Consiglio di Amministrazione di Ferrovie dello Stato Italiane S.p.A.

6.3 DEFINIZIONI

Di seguito sono indicate le seguenti definizioni:

- **ESECUTORE:** soggetto incaricato dell'esecuzione dei lavori (Appaltatore/Costruttore/General Contractor/Contraente Generale);
- **FERROVIE:** RFI S.p.A o chi agisce in nome e per conto di RFI S.p.A. (Direzione Lavori /Alta Sorveglianza).

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 13 di 156

- **PRODUTTORE:** soggetto incaricato della fornitura dei materiali da costruzione o degli elementi accessori.

Si rappresenta che essendo l'ESECUTORE responsabile della qualità del materiale impiegato, e quindi del rispetto delle prescrizioni di legge e di quelle contenute nella presente sezione del capitolato, nel testo ci si riferisce a detta figura anche nel caso si prescrivano attività o controlli che esegue lo stabilimento di produzione.

6.4 ABBREVIAZIONI

Di seguito sono indicati i simboli utilizzati all'interno della presente sezione di capitolato.

- c.a.: cemento armato;
- c.a.p.: cemento armato precompresso;
- C: classe di resistenza;
- S.T.C.: Servizio Tecnico Centrale del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.
- CE: Comunità Europea
- D.M.: Decreto Ministeriale

6.5 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO

6.5.1 PRESCRIZIONI GENERALI

Al fine di verificare la rispondenza delle opere eseguite alle specifiche e agli standard prefissati, l'ESECUTORE deve eseguire o far eseguire a proprie spese tutte le prove e i controlli di legge, quelli previsti dalle presenti prescrizioni, nonché quelli integrativi richiesti dalle FERROVIE in base a motivate esigenze tecniche, ovvero dal Collaudatore statico e/o dalla Commissione di Collaudo. I controlli in fase di qualifica, di accettazione ed eventualmente, a discrezione delle FERROVIE, le prove complementari di cui al DM 14/1/2008, devono essere effettuate presso un Laboratorio Ufficiale/Autorizzato (nel seguito, U/A) di cui all'art. 59 del DPR n.380/2001. I relativi certificati devono essere registrati dall'ESECUTORE su apposita documentazione di controllo specifica per l'esecuzione di ciascuna opera.

Per tutti i tipi di prova l'ESECUTORE deve fornire la manodopera, le attrezzature, predisporre le eventuali opere provvisorie ed i ponteggi in quantità e tipologie adeguate all'esecuzione delle prove medesime, nel rispetto delle garanzie di sicurezza durante le fasi operative. Resta inteso che il ripristino integrale delle parti d'opera interessate da prove e prelievi è da intendersi a carico dell'ESECUTORE e deve essere eseguito con materiali e modalità approvati dalle FERROVIE.

Tutti gli oneri diretti e indiretti derivanti dall'applicazione delle presenti prescrizioni, compresi quelli necessari per il prelievo, confezionamento, trasporto dei campioni di materiali da sottoporre a prove fisiche-chimiche-meccaniche, nonché i costi di esecuzione di queste ultime presso i Laboratori Ufficiali/Autorizzati, si intendono compresi e compensati dai prezzi contrattuali.

Nel caso d'esecuzione di opere che, per effetto di operazioni successive, risultassero inaccessibili o comunque non più ispezionabili, prima di procedere con le operazioni successive, l'ESECUTORE deve darne informazione alle FERROVIE nei tempi previsti contrattualmente per l'effettuazione del controllo. Nel caso in cui l'ESECUTORE non ottemperi a quanto sopra, per eseguire le constatazioni previste contrattualmente e dalla normativa, le FERROVIE potranno richiedere, a cura e spese dell'ESECUTORE, la messa a nudo delle parti non più visibili o che siano rese comunque accessibili le porzioni d'opera preventivamente non ispezionate.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 14 di 156

Nel caso in cui la progettazione sia in carico all'ESECUTORE, lo stesso è tenuto a presentare alle FERROVIE, in tre copie, i calcoli di stabilità e i disegni esecutivi, completi in ogni dettaglio, di tutte le strutture in cemento armato normale e precompresso. Il progetto dovrà contenere le indicazioni relative alla classe di resistenza, classe di consistenza, diametro massimo degli inerti e classi di esposizione dei calcestruzzi da impiegare per le diverse parti d'opera, nel rispetto delle prescrizioni nel seguito riportate. Le FERROVIE esamineranno i calcoli ed i disegni presentati e ne restituiranno un esemplare all'ESECUTORE medesimo per l'esecuzione dei lavori con le eventuali osservazioni e con la richiesta delle modifiche, se ritenute necessarie. Queste saranno introdotte nei progetti a cura e spese dell'ESECUTORE senza che questi possa, per conseguenti eventuali intralci o ritardi sullo sviluppo dei lavori, avanzare pretese d'indennizzi o rimborsi. Senza l'approvazione da parte delle FERROVIE non potrà essere dato inizio ai lavori di costruzione.

L'approvazione da parte delle FERROVIE dei calcoli e dei disegni presentati dall'ESECUTORE e l'introduzione in essi di qualsiasi modifica non esclude né attenua la responsabilità che deriva all'ESECUTORE dalle vigenti leggi.

6.5.2 REQUISITI DEGLI IMPIANTI DI PRODUZIONE DEL CALCESTRUZZO

Il calcestruzzo dovrà essere prodotto con processo industrializzato, tenendo conto che, ai sensi del citato DM 14/1/2008, per "calcestruzzo confezionato con processo industrializzato" s'intende quello prodotto mediante impianti, strutture e tecniche organizzative sia in cantiere che in uno stabilimento esterno al cantiere stesso. Gli impianti per la produzione con processo industrializzato del calcestruzzo devono essere idonei a una produzione costante, disporre di apparecchiature adeguate per il confezionamento, nonché di personale esperto e di attrezzature idonee a provare, valutare e mantenere la qualità del prodotto. Gli impianti devono dotarsi di un sistema permanente di controllo interno della produzione allo scopo di assicurare che il prodotto risponda ai requisiti di legge e che tale rispondenza sia mantenuta fino all'impiego.

Il sistema di controllo della produzione del calcestruzzo confezionato con processo industrializzato (FPC), predisposto in coerenza con la norma UNI EN ISO 9001, deve fare riferimento alle specifiche indicazioni contenute nelle "Linee guida sul calcestruzzo preconfezionato" elaborato dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici. Detto sistema deve essere certificato da organismi terzi indipendenti che operano in coerenza con la norma UNI CEI EN ISO/IEC 17021, autorizzati dal suddetto Servizio Tecnico Centrale sulla base dei criteri di cui al DM 9/5/2003 n.156. Ogni fornitura di calcestruzzo confezionato con processo industrializzato deve indicare gli estremi di tale certificazione.

Il Direttore dei lavori è tenuto a verificare quanto sopra indicato e a rifiutare le eventuali forniture provenienti da impianti non conformi.

Il sistema automatico di gestione e controllo dell'impianto deve permettere la stampa delle informazioni relative ad ogni carico; la relativa bolla di accompagnamento deve contenere le seguenti informazioni:

- nome dell'impianto di betonaggio;
- n° identificativo del mix prodotto;
- classe di resistenza caratteristica;
- classe di esposizione ambientale;
- classe di consistenza;
- metri cubi caricati/trasportati;
- riferimenti delle FERROVIE e dell'ESECUTORE richiedente la fornitura;
- cantiere di destinazione;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 15 di 156

- opera e parte d'opera cui si riferisce la fornitura;
- data e ora di fine carico del mix prodotto, di arrivo in cantiere, d'inizio scarico e di fine scarico;
- identificazione (targa) del mezzo di trasporto;
- materiali componenti il mix con indicati:
 - per gli aggregati: la pezzatura nominale e la cava di provenienza;
 - per i cementi: tipo, classe, produttore e cementificio;
 - per le aggiunte (ceneri volanti e microsilice): tipo e provenienza;
 - per gli additivi: marca e tipo;
 - per l'acqua: se proveniente da acquedotto, pozzo, cisterna.
- ricetta, per un mc, del mix in fase di produzione;
- ricetta del mix per gli *n* mc in fase di produzione;
- umidità totale delle singole classi di aggregati (rilevata automaticamente con le sonde almeno per gli aggregati fini);
- assorbimento delle singole classi granulometriche, misurato e dichiarato in fase di qualifica del materiale;
- ricetta per gli *n* m³ in produzione, corretta in funzione dell'umidità delle varie classi degli aggregati;
- effettivo carico (dosaggio) per ogni singolo componente;
- differenza (+/-) tra quanto effettivamente caricato e il teorico corretto;
- errore percentuale di carico (dosaggio) per ogni singolo componente;
- rapporto acqua/cemento di progetto del mix (considerando gli aggregati saturi con superficie asciutta) e quello effettivamente ottenuto dopo il carico (dosaggio);

Si deve inoltre avere evidenza di ogni qual volta che:

- l'errore di dosaggio supera la tolleranza ammessa ($\pm 2\%$ per cemento, acqua, additivi, aggiunte; $\pm 3\%$ singola classe di aggregato, $\pm 1\%$ fibre);
- si passa dal funzionamento automatico a quello manuale dell'impianto;
- vengono modificati in manuale i valori di lettura delle sonde.

Al fine di garantire un migliore controllo del rapporto acqua/cemento e una corretta miscelazione dell'impasto, si raccomanda l'impiego di impianti di betonaggio provvisti di miscelatore. Nel caso di confezionamento di calcestruzzi con $R_{ck} \geq 50$ MPa l'impianto deve prevedere la premiscelazione, salvo quanto diversamente indicato dai documenti di appalto.

6.5.3 CARATTERISTICHE E REQUISITI DEI MATERIALI COSTITUENTI IL CONGLOMERATO CEMENTIZIO

6.5.3.1 Cemento

Per i manufatti strutturali devono essere impiegati unicamente i cementi richiamati nella L. 26/5/1965 n. 595 provvisti di certificato di conformità CE che soddisfino i requisiti previsti dalla norma UNI EN 197/1 e provenienti da impianti di produzione in grado di garantire la continuità e la costanza della qualità della

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 16 di 156

fornitura del tipo di cemento richiesto.

E' escluso l'impiego del cemento alluminoso e dei cementi per sbarramenti di ritenuta.

Il cemento deve essere scelto, tra quelli considerati idonei, tenendo in considerazione i seguenti aspetti:

- le modalità esecutive dell'opera;
- le condizioni di maturazione;
- le dimensioni della struttura (sviluppo di calore);
- le condizioni ambientali di esposizione della struttura;
- la potenziale reattività degli aggregati agli alcali presenti nel cemento.

Per i cementi da impiegare deve essere disponibile l'analisi chimica completa, compresa la determinazione del contenuto di K_2O e Na_2O (alcali di potassio e di sodio) potenzialmente pericolosi nei riguardi della reazione alcali-aggregati.

La classificazione dei cementi in funzione della loro resistenza ai solfati ed alle acque dilavanti è riportata al prospetto 1 delle norme rispettivamente UNI 9156 e 9606.

La temperatura del cemento all'atto del confezionamento del calcestruzzo non può superare il valore di 55°C.

6.5.3.2 Aggiunte: ceneri volanti, microsilice e loppa d'altoforno

Allo scopo di migliorare la durabilità e la lavorabilità del calcestruzzo, possono essere impiegate nella composizione della miscela, aggiunte di tipo II (pozzolaniche o ad attività idraulica latente) ai sensi delle norme UNI EN 206 e UNI 11104. I prodotti utilizzabili sono i fumi di silice, le ceneri volanti e la loppa d'altoforno granulata macinata, tutti provvisti di marcatura CE.

In caso di loro utilizzo, comunque da concordarsi con le FERROVIE in sede di qualifica della miscela, devono essere soddisfatte tutte le caratteristiche fisico-chimico-meccaniche dei conglomerati cementizi allo stato fresco ed indurito prescritte nei successivi punti.

Particolare attenzione deve essere prestata al corretto dosaggio di acqua nella miscela e al controllo del rapporto a/c poiché tali aggiunte alterano la richiesta d'acqua d'impasto.

Le caratteristiche delle aggiunte di tipo II di cui sopra devono soddisfare i requisiti delle seguenti norme:

- cenere volante UNI EN 450-1;
- fumo di silice UNI EN 13263-1;
- loppa d'altoforno granulata e macinata UNI EN 15167-1.

In caso di utilizzo di pigmenti (aggiunta tipo I), comunque da concordarsi con le FERROVIE in sede di qualifica della miscela, i requisiti e i metodi di prova degli stessi devono essere conformi alla UNI EN 12878.

6.5.3.3 Aggregati

Possono utilizzarsi solamente aggregati provvisti di marcatura CE (sistema di attestazione della conformità 2+) ai sensi dei D.P.R. 21 aprile 1993 n. 246 e successivi decreti attuativi; il certificato di attestazione deve accompagnare la fornitura e copia dello stesso dovrà essere custodita dall'ESECUTORE e dalle FERROVIE. Gli aggregati devono essere conformi ai requisiti della UNI EN 12620 e della UNI 8520-1 (prospetti 1 e 2 rispettivamente).

E' richiesta una granulometria composta di almeno tre classi granulometriche diverse in definite percentuali

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 17 di 156

così da formare miscele rispondenti ai criteri di curve granulometriche teoriche o sperimentali di riferimento e tali che l'impasto fresco e indurito abbia i migliori requisiti di resistenza, consistenza, omogeneità, aria inglobata, permeabilità, ritiro e acqua essudata.

Il diametro massimo dell'aggregato costituente la miscela, se non previsto dal progetto approvato, deve essere scelto dall'ESECUTORE in funzione delle:

- caratteristiche geometriche della sezione minima dell'opera,
- degli elementi strutturali da realizzare,
- dei valori di copriferro e interferro,
- delle modalità di posa in opera e del tipo di mezzi d'opera utilizzati.

E' fatto obbligo di procedere in fase di qualifica delle miscele alla valutazione della potenziale reattività degli aggregati secondo quanto di seguito indicato al par. 6.5.5.4.

Gli aggregati impiegati per il confezionamento del calcestruzzo, provenienti da vagliatura e trattamento di giacimenti di materiali alluvionali o da frantumazione di materiali di cava, devono avere caratteristiche conformi a quelle previste nella norma UNI 8520-2 e devono soddisfare i requisiti di classificazione granulometrica e produzione specificati nella norma UNI EN 12620 (prospetto 2).

Se gli aggregati derivano da frantumazione di materiale proveniente da scavi in sotterraneo (anche parzialmente), devono essere eseguite in aggiunta le seguenti prove:

- giornalmente: la determinazione del contenuto di solfati e cloruri;
- settimanalmente: un'analisi petrografica mirata a rilevare elementi potenzialmente reattivi agli alcali, secondo quanto indicato al successivo par. 6.5.5.4 della presente sezione di Capitolato.

E' escluso l'utilizzo di aggregati provenienti da demolizioni o da frantumazione di calcestruzzo per il confezionamento di calcestruzzi strutturali.

6.5.3.4 Acqua d'impasto

L'acqua d'impasto deve soddisfare i requisiti e le caratteristiche indicate prescritte dalla norma UNI EN 1008.

L'acqua di riciclo proveniente dalla produzione del calcestruzzo può essere utilizzata rispettando le condizioni specificate per il suo impiego nella stessa norma UNI EN 1008. In questo caso la frequenza dei controlli da parte del produttore del calcestruzzo è settimanale.

6.5.3.5 Additivi

L'ESECUTORE deve preventivamente sperimentare e dichiarare l'impiego di additivi nel mix design della miscela di conglomerato cementizio.

Tutti gli additivi impiegati devono essere conformi alle norme UNI EN 934 (parti 2 e 4).

Salvo diverse indicazioni di DL/FERROVIE,;

- la quantità totale di additivo non deve superare il dosaggio massimo raccomandato dal produttore e non deve superare i 50 g per kg di cemento, a meno di verificare l'influenza di un dosaggio più alto sulle prestazioni e sulla durabilità del calcestruzzo in fase di prequalifica. Nel caso di quantità minori di 2 g per kg di cemento l'utilizzo di additivo è consentito solo se disperso in parte dell'acqua d'impasto;
- qualora la quantità totale di additivi liquidi superi i 3 litri/m³ di calcestruzzo, il suo contenuto deve essere considerato nel calcolo del rapporto a/c.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 18 di 156

A titolo non esaustivo, si riportano le presenti prescrizioni sui seguenti additivi.

Additivi fluidificanti e superfluidificanti

Il dosaggio di tali additivi deve essere conforme a quello dichiarato nelle schede tecniche del produttore. Nel caso in cui una miscela, per garantire le prestazioni richieste, necessiti di un dosaggio superiore al limite indicato, si deve passare all'impiego di un additivo con prestazioni superiori, per evitare problemi di segregazione e di tempo di presa del calcestruzzo.

Additivi aeranti

Si utilizzano per la realizzazione di conglomerati cementizi di opere sottoposte a cicli di gelo e disgelo al fine di garantire il contenuto minimo di aria occlusa, come indicato nel par.6.5.5.1.

Additivi ritardanti

Specifici additivi ritardanti possono essere eccezionalmente utilizzati, previa idonea qualifica e preventiva approvazione da parte delle FERROVIE, per:

- particolari opere (ad esempio pali, paratie, diaframmi) che richiedono getti continui e prolungati, al fine di garantire la loro corretta monoliticità;
- getti in particolari condizioni climatiche e in presenza di temperature elevate;
- opere singolari ubicate in zone lontane dall'impianto di betonaggio o per le quali si preveda un tempo di percorrenza della betoniera elevato.

6.5.4 CARATTERISTICHE E REQUISITI DEL CONGLOMERATO CEMENTIZIO

6.5.4.1 Classi di resistenza

La classe di resistenza a compressione $C(f_{ck}/R_{ck})$ è rappresentata da un valore di f_{ck} e da un valore di R_{ck} indicanti rispettivamente la resistenza caratteristica cilindrica e la resistenza caratteristica cubica (entrambi espressi in MPa) a 28 giorni di maturazione.

Le classi sono definite dalle norme UNI EN 206 (prospetto 12) e UNI 11104 (prospetto 2). Il valore della resistenza caratteristica cilindrica si assume pari a $0.83 \times R_{ck}$ per provini normalizzati e cioè cilindri di diametro 150 mm e altezza 300 mm e cubi di lato 150 mm.

6.5.4.2 Copriferro

Per il valore del copriferro da adottare, se non previsto dal progetto approvato, l'ESECUTORE deve adottare per realizzazioni in cemento armato normale e precompresso le indicazioni riportate nel Manuale di Progettazione di FERROVIE (parte 2 – sezione II), e, per quanto non già prescritto dalla suddetta specifica, nelle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" D.M. 14/1/2008 e nella Circolare esplicativa del 2 febbraio 2009, n. 617/C.S.LL.PP. – "Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni»". In ogni caso, però, deve essere verificato che i valori prescritti siano adeguati alla classe di esposizione ambientale.

6.5.4.3 Rapporto acqua/cemento

La quantità d'acqua totale da impiegare per il confezionamento dell'impasto deve essere calcolata tenendo conto dell'acqua libera contenuta negli aggregati per la cui determinazione si deve fare riferimento alla norma UNI EN 1097-5. Per l'eventuale controllo in corso d'opera del rapporto acqua-cemento della miscela è possibile utilizzare la norma UNI 11201:2007 "Prove sul calcestruzzo fresco - Determinazione del contenuto di acqua" per quanto attiene al contenuto di acqua mentre il contenuto di cemento effettivo si può ricavare dal documento di trasporto (DDT) tenendo conto che ai sensi della UNI EN 206 non è ammesso uno scostamento maggiore di 0.02 rispetto al valore dichiarato.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 19 di 156

6.5.4.4 Consistenza

Se non diversamente indicato in progetto, il metodo di misura della consistenza cui l'ESECUTORE deve fare riferimento è il metodo di abbassamento del cono (UNI EN 12350-2).

Si riportano nel seguito i risultati prescritti dalla prova di abbassamento al cono per le diverse classi di consistenza, rispetto ai quali è ammessa una tolleranza di ± 10 mm per tutte le classi:

- S1 da 1 a 4 cm
- S2 da 5 a 9 cm
- S3 da 10 a 15 cm
- S4 da 16 a 21 cm
- S5 da 22 a 25 cm

E' considerato quale limite superiore della classe S5 un abbassamento al cono di 250 mm.

Qualora prescritto dagli elaborati tecnici di progetto, è consentita una tolleranza di ± 20 mm sul valore target di abbassamento al cono.

6.5.4.5 Acqua essudata

La quantità di acqua essudata dalla miscela di calcestruzzo, misurata secondo la Norma UNI EN 480/4, non deve risultare maggiore dello 0.1% del volume iniziale della porzione di calcestruzzo in prova.

6.5.4.6 Contenuto in cloruri

Il massimo contenuto in cloruri di un calcestruzzo, espresso come percentuale di ioni cloruro rispetto alla massa del cemento, è definito dalla norma UNI EN 206 (prospetto 15) in funzione del campo d'impiego, nonché della quantità e della tipologia di armatura prevista per l'opera, come di seguito riportato.

- per calcestruzzo non armato: ≤ 1.0 %
- per calcestruzzo armato: ≤ 0.4 %
- per calcestruzzo precompresso: ≤ 0.2 %

In sede di qualifica della miscela l'ESECUTORE deve procedere alla verifica del contenuto massimo di cloruri.

6.5.4.7 Temperatura

In accordo alla norma UNI EN 206 p. 5.2.9 e se non diversamente previsto nel seguito della presente sezione di Capitolato, la temperatura del calcestruzzo fresco al momento della consegna in cantiere non deve essere minore di 5 °C o maggiore di 35 °C.

Qualunque procedura di raffreddamento o di riscaldamento artificiale del calcestruzzo prima della consegna deve essere concordata e approvata dalle FERROVIE.

6.5.4.8 Aria occlusa

Per calcestruzzi ordinari il contenuto di aria deve essere verificato ogni giorno di produzione secondo UNI EN 12350-7.

6.5.5 REQUISITI MINIMI DELLE MISCELE IN RELAZIONE ALL'IMPIEGO

Ai fini di una corretta scelta del tipo e della classe di resistenza di calcestruzzo è fondamentale stabilire

l'ambiente nel quale ciascun elemento strutturale deve essere inserito.

Per "ambiente", in questo contesto, si intende l'insieme di tutte le azioni chimiche e fisiche alle quali si presume che il calcestruzzo possa essere esposto durante il periodo di vita utile previsto delle opere e che causano effetti che non possono essere classificati come azioni dirette (carichi) o indirette (deformazioni impresse, cedimenti, variazioni termiche) nella progettazione strutturale.

Ciascuna miscela di calcestruzzo (*mix-design*) deve essere definita con riferimento alle proprietà richieste (calcestruzzo "a prestazione garantita", secondo le norme UNI EN 206 e UNI 11104) e sottoposta ad approvazione da parte delle FERROVIE.

Le classi di esposizione riferite alle azioni dell'ambiente sono indicate nelle norme UNI EN 206 – prospetto 1 e UNI 11104 – prospetto 1; nella tabella 6.5.5.1 seguente sono associati ad ogni tipo di calcestruzzo i campi di impiego e le relative classi di esposizione ai quali l'ESECUTORE deve fare riferimento al fine di giungere alla determinazione della più opportuna miscela da utilizzare, salvo diverse e più severe indicazioni riportate nel progetto approvato.

Tabella 6.5.5.1 – Requisiti minimi delle miscele

I		II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Tipo di calcestruzzo		Campi di impiego	Classe di esposizione ambientale (UNI EN 206) ¹	Rapporto a/c max	Classe di resistenza minima [C(fck/Rck) _{min}]	Classe di consistenza	Tipo di cemento	Classe di resistenza di calcolo (MPa)
A	1*	Impalcati ed Elementi in c.a.p. prefabbricati	[XC3]	0.45	C35/45	S4-S5	CEM I,II,III,IV,V	Rck
	2	Impalcati ed Elementi in c.a.p. gettati in opera	[XC3]	0.45	C35/45	S5	CEM I,II,III,IV,V	Rck
B*	1	Elementi prefabbricati in c.a. per strutture fuori terra	[XC3]	0.45	C35/45	S4	CEM I,II,III,IV,V	Rck
	2	Conci prefabbricati in c.a. per rivestimento di gallerie	[XA2]	0.45	C35/45	S2-S3-S4	CEM III,IV,V	Rck
	3	Canalette portacavi prefabbricate Cunette prefabbricate Elementi prefabbricati senza funzioni strutturali	XC1	0.55	C25/30	S3,S4	CEM III,IV,V	Rck
C**	1	Impalcati in c.a. ordinari Solette in c.a. in elevazione	XC3	0.55	C30/37	S4,S5	CEM I,II,III,IV,V	Rck
	2	Pile e spalle Baggioli e pulvini Strutture in c.a. in elevazione	XC4	0.50	C32/40	S3,S4	CEM III,IV,V	Rck
D**		Lastre in cls per pavimentazioni esterne Manufatti estrusi	XC3	0.55	C30/37	S1	CEM III,IV,V	Rck

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
Tipo di calcestruzzo	Campi di impiego	Classe di esposizione ambientale (UNI EN 206) ¹	Rapporto a/c max	Classe di resistenza minima [C(fck/Rck) _{min}]	Classe di consistenza	Tipo di cemento	Classe di resistenza di calcolo (MPa)	
E**	Tombini a struttura scatolare e circolare	XA1	0.55	C30/37	S3, S4	CEM III,IV,V	Rck	
F**	1	Arco rovescio di gallerie (getti orizzontali)	XA1	0.55	C30/37	S3, S4	CEM III, IV, V	30
	2	Arco rovescio di gallerie (getti tradizionali a superficie inclinata)	XA1	0.55	C30/37	S3	CEM III,IV,V	30
	3.1	Piedritti e calotta di gallerie – sezioni impermeabilizzate non armate	[X0]	0.60	C25/30	S3-S4	CEM III,IV,V	30
	3.2	Piedritti e calotta di gallerie – sezioni impermeabilizzate armate	XC2	0.60	C25/30	S4	CEM III,IV,V	30
	3.3	Piedritti e calotta di gallerie – sezioni non impermeabilizzate	XA1	0.55	C30/37	S4	CEM III,IV,V	30
G**	1	Muri di controripa/sottoscarpa in c.a. (armatura ≥ 30 Kg/mc)	XC3	0.55	C30/37	S3, S4	CEM III,IV,V	Rck
	2	Muri di controripa/sottoscarpa debolmente armati (armatura < 30 kg/mc) o non armati Solettoni di fondazione Fondazioni armate Rivestimenti di tubazioni	XC2	0.60	C25/30	S3, S4	CEM III,IV,V	30
	3	Fondazioni non armate (pozzi, sottopinti, prismi per difese spondali, ecc....)	XC2	0.60	C25/30	S3,S4	CEM III,IV,V	30
	4	Cunette, canalette e cordoli	XC1	0.60	C25/30	S3,S4	CEM III,IV,V	Rck
H**	1	Pali (di paratie o opere di sostegno), diaframmi e relativi cordoli di collegamento gettati in opera	XC2	0.60	C25/30	S4, S5	CEM III,IV,V	30
	2	Pali di fondazione gettati in opera	XC2	0.60	C25/30	S4, S5	CEM III,IV,V	30
	3	Pali di fondazione prefabbricati	[XA1]	0.50	C32/40	S4, S5	CEM III,IV,V	Rck

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Tipo di calcestruzzo	Campi di impiego	Classe di esposizione ambientale (UNI EN 206) ¹	Rapporto a/c max	Classe di resistenza minima [C(fck/Rck) _{min}]	Classe di consistenza	Tipo di cemento	Classe di resistenza di calcolo (MPa)
I	Magrone di riempimento o livellamento	X0	-	C12/15	-	CEM I,II,III,IV,V	Rck

* vedi punto 6.5.7.2 "Caratteristiche aggiuntive per calcestruzzi da prefabbricazione";

** vedi punto 6.5.7.1 "Caratteristiche aggiuntive per calcestruzzi gettati in opera";

1 di norma, la classe di esposizione ambientale indicata individua le caratteristiche della miscela; nei casi in cui la classe di esposizione ambientale è scritta tra parentesi quadre (es. per i calcestruzzi di tipologia A1 e A2 si ha [XC3]), la classe di resistenza minima è stata determinata in considerazione di fattori diversi e, comunque, più vincolanti.

Legenda tabella 6.5.5.1

Colonna I - Tipo di calcestruzzo: le miscele di calcestruzzo sono suddivise in nove tipologie (da A a I) in funzione dell'impiego a cui sono destinate, come specificato nella successiva Colonna II.

Colonna II - Campi di impiego: per ogni tipo di calcestruzzo indicato in Colonna I vi è una ulteriore suddivisione che tiene conto della parte d'opera e/o della particolare tipologia costruttiva da adottare. Gli esempi indicati nella tabella non sono esaustivi per l'ESECUTORE.

Colonna III - Classe di esposizione ambientale: è indicata la classe minima da adottare in funzione del campo d'impiego; l'ESECUTORE, di concerto con le FERROVIE, è tenuto a verificare, con riferimento al prospetto 4 della norma UNI 11104 che la classe di esposizione ambientale effettiva non sia più severa di quella prevista nella tabella.

Colonna IV - Massimo rapporto acqua/cemento [a/c max]: il valore del rapporto a/c indicato corrisponde ad una classe di resistenza minima di progetto che soddisfa sia i requisiti di durabilità della classe di esposizione ambientale associata a ciascun campo di impiego, sia i requisiti di calcolo strutturale, che possono richiedere resistenze inferiori.

Colonna V - Classe di resistenza minima [C(fck/Rck)_{min}]: una classe è rappresentata da un valore di fck_{min} e da un valore di Rck_{min} (entrambi espressi in MPa) per ciascun tipo di opera, in relazione alla classe minima di esposizione.

Colonna VI - Classe di consistenza: vengono definite le classi di consistenza (da S1 a S5) secondo il metodo di misura dell'abbassamento al cono (norma UNI EN 12350-2).

Colonna VII - Tipo di cemento: sono indicati i tipi di cemento che possono essere impiegati per ciascun campo d'impiego o parte d'opera; si distinguono in cinque tipi principali secondo la norma UNI EN 197-1:

CEM I: Cemento Portland;

CEM II: Cemento Portland composito;

CEM III: Cemento d'altoforno;

CEM IV: Cemento pozzolanico;

CEM V: Cemento composito.

Colonna VIII - Resistenza di calcolo: con Rck si indica il valore della resistenza caratteristica a 28 gg di progetto come il maggiore tra i valori richiesti dal calcolo strutturale o derivanti dalla classe di esposizione. Nella tabella sono inoltre riportati, nel caso di progettazione a carico dell'ESECUTORE, per alcune opere, il massimo valore da utilizzare come resistenza di calcolo.

Per tutti i tipi di calcestruzzo il dosaggio di cemento non deve risultare inferiore a 300 kg/m³, ad esclusione del calcestruzzo tipo I, e non maggiore di 400 kg/m³. Eventuali deroghe possono essere concesse all'ESECUTORE dalle FERROVIE in sede di qualifica delle miscele, mediante preventiva definizione e

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 23 di 156

successivo controllo delle caratteristiche che devono risultare conformi a quanto previsto dalla presente sezione di Capitolato. Ad esempio, nel caso di calcestruzzi destinati ad opere massive (elementi di spessore superiore o uguale a 70cm), al fine di limitare la fessurazione per gradiente termico così da garantire la durabilità, potrebbe rendersi necessario derogare ai limiti sul dosaggio minimo di cemento, previa approvazione da parte di FERROVIE, nel rispetto di quanto previsto dalla UNI 11104 p.6.1.

Le prescrizioni di base riportate in tabella 6.5.5.1 sono corredate da specifici requisiti aggiuntivi riportati ai punti successivi del presente paragrafo e in 6.5.6 e 6.5.7, associati a ciascun tipo di calcestruzzo, requisiti che l'ESECUTORE deve rispettare nel confezionamento delle miscele da sottoporre ad approvazione delle FERROVIE.

Di seguito sono indicate ulteriori prescrizioni per la garanzia alla durabilità delle opere valide per le diverse tipologie di calcestruzzo e alle quali l'ESECUTORE deve attenersi.

6.5.5.1 Calcestruzzi soggetti a cicli di gelo - disgelo

I calcestruzzi in classe di esposizione XF2, XF3 e XF4 devono prevedere un contenuto minimo di aria aggiunta del 4 % secondo i valori riportati nel prospetto 5 della norma UNI 11104 e nel prospetto F.1 della UNI EN 206, da verificare mediante norma UNI EN 12350 parte 7. La presenza di micro bolle di aria uniformemente distribuite facilita, infatti, l'espansione dell'acqua durante il congelamento.

Per una corretta valutazione del contenuto di aria necessario, l'ESECUTORE deve tenere in considerazione i fenomeni che inducono perdita d'aria, quali il pompaggio, la posa in opera, la compattazione.

Per la resistenza ai cicli di gelo e disgelo l'ESECUTORE deve fare riferimento alle istruzioni per la prevenzione degli effetti contenute nella norma UNI 11417-1 e alla norma UNI 7087, per quanto riguarda le modalità di prova per la determinazione della resistenza ai cicli di gelo/disgelo.

L'ESECUTORE deve evitare che la disomogenea distribuzione delle micro bolle d'aria nell'impasto determini nella struttura volumi di calcestruzzo aventi caratteristiche estremamente variabili con conseguenti negative ripercussioni sulla resistenza e sulla durabilità dell'opera.

6.5.5.2 Calcestruzzi soggetti ad attacco chimico

Al fine di valutare l'eventuale attacco chimico cui potrebbero essere sottoposti i calcestruzzi, l'ESECUTORE ha l'onere del preventivo accertamento della presenza e della concentrazione nei terreni e nelle acque di agenti aggressivi di cui alla norma UNI EN 206 (prospetto 2).

Gli agenti aggressivi di cui tener conto sono, per i terreni, gli ioni solfato ($SO_4^{=}$), per le acque, gli ioni solfato, magnesio (Mg^{++}) e ammonio (NH_4^+), secondo quanto riportato anche nella norma UNI 11417 -1.

Nel caso di accertamento di ambiente chimicamente aggressivo, l'ESECUTORE deve individuare la classe di esposizione ambientale tra le classi XA1, XA2 e XA3, sulla base della concentrazione di agenti aggressivi presenti e utilizzare conseguentemente cementi a moderata, alta o altissima resistenza ai solfati, secondo UNI 9156, come indicato nella norma UNI 11417 -1 (Prospetto A.9).

6.5.5.3 Calcestruzzi soggetti a dilavamento e penetrazione all'acqua

Nel caso di calcestruzzi immersi in acqua, l'ESECUTORE deve valutare il grado di attacco chimico in funzione del contenuto di CO_2 aggressiva nelle acque e del relativo ph, secondo quanto riportato nella norma UNI 11417-1. Nel caso di accertamento di ambiente chimicamente aggressivo deve individuare la classe di esposizione ambientale tra le classi XA1, XA2 e XA3 e conseguentemente deve utilizzare cementi a moderata, alta o altissima resistenza al dilavamento, secondo UNI 9606, come indicato nella medesima norma UNI 11417-1 (punto A.4.2).

6.5.5.4 Calcestruzzi soggetti a reazione alcali- aggregati

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 24 di 156

Solamente a livello di informativa per l'ESECUTORE si descrivono le tipologie di aggregato reattivo che sono quelle contenenti minerali reattivi nei confronti degli alcali (K_2O , Na_2O), quali la silice amorfa, la silice criptocristallina e fibrosa (calcedonio), il quarzo cristallino in stato di alterazione o tensione con cristalli che presentano angolo di estinzione ondulata maggiore di 15° o contengono inclusioni di miche, ossidi e solfuri metallici.

Le rocce, nelle quali sono stati riscontrati di norma minerali reattivi, sono:

- diaspri, ftaniti e simili nei quali il minerale reattivo è rappresentato da selce, costituita da quarzo microcristallino associato a calcedonio fibroso e silice opalina;
- calcari arenacei (calcareniti e biocalcareniti) costituiti da calcite accompagnata da lenti di selce, gusci fossili, gusci fossili silicei e da granuli di quarzo con estinzione ondulata;
- calcari silicizzati, costituiti da materiale di natura calcarea associati a gusci fossili calcitici parzialmente o totalmente silicizzati, oltre a quarzo e calcedonio.

L'ESECUTORE in sede di qualifica delle miscele da utilizzare, deve valutare il rischio di pericolosità causato dalla reazione alcali-aggregato sulla base delle indicazioni e dei metodi di prova suggeriti nella norma UNI 11417 - 2. Si precisa a riguardo che tutte le parti d'opere che svolgono funzioni strutturali sono da considerare in categoria III non essendo per esse assolutamente accettabile il rischio di degrado per reazione alcali-aggregato. Per il livello di protezione, salvo il caso di strutture in ambienti X0 e XC1/secco si deve assumere il "C" in base al quale devono utilizzarsi aggregati classificati non reattivi, sulla base della metodologia descritta nel seguito, e adottare un valore del SET (sodio equivalente totale per m^3 di calcestruzzo) non superiore a $3 \text{ kg Na}_2\text{O}_{eq}/m^3$. E' possibile adottare un Set non superiore a 5.0 kg se l'aggregato è classificato non reattivo con ciascuno dei tre metodi di prova che costituiscono la metodologia di prova.

La norma prescrive la seguente metodologia di prova:

1. esame petrografico (secondo UNI EN 932-3);
2. prova ultra accelerata di espansione in malta (secondo UNI 8520-22);
3. prova accelerata di espansione del calcestruzzo (secondo UNI 8520-22);

precisando che se i risultati delle prove 1 e 2 sono concordi nel diagnosticare l'aggregato come non reattivo (non sono identificate fasi reattive agli alcali nell'esame petrografico e l'espansione in malta è inferiore allo 0.10% dopo 14 giorni), l'aggregato può non essere sottoposto alla prova 3 e venire classificato non reattivo. Se invece esiste discordanza diagnostica tra gli esami 1 e 2, allora l'aggregato deve essere sottoposto alla prova 3 il cui risultato è decisivo ai fini della diagnosi di reattività o non reattività.

6.5.5.5 Calcestruzzi soggetti all'attacco di cloruri presenti nell'acqua di mare

L'ESECUTORE, in sede di qualifica delle miscele da utilizzare, deve valutare il rischio di corrosione indotta da cloruri presenti nell'acqua di mare, determinando la classe di esposizione secondo quanto previsto dai prospetti 1 delle UNI EN 206 e UNI 11104. In conformità alla norma UNI 11417-1, in presenza di attacco di cloruri in condizioni aggressive, al fine di prevenire la corrosione dei ferri di armatura, si raccomanda l'impiego di cementi pozzolanici alla loppa.

6.5.6 REQUISITI AGGIUNTIVI DELLE MISCELE

Di seguito sono indicate ulteriori prove per le miscele di calcestruzzo da eseguire in fase di qualifica che l'ESECUTORE deve verificare nei casi in cui esistano specifici requisiti progettuali e/o quando prescritto in 6.5.7 per i singoli tipi di calcestruzzo.

6.5.6.1 Modulo elastico

La prova con cui effettuare la determinazione del modulo elastico secante è definita dalla norma UNI EN

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 25 di 156

12390-13; i valori delle tensioni che l'ESECUTORE deve prendere a riferimento, se non diversamente previsto da indicazioni progettuali, sono quella nulla e quella cui corrisponde un valore pari a metà del valore medio della resistenza a compressione.

6.5.6.2 Ritiro idraulico

Il ritiro idraulico deve essere valutato tenendo a riferimento, oltre il tipo di calcestruzzo e la condizione ambientale di getto e di prima stagionatura, anche la dimensione e la geometria dell'elemento.

Per la determinazione del ritiro in direzione uniassiale in funzione della dimensione massima dell'aggregato costituente la miscela di calcestruzzo, si fa riferimento alle norme UNI 11307. Le scadenze temporali per la misurazione sono quelle indicate nella norma sopra citata. In mancanza di specifiche indicazioni progettuali può essere preso a riferimento come limite di accettabilità di ritiro il valore di 400 µm/m a 60 giorni e 500µm/m a 90 giorni.

6.5.6.3 Ritiro termico

Per la prevenzione delle fessure da ritiro termico occorre limitare lo sviluppo del calore d'idratazione del calcestruzzo; per tale motivo la scelta del tipo e del dosaggio di cemento deve essere tale da minimizzare il seguente valore:

$$\Delta T_{max} = q.c / Mv.cs < \Delta T_{max} (i)$$

dove:

ΔT_{max} : massimo incremento termico del calcestruzzo fresco rispetto alla temperatura ambiente;

c: dosaggio di cemento (kg/m³);

q: calore di idratazione del cemento (kJ/kg) a 2gg;

Mv: massa volumica del calcestruzzo (kg/m³);

cs: calore specifico del calcestruzzo, mediamente pari a 1,10 kJ/kg.C°;

$\Delta T_{max} (i)$: valore soglia stabilito secondo il tipo di calcestruzzo (i) considerato.

La determinazione del ΔT_{max} , deve essere effettuata con i seguenti controlli:

- in laboratorio mediante una prova adiabatica su un campione di calcestruzzo tale da poter essere ritenuto rappresentativo per strutture massive (elementi con spessore superiore o uguale a 70 cm), o quando richiesto dalla Direzione Lavori/ FERROVIE;
- in sito, nel caso di singole parti d'opera significative (qualora prescritto o richiesto dal DL/ FERROVIE) o di parti previste in serie, mediante la realizzazione di un prototipo, opportunamente dimensionato, da eseguire in condizioni ambientali più prossime a quelle previste in fase di getto e comunque da concordare con le FERROVIE, come indicato nel par. 6.5.11.4.

Per la scelta del cemento più idoneo, a parità di rapporto a/c, l'ESECUTORE deve procedere in fase di prequalifica ad una prova di confronto in calcestruzzo, utilizzando diversi tipi di cementi ed eventuali aggiunte (cenere volante, micro silice). Si può intervenire sul tipo di cemento, anche in relazione ai tempi previsti per lo scasso. Evidenza di tale attività deve risultare dalla relazione di prequalifica che l'ESECUTORE è tenuto a presentare a FERROVIE.

Per il rispetto del ΔT_{max} si prescrive l'impiego di casseri (parte a contatto del calcestruzzo) in legno multistrato o altro materiale delle stesse capacità di coibentazione.

6.5.7 PRESCRIZIONI PER I SINGOLI TIPI DI CALCESTRUZZO

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 26 di 156

Durante la fase di studio di qualifica della miscela di calcestruzzo l'ESECUTORE deve rispettare, per le tipologie di calcestruzzo indicate nella tabella 6.5.5.1 in funzione dei diversi campi d'impiego, sia i requisiti minimi precedentemente prescritti, sia le ulteriori caratteristiche di seguito riportate.

6.5.7.1 Calcestruzzo armato gettato in opera

Calcestruzzi di tipo C

Gli elementi strutturali per i quali è previsto l'impiego di calcestruzzi tipo C1 sono caratterizzati dalla proprietà comune di avere notevoli superfici esposte all'aria, perché le loro dimensioni si sviluppano per lunghezze elevate e spessore limitato.

Gli elementi strutturali per i quali è previsto l'impiego di calcestruzzi tipo C2 sono caratterizzati da dimensioni massicce e, pertanto, la miscela deve essere definita per tenere conto soprattutto dei fenomeni di fessurazione connessi all'elevato gradiente termico tra nucleo e periferia del manufatto.

I valori soglia prescritti per ΔT_{max} (come definito al punto 6.10.3) sono 40°C per i calcestruzzi di tipo C1 e 50°C per quelli di tipo C2. Tali valori sono comunque da rapportarsi all'effettiva geometria, dimensione, costituzione e grado di vincolo della parte d'opera in oggetto. Per i calcestruzzi di tipo C1 è prevista la valutazione del ritiro idraulico in sede di qualifica della miscela.

Calcestruzzi di tipo D

I calcestruzzi in tipologia D sono destinati alla realizzazione di pavimentazioni rigide e di manufatti estrusi, dove è necessario garantire requisiti di resistenza meccanica a trazione per flessione unitamente a caratteristiche di lavorabilità proprie di miscele da porre in opera mediante macchine (es. vibrofinitrici per le lastre in cls) che richiedono consistenza molto asciutta.

Deve essere verificata in fase di qualifica la resistenza caratteristica a trazione per flessione secondo norma UNI EN 12390-5, il cui valore deve essere ≥ 4 MPa a 7gg e ≥ 5 MPa a 28gg.

Calcestruzzi di tipo E

I calcestruzzi in tipologia E sono destinati alla realizzazione di tombini scatolari o circolari per la canalizzazione e l'allontanamento delle acque meteoriche.

Allo scopo di ottenere un buon grado di finitura superficiale, una buona resistenza all'abrasione e una bassa permeabilità del manufatto, si deve prevedere nella formulazione della miscela l'impiego di aggiunta tipo II in adeguato dosaggio da dichiarare nello studio di pre-qualifica e da verificare in fase di qualifica della miscela in impianto.

Deve essere altresì verificata in fase di qualifica la penetrazione all'acqua secondo norma UNI EN 12390-8.

Calcestruzzi di tipo F

Questo tipo di calcestruzzo è destinato alle applicazioni in galleria.

- Calcestruzzi di tipo F1 e F2

I calcestruzzi di tipologia F1 e F2 sono destinati alla realizzazione degli archi rovesci delle gallerie. In virtù dell'assenza di cassetta, e quindi della maggiore dispersione di temperatura, nonché dell'assenza di vincoli della struttura, per il getto dell'arco rovescio l'ESECUTORE deve fare in modo di limitare lo sviluppo di calore interno per evitare la formazione di fessure.

Il valore soglia prescritto per ΔT_{max} (come definito al punto 6.5.6.3) è 40°C. Tale valore è comunque da rapportarsi all'effettiva geometria, dimensione, costituzione e grado di vincolo della parte d'opera in oggetto.

- Calcestruzzi di tipo F3

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 27 di 156

I calcestruzzi di tipologia F3 è destinato alla realizzazione dei piedritti e della calotta delle gallerie. Per tali getti l'ESECUTORE deve fare in modo di limitare lo sviluppo di temperatura all'interno del getto ed il gradiente termico tra il calcestruzzo all'intradosso della calotta e l'ambiente esterno.

Il valore soglia prescritto per ΔT_{max} (come definito al punto 6.5.6.3) è 35°C. Tale valore è comunque da rapportarsi all'effettiva geometria, dimensione, costituzione e grado di vincolo della parte d'opera in oggetto.

Calcestruzzi di tipo G

I calcestruzzi di tipologia G sono destinati alla realizzazione di muri, solettoni di fondazione, fondazioni, cumette e canalette. Il valore soglia prescritto per ΔT_{max} (come definito al punto 6.5.6.3) è 40°C. Tale valore è comunque da rapportarsi all'effettiva geometria, dimensione, costituzione e grado di vincolo della parte d'opera in oggetto.

Calcestruzzi di tipo H

I calcestruzzi tipo H sono destinati alla realizzazione di pali, paratie e diaframmi.

Il calcestruzzo deve presentare caratteristiche di prolungato mantenimento della lavorabilità e di prolungati tempi di presa, anche al fine di conseguire un getto omogeneo e privo di segregazione.

A questo fine deve essere verificata la corretta granulometria dell'aggregato, il possibile utilizzo di aggiunte di cenere volante o fumi di silice, o di specifici coesivizzanti e la possibilità d'impiego di ritardanti finalizzato al mantenimento della classe di consistenza per il tempo intercorrente dal confezionamento all'impianto al completamento del getto.

Devono inoltre essere verificati i seguenti punti:

- l'opportunità di utilizzo di specifici additivi superfluidificanti con forte effetto ritardante o di combinazioni di additivi superfluidificanti e additivi ritardanti, comunque conformi alla norma UNI EN 934/2;
- la non segregazione della miscela, mediante test di spandimento immediatamente prima del getto (UNI EN 12350-5);

6.5.7.2 Calcestruzzo armato da prefabbricazione

Calcestruzzi di tipo A1

Per i calcestruzzi di tipo A1, destinati alla realizzazione di impalcati ed elementi in c.a.p. prefabbricati in stabilimento o a piè d'opera, devono essere rispettate, salvo diverse indicazioni di progetto, le seguenti prescrizioni:

- controllo del passante % granulometrico ai vagli 0,25 mm e 0,5 mm, ai quali devono corrispondere valori superiori rispettivamente a 6% e 12%;
- dimensione massima dell'aggregato non maggiore di 20 mm;
- resistenza a compressione R_{ck} a 28gg ≥ 45 MPa, misurata secondo le indicazioni della norma UNI EN 12390-2 su provini maturati con ciclo termico a vapore predefinito e stagionati a 20°C e U.R. $\geq 95\%$;
- determinazione e dichiarazione del valore di R_{ckj} a fine ciclo di maturazione termica (14-16-18 ore), misurato mediante stagionatura dei provini in vasca di maturazione accelerata con il ciclo di maturazione prescelto;
- resistenza caratteristica a trazione indiretta a fine ciclo di maturazione termica, f_{ctkj} , superiore a 4,5 MPa, misurata secondo le indicazioni della norma UNI EN 12390-6;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 28 di 156

- verifica del modulo di elasticità del calcestruzzo secondo norma UNI 12390-13 che deve risultare $\geq 37.000 \text{ N/mm}^2$ alla fine del ciclo di maturazione termica;
- verifica del ritiro idraulico, secondo quanto indicato al punto 6.5.6.2, che deve risultare $\leq 400 \mu\text{m/m}$ a 180 giorni.

Calcestruzzi di tipo B

I calcestruzzi di tipo B sono distinti in base all'utilizzo come di seguito indicato:

- calcestruzzi tipo B1: elementi prefabbricati in c.a. per strutture fuori terra;
- calcestruzzi tipo B2: conci prefabbricati in c.a. di rivestimento definitivo di gallerie;
- calcestruzzi tipo B3: canalette portacavi, cunette, manufatti senza funzioni strutturali.

I calcestruzzi di tipo B1 sono destinati alla realizzazione manufatti ad armatura lenta caratterizzati generalmente da sezioni sottili e da notevoli superfici espositive (ad es. pannelli prefabbricati o pilastri prefabbricati).

I calcestruzzi tipo B2 sono destinati alla realizzazione di conci di rivestimento definitivo per la costruzione di gallerie per i quali la problematica principale è la tenuta all'acqua e, quindi, la durabilità in ambiente potenzialmente aggressivo.

I calcestruzzi di tipo B3 sono destinati alla realizzazione di manufatti minori per i quali devono essere rispettati i requisiti della tabella 6.5.5.1.

Per i calcestruzzi di tipo B1 e B2, salvo diverse indicazioni di progetto, devono essere rispettate le seguenti prescrizioni:

- controllo dei passanti % granulometrici ai vagli 0,25 mm e 0,5 mm, ai quali devono corrispondere valori superiori rispettivamente a 6% e 12%;
- valore della resistenza a compressione a fine ciclo di maturazione termica R_{ck} allo scasso $\geq 15 \text{ MPa}$,
- misurato in accordo alla norma UNI EN 12390-2;
- verifica della penetrazione all'acqua a 28 gg secondo norma UNI EN 12390-8.

6.5.8 QUALIFICA DEI MIX DESIGN PER CONGLOMERATI CEMENTIZI

E' obbligo dell'ESECUTORE conseguire, preliminarmente a qualsiasi getto, la qualifica del mix design dei calcestruzzi da utilizzare. E' possibile non procedere a dette qualifiche ma utilizzare miscele già testate dal produttore del calcestruzzo e che rispondano ai requisiti richiesti dalla presente sezione del Capitolato, solamente negli appalti di lavori che prevedono un quantitativo complessivo di calcestruzzo inferiore a 1500 m³. In tal caso l'ESECUTORE deve presentare alle FERROVIE, per la preventiva approvazione, tutta la certificazione acquisita dall'impianto di produzione relativa alle miscele di calcestruzzo che intende utilizzare.

Si precisa che l'ESECUTORE ha l'obbligo di procedere dopo un anno a nuova qualifica delle miscele destinate alla realizzazione di quantitativi di calcestruzzo maggiori di 1500 m³. L'ESECUTORE, in tal caso, deve comunicare alle FERROVIE la data di inizio dell'attività di riqualifica, restando inteso che qualora le FERROVIE non possano assistere, lo stesso dovrà comunque fornire tutte le risultanze delle prove effettuate in quel giorno/per quella attività.

Si definiscono di seguito le attività che l'ESECUTORE deve eseguire al fine di conseguire la qualifica del conglomerato cementizio.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 29 di 156

6.5.8.1 Studi preliminari di prequalifica

Preliminarmente alla fornitura del calcestruzzo l'ESECUTORE deve presentare per approvazione alle FERROVIE, nei modi e nei tempi previsti contrattualmente, i dossier di qualifica degli impasti per tutti i tipi e le classi di calcestruzzo da utilizzare per la costruzione delle opere.

A tal fine l'ESECUTORE deve presentare, allegato al suddetto dossier, un documento preliminare di prequalifica atto ad attestare la conformità del calcestruzzo e dei singoli costituenti alle prescrizioni e norme riportate sia nel progetto approvato che nel presente documento, basato su studi preliminari ed eventuali verifiche condotte direttamente presso l'impianto di betonaggio.

In particolare, nella relazione di prequalifica l'ESECUTORE deve fare esplicito riferimento a:

- materiali che si intendono utilizzare, indicandone provenienza, tipo e qualità;
- conformità dei materiali costituenti a quanto prescritto nel presente Capitolato;
- massa volumica reale s.s.a. e assorbimento, per ogni classe di aggregato, valutati secondo la norma UNI EN 1097 parte 6;
- studio granulometrico per ogni tipo e classe di calcestruzzo;
- tipo, classe e dosaggio del cemento;
- rapporto acqua-cemento;
- peso specifico del calcestruzzo fresco e calcolo della resa;
- classe di esposizione ambientale a cui è destinata la miscela;
- tipo e dosaggio degli eventuali additivi;
- proporzionamento analitico della miscela e resa volumetrica;
- classe di consistenza, secondo la norma UNI EN 12350, parti 2 e 5;
- risultati delle prove di resistenza a compressione e determinazione del valore caratteristico, secondo UNI EN 12390-3;
- curve di resistenza nel tempo (almeno per il periodo 2÷28 giorni);

Preliminarmente alla fornitura di calcestruzzo l'ESECUTORE deve redigere e presentare a FERROVIE per la necessaria approvazione, dossier di qualifica di ciascun impianto di betonaggio che il medesimo intende utilizzare contenente la descrizione dello stesso, copia delle certificazioni di legge e dei rapporti di taratura delle strumentazioni presenti.

L'ESECUTORE dovrà presentare altresì apposite procedure di trasporto del calcestruzzo.

6.5.8.2 Qualifica all'impianto di betonaggio

In questa fase l'ESECUTORE deve realizzare alla presenza delle FERROVIE gli impasti di verifica all'impianto di produzione, in base ai seguenti requisiti:

1. il valore della resistenza media a compressione a 28 giorni, misurata su almeno 3 prelievi (la resistenza di ciascun prelievo è la media delle resistenze a compressione di due o più provini), ognuno dei quali confezionato da un impasto distinto, deve essere:

$$\text{per } R_{ck} \leq 30 \text{ N/mm}^2 \quad R_m \geq 1,25 R_{ck}$$

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 30 di 156

per $R_{ck} > 30 \text{ N/mm}^2$ $R_m \geq 1,20 R_{ck}$

con valore minimo di ogni singolo provino $R_i \geq R_{ck}$;

2. il valore dell'abbassamento al cono deve essere conforme alla classe di consistenza dichiarata e mantenersi entro i limiti della stessa per almeno 60 minuti;
3. il rapporto acqua/cemento non si discosti di + 0.02 da quello dichiarato nella prequalifica;
4. il valore della massa volumica del calcestruzzo fresco deve essere tale che la resa volumetrica del calcestruzzo (rapporto tra la massa volumica impostata e la massa volumica misurata) sia contenuta in un intervallo di +/- 3% del valore unitario.

Più precisamente, le prove da eseguire in fase di qualifica delle miscele all'impianto di betonaggio devono essere le seguenti:

Calcestruzzo fresco:

- rapporto acqua/cemento, da verificare mediante essiccazione di un campione di calcestruzzo fresco, come specificato al precedente punto 6.5.4.3.;
- classe di consistenza, da verificare secondo UNI EN 12350 parte 2 o UNI EN 12350 parte 5, con mantenimento della classe fino a 60 minuti;
- determinazione acqua essudata, da misurare secondo UNI EN 480/4;
- contenuto di cloruri nell'impasto come definito in UNI EN 206;
- percentuale di aria occlusa nel getto, da misurare secondo UNI EN 12350 parte 7 (per i calcestruzzi areati);
- massa volumica, da misurare secondo UNI EN 12350 parte 6;
- controllo acqua di impasto secondo UNI EN 1008;
- ritiro termico (per i calcestruzzi tipo C1, C2, F1, F2, F3, G).


Per getti da effettuarsi in clima caldo dove la temperatura ambiente non sia tale da garantire una temperatura massima del calcestruzzo come indicato al punto 6.5.4.7, deve essere prevista l'idoneità della miscela anche per temperature superiori, mediante qualifica comprensiva di additivi ritardanti o superfluidificanti del tipo di cui al punto 6.5.2 al fine di garantire il mantenimento dei tempi di presa e della classe di consistenza di progetto.

Calcestruzzo indurito:

- determinazione della resistenza a compressione a 1, 3, 7, 14, 28 e 60 giorni di stagionatura, in conformità alla norma UNI EN 12390 parte 3;
- determinazione della massa volumica, da verificare secondo UNI EN 12390-7;
- determinazione della profondità di penetrazione dell'acqua sotto pressione secondo la norma UNI EN 12390-8;

ulteriori prove ove prescritto in progetto o richiesto da DL/FERROVIE (a solo titolo esemplificativo, non esaustivo):

- determinazione del modulo elastico statico a compressione, secondo UNI 6556;
- determinazione della resistenza a trazione indiretta secondo UNI EN 12390-6;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 31 di 156

- determinazione della resistenza ai cicli di gelo disgelo, secondo norma UNI 7087;
- ritiro idraulico secondo UNI 11307 (per i calcestruzzi tipo C1 e A1);

La prova della profondità di penetrazione all'acqua (secondo UNI EN 12390-8), da eseguirsi su almeno 3 provini per i calcestruzzi di tutte le classi di esposizione ambientale, dovrà fornire un valore massimo, ottenuto dalla media delle medie dei provini, inferiore al copriferro di progetto.

Possono essere richieste dalle FERROVIE prove allo scopo di definire un'apposita correlazione per la stima della resistenza mediante metodi non distruttivi (secondo UNI EN 12504-2/4), in modo da avere un ulteriore parametro di confronto in caso di non conformità in opera.

Devono essere verificati, in aggiunta alle specifiche sopra riportate, anche i requisiti aggiuntivi per le miscele di calcestruzzo definiti al punto 6.5.6 e quelle per i singoli tipi di calcestruzzo riportate al par. 6.5.7 della presente sezione di Capitolato.

L'ESECUTORE deve verificare la rispondenza dei dosaggi impostati con i dosaggi realmente effettuati durante il caricamento all'impianto mediante esame della stampa della ricetta.

Nel caso in cui la miscelazione del calcestruzzo da gettare in opera venga affidata ad autobetoniera, in fase di qualifica non può utilizzarsi il miscelatore ma solamente l'autobetoniera.

Tutti gli oneri e gli eventuali ritardi causati dalle ripetizioni delle prove all'impianto di confezionamento saranno a totale carico dell'ESECUTORE.

Le prove di qualifica delle miscele di calcestruzzo (così come quelle delle miscele cementizie e del calcestruzzo proiettato), devono essere effettuate esclusivamente da laboratori U/A di cui all'art. 59 del DPR 380/2001.

L'approvazione delle miscele di calcestruzzo da parte delle FERROVIE non libera in alcun modo l'ESECUTORE dalle sue responsabilità in base alle norme vigenti.

La qualifica delle miscele deve essere ripetuta, con le medesime modalità, ogni qualvolta venissero a modificarsi i componenti o i dosaggi dei costituenti del calcestruzzo o le modalità di confezionamento delle miscele stesse.

6.5.9 CONTROLLI DI CONFORMITÀ IN CORSO D'OPERA E FREQUENZE DI PROVA

Ogni fornitura in cantiere deve essere accompagnata da documenti che indichino gli estremi della certificazione di controllo di produzione in fabbrica FPC (factory production control) in conformità al DM 14/1/2008.

Le FERROVIE effettueranno controlli periodici in corso d'opera per verificare la corrispondenza dei materiali e degli impasti impiegati con quelle garantite in sede di qualifica.

Resistenze

Per ciascun tipo di calcestruzzo, le resistenze di prelievo determinate in laboratorio a 28 gg in corso d'opera (vedi p.to 6.5.9.1) non dovranno discostarsi del $\pm 15\%$ del valore della resistenza media determinata in fase di qualifica della miscela e riportata nel medesimo dossier.

Aria aggiunta

In corso d'opera il contenuto di aria aggiunta dovrà essere verificato secondo UNI EN 12350-7 con la frequenza minima per ciascun giorno di getto, di 2 determinazioni per ciascun elemento da realizzare.

Rapporto acqua cemento

In corso d'opera il rapp. a/c dovrà essere determinato per ciascuna miscela di calcestruzzo con frequenza

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 32 di 156

mensile o ogni 2000 mc in relazione all'effettivo utilizzo.

Acqua essutata

La quantità di acqua essudata deve essere determinata in corso d'opera con frequenza mensile o ogni 1000 mc per ciascuna miscela utilizzata.

Per consentire l'effettuazione delle prove in tempi congruenti con le esigenze di avanzamento dei lavori, l'ESECUTORE dovrà disporre di uno o più laboratori attrezzati all'esecuzione delle prove previste, in cantiere e/o presso l'impianto di confezionamento, ad eccezione delle eventuali determinazioni chimiche e delle prove necessarie ad ottemperare agli obblighi di legge che dovranno essere eseguite presso laboratori di cui all'art. 59 del DPR n.380/2001.

Non è amessa l'esecuzione delle prove contrattuali di capitolato a cura di laboratori di cantiere di proprietà o anche solo gestiti dal fornitore (di calcestruzzo, di aggregato, di additivi, etc..).

6.5.9.1 Controlli di accettazione della resistenza a compressione

Per il controllo di conformità della resistenza a compressione da parte delle FERROVIE, valgono le prescrizioni contenute nel DM 14/1/2008 e nella relativa Circolare esplicativa. I controlli saranno classificati come segue:

- di tipo A: controllo di accettazione ogni 300 m³ massimo di getto;
- di tipo B: controllo di accettazione impiegato quando siano previsti quantitativi di miscela omogenea uguali o superiori ai 1500 m³.

Il prelievo del conglomerato per i controlli di accettazione si deve eseguire all'uscita della betoniera (non prima di aver scaricato almeno 0.3 m³ di conglomerato e possibilmente a metà del carico). I campioni di calcestruzzo devono essere preparati con casseforme rispondenti alla norma UNI EN 12390-1, confezionati secondo le indicazioni riportate nella norma UNI EN 12390-2.

Le casseforme devono essere realizzate con materiali rigidi al fine di prevenire deformazioni durante le operazioni di preparazione dei provini, devono essere a tenuta stagna e non assorbenti.

La geometria delle casseforme deve essere cubica di lato pari a 150 mm o cilindrica con diametro pari a 150 mm ed altezza pari a 300 mm.

Sulla superficie dei provini sarà applicata (annegandola nel calcestruzzo) un'etichetta riportante gli estremi per l'identificazione del campione con inchiostro indelebile; l'etichetta sarà siglata dalle FERROVIE al momento del confezionamento dei provini.

L'esecuzione del campionamento deve essere accompagnata dalla stesura di un verbale di prelievo che riporti le seguenti indicazioni:

- identificazione del campione;
- tipo di calcestruzzo;
- numero di provini effettuati;
- codice del prelievo;
- metodo di compattazione adottato;
- numero del documento di trasporto;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 33 di 156

- ubicazione del getto per il puntuale riferimento del calcestruzzo messo in opera (es. muro di sostegno, solaio di copertura, soletta di ponte, ecc.);
- identificazione del cantiere e dell'Impresa appaltatrice;
- data e ora di confezionamento dei provini;
- firma della D.L.

Al termine del prelievo i provini verranno conservati in adeguate strutture predisposte dall'ESECUTORE, appoggiati al di sopra di una superficie orizzontale piana in posizione non soggetta ad urti e vibrazioni.

Il calcestruzzo campionato deve essere lasciato all'interno delle casseforme per almeno 16 h (in ogni caso non oltre i 3 giorni). Trascorso questo termine i provini dovranno essere consegnati al Laboratorio incaricato di eseguire le prove di schiacciamento, ove si provvederà alla loro conservazione, una volta rimossi dalle casseforme, in acqua alla temperatura costante di 20 ± 2 °C oppure in ambiente termostato posto alla temperatura di 20 ± 2 °C e umidità relativa superiore al 95%.

Nel caso in cui i provini vengano conservati immersi nell'acqua, il contenitore deve avere dei ripiani realizzati con griglie (è consentito l'impiego di reti elettrosaldate) per fare in modo che tutte le superfici siano a contatto con l'acqua.

L'ESECUTORE sarà responsabile della corretta conservazione e custodia dei provini campionati, mentre sarà responsabilità del DL assicurare la consegna degli stessi al Laboratorio incaricato. Alla consegna deve essere prodotta una domanda ufficiale di richiesta prove sottoscritta dalla Direzione Lavori, la quale indicherà la posizione e il tipo di strutture interessate da ciascun prelievo.

I certificati emessi dal Laboratorio dovranno contenere tutte le informazioni richieste al par. 11.2.5.3 del DM 14-01-2008.

6.5.9.2 Controllo di accettazione dei valori di consistenza

La lavorabilità al momento del getto sarà sempre controllata all'atto del prelievo dei campioni per i controlli d'accettazione della resistenza caratteristica convenzionale a compressione. L'ESECUTORE è tenuto comunque a verificare la consistenza del calcestruzzo di ogni autobetoniera e a darne evidenza alle FERROVIE. La misura della lavorabilità sarà condotta in accordo alla UNI-EN 206 dopo aver scaricato dalla betoniera almeno $0,3 \text{ m}^3$ di calcestruzzo e sarà effettuata mediante differenti metodologie.

Sarà cura dell'ESECUTORE garantire in ogni situazione la classe di consistenza prescritta per le diverse miscele tenendo conto che è assolutamente vietata qualsiasi aggiunta di acqua in betoniera al momento del getto dopo l'inizio dello scarico del calcestruzzo dall'autobetoniera. L'ESECUTORE deve garantire che tra fine confezionamento del calcestruzzo e fine getto non intercorra un tempo superiore a 90 minuti.

Si potrà operare in deroga a questa prescrizione in casi eccezionali quando i tempi di trasporto del calcestruzzo dall'impianto al cantiere dovessero risultare superiori ai 75 minuti. In questa evenienza si potrà utilizzare il conglomerato fino a 120 minuti dalla miscelazione purché esso posseda i requisiti di lavorabilità e resistenza iniziale prescritti. Di ciò si deve dare evidenza mediante apposita specifica della miscela approvata dalle FERROVIE.

Il calcestruzzo con lavorabilità inferiore potrà essere a discrezione delle FERROVIE:

- respinto (l'onere della nuova fornitura in tal caso resta in capo all'ESECUTORE);
- accettato se esistono le condizioni, in relazione alla difficoltà di esecuzione del getto, per conseguire un completo riempimento dei casseri ed una completa compattazione; tutti gli oneri derivanti dalla maggior richiesta di compattazione restano a carico dell'ESECUTORE.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 34 di 156

6.5.9.3 Controlli di conformità della resistenza sulle opere finite

In caso di controllo su elementi strutturali già realizzati dove si possono essere evidenziate problematiche tali da richiedere la verifica della qualità del materiale, il prelievo, da eseguire da parte dell'ESECUTORE in contraddittorio con le FERROVIE, deve avvenire eseguendo carotaggi dai quali ricavare un numero adeguato di provini cilindrici con operazioni di taglio e rettifica delle basi, in accordo alla norma UNI EN 12504-1.

Si riportano le prescrizioni e raccomandazioni che devono essere seguite dall'ESECUTORE nell'applicare il criterio di seguito esposto per la valutazione dei risultati:

- l'estrazione e la prova devono essere preferibilmente effettuate non oltre due mesi dopo la posa in opera del calcestruzzo; per tempi più lunghi gli effetti di maturazione e carbonatazione superficiale possono portare a sovrastima delle resistenze di cui si deve tenere conto;
- l'estrazione dei provini da strutture in elevazione deve essere effettuata nella parte mediana delle strutture perché l'effetto di autocompattazione porta a incrementi della massa volumica e della resistenza nella parte inferiore;
- i provini ricavati dai prelievi non devono contenere al loro interno più di un elemento di armatura normale alla direzione di prova, preferibilmente nessuno, in caso contrario il provino deve essere scartato; inoltre i provini non devono contenere alcuna armatura in direzione parallela al loro asse longitudinale.
- La stima della resistenza caratteristica del calcestruzzo si baserà sui risultati ottenuti nelle prove a compressione su un numero n di provini estratti dalla porzione di struttura in esame tenuto conto che per ogni lotto di 100 m^3 di calcestruzzo indagato o frazione, il numero di provini n non deve risultare minore di quattro.
- Il diametro delle carote deve essere maggiore di almeno 3 volte la dimensione massima effettiva dell'aggregato e comunque maggiore di 100 mm. Il rapporto tra lunghezza e diametro dei provini deve essere possibilmente pari a 2 o comunque compreso tra 1 e 2.

Le carote una volta estratte, e i provini da esse successivamente ricavati, devono essere mantenuti umidi mediante idonei sistemi di protezione (teli umidi, sacchi chiusi, immersione in acqua, ecc.) fino alla prova di compressione; nelle lavorazioni di taglio e spianatura si deve evitare ogni essiccazione della superficie.

L'ESECUTORE deve eseguire le prove di compressione sulle carote esclusivamente presso Laboratori Ufficiali o Autorizzati come indicato al punto 6.5.1 della presente sezione di Capitolato, alla presenza del FERROVIE.

I dati riscontrati devono essere registrati dall'ESECUTORE con data, ora e punti di prelievo, comprensivi delle note di commento a cura delle FERROVIE.

Deve essere eseguita la misura della massa volumica media delle carote estratte dalla struttura (m_v). Il confronto con la massa volumica determinata in sede di prelievo di accettazione dei provini cubici (m_{vo}), compattati a rifiuto, porterà alla valutazione del grado di compattazione del calcestruzzo nella struttura: $G_c = m_v/m_{vo}$

Tale rapporto deve risultare maggiore di 0,95, ed in questo caso si procederà alla misura delle resistenze a compressione sulle carote, altrimenti l'elemento strutturale non può essere accettato.

Per la modalità di determinazione della resistenza strutturale e per i criteri di accettabilità si rimanda al par. 11.2.8 della Circolare 2/2/09 n. 617/C.S.LL.PP.

Controlli integrativi

Ad insindacabile giudizio delle FERROVIE, possono essere richiesti ulteriori controlli sul calcestruzzo di cui

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 35 di 156

alle norme UNI EN 12504-2/3/4.

6.5.10 CARATTERISTICHE DELL'ACCIAIO D'ARMATURA PER C.A. E C.A.P.

6.5.10.1 Prescrizioni comuni alle tipologie di acciaio

L'ESECUTORE deve utilizzare acciai prodotti con un sistema di controllo permanente della produzione in stabilimento, mediante un sistema di gestione della qualità del prodotto certificato da parte di un organismo terzo indipendente che operi in coerenza con le norme UNI CEI EN ISO /IEC17021:2006.

La valutazione e il mantenimento della conformità del controllo di produzione in stabilimento e del prodotto finito avviene mediante marcatura CE ai sensi del Regolamento EU n.311/11 di recepimento della direttiva 89/106/CEE o, quando non applicabile, come nel caso delle armature per cemento armato, attraverso la procedura di qualificazione indicata nel DM 14.01.2008 p. 11.3.1.2, con rilascio di apposito Attestato di Qualificazione da parte del Servizio Tecnico Centrale (S.T.C.) della Presidenza del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici che deve accompagnare tutte le forniture di acciaio.

Deve essere garantita l'identificazione e la rintracciabilità dei prodotti qualificati mediante apposita marchiatura, secondo quanto indicato nel suddetto DM 14.01.2008 p. 11.3.1.4, inserita nel Catalogo Ufficiale degli acciai qualificati depositato presso il S.T.C..

La marchiatura deve specificare in modo inequivocabile il riferimento all'azienda produttrice, allo stabilimento, al tipo di acciaio e alla sua eventuale saldabilità.

La stessa deve essere inalterabile nel tempo e senza possibilità di manomissione. La sua mancanza, la non corrispondenza a quanto depositato o la sua illeggibilità, anche parziale, rende il prodotto non impiegabile.

Le forniture devono inoltre essere provviste dell'apposito cartellino indicante la designazione del prodotto come indicato, ad esempio, nella norma UNI EN 10080.

Le FERROVIE, prima della messa in opera, verificheranno che tutte le forniture provenienti dallo stabilimento di produzione siano accompagnate dalla copia dell'attestato di qualificazione e la corrispondenza del marchio riportato sulle armature con quello riportato sull'attestato stesso. Si precisa che per le barre ordinarie e per i rotoli è ammessa solamente la marchiatura di laminazione. Il documento di trasporto deve riportare altresì:

- la data di spedizione e le indicazioni relative alla quantità, al tipo, alla colata, al destinatario e all'opera per cui l'acciaio è destinato.
- l'attestazione inerente l'esecuzione delle prove di controllo interno fatte eseguire dal Direttore Tecnico del centro di trasformazione (come indicato al par. 11.3.1.7 del DM).

Nel caso di fornitura effettuata da un centro di trasformazione (es. sagomatori o assemblatori) le FERROVIE verificheranno preliminarmente il possesso dei requisiti di cui al par. 11.3.1.7 del DM 14/1/2008; in particolare acquisiranno gli estremi dell'attestato di Denuncia dell'attività di Centro di trasformazione rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale del C.S. dei Lavori Pubblici in quanto un centro di trasformazione privo di tale attestato non può fornire acciaio presagomato.

Sul documento di trasporto delle forniture in cantiere devono essere indicati gli estremi dell'attestato di avvenuta dichiarazione e il logo o il marchio del centro di trasformazione con indicazione dell'utilizzazione prevista secondo il progetto approvato (opera, parte d'opera, posizione, numero totale dei ferri per posizione).

6.5.10.2 Acciaio per cemento armato

E' ammesso esclusivamente l'impiego di acciaio saldabile e ad aderenza migliorata, delle seguenti tipologie:

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 36 di 156

Acciaio per c.a. B450C

- Barre di acciaio ($6 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 40 \text{ mm}$);
- Rotoli ($6 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 16 \text{ mm}$);
- Reti elettrosaldate ($6 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 16 \text{ mm}$);
- Tralicci elettrosaldati ($6 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 16 \text{ mm}$).

Acciaio per c.a. B450A

- Barre di acciaio ($5 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 10 \text{ mm}$);
- Rotoli ($5 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 10 \text{ mm}$);
- Reti elettrosaldate ($5 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 10 \text{ mm}$);
- Tralicci elettrosaldati ($5 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 10 \text{ mm}$).

Tali prodotti possono essere utilizzati direttamente o come elementi di base per successive trasformazioni (saldature, sagomature ecc.). Le loro caratteristiche meccaniche devono rispettare i requisiti previsti dal D.M.14.01.2008 - p. 11.3.2.1 e 11.3.2.2.

L'idoneità alla saldatura è condizionata dal non superamento dei valori di composizione chimica indicati nella tabella 11.3.II del DM 14/1/2008.

Se previsti da progetto possono impiegarsi altri tipi di acciaio quali gli inossidabili o gli zincati; per entrambi è richiesto il soddisfacimento dei requisiti indicati rispettivamente nei paragrafi 11.3.2.9.1. e 11.3.2.9.2. del medesimo D.M..

Per gli zincati debbono essere eseguiti specifici controlli sullo spessore e sulla continuità del rivestimento, nonché sull'aderenza acciaio-rivestimento in osservanza della norma UNI 10622.

6.5.10.2.1 Controlli di accettazione in cantiere

I controlli sull'acciaio consegnato in cantiere sono disposti dalle FERROVIE sotto il proprio controllo diretto e devono eseguirsi prima della messa in opera del prodotto e comunque entro 30 giorni dalla data di consegna del materiale in cantiere.

Le modalità di prelievo e di valutazione della conformità del prodotto sono quelle indicate ai paragrafi 11.3.2.10.4, per barre e rotoli, e 11.3.2.11.3 per reti e tralicci elettrosaldati del DM 14/1/2008.

Su ciascun lotto di spedizione consegnato, formato da massimo 30 t, si dovranno prelevare n. 3 spezzoni di lunghezza non inferiore a 120 cm o n. 3 saggi ricavati da tre diversi pannelli (reti e tralicci elettrosaldati), marchiati, dello stesso diametro e provenienti dallo stesso stabilimento di produzione. Qualora il marchio e la documentazione di accompagnamento dimostrino una diversa provenienza, i controlli debbono essere estesi a ciascun lotto di provenienza.

Nel caso di armature provenienti da un Centro di Trasformazione, le FERROVIE potranno effettuare i controlli di accettazione anche recandosi presso il medesimo Centro.

In tal caso i prelievi verranno effettuati dal Direttore Tecnico del Centro di Trasformazione, secondo le disposizioni impartite dalle FERROVIE lì presenti, che si assicureranno mediante sigle, etichettature, ecc., che i campioni inviati al laboratorio incaricato siano quelli da lui prelevati e che sottoscriverà la richiesta specificando la struttura interessata dal prelievo.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 37 di 156

I certificati di prova emessi dai laboratori devono contenere tutte le indicazioni elencate nel par. 11.3.2.10.4 del D.M. 14.01.2008 e la verifica delle tolleranze dimensionali riportate al par. 11.3.2.8 del DM 14/1/2008.

Le FERROVIE acquisiranno tali certificati di prova e confronteranno i valori riscontrati con quelli di accettazione riportati sulla tabella 11.3.VI del suddetto paragrafo.

Se i risultati delle prove sono maggiori o uguali al valore prescritto, il lotto consegnato deve essere considerato conforme altrimenti si dovrà procedere a ulteriori prelievi e prove secondo quanto stabilito nel par. 11.3.2.10.4 del D.M. 14.01.2008.

Per quanto riguarda la verifica delle tolleranze dimensionali, si precisa che per valori della sezione misurata compresa fra il 98% e il 100% della sezione teorica, il materiale sarà contabilizzato sulla base della sezione teorica stessa. Per valori della sezione misurata inferiori al 98%, ma superiori al valore limite ammesso per la tolleranza dal DM 14/1/2008, l'ESECUTORE dovrà procedere al reintegro della sezione mancante negli elementi strutturali ai quali l'armatura è destinata, o, in alternativa, potrà produrre, a sua cura e spese, calcoli di resistenza che giustificano l'impiego del minor quantitativo di armatura. Quest'ultimo, nel caso di esito positivo delle verifiche, verrà contabilmente detratto dall'importo contrattuale.

Le FERROVIE, oltre alle prove previste dalla normativa, potranno disporre l'effettuazione di ulteriori controlli con le modalità che verranno a riguardo indicate.

Il materiale non ritenuto idoneo deve essere stoccato dall'ESECUTORE in apposita area.

L'ESECUTORE deve acquisire la documentazione su indicata e ne deve riportare gli estremi all'interno del "Registro dei ferri e prelievi" atto a consentire la rintracciabilità tra i singoli documenti di trasporto degli acciai, parte dell'opera dove lo stesso è stato impiegato e i relativi certificati di prova.

Tale documento deve formare oggetto di controllo da parte delle FERROVIE e del Collaudatore delle strutture.

6.5.10.3 Acciaio per cemento armato precompresso

E' ammesso esclusivamente l'impiego di acciai qualificati secondo le procedure di cui al par. 11.3.1.2 del DM 14/1/08 e controllati (in stabilimento, nei centri di trasformazione e in cantiere) con le modalità riportate al par. 11.3.3.5.4 dello stesso DM come di seguito indicato.

6.5.10.3.1 Controlli di accettazione in cantiere

I controlli in cantiere che le FERROVIE devono far eseguire sono regolati dal DM e devono avvenire secondo le modalità indicate dalla norma UNI EN ISO 15630-3 presso un laboratorio di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001. Per ogni lotto di spedizione, di massimo 30 tonnellate, va eseguito un prelievo di tre saggi sui quali effettuare le prove per la determinazione dei corrispondenti valori minimi di:

- tensione di rottura (f_{pt});
- tensione di snervamento (f_{py});
- limite elastico allo 0.1% ($f_{p0.1}$);
- tensione corrispondente al 1% della deformazione totale (f_{p1}).

I risultati delle prove sono ritenuti compatibili se nessuno dei valori risulta inferiore ai corrispondenti valori dichiarati dal produttore.

Nel caso che anche uno solo dei valori minimi suddetti non rispetti questa condizione devono eseguirsi prove supplementari secondo la procedura indicata al par. 11.3.3.5.3 del DM.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 38 di 156

Qualora la fornitura delle armature provenga da un centro di trasformazione, le FERROVIE, esaminata preliminarmente la documentazione attestante il possesso dei requisiti che lo stabilimento è tenuto a trasmettergli, in analogia a quanto già indicato per le barre da cemento armato, potranno recarsi presso il medesimo centro ed effettuare tutti i controlli di legge.

6.5.11 NORME E REGOLE DI ESECUZIONE

6.5.11.1 Impiego di magrone o malta di livellamento

L'ESECUTORE, prima di effettuare qualsiasi getto di calcestruzzo di fondazione, deve predisporre sul fondo dello scavo già adeguato, uno strato di calcestruzzo magro (Tipo I della tabella 6.9.1) avente la funzione di piano di appoggio livellato e di cuscinetto isolante contro l'azione aggressiva del terreno.

Lo spessore minimo dello strato, se non diversamente previsto dai documenti di progetto, è 10 cm.

L'ESECUTORE deve verificare che, prima di effettuare la posa in opera della malta di livellamento, le superfici siano accuratamente pulite.

6.5.11.2 Posa in opera delle casseforme

L'ESECUTORE deve comunicare preventivamente alle FERROVIE il sistema e le modalità esecutive che intende adottare per l'esecuzione dei getti, ferma restando l'esclusiva responsabilità dell'ESECUTORE stesso per quanto riguarda la progettazione e l'esecuzione delle opere provvisorie e della loro rispondenza a tutte le norme di legge e ai criteri di sicurezza che comunque possono riguardarle. Il sistema prescelto deve essere atto a consentire la realizzazione delle opere in conformità alle disposizioni contenute nel progetto.

Nella progettazione e nell'esecuzione delle armature di sostegno, delle centinature e delle attrezzature di costruzione, l'ESECUTORE è tenuto a rispettare le norme, le prescrizioni e i vincoli che eventualmente fossero imposti da Enti, Uffici e persone responsabili riguardo alla zona interessata dall'intervento e in particolare:

- per l'ingombro degli alvei dei corsi d'acqua;
- per le sagome da lasciare libere nei sovrappassi o sottopassi di strade, autostrade, FERROVIE, tranvie;
- per le interferenze con servizi di soprassuolo o di sottosuolo.

Tutte le attrezzature devono essere dotate degli opportuni accorgimenti affinché, in ogni punto della struttura, la rimozione dei sostegni sia regolare e uniforme.

Caratteristiche delle casseforme

E' consentito l'uso di casseforme di tipo metallico, in legno o costituite da materiali fibrocompressi.

Dimensioni e spessori devono essere tali da garantire la stabilità del posizionamento, eventualmente ricorrendo a opportuni irrigidimenti o controventature.

Per l'ottenimento di superfici a faccia vista con motivi o disegni in rilievo, l'ESECUTORE deve verificare che siano adottate specifiche matrici in conformità a quanto previsto dal progetto approvato.

Nel caso di getti all'aperto in condizioni di temperatura sfavorevole (prossime ai limiti di accettabilità previsti per il calcestruzzo) l'ESECUTORE deve utilizzare casseforme di legno per la loro minore conducibilità termica, e deve curare che le stesse siano eseguite con tavole a bordi paralleli e ben accostate, in modo che non abbiano a presentarsi, dopo il disarmo, sbavature o disuguaglianze sulle facce in vista del getto.

Nel caso di cassatura a perdere inglobata nell'opera, l'ESECUTORE deve verificarne la funzionalità se è elemento portante e la non dannosità se è elemento accessorio.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 39 di 156

Pulizia e trattamento

L'ESECUTORE deve avere cura che i casseri siano sempre puliti e privi di elementi che possano pregiudicare l'aspetto della superficie del conglomerato cementizio indurito e, quando necessario, prima di ogni getto, facendo uso di prodotti disarmanti disposti in strati omogenei continui. Non è consentito l'utilizzo di prodotti potenzialmente macchianti o in grado di alterare la superficie di calcestruzzo in faccia vista.

L'ESECUTORE deve accertarsi che su tutte le casseforme di una stessa opera sia utilizzato lo stesso prodotto disarmante.

L'ESECUTORE per l'impiego e le prove sui prodotti disarmanti deve fare riferimento a quanto indicato nelle norme UNI 8866 parti 1 e 2.

Nel caso di utilizzo di casseforme impermeabili, per ridurre il numero delle bolle d'aria sulla superficie del getto l'ESECUTORE deve fare uso di disarmante con agente tensioattivo secondo le modalità, tempistiche e quantità indicate dal produttore, o secondo le disposizioni di DL/AS, garantendo la vibrazione contemporaneamente al getto.

Per conglomerati cementizi colorati o con cemento bianco, nel caso di uso di disarmanti, l'ESECUTORE deve eseguire prove preliminari alla presenza delle FERROVIE per dimostrare che il prodotto usato non alteri il colore.

Legature delle casseforme e distanziatori delle armature

L'ESECUTORE deve verificare che i dispositivi che mantengono in posizione le casseforme, quando attraversano il conglomerato cementizio, non siano dannosi a quest'ultimo; ove possibile, gli elementi delle casseforme devono essere fissati nell'esatta posizione prevista usando fili metallici liberi di scorrere entro tubi di PVC o simile, questi ultimi destinati a rimanere incorporati nel getto di conglomerato cementizio; dove ciò non fosse possibile, l'ESECUTORE può adottare altri sistemi da concordare con le FERROVIE.

Non è consentito l'uso di distanziatori di legno o metallici; sono ammessi distanziatori di plastica o in malta di cemento di forma cilindrica, semicilindrica o emisferica.

L'ESECUTORE deve verificare che la superficie del distanziatore a contatto con la cassaforma sia ridotta al minimo.

Giunti tra gli elementi di cassaforma

L'ESECUTORE deve verificare che i giunti tra gli elementi di cassaforma siano realizzati con ogni cura al fine di evitare fuoriuscite di boiaccia, irregolarità e sbavature; può essere richiesto da progetto che tali giunti debbano essere evidenziati.

L'ESECUTORE deve verificare che le riprese di getto in corrispondenza dei giunti di cassaforma sulla faccia vista siano delle linee rette e, qualora richiesto dalle FERROVIE, siano marcate con gole o risalti in profondità, da sigillare opportunamente all'occorrenza.

Controlli sulle casseforme

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, deve verificare la conformità delle casseforme riguardo ai seguenti punti:

- caratteristiche costruttive e strutturali;
- pulizia e trattamento;
- legature;
- giunti, in particolare nei punti di ripresa del getto;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 40 di 156

- predisposizioni dei fori, delle tracce, delle cavità, ecc., previste nei disegni costruttivi;
- copriferro;
- prodotti disarmanti.

6.5.11.3 Posizionamento e realizzazione di gabbie di armatura e giunzioni

L'ESECUTORE deve, per quanto possibile, assicurare che siano garantite le seguenti condizioni:

- composizione fuori opera delle gabbie di armatura;
- in corrispondenza di tutti i nodi devono essere eseguite legature doppie incrociate in filo di ferro ricotto di diametro non inferiore a 0,6 mm in modo da garantire l'invariabilità della geometria della gabbia durante il getto;
- posizione delle armature metalliche entro i casseri, utilizzando esclusivamente opportuni distanziatori di cui al punto 6.5.11.2;
- adozione di tutti gli accorgimenti necessari affinché le gabbie mantengano la posizione di progetto all'interno delle casseforme durante il getto.

Nel caso di gabbie assemblate con parziale saldatura, la stessa, se eseguita in cantiere, deve essere autorizzata dalle FERROVIE dietro preventiva presentazione di un'ideale procedura di lavoro che espliciti le modalità di esecuzione, i materiali e le attrezzature, nonché le qualifiche dei saldatori.

In questo caso l'ESECUTORE deve effettuare prelievi di barre con elementi di staffa saldati da sottoporre a prove di trazione e di resistenza al distacco presso laboratori di cui al punto 6.5, allo scopo di verificare anche che la saldatura non abbia provocato una riduzione di resistenza nelle barre.

Nel corso dei lavori le FERROVIE possono comunque richiedere ulteriori prove di controllo sulle saldature eseguite.

Nel caso d'impiego di manicotti filettati per la giunzione delle barre, l'ESECUTORE deve consegnare preventivamente alle FERROVIE, per accettazione, le schede tecniche dei prodotti che intende utilizzare.

Devono essere eseguiti i controlli previsti per le forniture di acciaio indicati al capitolo 6.5.10 della presente sezione di Capitolato.

In fase di posa e messa in opera deve essere eseguito prima del getto, il controllo, da parte delle FERROVIE, della conformità ai disegni e alle specifiche relativamente a:

- dimensioni e sagome delle barre;
- posizionamento e regolarità delle maglie;
- valore delle sovrapposizioni;
- legature e distanziatori (secondo quanto indicato al punto 6.5.11.2);
- maglia o terminale di messa a terra (se previsto);
- il controllo della pulizia dei ferri e degli eventuali inserti.

Le tolleranze relativamente alle armature da cemento armato sono indicate nel par. 6.5.15.

6.5.11.4 Posa in opera del calcestruzzo

6.5.11.4.1 Attività preliminari alla fase di getto

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 41 di 156

L'ESECUTORE è tenuto a presentare a FERROVIE, nei modi e nei tempi previsti dal Contratto, un programma dei getti che saranno eseguiti nella settimana lavorativa successiva, con indicazione di:

- data e ora di esecuzione del getto;
- ubicazione del getto (opera e parte d'opera);
- classe di resistenza del conglomerato cementizio, in accordo a quanto previsto dal progetto;
- metri cubi di calcestruzzo previsti;
- impianto di betonaggio di provenienza;
- riferimenti alla specifica documentazione di controllo approvata dalle FERROVIE.

Ogni variazione al programma deve essere comunicata (salvo casi dovuti a documentati motivi di sicurezza), in forma scritta, con un preavviso minimo di 1 giorno.

Inoltre l'ESECUTORE deve prevedere l'elaborazione di una procedura che specifichi le modalità di getto e di stagionatura delle opere/parti d'opera da realizzare, da trasmettere preventivamente per informazione a FERROVIE.

6.5.11.4.2 Esecuzione dei getti

L'ESECUTORE può iniziare le attività di getto solo dopo che le FERROVIE abbiano eseguito la verifica di conformità relativamente a piani di posa, casseforme, armatura, copriferro, inserti e quant'altro previsto dal progetto approvato. Al momento della messa in opera del conglomerato è obbligatoria la presenza di un responsabile tecnico dell'ESECUTORE.

Nel caso di getti contro terra l'ESECUTORE deve controllare che siano state eseguite, in conformità alle disposizioni di progetto e/o alle disposizioni delle FERROVIE:

- la pulizia delle superfici a contatto con il getto;
- la verifica del posizionamento di eventuali drenaggi, nonché la predisposizione dei mezzi per allontanamento/aggottamento delle eventuali acque d'infiltrazione;
- la stesa di materiale isolante o di collegamento.

Resta inteso che l'ESECUTORE deve provvedere al ripristino di eventuali cedimenti dei piani di appoggio e delle pareti di contenimento.

L'ESECUTORE deve accertarsi che lo scarico del calcestruzzo dal mezzo di trasporto nelle casseforme avvenga con tutti gli accorgimenti atti a evitarne la segregazione. L'altezza massima di caduta libera del calcestruzzo fresco, misurata dall'uscita dello scivolo o della bocca del tubo convogliatore, è pari a 100 cm.

Il calcestruzzo deve essere posto in opera e vibrato con ogni cura in modo che le superfici esterne si presentino lisce e compatte, omogenee, perfettamente regolari, senza vespai o nidi di ghiaia ed esenti da macchie o chiazze.

Se non sia altrimenti stabilito in progetto, il calcestruzzo deve essere vibrato con un numero di vibratori a immersione o a parete determinato, prima di ciascuna operazione di getto, in relazione alla classe di consistenza del calcestruzzo, alle caratteristiche dei vibratori e alla dimensione del getto stesso; la durata della vibrazione è determinata dal tempo intercorso dall'immersione totale del vibratore fino all'affioramento in superficie della boiaccia. Per omogeneizzare la massa durante il costipamento di uno strato i vibratori a immersione devono penetrare per almeno 5 cm nello strato inferiore.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 42 di 156

Deve essere garantita la continuità del funzionamento delle attrezzature, anche mediante apparecchiature di riserva allo scopo di evitare rallentamenti e/o interruzioni delle operazioni di costipamento.

Per getti in pendenza devono essere predisposti dei cordolini di arresto che evitino la formazione di lingue di calcestruzzo troppo sottili per essere vibrare efficacemente.

La posa in opera deve essere eseguita mediante tubi-getto di ferro costituiti da segmenti di diametro fino a 25-30 cm e lunghezza fino a 3 m, aventi nella parte superiore una tramoggia a imbuto per il calcestruzzo. La bocca inferiore del tubo così realizzato deve restare costantemente sotto il livello del calcestruzzo già gettato, in modo da favorirne la risalita. Per i getti di pali e micropali e per quelli di paratie di pali e diaframmi si rimanda alle prescrizioni indicate rispettivamente nelle sezioni 7 e 8 del capitolato.

L'ESECUTORE, nel caso di riprese di getto, previste da progetto o concordate con le FERROVIE, al fine di assicurare un'adeguata continuità sia tra elementi strutturali contigui che tra parti di uno stesso elemento strutturale realizzate in tempi differenti, deve rispettare le prescrizioni di seguito riportate.

Getto di calcestruzzo fresco su calcestruzzo fresco

L'ESECUTORE deve accertare in fase di qualifica che le caratteristiche della miscela possiedano requisiti tali da rendere compatibili i due getti, tenendo presente il tempo necessario per il ricoprimento del primo getto, il mantenimento della lavorabilità nel tempo, il tempo di presa del calcestruzzo già gettato. All'atto del getto dello strato successivo, la consistenza dello strato di primo getto deve essere almeno tale da permettere la penetrazione della vibrazione per uno spessore di qualche centimetro.

Per ottenere questi risultati l'ESECUTORE deve garantire tempi massimi per le interruzioni senza compromettere le caratteristiche di monolicità.

Getto di calcestruzzo fresco su calcestruzzo indurito

L'ESECUTORE deve predisporre una superficie di ripresa, realizzando una scarifica meccanica del calcestruzzo indurito, procedendo, prima del nuovo getto, al lavaggio della superficie di ripresa con acqua in pressione in modo da eliminare la malta e lasciare esposto l'aggregato grosso.

L'eventuale utilizzo di prodotti filmogeni antievaporanti deve rispondere alla norma UNI 8656. L'ESECUTORE deve sottoporre all'approvazione delle FERROVIE la documentazione tecnica sul prodotto e sulle modalità di applicazione, deve accertarsi che il materiale impiegato sia compatibile con prodotti di successive lavorazioni (ad esempio con il primer di adesione di guaine per impermeabilizzazione di solette); viceversa, prima di eseguire il successivo getto, si deve ravvivare la superficie.

Per strutture sotto falda e, comunque, ogni volta che sia prescritto dal progetto e/o richiesto dalle FERROVIE, dopo aver reso scabra la superficie di ripresa, l'ESECUTORE deve posare una malta o un betoncino di collegamento con caratteristiche, preliminarmente verificate e approvate dalle FERROVIE in qualifica, di tenuta all'acqua e di ritiro compensato e realizzare il nuovo getto sulla malta ancora fresca.

L'ESECUTORE deve verificare che tra le successive riprese di getto non vi siano distacchi, discontinuità o differenze di aspetto e colore; in caso contrario deve applicare adeguati trattamenti superficiali concordati con le FERROVIE.

Getti in clima freddo

Conformemente a quanto indicato al punto 6.8.7 l'ESECUTORE deve verificare che la temperatura del calcestruzzo fresco al momento della consegna non sia minore di 5 °C. In condizioni di temperatura ambientale inferiore il getto può essere eseguito dietro il rispetto delle seguenti prescrizioni:

- nel caso in cui la temperatura dell'aria sia compresa fra 0° C e 5° C, la produzione e la posa in opera del conglomerato cementizio devono essere sospese, a meno che non sia garantita una temperatura

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 43 di 156

dell'impasto durante la fase di getto non inferiore a 10°C; l'ESECUTORE può ottenere il rispetto di tale limite di temperatura anche mediante un adeguato sistema di preriscaldamento degli inerti e/o dell'acqua d'impasto all'impianto di betonaggio, con l'avvertenza che la temperatura raggiunta dall'impasto non sia superiore a 25° C.

- per temperature comprese fra -4° C e 0° C l'ESECUTORE può eseguire esclusivamente getti relativi a fondazioni, pali e diaframmi, ferme restando le condizioni dell'impasto di cui al punto precedente.
- salvo specifiche prescrizioni di progetto, da sottoporre comunque a preventiva approvazione del FERROVIE, non si deve procedere all'esecuzione di getti quando la temperatura dell'aria esterna è inferiore a -4° C.

L'ESECUTORE deve inoltre adottare le seguenti ulteriori precauzioni:

- eseguire opportune protezioni dei getti, concordate preventivamente con le FERROVIE, per permettere l'avvio della presa ed evitare la dispersione del calore di idratazione;
- eseguire una valutazione del tempo necessario al mantenimento delle cassaforme in relazione all'effettivo valore di temperatura ambientale;
- scegliere, per il getto, le ore più calde della giornata;
- in caso di presenza di neve e/o ghiaccio, prima del getto si deve accertarne l'avvenuta rimozione dai casseri, dalle armature e dal sottofondo.

Getti in clima caldo

Conformemente a quanto indicato al punto 6.5.4.7, l'ESECUTORE deve verificare che la temperatura dell'impasto fresco, misurata all'arrivo in cantiere, non deve eccedere i 30°C; tale limite può essere superato qualora all'atto della qualifica della miscela sia stata prevista l'idoneità anche per temperature dell'ambiente superiori, mediante l'utilizzo di appositi additivi - come indicato al punto 6.5.8.2 - al fine di garantire il mantenimento dei tempi di presa e della classe di consistenza di progetto.

La temperatura delle casseforme metalliche, se maggiore di 30°C, deve essere ricondotta a tale valore con tolleranza di 5°C mediante preventivi getti esterni di acqua fredda.

Per realizzare una miscela di calcestruzzo entro i limiti di temperatura sopra indicati l'ESECUTORE deve procedere al raffreddamento degli aggregati stoccati con getti di acqua fredda di cui si deve evitare il ristagno, prevedendo un adeguato drenaggio, già in fase di qualifica, tenendo conto nel dosaggio della miscela dell'eventuale assorbimento di acqua negli aggregati.

Riguardo al mantenimento della classe di consistenza del calcestruzzo si deve fare riferimento a quanto indicato ai punti 6.5.3.5 e 6.5.4 in funzione del tipo di calcestruzzo come definito al punto 6.5.5.

L'ESECUTORE per i getti in clima caldo, asciutto e ventilato deve:

- eseguire i getti al mattino, alla sera o di notte;
- impiegare cementi a basso calore d'idratazione;
- impiegare additivi superfluidificanti per il mantenimento della lavorabilità;
- a fine getto mantenere bagnate le superfici del calcestruzzo per almeno due giorni.

Per quanto non esplicitato o non in contrasto con le specifiche di cui sopra, si deve fare riferimento alla norma UNI EN 13670.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 44 di 156

6.5.11.4.3 Controllo termico del calcestruzzo

Conformemente a quanto indicato al punto 6.5.6.3, l'ESECUTORE deve eseguire il controllo termico dei getti in corso d'opera secondo le modalità di seguito indicate.

Calcestruzzi di tipo C1 (tabella 6.5.5.1)

L'ESECUTORE deve predisporre idonea strumentazione (termocoppie) al fine di:

- verificare che, sul primo manufatto/parte d'opera/getto realizzato con miscela omogenea, risulti: $\Delta T_{1max} < 40^{\circ}C$ (differenza tra la temperatura del calcestruzzo fresco al momento del getto e la temperatura massima di picco, misurata nel nucleo della struttura considerata);
- definire, per ogni condizione di temperatura ambiente, i tempi di casseratura in modo che risulti: $\Delta T_{2max} < 20^{\circ}C$ (differenza tra la massima temperatura registrata con la sonda posizionata all'estradosso della gabbia di armatura o, in assenza di armatura, a 3 cm dal cassero e la temperatura ambiente).

Calcestruzzi di tipo C2 (tabella 6.5.5.1)

L'ESECUTORE deve predisporre idonea strumentazione (termocoppie) al fine di:

- verificare che, sul primo manufatto/parte d'opera/getto realizzato con miscela omogenea, risulti: $\Delta T_{1max} < 50^{\circ}C$ (differenza tra la temperatura del calcestruzzo fresco al momento del getto e la temperatura massima di picco, misurata nel nucleo della struttura considerata);
- definire, per ogni condizione di temperatura ambiente, modalità e tempi di casseratura in modo che, fino alla rimozione dei casseri, siano verificate entrambe le seguenti condizioni: $\Delta T_{2max} < 20^{\circ}C$ (differenza tra la massima temperatura registrata con la sonda posizionata all'estradosso della gabbia di armatura o, in assenza di armatura, a 3 cm dal cassero e la temperatura ambiente) e $\Delta T_{3max} \leq 20^{\circ}C$ (differenza tra la temperatura del nucleo e la massima temperatura all'estradosso della gabbia di armatura o, in assenza di armatura, a 3 cm dal cassero).

Qualora si rendesse necessario, in mancanza di specifiche indicazioni progettuali, l'ESECUTORE deve sottoporre ad approvazione delle FERROVIE particolari accorgimenti da adottare per il rispetto delle suddette condizioni di temperatura (es. serpentine di raffreddamento o altro sistema).

Calcestruzzi di tipo F1 ed F2 (tabella 6.5.5.1)

L'ESECUTORE deve predisporre idonea strumentazione (termocoppie) al fine di verificare che sul primo manufatto/parte d'opera/getto realizzato con miscela omogenea, risulti: $\Delta T_{1max} < 40^{\circ}C$ (differenza tra la temperatura del calcestruzzo fresco al momento del getto e la temperatura massima di picco, misurata nel nucleo della struttura considerata).

Calcestruzzi di tipo F3 (tabella 6.5.5.1)

L'ESECUTORE deve predisporre idonea strumentazione (termocoppie) al fine di:

- verificare che sul primo manufatto/parte d'opera/getto realizzato con miscela omogenea, risulti: $\Delta T_{1max} < 35^{\circ}C$ (differenza tra la temperatura del calcestruzzo fresco al momento del getto e la temperatura massima di picco, misurata nel nucleo della struttura considerata);
- definire, per ogni condizione di temperatura ambiente, modalità e tempi di casseratura in modo che, fino alla rimozione dei casseri, siano verificate entrambe le seguenti condizioni: $\Delta T_{2max} < 20^{\circ}C$ (differenza tra la massima temperatura registrata con la sonda posizionata all'estradosso della gabbia di armatura o, in assenza di armatura, a 3 cm dal cassero e la temperatura ambiente) e $\Delta T_{3max} \leq 20^{\circ}C$ (differenza tra la

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 45 di 156

temperatura del nucleo e la massima temperatura all'estradosso della gabbia di armatura o, in assenza di armatura, a 3 cm dal cassero).

Calcestruzzi di tipo G (tabella 6.5.5.1)

L'ESECUTORE deve predisporre idonea strumentazione (termocoppie) al fine di verificare che sul primo manufatto/parte d'opera/getto realizzato con miscela omogenea, risulti: $\Delta T_{1max} < 40^{\circ}C$ (differenza tra la temperatura del calcestruzzo fresco al momento del getto e la temperatura massima di picco, misurata nel nucleo della struttura considerata).

Qualora si rendesse necessario, in mancanza di specifiche indicazioni progettuali, l'ESECUTORE deve sottoporre ad approvazione del FERROVIE particolari accorgimenti per il rispetto delle suddette condizioni di temperatura (es. serpentine di raffreddamento o altro sistema).

6.5.11.5 Stagionatura del calcestruzzo

L'ESECUTORE deve verificare che i metodi e la durata della stagionatura siano conformi a quanto stabilito dal progetto approvato, in modo da garantire:

- a) la prescritta resistenza;
- b) l'assenza di fessure o cavillature in conseguenza del ritiro per rapida essiccazione delle superfici di getto o per sviluppo di elevati gradienti termici all'interno della struttura.

L'ESECUTORE deve quindi prevedere per il periodo di stagionatura adeguati sistemi di protezione al fine di garantire al calcestruzzo il raggiungimento delle migliori caratteristiche sia al suo interno che in superficie.

Le protezioni messe in atto dall'ESECUTORE hanno lo scopo di impedire o quantomeno ridurre sensibilmente:

- l'essiccazione della superficie del calcestruzzo, evitando la minore idratazione del cemento che, in corrispondenza della zona del copriferro, è fonte di potenziale permeabilità di sostanze esterne;
- il rischio di fessurazione per effetto del ritiro igrometrico che comporta un'accelerata carbonatazione dello strato di copriferro cui può corrispondere un rischio di corrosione delle armature e comunque una minore resistenza meccanica locale;
- nel caso di basse temperature (punto 6.5.11.4.) il congelamento dell'acqua d'impasto e il rapido raffreddamento del getto, dovuti alla differenza di temperatura tra il manufatto e l'ambiente e quindi possibili cause di generazione di stati fessurativi.

La durata di una corretta stagionatura può essere ricondotta allo sviluppo della resistenza del calcestruzzo. A questo riguardo l'ESECUTORE può fare riferimento alla tabella 16 della norma UNI EN 206 in cui è indicata una classificazione in funzione del rapporto tra la resistenza media a compressione a 2 gg e quella a 28 gg, da intendersi determinato sulla base dei risultati di qualifica della miscela. A questo riguardo, sulla base dei medesimi dati di qualifica, l'ESECUTORE determinerà un tempo minimo per le operazioni di scassero (esulante dalle comunque prioritarie considerazioni di natura statica), analizzando, tra gli altri parametri, la curva di sviluppo della resistenza in funzione del tempo.

I metodi di stagionatura previsti dall'ESECUTORE devono essere preventivamente sottoposti all'esame delle FERROVIE che può richiedere apposite verifiche sperimentali.

Nel caso si prevedano nelle 24 ore successive al getto temperature dell'aria minori di $5^{\circ}C$ o maggiori di $35^{\circ}C$ l'ESECUTORE deve utilizzare esclusivamente casseri in legno o coibentati sull'intera superficie del getto ed eventualmente teli isolanti.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 46 di 156

I materiali coibenti di cui l'ESECUTORE può fare utilizzo sono:

- fogli di polistirolo o poliuretano espanso, tagliati e fissati ai casseri;
- fogli di lana di roccia ricoperti da fodere di polietilene;
- fogli di schiuma vinilica;
- schiume poliuretatiche spruzzate sull'esterno della cassaforma.

Per un più efficace utilizzo, tali materiali devono essere sempre protetti dall'umidità con teloni impermeabili.

Si deve provvedere al mantenimento del corretto grado di umidità delle superfici per almeno le prime 48 ore dopo il getto, mediante utilizzo di prodotti filmogeni di cui al punto 6.5.11.4 applicati a spruzzo, ovvero mediante continua bagnatura con serie di spruzzatori d'acqua o con altri idonei sistemi.

Per la verifica della corretta e migliore stagionatura le FERROVIE potranno richiedere all'ESECUTORE l'utilizzo di apposite termocoppie in grado di rilevare la temperatura del calcestruzzo in prestabilite differenti parti della struttura (nucleo, periferia, copriferro interno), secondo le indicazioni del precedente punto 6.5.11.4.

L'ESECUTORE durante il periodo di stagionatura deve evitare che i getti subiscano urti, vibrazioni e sollecitazioni di ogni genere.

Per quanto non previsto dal presente Capitolato si può fare utile riferimento alla norma UNI EN 13670.

6.5.11.6 Operazioni di disarmo

L'ESECUTORE può procedere alla rimozione delle casseforme quando siano stati raggiunti i tempi di maturazione preventivamente determinati in funzione della minima resistenza ottenuta per la struttura e dal sufficiente grado d'idratazione raggiunto dal calcestruzzo, o secondo quanto indicato nel progetto approvato.

Eventuali elementi metallici, quali chiodi o reggette, che dovessero sporgere dai getti, devono essere tagliati almeno 1 cm sotto la superficie finita e gli incavi risultanti accuratamente sigillati con malta fine di cemento ad alta adesione.

6.5.11.7 Caratteristiche superficiali dei getti

Per le superfici a faccia-vista, affinché il colore superficiale del calcestruzzo risulti il più possibile uniforme, l'ESECUTORE deve verificare e garantire che il cemento utilizzato in ciascuna opera provenga dallo stesso cementificio e sia dello stesso tipo e classe, che la sabbia provenga dalla stessa cava e abbia granulometria e composizione costante nel tempo.

Analogamente l'ESECUTORE deve garantire per le singole parti un medesimo trattamento di stagionatura, curando che l'essiccamento della massa del calcestruzzo sia lento e uniforme e il calcestruzzo risulti privo di efflorescenze; qualora queste ultime apparissero, sarà onere dell'ESECUTORE procedere alla tempestiva eliminazione mediante spazzolatura.

L'ESECUTORE deve evitare l'insorgenza di macchie di ruggine sulle superfici finite di calcestruzzo causabili dalla presenza temporanea dei ferri di ripresa scoperti e a diretto contatto con l'acqua piovana.

Nessun ripristino può essere eseguito dopo il disarmo del calcestruzzo senza il preventivo benestare delle FERROVIE, che deve autorizzare i materiali e la metodologia d'intervento proposti dall'ESECUTORE sulla base della causa e della tipologia del difetto. A questo riguardo l'ESECUTORE deve rispettare le indicazioni contenute nelle norme UNI EN 1504.

6.5.12 ELEMENTI PRECOMPRESSI

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 47 di 156

6.5.12.1 Posizionamento delle armature di precompressione

L'ESECUTORE deve attenersi rigorosamente alle disposizioni contenute nel progetto approvato, in particolare per quanto riguarda:

- il tipo, il tracciato, la sezione dei singoli cavi;
- i dispositivi speciali come ancoraggi fissi, mobili, intermedi, manicotti di ripresa, ecc.;
- le fasi di applicazione della precompressione;
- la messa in tensione (da uno o da entrambi gli estremi);
- le eventuali operazioni di ritaratura delle tensioni.

Fatte salve indicazioni di progetto al riguardo, al fine di preservare le armature metalliche delle strutture in cemento armato precompresso dall'azione corrosiva delle correnti vaganti, l'ESECUTORE è tenuto a collegare tutti i ferri delle armature di precompressione tra loro nelle testate delle strutture mediante un conduttore di acciaio collegato ad un terminale da realizzare con un tondino di ferro dolce del diametro di 24 mm e sporgente dalla struttura per una lunghezza non inferiore a 20 cm.

Qualora tale procedimento non fosse possibile e, per motivi di sicurezza inerenti l'integrità delle armature di precompressione, sia prevista da progetto l'adozione di tecniche d'isolamento alternative, l'ESECUTORE deve verificare che i prodotti indicati siano idonei allo scopo e abbiano ottenuto l'approvazione del FERROVIE.

L'ESECUTORE, relativamente alla conformità dei manufatti in conglomerato cementizio armato precompresso, oltre a rispettare le prescrizioni di progetto, deve verificare quanto indicato nel par.6.19 circa le tolleranze costruttive.

6.5.12.2 Tesatura dei cavi di precompressione

L'ESECUTORE deve effettuare i controlli di conformità alle specifiche di progetto secondo i seguenti punti:

a) Preliminarmente alla messa in opera

L'ESECUTORE, prima delle operazioni di messa in tensione, deve redigere una relazione tecnica in cui dettagliare le modalità di applicazione della precompressione da trasmettere per approvazione alle FERROVIE.

I cavi d'armatura e i dispositivi speciali devono essere forniti di documentazione riportante:

- la provenienza e l'identificazione del lotto;
- l'idoneità del materiale;
- le certificazioni delle caratteristiche dei materiali.

b) Al momento del posizionamento

L'ESECUTORE deve verificare la conformità:

- del tipo e della geometria di ogni singolo cavo;
- dei dispositivi speciali (ancoraggi fissi, mobili, intermedi, manicotti di ripresa);
- dell'avvenuta predisposizione dei tubi di sfianto per le guaine secondo le indicazioni di progetto.

c) Al momento della messa in tensione dei cavi

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 48 di 156

L'ESECUTORE deve verificare che:

- la messa in tensione delle armature avvenga con apparecchiature corredate di certificazioni di taratura del dispositivo completo (martinetto+centralina); si devono utilizzare martinetti monotrefolo dotati di dispositivo che impedisca la rotazione del trefolo durante le fasi di tesatura;
- le operazioni di tesatura e delle eventuali ritesature delle armature siano registrate in specifica documentazione di controllo riportante i valori dei tassi di precompressione e degli allungamenti totali o parziali di ogni cavo.

d) Controlli sul lavoro finito

Le FERROVIE, nel caso in cui non abbiano avuto garanzia della perfetta riuscita dell'intasamento delle guaine, potranno richiedere all'ESECUTORE l'effettuazione di prove di tipo endoscopico su almeno il 20% dei cavi di precompressione e in almeno 3 punti per ogni cavo (estremità e mezzeria nel caso di travi appoggiate, comunque in relazione all'andamento del tracciato).

In caso di esito negativo delle suddette prove, si procederà all'estensione del controllo secondo insindacabile giudizio delle FERROVIE.

6.5.12.3 Dispositivi di ancoraggio

L'ESECUTORE deve verificare che i dispositivi di ancoraggio di estremità da impiegarsi per la precompressione a cavi scorrevoli (post-tensione) siano del tipo pressofuso e monoblocco. Tali dispositivi ai sensi del DM 14/01/08 – p. 11.5 e dalla Circolare 617 C.S.LL.PP. 02/02/09 – p.11.5.1 devono essere dotati di marchio CE in conformità a specifico Benestare Tecnico Europeo, ovvero, mediante certificazione di idoneità tecnica a valenza esclusivamente nazionale, rilasciata dal S.T.C. del Ministero delle Infrastrutture.

Per le modalità di utilizzo di tali dispositivi (geometrie, dimensioni, distanze mutue e dal bordo della carpenteria, frettaggio, armature di dettaglio, etc.) l'ESECUTORE deve rispettare quanto riportato nei certificati di omologazione depositati.

6.5.12.4 Guaine ed iniezioni di malta

Per le caratteristiche delle guaine di acciaio, se previste in progetto, l'ESECUTORE deve fare riferimento ai requisiti minimi indicati nella norma UNI EN 523 – prospetto 1.

Per le guaine di plastica (pvc) della post-precompressione interna e aderente l'ESECUTORE deve rispettare le prescrizioni riportate nel Fib Bulletin 7 dal titolo "Guaine corrugate plastiche per post-tensione interna aderente (Corrugated plastic ducts for internal bonded post-tensioning)" del Gennaio 2000.

Nelle strutture in cemento armato precompresso con cavi scorrevoli, allo scopo di assicurare l'aderenza e soprattutto proteggere i cavi dalla corrosione, l'ESECUTORE deve iniettare le guaine utilizzando una pasta di cemento fluida, a ritiro compensato e con adeguata resistenza meccanica, costituita da cemento, additivi ed acqua, non contenente cloruri o agenti che provochino espansione con formazione di gas aggressivi.

Eventuali additivi da impiegare per le malte devono rispondere ai requisiti della norma UNI EN 934-4.

L'ESECUTORE deve procedere, prima dell'impiego, alle prove di qualificazione della malta cementizia che intende utilizzare e ottenerne l'approvazione da parte delle FERROVIE.

Caratteristiche della miscela fluida e relativi controlli

Per la qualificazione della pasta cementizia l'ESECUTORE deve eseguire oltre alle prove atte a determinare il soddisfacimento dei requisiti di base definiti dalla UNI-EN 447, utilizzando i metodi di prova definiti dalla UNI EN 445, anche i seguenti accertamenti:

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 49 di 156

- qualificazione delle materie costituenti la miscela, secondo le prescrizioni e modalità indicate nella sezione relativa alla qualificazione del calcestruzzo;
- verifica dell'assenza di cloruri, polvere di alluminio, coke o altri agenti che provocano espansione mediante formazione di gas;
- determinazione della massa volumica della miscela fresca che deve risultare $\geq 1,85 \text{ t/m}^3$;
- verifica dell'essudazione che non dovrà essere superiore al 2% del volume iniziale della miscela;
- determinazione dell'espansione, misurata in acqua dopo 2 giorni, che deve essere superiore al 4%;
- misurazione del tempo di inizio presa a 30 °C, misurato secondo la Norma UNI-EN 196/3, che deve essere superiore a tre ore ed il tempo di fine presa che deve essere inferiore a 6 ore, ad umidità relativa del 75%.

L'ESECUTORE effettuerà le prove suddette presso un laboratorio di cui al punto 6.5 della presente sezione di Capitolato.

Modalità di preparazione e iniezione

L'ESECUTORE deve verificare prima della fase di iniezione che:

- l'impastatrice sia del tipo ad alta velocità con almeno 1500-2000 giri/min. E' vietato l'impasto a mano, e il tempo di mescolamento è fissato di volta in volta in base ai valori del cono di Marsh;
- prima della fase d'iniezione la miscela sia vagliata con setaccio avente maglia di 2 mm di lato; il trattenuto deve essere scartato;
- nel caso d'iniezione con pompa sia prescritta la presenza di tubi di sfiato in corrispondenza di tutti i punti più elevati di ciascun cavo, comprese le trombette e i cavi terminali. I tubi di sfiato devono essere presenti anche nei punti più bassi dei cavi lunghi e con forte dislivello;
- nel caso d'iniezione sottovuoto questa sia eseguita utilizzando un'apposita attrezzatura aspirante in grado di creare e mantenere, con la valvola di ingresso chiusa, una depressione di almeno 25 kPa nella guaina da iniettare per almeno 1 minuto. Inoltre si richiede che:
 - la pompa aspirante abbia una portata nominale di almeno 30 m³/h e sia accoppiata a un'adeguata attrezzatura equipaggiata da contaltri per la misura del volume della guaina da iniettare;
 - l'iniezione possa essere eseguita solo dopo aver misurato il volume della guaina e verificato la possibilità di mantenere stabilmente nella medesima la depressione prescritta.

Durante l'iniezione l'ESECUTORE deve verificare che:

- le iniezioni siano eseguite possibilmente entro 7 giorni e comunque non oltre 15 gg dalla messa in tensione delle armature di precompressione;
- le condizioni climatiche (temperatura e presenza di gelo) siano tali da assicurare che la temperatura della struttura sia non inferiore a 5°C nelle 48 ore seguenti all'iniezione, e comunque garantendo l'utilizzo di apposita malta antigelo con tenore di 6-10% di aria occlusa;
- non vi siano possibilità d'infiltrazioni di aria nella guaina all'atto dell'immissione della pasta e per tutto il tempo dell'iniezione; gli eventuali punti d'infiltrazione devono essere individuati e sigillati;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 50 di 156

- la pompa venga mantenuta in funzione fin quando la pasta non fuoriesce dal lato opposto della guaina in quantità almeno pari al volume equivalente a 50 cm di guaina, in modo da assicurare la completa rimozione di eventuali emulsioni protettive del cavo;
- la depressione nella guaina non superi i 35 kPa;
- il volume di pasta iniettata sia pressoché uguale al volume della guaina;
- quando la pasta fuoriesce dal lato opposto, si provveda a chiudere con una valvola il condotto di fuoriuscita e si prosegua a pompare fino a raggiungere la pressione di 500 kPa che deve essere mantenuta senza pompare per almeno 1 minuto;
- l'iniezione sia continua e non venga assolutamente interrotta. Nel caso d'interruzione superiore a 5 minuti il cavo venga lavato e l'iniezione ripresa dall'inizio;
- provveda con appositi contenitori, affinché la miscela di sfrido non venga scaricata sull'opera o attorno ad essa;
- durante le fasi di iniezione delle guaine, sia eseguita la misura del rapporto a/c e della fluidità sulla pasta cementizia in uscita ed in entrata per ogni impasto;
- l'iniezione continui finché la fluidità della pasta cementizia in uscita non sia analoga a quella della pasta cementizia in entrata con una tolleranza di ± 4 secondi;
- nel caso d'interruzione di iniezione, sia controllato che il tempo intercorso fino alla ripresa delle operazioni rimanga inferiore a 5 minuti, annotando gli orari di interruzione e di ripresa.

6.5.13 ELEMENTI PREFABBRICATI

Per quanto riguarda il trasporto, la movimentazione e le tecniche di messa in opera degli elementi e del complesso strutturale, l'ESECUTORE dovrà fare riferimento ai documenti di progetto i quali dovranno contenere tutte le indicazioni del caso, come esplicitamente richiesto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni - DM 14/1/2008, nel rispetto delle responsabilità e competenze delle diverse figure professionali stabilite dalle stesse norme.

Come prescritto al par. 11.8.1 del DM, gli elementi costruttivi di produzione occasionale (ad esempio quelli realizzati in impianti temporanei di prefabbricazione esterni al cantiere o allestiti a piè d'opera) devono comunque essere realizzati attraverso processi sottoposti a un sistema di controllo della produzione, secondo quanto indicato ai paragrafi 11.8.2, 11.8.3, 11.8.4 (per quanto esplicitamente applicabile al campo della produzione occasionale) della citata norma.

Per le definizioni e le caratteristiche di conformità degli elementi prefabbricati prodotti in serie dichiarata e controllata si rimanda al par. 4.1.10 del DM.

L'ESECUTORE dovrà far pervenire alle FERROVIE, all'atto della fornitura, i documenti di accompagnamento previsti al par. 11.8.5 del DM., in particolare le FERROVIE controlleranno che gli ambiti di competenza di ciascuna figura professionale richiamata nel citato decreto siano stati rispettati.

In caso di prodotti per i quali sia prescritta la marcatura CE, l'ESECUTORE dovrà consegnare alle FERROVIE, all'atto della fornitura, tutta la documentazione inerente la marcatura CE dei manufatti.

6.5.13.1 Controlli in fase di produzione degli elementi

Di seguito si riportano gli ulteriori controlli che l'ESECUTORE deve eseguire relativamente alla miscela di calcestruzzo:

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 51 di 156

Calcestruzzi di tipo A1 (tabella 6.5.5.1 e par 6.5.7)

- test di spandimento secondo norma UNI EN 12350-5 per l'accertamento visivo dell'assenza di segregazione;
- controllo del valore di Rckj misurato su provini stagionati in vasca di maturazione accelerata con lo stesso ciclo di vapore adottato per il manufatto e controllato mediante sonde di registrazione nel calcestruzzo fresco;
- controllo della resistenza caratteristica a trazione indiretta fctkj (UNI EN 12390-6);
- controllo del modulo di elasticità del calcestruzzo (UNI EN 12390-136556).

Calcestruzzi di tipo B1 e B2 (tabella 6.5.5.1 e par 6.5.7)

- verifica del valore di Rckj allo scasso e del valore di penetrazione all'acqua (UNI EN 12390-8).

Di seguito si riportano gli ulteriori controlli che l'ESECUTORE deve eseguire relativamente al processo di produzione:

- le tolleranze sui casseri e sul posizionamento delle armature, quando non diversamente prescritto nel progetto approvato, devono essere conformi a quanto contenuto nel par 6.5.15;
- le operazioni di posa del calcestruzzo siano tali da consentire la necessaria compattazione con idonei strumenti e tali da escludere la possibilità di segregazione del calcestruzzo;
- in fase di stagionatura, nel caso di maturazione naturale, si devono evitare condizioni ambientali estreme, in termini di temperatura, umidità e ventilazione.

In fase di stagionatura, nel caso di maturazione accelerata mediante trattamento termico a vapore, l'ESECUTORE deve determinare, in sede di qualifica, per via sperimentale il ciclo di maturazione più idoneo al raggiungimento delle caratteristiche strutturali richieste nei tempi dettati dal ciclo produttivo dichiarato; tale piano di stagionatura deve essere approvato dalle FERROVIE.

In questa circostanza l'ESECUTORE deve inoltre:

- garantire l'ottenimento di manufatti privi di cavillature, lesioni, ed effetti pregiudizievoli nell'aderenza dell'armatura;
- controllare le temperature e i tempi di detto ciclo mediante misure in continuo nell'ambiente di stagionatura e all'interno dei provini di calcestruzzo, utilizzando sonde o apparecchiature equivalenti in grado di registrare l'andamento delle temperature nel tempo;
- verificare che il tempo di prestagionatura, alla temperatura massima di 30 °C, non sia minore di due ore;
- verificare che la velocità di riscaldamento non sia superiore a 20°C/h;
- verificare che la temperatura del punto più caldo all'interno del calcestruzzo non sia superiore a 60 °C;
- verificare che la fase di raffreddamento abbia una durata tale da garantire il raggiungimento della temperatura del manufatto a valori prossimi a quelli ambiente.

Nel caso di produzione occasionale degli elementi l'ESECUTORE deve assicurare inoltre che siano trascritti nel registro di produzione i seguenti dati:

- caratteristiche dei materiali impiegati;
- data e ora di inizio e fine getto;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 52 di 156

- data e ora di rilascio di trecce/trefoli (per strutture pre-tese) o di tesatura dei cavi o barre (per strutture post-tese);
- tensione di tesatura delle armature di precompressione;
- per i manufatti pre-tesi allungamento a campione sul 30% di trecce/trefoli dritti e su tutti quelli eventualmente deviati;
- per i manufatti post-tesi allungamento parziale e totale di ogni cavo o barra.

In tale circostanza l'ESECUTORE deve inoltre effettuare la prova di carico su almeno i primi tre elementi prodotti a n. 3 cicli di carico, la cui entità e modalità di applicazione deve essere prevista nel documento di controllo dell'opera.

Prima di procedere allo scassero dei manufatti, e all'eventuale taglio dei trefoli nel caso di elemento precompresso, l'ESECUTORE deve accertare che sia trascorso il tempo necessario previsto dal piano di stagionatura e che il calcestruzzo abbia raggiunto la resistenza richiesta per quest'operazione, tenendo conto dell'attrito della cassaforma, delle azioni dinamiche, della posizione dei punti di sollevamento.

Nel caso di elementi prefabbricati precompressi l'ESECUTORE deve inoltre verificare che:

- il documento di controllo riporti il dettaglio delle grandezze da misurare, che deve comprendere almeno la verifica della deformata e, per un elemento ogni 10 prodotti, il controllo dimensionale rigoroso che, salvo limitazioni più restrittive previste in progetto, deve rispettare i valori indicati nel par. 6.5.15;
- nel caso delle travi sia sempre misurato sia l'accorciamento assiale che le controfrecce; per un elemento ogni cinque questa misura andrà ripetuta dopo 3 giorni dalla tesatura e poi settimanalmente per tutta la fase di stoccaggio del manufatto;

6.5.13.2 Marcatura e stoccaggio

Ogni elemento prefabbricato deve riportare il numero di matricola, conformemente ai disegni o al catalogo di produzione, in modo da permetterne in qualsiasi momento l'identificazione.

Deve inoltre essere marcata la data di produzione e il peso dell'elemento qualora lo stesso costituisca parte strutturale dell'opera.

L'ESECUTORE deve garantire che:

- i materiali vengano posti a stoccaggio in maniera propria, evitando qualsiasi danneggiamento e la costante esposizione di una parte del manufatto a condizioni sistematicamente diverse dalla rimanente;
- sia rispettata la posizione dei punti di appoggio come da progetto, in modo da non indurre o favorire deformazioni lente e/o variazioni dimensionali tali da pregiudicare il montaggio stesso e/o un rilassamento dei cavi di precompressione non ammissibile;
- siano utilizzati appoggi per lo stoccaggio che riducano al minimo le tensioni interne per dilatazione o ritiro;
- sia indicato il tempo minimo e massimo di stoccaggio.

6.5.13.3 Trasporto e movimentazione

L'ESECUTORE deve garantire che modalità e tempi di trasporto del manufatto siano tali da evitare danneggiamenti allo stesso. A tal fine si rappresenta che:

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 53 di 156

- per il calcolo delle sollecitazioni durante queste fasi, qualora non diversamente determinato, si assumerà un'azione dovuta al peso proprio maggiorato del 30% per il trasporto su strada e del 20% per il trasporto in area di cantiere;
- nel caso di trasporto su strada, le azioni indotte dalla frenatura e dalla geometria stradale non possano compromettere l'integrità degli elementi;
- prima di effettuare la movimentazione dei manufatti deve essere accertata l'idoneità in termini di minima resistenza raggiunta;
- la movimentazione dei manufatti deve avvenire esclusivamente attraverso gli appositi dispositivi di ancoraggio incorporati nel manufatto medesimo.

6.5.14 CALCESTRUZZI SPECIALI

6.5.14.1 Calcestruzzo proiettato

L'impiego del calcestruzzo proiettato è soggetto al rispetto delle prescrizioni contenute nelle norme EN 14487-1 ed EN 14487-2; ad esse l'ESECUTORE deve attenersi per quanto non espressamente indicato nei punti successivi della presente sezione di Capitolato.

6.5.14.1.1 Classificazione e designazione

Il calcestruzzo proiettato dovrà essere designato indicando almeno:

- classe di resistenza a compressione
- classe di esposizione ambientale
- classe di resistenza del calcestruzzo proiettato giovane
- classe contenuto cloruri
- diametro massimo dell'aggregato.

In presenza di fibre nella miscela, dovrà essere precisata anche la classe di assorbimento dell'energia di deformazione.

Ulteriori requisiti potranno essere indicati negli elaborati progettuali in funzione delle specificità operative.

E' definita una classificazione del calcestruzzo proiettato in funzione dei parametri di seguito indicati:

Classe di resistenza

In analogia con la norma UNI EN 206, le resistenze di riferimento dei calcestruzzi proiettati sono valutate su provini estratti per carotaggio in opera o da pannelli di prova e sono espresse in termini di resistenza caratteristica cilindrica con una sigla del tipo cp-fck. Per le prove le carote devono avere altezza pari al diametro; questo deve essere sempre maggiore ad almeno 3 volte la massima dimensione degli inerti di pezzatura maggiore con un minimo di 8 cm. La determinazione della classe di resistenza alla compressione monoassiale deve avvenire in conformità alla norma EN 12504-1 ed EN 13791.

Tabella 6.5.14.1.1: Classificazione in funzione del campo d'impiego

Destinazione d'uso	Sigla	Classe di resistenza a compressione minima (norma EN 206)	Classe di assorbimento energetico minima (fibrorinforzato) (norma EN 14487-1)	Classe di sviluppo della resistenza minima a compressione a breve termine (norma EN 14487-1)	Impiego
Temporaneo non strutturale	TN	C 16/20	-	-	Sottofondi – Riempimenti
		C 16/20	E 700	J1	Protezione di scarpate provvisorie
		C 16/20	E 700	J1	Protezione superficiale
Permanente non strutturale	PN	C 16/20	-	-	Riempimenti
		C 16/20	E 700	J1	Protezione di scarpate
		C 16/20	-	-	Impermeabilizzazioni
Permanente strutturale	PS	C 25/30	E 700	-	Rivestimenti di gallerie
			E 700	-	Rivestimenti armati di scarpate
			E 700	-	Strutture monoguscio – Riparazioni
Temporaneo strutturale	TS	C 25/30	E 700	J2	Rivestimenti di prima fase di gallerie
		C 25/30	E 700	J1	Protezione superficiale

Campo di impiego.

Nella tabella 6.5.14.1 sono indicate le resistenze minime richieste in termini di resistenza caratteristica cilindrica su carota, la classe di assorbimento energetico (se fibrorinforzato) e lo sviluppo della resistenza nelle prime 24 ore.

In funzione del campo d'impiego deve essere definita la classe di esposizione conformemente a quanto indicato al punto 6.5.4.

Sviluppo delle resistenze meccaniche del calcestruzzo giovane (fino a 24 ore).

In questo caso sono previste tre classi di sviluppo di resistenza in base al valore raggiunto dal calcestruzzo a determinate scadenze temporali come indicato nella figura seguente (norma EN 14487-1).

Energia di deformazione assorbita.

In questo caso si valuterà l'assorbimento dell'energia di deformazione secondo il procedimento indicato nella norma EN 14488-4.

Dalla piastra oggetto di punzonamento dovrà essere ricavata una coppia di carote per la successiva determinazione del contenuto di fibre secondo UNI EN 14487-7

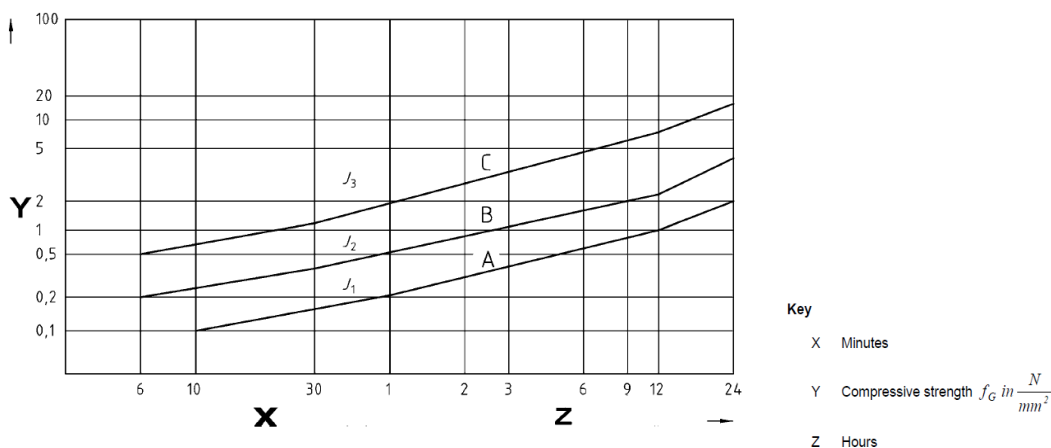


Figura 6.5.14.1.1 Sviluppo delle resistenze del calcestruzzo proiettato a breve termine (EN-14887-1).

6.5.14.1.2 Caratteristiche dei componenti

Per ciascun componente, ad esclusione degli inerti lapidei, deve essere disponibile una scheda tecnica e una scheda di sicurezza redatte in conformità alle prescrizioni della Direttiva CEE 91/155.

Cemento

Si rimanda a quanto indicato al par. 6.5.3.1 e alla norma UNI EN 14487-1.

Il minimo contenuto di cemento nella miscela base non deve essere minore di 300 kg/mc

Aggiunte per la miscela base

Qualora si debbano impiegare pigmenti quali aggiunte, questi non devono indurre reazioni nocive con la pasta cementizia o con gli additivi; l'efficacia e il dosaggio devono essere verificati mediante prove preliminari in condizioni analoghe a quelle operative.

L'utilizzo di fibre, sintetiche e/o metalliche, deve essere stabilito in relazione ai requisiti prestazionali e di durabilità previsti per il calcestruzzo proiettato; le specifiche di progetto devono definire il tipo di fibra, la sua forma, il dosaggio e la modalità d'immissione che deve essere tale da assicurare una distribuzione omogenea nella massa di calcestruzzo.

Su ogni singola confezione deve essere stampigliata la marcatura CE con il riferimento alla norma EN 14889-1 per le fibre metalliche ed EN 14889-2 per le fibre polimeriche, la sigla commerciale, la massa contenuta, la data e il luogo di produzione e il riconoscimento della partita al fine di individuare univocamente il materiale. La marcatura dovrà altresì riportare :

- la tipologia di fibra con la destinazione d'uso;
- materiale costituente la fibra;
- la classe (fibre polimeriche) rif EN 14889-2 o il gruppo (fibre di acciaio) rif EN 14889-1;
- la lunghezza, il diametro medio delle fibre e il rapporto di aspetto;
- la resistenza a trazione ed il modulo elastico delle fibre;
- gli effetti sulla lavorabilità in funzione del contenuto di fibre;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 56 di 156

- gli effetti sulla resistenza in funzione del contenuto di fibre;

Dovrà essere fornita la documentazione tecnica a supporto dei valori riportati sulla marchiatura CE.

a) Fibre metalliche

Il dosaggio e il caricamento delle fibre devono avvenire per mezzo di un impianto automatico, provvisto di sbrogliatore nel caso di fibre sciolte, collegato al computer della centrale di betonaggio in grado di permettere la stampa in automatico di ogni singolo carico sulla bolla di consegna. Per la determinazione del contenuto di fibre nella miscela si deve fare riferimento al procedimento indicato nella norma EN 14488-7.

b) Fibre sintetiche

Possono essere usate fibre sintetiche, anche in aggiunta alle fibre metalliche.

Per la determinazione del contenuto di fibre nella miscela si deve fare riferimento al procedimento indicato nella norma EN 14488-7.

Per tali fibre devono essere dichiarati i trattamenti chimici e fisici o i rivestimenti superficiali utilizzati per migliorare la dispersione nel cls.

Aggregati

La dimensione massima dei granuli deve essere scelta in funzione del tipo di applicazione.

Per i calcestruzzi proiettati di classe TN o PN può essere utilizzata la gunite (miscela con aggregati aventi $D_{max} = 4$ mm).

Per le altre classi (Permanente strutturale e Temporaneo strutturale) la miscela deve essere realizzata con inerti aventi un diametro massimo nominale, D_{max} , non maggiore di 10 mm. Essi devono inoltre rispondere ai requisiti richiamati al par. 6.5.3.3 e la fornitura deve essere costituita da almeno due classi granulometriche separate.

Acqua

Si rimanda a quanto indicato al par. 6.5.3.4

Additivi per la miscela base

I riferimenti normativi sono indicati al punto 6.5.3.5 al quale si rimanda.

Quando si prevede l'utilizzo di additivi particolari quali inibitori temporanei di presa o coadiuvanti di pompaggio, l'efficacia ed il dosaggio di questi deve essere determinato mediante prove preliminari in condizioni analoghe a quelle operative.

Additivi acceleranti di presa e/o indurimento per la proiezione

L'eventuale impiego deve essere limitato ad un dosaggio non maggiore del 12% per additivi acceleranti alcalini mentre per additivi acceleranti "alkali free" il dosaggio massimo è pari al 8% in massa sul contenuto di cemento, garantendo un valore per la resistenza a compressione, a 28 giorni, maggiore o uguale alla minima richiesta dal progetto, nonché al 75% di quella misurata sui provini di calcestruzzo di riferimento.

L'eventuale calo di resistenza indotto dall'additivo non deve pregiudicare il mantenimento delle prescritte resistenze minime a compressione nel tempo e, nel caso di calcestruzzo proiettato temporaneo, con garanzia a 180 giorni dalla proiezione.

L'efficacia e il dosaggio di tali additivi devono essere determinati mediante prove preliminari in condizioni analoghe a quelle operative.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 57 di 156

L'additivo deve avere un contenuto in alcali equivalente ($\text{Na}_2\text{O}+0,65\text{K}_2\text{O}$) minore dell'1% in massa e un contenuto di cloruri inferiore al 0.1%.

Nei calcestruzzi proiettati esposti ad attacco solfatico la quantità totale di alluminati contenuti negli additivi acceleranti di presa (espressi come Al_2O_3) deve essere minore dello 0,6% in massa del contenuto di cemento. Nel caso di acceleranti privi di alcali tale limite può essere incrementato a 1%.

Gli acceleranti non devono contenere più dell'1% di solfati (espressi come SO_3) sulla massa del cemento, mentre la quantità totale di solfati nella massa del calcestruzzo deve essere minore di 4,5%.

6.5.14.1.3 Produzione

Impianti di betonaggio

In aggiunta a quanto prescritto al par. 6.5.2, dosaggio e caricamento delle fibre devono essere effettuati in un impianto di betonaggio automatizzato, provvisto di sbrogliatore collegato al computer della centrale, in grado di permettere la stampa in automatico di ogni singolo carico sul report di consegna.

Deve essere dichiarata la sequenza di miscelazione raccomandata dal produttore e quella effettivamente utilizzata dal confezionatore all'impianto di betonaggio, per l'immissione delle fibre in fase di confezionamento

E' consentito l'uso di fibre di lunghezza non superiore al 75% del diametro delle tubazioni

Campo prova

Per i calcestruzzi proiettati di tipo strutturale permanente e per quelli eseguiti come rivestimento di prima fase delle gallerie, deve essere condotta una preliminare sperimentazione in condizioni analoghe a quelle della prevista applicazione allo scopo di definire il mix ottimale con particolare riguardo alle caratteristiche ed ai dosaggi di aggiunte e additivi, nonché le modalità di proiezione.

L'ESECUTORE deve orientare lo studio di qualifica verso la scelta di una miscela in grado di raggiungere i valori di resistenza indicati nel progetto, tenendo anche conto della necessità operativa di ottenere uno sviluppo rapido della resistenza nel breve periodo nel rispetto delle classi di resistenza a breve termine esplicitate nella norma EN 14487-1.

Per quanto riguarda la resistenza a compressione, le prove devono essere condotte su carote prelevate in sito e da cassette. Per queste ultime il prelievo deve comprendere campioni di calcestruzzo ottenuti sia parallelamente che ortogonalmente alla direzione di getto.

Per i calcestruzzi fibrorinforzati dovranno essere effettuate anche prove per la determinazione della classe di assorbimento energetico con le modalità riportate nella norma EN 14488-4.

Preparazione dei pannelli di prova

Per la preparazione dei pannelli si devono utilizzare casseforme di acciaio o di analogo materiale rigido non assorbente.

Le dimensioni minime della cassaforma sono 60x60x15 cm con inclinazione delle pareti di 45° circa. Le casseforme durante la proiezione devono essere appoggiate possibilmente sulla parete da rivestire, con inclinazione massima di 20° sulla verticale, e riempite con la medesima attrezzatura, tecnica di proiezione, spessore unitario per passata e distanza di proiezione adottate durante il normale lavoro.

Le casseforme di prova riempite devono essere conservate nelle stesse condizioni ambientali delle pareti rivestite e devono essere siglate per la successiva identificazione (mix, luogo di proiezione, data, nome dell'operatore).

Le casseforme non devono essere movimentate per almeno 16 ore dopo la proiezione e durante il trasporto

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 58 di 156

devono essere protette da urti e/o perdite di umidità. I pannelli, una volta rimossi dalle casseforme, devono essere conservati in condizioni normalizzate o nelle stesse condizioni ambientali delle pareti rivestite in relazione agli accordi stabiliti prima dell'inizio dei lavori.

Confezione della miscela nel processo per via secca

Nel caso di utilizzo del processo per via secca l'umidità della sabbia non deve essere maggiore del 6%.

Inoltre, nel caso di utilizzo di cementi a presa rapida e ultrarapida essa non deve superare il $3,5 \pm 0,5\%$. Nel caso di premiscelati, l'umidità degli aggregati prima della miscelazione non deve essere maggiore di 0,2 %. Deve inoltre essere utilizzato un premiscelatore per l'abbattimento delle polveri e per favorire la miscelazione dell'acqua con gli altri costituenti.

Posizionamento dell'armatura e inserti

Le eventuali reti di armatura devono essere fissate con almeno 3 chiodi/m² su un primo strato di conglomerato proiettato dello spessore di almeno 2-3 centimetri per evitare movimenti o distacchi durante la successiva proiezione.

Qualora per motivi progettuali od operativi sia necessario realizzare uno spessore di calcestruzzo proiettato maggiore di 15 centimetri deve essere prevista una seconda armatura da fissare con almeno 3 chiodi/m² sul doppio strato già in opera, in modo tale da garantire un copriferro finale di almeno 4 centimetri.

Nel caso di impiego di reti di armatura disposte in più strati, la distanza fra gli strati deve essere compresa fra 30 e 50 mm in relazione al diametro massimo degli aggregati. La distanza fra le reti deve essere assicurata da idonei distanziatori in numero adeguato o mediante presagomature delle reti stesse.

Gli inserti, quali a esempio le canalette di drenaggio, casseforme a perdere e altri dispositivi che debbano essere inglobati nel calcestruzzo, devono essere saldamente fissati e lo spessore del loro ricoprimento deve superare i 4 cm.

Modalità esecutive

Per quanto non espressamente prescritto nei presenti paragrafi o indicato da DL/FERROVIE, per la posa in opera del calcestruzzo proiettato si dovranno osservare le modalità esecutive indicate nella norma UNI EN 14487-2

L'operatore alla lancia (lancista) deve essere in possesso di un attestato rilasciato sulla base di un corso di formazione e di un relativo esame teorico pratica, che ne certifichi capacità e competenze.

6.5.14.1.4 Controlli sulla miscela

Le frequenze minime di riferimento per l'esecuzione dei controlli sono quelle indicate nella tabella 6.18.1.4 di seguito riportata:

- Campionamento da calcestruzzo fresco e calcestruzzo indurito (norma EN-14488-1).
- Resistenza alla compressione del calcestruzzo giovane laddove richiesta secondo EN 14488-2 e EN 14487-1.
- Resistenza a compressione del calcestruzzo indurito con le modalità di cui alla norma EN 12504-1 alle scadenze previste (elaborati progettuali/capitolato), con valutazione della classe di resistenza secondo la norma EN 13791
- Determinazione energia assorbita (norma EN 14488-4).

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
	CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 59 di 156

- Spessore del calcestruzzo (norma EN 14488-6).
- Contenuto di fibre nel calcestruzzo proiettato fresco e indurito (norma EN 14488-7 metodo a e metodo b).
- Resistenza a compressione del calcestruzzo indurito (norma EN 12504-1) con valutazione della classe di resistenza secondo la norma EN 13791.
- Penetrazione dell'acqua in pressione (norma EN 12390-8).

Tabella 6.5.14.1.4: Frequenza minima dei controlli in corso d'opera in relazione ai m³ e ai m² prodotti

PROVA	Temporaneo non strutturale	Permanente non strutturale	Permanente strutturale / Temporaneo strutturale	Limiti di accettabilità
<i>Spessore (media di 4 saggi)</i>	<i>ogni 3000 m²</i>	<i>ogni 1000 m²</i>	<i>ogni 500 m²</i>	<i>Valore progetto</i>
<i>Contenuto di fibre nel calcestruzzo fresco (*)</i>	<i>ogni 3000 m²</i>	<i>ogni 3000 m²</i>	<i>ogni 100 m³ o ogni 500 m²</i>	<i>Valore progetto</i>
<i>Dosaggio dell'additivo per la proiezione</i>	<i>(-)</i>	<i>ogni 2000 m²</i>	<i>ogni 1000 m²</i>	<i><12% (con alcali)</i>
<i>Resist. a compress. (stima) del cls giovane (+)</i>	<i>ogni 5000 m² e almeno 1 volta ogni 2 mesi</i>	<i>ogni 5000 m² e almeno 1 volta ogni 2 mesi</i>	<i>ogni 2500 m² e almeno 1 volta al mese</i>	<i>Classe J progetto</i>
<i>Resistenza a compressione del cls indurito</i>	<i>ogni 1000 m³ e almeno 1 volta al mese</i>	<i>ogni 1000 m³ e almeno 1 volta a settimana</i>	<i>In base alle frequenze stabilite dal DM 14/01/08 per i controlli di legge e almeno 2 volte a settimana</i>	<i>Valore progetto</i>
<i>Contenuto di fibre nel calcestruzzo indurito (*)</i>	<i>ogni 2000 m³ o ogni 10000 m²</i>	<i>ogni 2000 m³ o ogni 10000 m²</i>	<i>ogni 400 m³ o ogni 2000 m²</i>	<i>≤10 %</i>
<i>Penetrazione dell'acqua sotto pressione</i>	<i>(-)</i>	<i>(-)</i>	<i>(-)</i>	<i>< 40 mm</i>
<i>Assorbimento di energia (Tenacità) (*)</i>	<i>ogni 2000 m³ o ogni 10000 m²</i>	<i>ogni 2000 m³ o ogni 10000 m²</i>	<i>ogni 400 m³ o ogni 2000 m²</i>	<i>Valore progetto</i>

(*) Solo per conglomerato cementizio fibrorinforzato

(+) Se richiesto in funzione della tipologia di opera

(-) Se richiesto e con la frequenza prescritta dal progetto o su richiesta del Direttore Lavori

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 60 di 156

Sulla miscela allo stato fresco devono essere eseguite almeno le seguenti prove con le frequenze minime indicate o quelle più restrittive disposte da DL/FERROVIE:

REQUISITO	frequenza min.	valore limite/tolleranza
<i>rapp. a/c</i>	<i>250 mc</i>	<i>a/c_{max} progetto, +0,02</i>
<i>Massa volumica</i>	<i>250 mc</i>	<i>97% valore qualifica</i>
<i>Consistenza (slump test o tavola a scosse)</i>	<i>ogni prelievo/ 50 mc</i>	<i>classe progetto</i>
<i>Mantenimento lavorabilità</i>	<i>semestrale</i>	<i>Valore progetto, ≥60 min</i>
<i>Aria inglobata</i>	<i>250 mc</i>	<i>max 3%</i>
<i>Contenuto accelerante</i>	<i>ogni proiezione</i>	<i>Valore qualifica ±10%</i>
<i>Contenuto di fibre</i>	<i>1/ 50 mc o 1/ 250 mq</i>	<i>Valore qualifica ±10%</i>
<i>Acqua essudata</i>	<i>250 mc</i>	<i>< 0,1%</i>
<i>Contenuto di cloruri</i>	<i>1/ 500 mc</i>	<i>< 0,2%</i>

DL/FERROVIE potranno richiedere prove e verifiche aggiuntive sul calcestruzzo allo stato fresco o indurito.

6.5.14.2 Calcestruzzo rinforzato con fibre di acciaio

L'impiego è consentito se previsto da progetto con le modalità e specifiche indicate nella norma UNI 11039-1.

6.5.14.3 Calcestruzzo autocompattante

L'impiego è consentito se previsto da progetto con le modalità e specifiche indicate nella norma EN 206:2014. In fase di progetto può essere preso a riferimento il documento "The European Guidelines for Self-Compacting Concrete (BIBM-CEMBUREAU-ERMCO-EFCA-EFNARC)".

6.5.15 TOLLERANZE COSTRUTTIVE

Si riportano nelle sottostanti tabelle le tolleranze dimensionali che L'ESECUTORE è tenuto a rispettare negli elementi realizzati in calcestruzzo armato e precompresso, oltre a quelle, eventuali, riportate nei disegni di progetto.

Per quanto non previsto dal presente Capitolato si può fare utile riferimento alla norma UNI EN 13670.

OGGETTO DEL CONTROLLO	DESCRIZIONE E PARAMETRO DI CONTROLLO	TOLLERANZA (mm)	ULTERIORE LIMITAZIONE
1- Fondazioni: plinti, platee, solettoni ecc.	Posizionamento rispetto alle coordinate di progetto	±30	
	Dimensioni in pianta	-30 +50	
	Dimensione in altezza(superiore)	-5 +30	
	Quota altimetrica estradosso	-5 +20	
2- Strutture in elevazione: pile, spalle, muri ecc. Gli scostamenti dimensionali non devono ridurre i copriferri minimi prescritti. H in m e H/0,3 in mm	Posizionamento rispetto alle coordinate degli allineamenti di progetto	±20	
	Dimensione in pianta(anche per pila piena)	-5 +20	
	Spessori muri,pareti, pile cave o spalle	-5 +20	
	Quota altimetrica sommità	-15 +15	
	Verticalità per 0 < H ≤ 6 m	±20	
	Verticalità per 6 < H ≤ 12 m	± H/0,3	
	Verticalità per H > 12 m	± [H/0,3-(H-12)/0,5]	
3- Solette e solettoni per impalcati,solai in genere.	Spessore	-5 +10	
	Quota altimetrica estradosso	±10	
4- Vani, cassette, inserterie.	Posizionamento e dimensionamento vani e cassette	±15	
	Posizionamento inserti(piastre e boccole)	±10	
5- Travi prefabbricate (misurazioni sul cassero)	Lunghezza "L"	± L/2000	20
	Generica dimensione "D" della sezione retta	± D/200	2
6- Travi prefabbricate (misurazione sulla trave)	Posizionamento appoggi:direzione longitudinale (trave di lunghezza "L")	± L/2000	10
	Posizionamento appoggi: direzione trasversale	± 10	
	Posizionamento altimetrico appoggi(assoluto)	± 5	
	Posizionamento altimetrico appoggi(relativo ad altri appoggi della stessa travata sulla stessa pila)	± 2,5	
	Parallelismo-trasversale-tra contropiastra trave e contropiastra baggiolo	± 0,003	
	Lunghezza "L" trave	L/1000	20
	Dimensione globale "G" della sezione retta (es. altezza, larghezza ali)	G/200	4
	Spessore "S" anima	S/100	3
7- Armatura Nota: le tolleranze qui indicate non possono ridurre i valori indicati nelle norme vigenti,ove applicabili.	Lunghezza barra rettilinea	± 25	

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
	CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 62 di 156

OGGETTO DEL CONTROLLO	DESCRIZIONE E PARAMETRO DI CONTROLLO	TOLLERANZA(mm)		ULTERIORE LIMITAZIONE
(*) In ogni metro di manufatto il numero di barre/staffe deve essere quello di progetto. (**) Nel caso di sezione di fine manufatto deve comunque essere rispettato il copriferro prescritto.	Copriferro(elementi prefabbricati)	-0	+5	
	Copriferro(solette)	-0	+10	
	Copriferro(eccetto casi di cui ai punti 7.2 e 7.3)	-0	+15	
	Interasse staffe	± 20 (*)		
	Interasse barre	± 20 (*)		
	Armatura di precompressione (cavi e barre): posizionamento(verticale/orizzontale)	± 10		
	Armatura di precompressione (trefoli): posizionamento(verticale/orizzontale)	± 5		
	Punto terminale di barra rettilinea	± 50 (**)		
	Lunghezza di sovrapposizione o di ancoraggio	-25		
	Piastra di ancoraggio trefoli:inclinazione	1		

6.5.16 INTERVENTI DI RIPRISTINO E/O RINFORZO DI STRUTTURE DEGRADATE IN CALCESTRUZZO

Gli interventi di ripristino di strutture in calcestruzzo, cemento armato o cemento armato precompresso, che presentino danni che diminuiscono il livello di durabilità della struttura e quindi della sua vita di esercizio, devono essere affrontati avendo come obiettivo la cessazione dei processi di deterioramento o, quando questo non risulti possibile per condizioni al contorno, il rallentamento consistente dei processi in atto.

Per raggiungere tale obiettivo è indispensabile eseguire un piano d'indagini mirato al riconoscimento delle cause dei fenomeni di degrado, alla definizione delle aree su cui intervenire e degli spessori di calcestruzzo incoerente o contaminato da asportare.

Interventi di ripristino di strutture degradate sono frequentemente affiancati o divengono parte complementare di rinforzi strutturali o di adeguamenti. È pertanto molto utile poter utilizzare, quanto più possibile, materiali che possano avere requisiti idonei ad entrambe le categorie d'intervento cioè il ripristino ed il rinforzo. Un caso esplicativo e abbastanza frequente è la necessità nella stessa costruzione di ricostituire la sezione in alcuni elementi strutturali (ripristino) e in altri di realizzare il ringrosso della sezione (rinforzo-adequamento).

Sia che si eseguano ricostituzioni della sezione originaria che ringrossi è necessario garantire:

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 63 di 156

- la monoliticità tra il vecchio calcestruzzo ed il materiale con cui vengono realizzati gli interventi;
- una elevatissima durabilità dei materiali utilizzati nei riguardi di agenti aggressivi dell'ambiente o di sostanze con cui vengano a contatto;
- l'assenza di stati fessurativi sulle superfici delle strutture, in modo da combattere l'ingresso di sostanze aggressive.

Per garantire durabilità agli interventi è necessario:

1. scegliere le tecniche più idonee in relazione agli spessori e al tipo di elemento su cui intervenire;
2. prescrivere i materiali da utilizzare indicando requisiti, metodi di prova e prestazioni;
3. descrivere in modo dettagliato tutte le procedure di realizzazione;
4. verificare, prima dell'inizio dei lavori, che i materiali proposti dall'impresa forniscano le prestazioni specificate nel presente Capitolato in riferimento alle lavorazioni dello specifico progetto. L'impresa dovrà presentare le schede tecniche e i certificati di laboratori ufficiali che attestino la marcatura CE e le prestazioni dei prodotti che intende utilizzare;

verificare, prima dell'inizio dei lavori, che le attrezzature che verranno utilizzate nelle varie fasi realizzative siano idonee e che l'intero processo realizzativo sia corrispondente a quanto previsto in progetto. Sarà compito della DL far eseguire campioni per accertare l'efficacia di ogni fase realizzativa.

6.5.16.1 Indagini

Il successo e la durabilità dell'intervento di ripristino non possono prescindere da un piano di indagine che consenta d'individuare i processi di degrado in atto in modo da definire tutte le procedure realizzative idonee a bloccarli o rallentarli.

È fondamentale definire il piano d'indagini in modo da verificare le condizioni degli elementi costituenti la struttura che molto raramente presentano gradi di degrado omogenei. Il piano d'indagini e la corretta interpretazione dei risultati sono elementi fondamentali per il progetto esecutivo dell'intervento, infatti consentono di definire:

- le aree su cui si deve intervenire;
- gli spessori d'intervento;
- le tecniche da utilizzare.

La fase successiva è la scelta prestazionale dei materiali in funzione dello specifico elemento da ripristinare e dei requisiti definiti necessari dal progettista.

La causa di degrado più ricorrente è generalmente la corrosione delle armature essa può avvenire per carbonatazione del calcestruzzo, per penetrazione di cloruri o per la presenza di correnti vacanti.

Il calcestruzzo carbonatato non è più in grado di passivare le armature, pertanto se il calcestruzzo è carbonatato per uno spessore superiore allo spessore del copriferro possono crearsi le condizioni per l'innescarsi nelle armature di processi di corrosione. L'attacco in questo caso si presenta uniformemente distribuito sull'intera superficie dell'armatura.

Se la corrosione è causata dalla penetrazione di cloruri fino a raggiungere i ferri d'armatura (il tenore critico è pari a 0,2 o 0,4 % rispetto al peso del cemento a seconda che si tratti di strutture con armature lente o strutture precomprese) la corrosione è di tipo localizzato.

A seguito di tali considerazioni le indagini più ricorrenti sono volte a determinare la profondità di carbonatazione e/o la concentrazione dei cloruri.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 64 di 156

Altre indagini utili possono essere:

- determinazione sui diversi elementi strutturali dei reali spessori di copriferro, informazione fondamentale per stabilire se le armature siano a rischio di corrosione;
- misura del potenziale di corrosione delle armature (Norma UNI 9535) per verificare l'eventuale presenza di fenomeni di corrosione in atto e avere una prima informazione sulla loro entità
- analisi chimico-fisiche per verificare se siano in atto processi di degrado del calcestruzzo causati per esempio da problemi di alcali reazione, attacco solfatico, attacco acido ecc.

6.5.16.2 Stato di conservazione delle strutture

L'entità del degrado relativo ad ogni singolo elemento della struttura, derivante dall'interpretazione dei dati ottenuti dal piano d'indagine, può essere classificato come segue:

- Inesistente.
- In fase d'innesco, non si è evidenzia alcun tipo di danno.
- Superficiale, gli spessori da ripristinare sono pari a 1-10 mm.
- Medio, gli spessori da ripristinare sono pari a 10-50 mm.
- Profondo, gli spessori da ripristinare sono pari a 60-100 mm.
- Molto profondo, gli spessori da ripristinare sono > 100 mm.

Avendo definito il grado di degrado, individuato l'estensione delle aree su cui intervenire e gli spessori d'intervento è possibile definire la tecnica realizzativa più appropriata (protezione, rasatura, rinzafo o spruzzo, collaggio, incamiciatura) in relazione al tipo di elemento sui cui si deve intervenire.

L'entità del degrado relativo ad ogni singolo elemento della struttura, derivante dall'interpretazione dei dati ottenuti dal piano d'indagine, può essere classificato come segue:

	LIVELLO DEGRADO	TECNICA
1	Inesistente	PROTEZIONE
2	In fase d'innesco, non si evidenzia alcun tipo di danno	PROTEZIONE
3	Superficiale, gli spessori da ripristinare sono pari a 1-10 mm	RASATURA
4	Medio, gli spessori da ripristinare sono pari a 10-50 mm	RINZAFFO -
a	elementi verticali	SPRUZZO
4	Medio, gli spessori da ripristinare sono pari a 10-50 mm	COLAGGIO
b	elementi orizzontali	
5	Profondo, gli spessori da ripristinare sono pari a 60-100 mm	COLAGGIO- INCAMICIATURA

6.5.16.3 Materiale per il ripristino/rinforzo – criteri generali

I materiali da utilizzare per il ripristino e/o il rinforzo devono possedere la marcatura CE secondo la UNI EN 1054 parte 3, specifica per la ricostituzione o il ringrosso di sezioni di strutture in calcestruzzo.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 65 di 156

Tale normativa indica i requisiti di base ai quali il progettista può affiancare ulteriori requisiti necessari per realizzare l'intervento specifico.

La scelta del materiale più idoneo per realizzare lo specifico intervento deve essere effettuata confrontando i requisiti e le prestazioni richieste in fase progettuale con i requisiti e le prestazioni fornite dai prodotti disponibili sul mercato.

I fondamentali macro requisiti che un materiale per la riparazione, il ripristino o il rinforzo di strutture in c.a. deve garantire possono essere così sintetizzati:

- a. Massima compatibilità con il calcestruzzo;
- b. Monoliticità con il supporto;
- c. Durabilità;
- d. Semplicità e rapidità di esecuzione.

Compatibilità con il calcestruzzo

I materiali cementizi assicurano caratteristiche generali molto simili a quelle del calcestruzzo quali per esempio il processo d'invecchiamento (entrambi inorganici), moduli elastici e coefficienti di dilatazione termici dello stesso ordine di grandezza.

I materiali a base di resina vengono generalmente utilizzati per interventi di ripristino particolari quali: l'iniezione di fessure, la protezione da sostanze aggressive con sistemi filmogeni o per incollaggi e inghisaggi.

Monoliticità con il supporto

I prodotti "normali/tradizionali" a base cementizia sono caratterizzati da fenomeni di ritiro a lungo termine (ritiro igrometrico) che li rendono inadatti (fessurazioni, perdita di aderenza con il supporto) ad essere utilizzati per gli interventi di ripristino e/o rinforzo.

Per garantire la monoliticità in modo semplice ed affidabile sono ormai in uso da anni prodotti cementizi premiscelati che garantiscono una fase espansiva (anche quando sono maturati a contatto con l'ambiente, condizione reale di utilizzo), che compensi il ritiro igrometrico a lungo termine che se non compensato genererebbe perdite di aderenza e stati fessurativi di una certa entità. È indispensabile che l'espansione non si sviluppi liberamente, ma che venga contrastata in questo modo si creano le condizioni per una precompressione chimica.

Il contrasto all'espansione viene realizzato mediante:

- un opportuno irruvidimento del supporto, operazione che comunque deve essere effettuata allo scopo di asportare il materiale degradato, contaminato o incoerente;
- l'utilizzo di materiali contenenti fibre inorganiche (idonei sia per applicazioni a spruzzo o per colaggio) o metalliche (idonei esclusivamente per applicazioni per colaggio) che consentono il contrasto all'espansione anche per interventi di spessore superiore a 30 mm.

Il requisito della capacità di fornire un'espansione contrastata con maturazione in aria è facilmente verificabile con una prova specifica la UNI 8147 parte seconda che prevede la maturazione dei provini in aria e non in acqua e, disponendo della semplice attrezzatura prevista. Tale verifica potrà essere eseguita anche in cantiere.

Durabilità

I materiali cementizi, utilizzati per la riparazione, il ripristino o il consolidamento devono essere totalmente o quasi totalmente premiscelati, così da garantire un'elevata durabilità, e caratterizzati da una bassissima porosità capillare e caratteristiche fisico-meccaniche che garantiscono elevata:

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 66 di 156

- Resistenza alla carbonatazione;
- Impermeabilità;
- Resistenza ai cloruri;
- Resistenza gelo – disgelo;
- Resistenza ai solfati.

Un'ulteriore fondamentale requisito per garantire elevata durabilità all'intervento ed aumentare di conseguenza la vita utile della struttura è quello di combattere la formazione di stati fessurativi, questi diverrebbero vie d'accesso preferenziali per l'ingresso di sostanze aggressive che potrebbero innescare nuovamente processi di degrado.

La fessurazione a breve termine è generata dal ritiro in fase plastica e deve essere combattuta:

- utilizzando malte cementizie premiscelate contenenti un numero elevatissimo di piccolissime fibre in poliacrilonitrile che costituiscono una armatura diffusa omogeneamente distribuita all'interno della massa. La natura acrilica della fibra consente di utilizzare fibre di ridottissima lunghezza che, anche se utilizzate in quantità elevate, non pregiudichino le caratteristiche reologiche delle malte;
- realizzando anche una opportuna frattazzatura delle superfici.

La fessurazione a lungo termine è generata dal ritiro igrometrico il cui effetto viene eliminato realizzando una precompressione chimica basata sul principio dell'espansione contrastata con maturazione in aria.

Semplicità e rapidità di esecuzione

La grande maggioranza degli interventi vengono realizzati con le strutture in esercizio, molto spesso sotto traffico, in condizioni ambientali non ideali. È quindi fondamentale utilizzare materiali:

- semplici da miscelare e mettere in opera;
- non eccessivamente influenzati da condizioni di temperatura, umidità e ventilazione;
- che sviluppino buone prestazioni meccaniche ed aderenze a stagionature anche brevi.

A seguito delle considerazioni precedenti i principali requisiti possono essere riassunti dalla seguente tabella:

Bleeding, UNI 8998 (*)
Contenuto di ione cloruro, UNI EN 1015-17
Resistenza a compressione, UNI EN 12190
Resistenza a trazione per flessione, UNI EN 196/1(*)
Modulo elastico, UNI EN 13412
Espansione contrastata con stagionatura in aria ad 1 giorno, UNI 8147
Espansione contrastata con stagionatura in acqua ad 1 giorno, UNI 8147
Resistenza alla fessurazione (O Ring Test) (*)
Adesione al calcestruzzo, UNI EN 1542

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 67 di 156

Adesione al calcestruzzo, UNI EN 1542 dopo 50 cicli di gelo disgelo secondo UNI EN 13687/1
Resistenza al taglio, UNI EN 12615 (*)
Resistenza alla carbonatazione, UNI EN 13295
Porosità capillare, UNI EN 13057 (*)
Resistenza alla permeazione dell'acqua in pressione diretta, UNI EN 12390/8
Reazione al fuoco UNI EN 1504-3 art. 5.5

Parte dei requisiti sopra elencati sono richiesti per la marcatura CE secondo la UNI EN 1504-3, altri (contrassegnati con (*)) sono necessari per una maggiore ingegnerizzazione della scelta dei materiali in relazione alle specifiche esigenze dell'intervento.

6.5.16.4 Sintesi del processo progettuale

È possibile sintetizzare il processo dell'intervento nella seguente tabella che consente di avere una visione complessiva delle situazioni che si possono presentare, collegate con la definizione dei materiali utilizzabili.

STATO DEL DEGRADO	SPESSORE	INTERVENTO TECNICA	MODALITA' APPLICATIVA	DESCRIZIONE PRODOTTO
Degrado superficiale/leggero	1-10 mm	Rasatura	Sabbatura Idrosabbatura	malta cementizia, premiscelata, tixotropica, polimeromodificata, monocomponente, a granulometria fine, contenente fibre in poliacrilonitrile per combattere gli effetti del ritiro plastico.. Spessori da 1 a 3 mm.
				malta cementizia, premiscelata, tixotropica, a granulometria media, polimeromodificata, bicomponente, contenente fibre in poliacrilonitrile per combattere gli effetti del ritiro plastico. Spessori da 4 a 20 mm.
Degrado medio struttura <u>verticale</u>	10-50 mm	Spruzzo	Idrodemolizione Fresatura Martelletti meccanici	malta cementizia, premiscelata, tixotropica, contenente fibre inorganiche necessarie, insieme alla ruvidità del supporto, a garantire il meccanismo dell'espansione contrastata con stagionatura aria (requisito ottenibile con l'aggiunta in fase di miscelazione della malta di uno specifico componente liquido). Contenente fibre in poliacrilonitrile per combattere gli effetti del ritiro plastico. Spessori da 10 a 50 mm.
				malta cementizia, premiscelata, tixotropica, a granulometria media, polimeromodificata, bicomponente, contenente fibre in poliacrilonitrile per combattere gli effetti del ritiro plastico. Spessori da 10 a 50 mm.
Degrado medio struttura <u>orizzontale</u>	10-50 mm	Colaggio	Idrodemolizione Fresatura Martelletti meccanici	malta cementizia, premiscelata, fluida, contenente fibre inorganiche necessarie a garantire, insieme alla ruvidità del supporto, il meccanismo dell'espansione contrastata con stagionatura aria (requisito ottenibile con l'aggiunta in fase di miscelazione della malta di uno specifico componente liquido). Contenente fibre in poliacrilonitrile per combattere gli effetti del ritiro plastico. Spessori da 10 a 50 mm.
Degrado profondo	60-100 mm	Colaggio, incamiciatura	Idrodemolizione Fresatura Martelletti meccanici	betoncino, cementizio, premiscelato, fluido, contenente fibre inorganiche necessarie a garantire, insieme alla ruvidità del supporto, il meccanismo dell'espansione contrastata con stagionatura aria (requisito ottenibile con l'aggiunta in fase di miscelazione della malta di uno specifico componente liquido). Contenente fibre in poliacrilonitrile per combattere gli effetti del ritiro plastico. Spessori da 60 a 100 mm.
				betoncino cementizio, ottenuto aggiungendo circa il 35 % in peso di aggregato selezionato, privo di impurità, ben lavato ed avente diametro minimo di circa 6 mm, diametro massimo di circa 10 mm ad una malta cementizia, premiscelata, fluida, contenente fibre inorganiche necessarie a garantire, insieme alla ruvidità del supporto, il meccanismo dell'espansione contrastata con stagionatura aria (requisito ottenibile con l'aggiunta in fase di miscelazione della malta di uno specifico componente liquido). Contenente fibre in poliacrilonitrile per combattere gli effetti del ritiro plastico. Spessori da 60 a 100 mm.
Interventi rapidi	10-150 mm	Colaggio rapido	Idrodemolizione Fresatura Martelletti meccanici	malta cementizia, premiscelata, fluida, a rapido sviluppo delle resistenze meccaniche anche a basse temperature fino a -5°C. Contenente fibre in poliacrilonitrile per combattere gli effetti del ritiro plastico. Spessori da 10 a 150 mm.

Nei paragrafi successivi si forniranno per ogni entità di degrado i requisiti e le prestazioni che dovranno garantire i materiali utilizzabili e la descrizione del processo esecutivo relativo alla singola tecnica d'intervento.

6.5.16.5 Livello di degrado – tecnica d'intervento - caratterizzazione prestazionale dei materiali

Il progettista, avendo individuato la causa del processo di degrado, il livello di degrado, per interrompere i processi di degrado ed evitare che non si presentino in futuro indicherà le aree su cui intervenire, gli spessori di calcestruzzo degradato, contaminato o incoerente da eliminare e stabilirà gli spessori di materiale da applicare prescrivendo la tecnica più appropriata.

6.5.16.5.1 Degrado superficiale – spessori 1 -10 mm - rasatura

La rasatura è la tecnica utilizzata per ripristinare superfici caratterizzate da un degrado superficiale limitato a qualche millimetro di spessore o per sanare superfici di calcestruzzo faccia a vista che presentino difetti realizzativi quali armature affioranti o copriferrì ridottissimi, vespai, vaiolature, sbeccature, assenza di planarità.

Le fasi realizzative possono essere così riassunte:

1. Preparazione della superficie mediante sabbiatura o idrosabbiatura.
2. Pulizia e pulizia delle armature eventualmente scoperte al fine di asportare eventuali porzioni di armatura ossidate in fase di distacco e successiva passivazione.
3. Pulizia e lavaggio della superficie di supporto.
4. Miscelazione che dovrà avvenire secondo le indicazioni riportate nella scheda tecnica del prodotto prescelto.
5. Applicazione utilizzando macchine spruzzatrici o manuale mediante spatola dentata.
6. Finitura superficiale a frattazzo.

Per la buona riuscita dell'intervento è necessario attenersi scrupolosamente alle fasi applicative descritte nella scheda tecnica del prodotto prescelto che garantisca le caratteristiche e prestazioni sotto indicate.

Spessori di applicazione 1-3 mm - malta cementizia, tixotropica, premiscelata, polimeromodificata, monocomponente

Si utilizzerà una malta cementizia, premiscelata, tixotropica, polimeromodificata, monocomponente, a granulometria fine, contenente fibre in poliacrilonitrile per combattere gli effetti del ritiro plastico.

Applicabile su supporto sabbiato o idrosabbiato.

Tale malta dovrà possedere la marcatura CE con sistema di accreditamento 2+, essere conforme alla norma UNI EN 1504 parte 3 e fornire le seguenti prestazioni:

Bleeding, UNI 8998	Assente
Contenuto di ione cloruro, UNI EN 1015-17	≤ 0.05%
Resistenza a compressione, UNI EN 12190	1 giorno ≥ 10MPa 7 giorni ≥ 25MPa 28 giorni ≥ 35 MPa
Resistenza a trazione per flessione, UNI EN 196/1	1 giorno ≥ 2 7 giorni ≥ 5 28 giorni ≥ 7
Modulo elastico, UNI EN 13412	15 ÷ 18 GPa
Adesione al calcestruzzo, UNI EN 1542	≥ 2 MPa
Adesione al calcestruzzo, UNI EN 1542 dopo 50 cicli di gelo disgelo, UNI EN 13687/1	≥ 2 MPa
Resistenza alla carbonatazione, UNI EN 13295	Prova superata
Porosità capillare, UNI EN 13057	≤ 0,5 kg x m ⁻² x h ^{-0,5}
Resistenza alla permeazione dell'acqua in pressione diretta, UNI EN 12390/8	≤ 15 mm
Reazione al fuoco, UNI EN 1504-3 art. 5.5	Classe E

Spessori di applicazione 4-10 mm - malta cementizia, tixotropica, premiscelata, polimeromodificata, bicomponente

Si utilizzerà una malta cementizia, premiscelata, tixotropica, a granulometria media, polimeromodificata, bicomponente, contenente fibre in poliacrilonitrile per combattere gli effetti del ritiro plastico.

Applicabile su supporto sabbiato o idrosabbiato.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 70 di 156

Tale malta dovrà possedere la marcatura CE con sistema di accreditamento 2+, essere conforme alla norma UNI EN 1504 parte 3 e fornire le seguenti prestazioni:

Bleeding, UNI 8998	Assente
Contenuto di ione cloruro, UNI EN 1015-17	≤ 0.05%
Resistenza a compressione, UNI EN 12190	1 giorno ≥ 15 MPa 7 giorni ≥ 25 MPa 28 giorni ≥ 35 MPa
Resistenza a trazione per flessione, UNI EN 196/1	1 giorno ≥ 2 MPa 7 giorni ≥ 3 MPa 28 giorni ≥ 5 MPa
Modulo elastico, UNI EN 13412	14 ÷ 18 GPa
Adesione al calcestruzzo, UNI EN 1542	≥ 2 MPa
Adesione al calcestruzzo, UNI EN 1542, dopo 50 cicli di gelo disgelo secondo UNI EN 13687/1	≥ 2 MPa
Resistenza al taglio, UNI EN 12615	≥ 6 MPa
Resistenza alla carbonatazione, UNI EN 13295	Prova superata
Porosità capillare, UNI EN 13057	≤ 0,5 kg x m ⁻² x h ^{-0,5}
Resistenza alla permeazione dell'acqua in pressione diretta, UNI EN 12390/8	≤ 15 mm
Reazione al fuoco, UNI EN 1504-3 art. 5.5	Classe E

6.5.16.5.2 Degrado medio – spessore 10-50 mm - strutture verticali o “sopratesta”- spruzzo o rinzaffo

La ricostituzione o il ringrosso di sezioni di elementi verticali in spessore minimo pari a 10 mm e massimo pari a 50 mm si realizza utilizzando malte cementizie premiscelate tixotropiche, espansive in aria o polimero modificate, applicate meccanicamente mediante macchine spruzzatrici non a ciclo continuo o mediante applicazione manuale a rinzaffo con cazzuola. L'applicazione manuale è consentita solo nel caso d'interventi di limitata estensione.

Le fasi realizzative possono essere così riassunte:

1. Asportazione del calcestruzzo degradato, contaminato o incoerente mediante martelletti leggeri alimentati ad aria compressa, macchine idrodemolitrici, frese.
2. Posa in opera di eventuali armature strutturali aggiuntive avendo cura di garantire un copriferro di almeno 20 mm.
3. Pulizia delle armature eventualmente scoperte al fine di asportare eventuali porzioni di armatura ossidate in fase di distacco.
4. Pulizia e saturazione con acqua in pressione della superficie di supporto.
5. Accurata miscelazione che dovrà avvenire secondo le indicazioni riportate nella scheda tecnica del prodotto prescelto.
6. Applicazione utilizzando macchine spruzzatrici o manuale a rinzaffo o mediante cazzuola.
7. Finitura superficiale a frattazzo.

Per la buona riuscita dell'intervento è necessario attenersi scrupolosamente alle fasi applicative descritte nella scheda tecnica del prodotto prescelto che garantisca le caratteristiche e prestazioni sotto indicate.

Malta cementizia, tixotropica, premiscelata, ad espansione contrastata con stagionatura in aria, contenente fibre inorganiche

Si utilizzerà una malta cementizia, premiscelata, tixotropica, contenente fibre inorganiche necessarie, insieme alla ruvidità del supporto, a garantire il meccanismo dell'espansione contrastata con stagionatura aria (requisito ottenibile con l'aggiunta in fase di miscelazione della malta di uno specifico componente liquido). Contenente fibre in poliacrilonitrile per combattere gli effetti del ritiro plastico.

Applicabile su supporto macroscopicamente irruvidito con macchine idrodemolitrici, con frese, o martelletti meccanici.

Tale malta dovrà possedere la marcatura CE con sistema di accreditamento 2+, essere conforme alla norma UNI EN 1504 parte 3 e fornire le seguenti prestazioni:

Bleeding, UNI 8998	Assente
Contenuto di ione cloruro, UNI EN 1015-17	≤ 0.05%
Resistenza a compressione, UNI EN 12190	1 giorno ≥ 20 MPa 7 giorni ≥ 50 MPa 28 giorni ≥ 60 MPa
Resistenza a trazione per flessione, UNI EN 196/1	1 giorno ≥ 4 MPa 7 giorni ≥ 7 MPa 28 giorni ≥ 10 MPa
Modulo elastico, UNI EN 13412	26 ÷ 30 GPa
Espansione contrastata con stagionatura in aria ad 1 giorno, UNI 8147 parte seconda	≥ 0,04%
Resistenza alla fessurazione (O Ring Test)	Nessuna fessura
Adesione al calcestruzzo, UNI EN 1542	≥ 2 MPa
Adesione al calcestruzzo, UNI EN 1542 dopo 50 cicli di gelo disgelo secondo UNI EN 13687/1	≥ 2 MPa
Resistenza alla carbonatazione, UNI EN 13295	Prova superata
Porosità capillare, UNI EN 13057	≤ 0,30 kg x m ⁻² x h ^{-0,5}
Resistenza alla permeazione dell'acqua in pressione diretta, UNI EN 12390/8	≤ 5 mm
Reazione al fuoco, UNI EN 1504-3 art 5.5	Classe A1

Malta cementizia, tixotropica, premiscelata, polimeromodificata, bicomponente

Si utilizzerà malta cementizia, premiscelata, tixotropica, polimero modificata, bicomponente, contenente fibre in poliacrilonitrile per combattere gli effetti del ritiro plastico.

Applicabile su supporto irruvidito con macchine idrodemolitrici, con frese, o martelletti meccanici; può essere applicata, oltre che su supporti macroscopicamente ruvidi, anche su supporti solamente sabbiati od irruviditi con acqua in pressione a circa 300-500 bar in funzione degli spessori da realizzare.

Tale malta dovrà possedere la marcatura CE con sistema di accreditamento 2+, essere conforme alla norma UNI EN 1504 parte 3 e fornire le seguenti prestazioni:

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
	CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 72 di 156

Bleeding, UNI 8998	Assente
Contenuto di ione cloruro, UNI EN 1015-17	≤ 0.05%
Resistenza a compressione, UNI EN 12190	1 giorno ≥ 20 MPa 7 giorni ≥ 40 MPa 28 giorni ≥ 55 MPa
Resistenza a trazione per flessione, UNI EN 196/1	1 giorno ≥ 3 MPa 7 giorni ≥ 6 MPa 28 giorni ≥ 8 MPa
Modulo elastico, UNI EN 13412	23 ÷ 27 GPa
Resistenza alla fessurazione (O Ring Test)	Nessuna fessura
Adesione al calcestruzzo, UNI EN 1542	≥ 2 MPa
Adesione al calcestruzzo, UNI EN 1542 dopo 50 cicli di gelo disgelo, UNI EN 13687/1	≥ 2 MPa
Resistenza alla carbonatazione, UNI EN 13295	Prova superata
Porosità capillare, UNI EN 13057	≤ 0,5 kg x m ⁻² x h ^{-0,5}
Resistenza alla permeazione dell'acqua in pressione diretta, UNI EN 12390/8	≤ 15 mm
Reazione al fuoco, UNI EN 1504-3 art. 5.5	Classe E

6.5.16.5.3 Degrado medio – spessori 10-50 mm - strutture orizzontali – colaggio

La ricostituzione o il ringrosso di sezioni di elementi orizzontali in spessore minimo pari a 10 mm e massimo pari a 50 mm si realizza utilizzando malte cementizie premiscelate fluide, espansive in aria, applicate meccanicamente attraverso pompaggio o manualmente mediante colaggio in entrambe le modalità si dovrà far in modo di garantire la continuità del getto per facilitarne la messa in opera e la compattazione. Le superfici esposte all'aria dovranno essere accuratamente stagionate per combattere la veloce evaporazione dell'acqua d'impasto ed il conseguente rischio di fessurazioni.

Le fasi realizzative possono essere così riassunte:

1. Asportazione del calcestruzzo degradato, contaminato o incoerente mediante martelletti leggeri alimentati ad aria compressa, macchine idrodemolitrici, frese.
2. Posa in opera di eventuali armature strutturali aggiuntive avendo cura di garantire un copriferro di almeno 20 mm.
3. Pulizia delle armature eventualmente scoperte al fine di asportare eventuali porzioni di armatura ossidate in fase di distacco.
4. Pulizia e saturazione con acqua in pressione della superficie di supporto.
5. Accurata miscelazione che dovrà avvenire secondo le indicazioni riportate nella scheda tecnica del prodotto prescelto.
6. Eliminazione di eventuale acqua libera presente sul supporto.
7. Applicazione meccanica per pompaggio o manuale per colaggio.
8. Finitura superficiale con vibrofinitrice o con frattazzo in caso di superfici ridotte.
9. Stagionatura delle superfici esposte all'aria con specifici antievaporanti che non creino film di distacco a eventuali successive lavorazioni (impermeabilizzazione, protezione), acqua nebulizzata (da evitare in inverno), teli (da evitare in estate).

Per la buona riuscita dell'intervento è necessario attenersi scrupolosamente alle fasi applicative descritte nella scheda tecnica del prodotto prescelto che garantisca le caratteristiche e prestazioni sotto indicate.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 73 di 156

Malta cementizia, fluida, premiscelata, ad espansione contrastata con stagionatura in aria, contenente fibre inorganiche

Si utilizzerà una malta cementizia, premiscelata, fluida, contenente fibre inorganiche necessarie a garantire, insieme alla ruvidità del supporto, il meccanismo dell'espansione contrastata con stagionatura aria (requisito ottenibile con l'aggiunta in fase di miscelazione della malta di uno specifico componente liquido). Contenente fibre in poliacrilonitrile per combattere gli effetti del ritiro plastico.

Applicabile su supporto irruvidito con macchine idrodemolitrici, con frese, o martelletti meccanici.

Tale malta dovrà possedere la marcatura CE con sistema di accreditamento 2+, essere conforme alla norma UNI EN 1504 parte 3 e fornire le seguenti prestazioni:

Bleeding, UNI 8998	Assente
Contenuto di ione cloruro, UNI EN 1015-17	≤ 0.05%
Resistenza a compressione, UNI EN 12190	1 giorno ≥ 20 MPa 7 giorni ≥ 50MPa 28 giorni ≥ 60 MPa
Resistenza a trazione per flessione, UNI EN 196-1	1 giorno ≥ 4 MPa 7 giorni ≥ 7 MPa 28 giorni ≥ 9 MPa
Modulo elastico, UNI EN 13412	26 ÷ 30 GPa
Espansione contrastata con stagionatura in aria ad 1 giorno, UNI 8147 parte seconda	≥ 0,04%
Resistenza alla fessurazione (O Ring Test)	Nessuna fessura
Adesione al calcestruzzo, UNI EN 1542	≥ 2 MPa
Adesione al calcestruzzo (UNI EN 1542) dopo 50 cicli di gelo disgelo secondo UNI EN 13687-1	≥ 2 MPa
Resistenza alla carbonatazione, UNI EN 13295	Prova superata
Porosità capillare, UNI EN 13057	≤ 0,30 kg x m ⁻² x h ^{-0,5}
Resistenza alla permeazione dell'acqua in pressione diretta, UNI EN 12390-8	≤ 5 mm
Reazione al fuoco, UNI EN 1504-3 art. 5.5	Classe A1

6.5.16.5.4 Degradato profondo – strutture orizzontali/verticali – spessori 60-100 mm – colaggio / incamiciatura

La ricostituzione o il ringrosso di sezioni di elementi orizzontali o verticali in spessore minimo pari a 60 mm e massimo pari a 100 mm si realizza utilizzando betoncini cementizi fluidi, caratterizzati da un diametro massimo dell'inerte pari a 10 mm applicate meccanicamente attraverso pompaggio o manualmente mediante colaggio anche entro casseri, in entrambe le modalità si dovrà far in modo di garantire la continuità del getto per facilitarne la messa in opera e la compattazione. Le superfici esposte all'aria dovranno essere accuratamente stagionate per combattere la veloce evaporazione dell'acqua d'impasto ed il conseguente rischio di fessurazioni.

Le fasi realizzative possono essere così riassunte:

1. Asportazione del calcestruzzo degradato, contaminato o incoerente mediante martelletti leggeri alimentati ad aria compressa, macchine idrodemolitrici, frese.
2. Posa in opera di eventuali armature strutturali aggiuntive avendo cura di garantire un copriferro di almeno

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 74 di 156

- 20 mm.
3. Pulizia delle armature eventualmente scoperte al fine di asportare eventuali porzioni di armatura ossidate in fase di distacco.
 4. Corretto posizionamento delle casseformi qualora il getto avvenga entro cassero.
 5. Pulizia e saturazione con acqua in pressione della superficie di supporto.
 6. Accurata miscelazione che dovrà avvenire secondo le indicazioni riportate nella scheda tecnica del prodotto prescelto.
 7. Eliminazione di eventuale acqua libera presente sul supporto.
 8. Applicazione meccanica per pompaggio o manuale per colaggio.
 9. Finitura delle superfici esposte all'aria con vibrofinitrice o con frattazzo in caso di superfici ridotte;
 10. Stagionatura delle superfici esposte all'aria con specifici antievaporanti che non creino film di distacco ad eventuali successive lavorazioni (impermeabilizzazione, protezione), acqua nebulizzata (da evitare in inverno), teli (da evitare in estate).

Per la buona riuscita dell'intervento è necessario attenersi scrupolosamente alle fasi applicative descritte nella scheda tecnica del prodotto prescelto che garantisca le caratteristiche e prestazioni sotto indicate.

Betoncino cementizio, fluido, premiscelato, ad espansione contrastata con stagionatura in aria

Si utilizzerà un betoncino, cementizio, premiscelato, fluido, contenente fibre inorganiche necessarie a garantire, insieme alla ruvidità del supporto, il meccanismo dell'espansione contrastata con stagionatura aria (requisito ottenibile con l'aggiunta in fase di miscelazione della malta di uno specifico componente liquido). Contenente fibre in poliacrilonitrile per combattere gli effetti del ritiro plastico.

Applicabile su supporto irruvidito con macchine idrodemolitrici, con frese, o martelletti meccanici.

Tale betoncino dovrà possedere la marcatura CE con sistema di accreditamento 2+, essere conforme alla norma UNI EN 1504 parte 3 e fornire le seguenti prestazioni:

Bleeding, (UNI 8998)	Assente
Contenuto di ione cloruro, UNI EN 1015-17	≤ 0.05%
Resistenza a compressione, (UNI EN 12390/3)	1 giorno ≥ 20 MPa 7 giorni ≥ 50MPa 28 giorni ≥ 60 MPa
Resistenza a trazione per flessione, (UNI EN 12390/5)	1 giorno ≥ 3 MPa 7 giorni ≥ 5 MPa 28 giorni ≥ 7 MPa
Modulo elastico, (UNI 6556)	26 ÷ 30 GPa
Espansione contrastata con stagionatura in aria ad 1 giorno, (UNI 8148)	≥ 0,04%
Resistenza alla fessurazione, (O Ring Test)	Nessuna fessura
Adesione al calcestruzzo, (UNI EN 1542)	≥ 2 MPa rottura del CLS
Adesione al calcestruzzo (UNI EN 1542) dopo 50 cicli di gelo disgelo, UNI EN 13687/1	≥ 2 MPa rottura del CLS
Resistenza alla carbonatazione, (UNI EN 13295)	Prova superata
Porosità capillare, (UNI EN 13057)	≤ 0,30 kg x m ⁻² x h ^{-0,5}
Resistenza alla permeazione dell'acqua in pressione diretta (UNI EN 12390/8)	≤ 5 mm
Reazione al fuoco, UNI EN 1504-3 art. 5.5	Classe A1

Betoncino fluido espansivo ottenuto aggiungendo alla malta di cui al §6.5.16.5.3, aggregato di diametro massimo pari a 10 mm

Si utilizzerà un betoncino cementizio, ottenuto aggiungendo circa il 35 % in peso di aggregato selezionato, privo di impurità, ben lavato ed avente diametro minimo di circa 6 mm, diametro massimo di circa 10 mm ad una malta cementizia, premiscelata, fluida, contenente fibre inorganiche necessarie a garantire, insieme alla ruvidità del supporto, il meccanismo dell'espansione contrastata con stagionatura aria (requisito ottenibile con l'aggiunta in fase di miscelazione della malta di uno specifico componente liquido). Contiene fibre in poliacrilonitrile per combattere gli effetti del ritiro plastico.

Deve essere applicato su supporto irruvidito con macchine idrodemolitrici, con frese, o martelletti meccanici ed in presenza di armatura strutturale e/o di rete elettrosaldata opportunamente ancorata al supporto.

La malta definita sopra alla quale sarà aggiunto il 35% di aggregato dovrà possedere la marcatura CE con sistema di accreditamento 2+, essere conforme alla norma UNI EN 1504 parte 3 e fornire le seguenti prestazioni:

Bleeding, UNI 8998	Assente
Contenuto di ione cloruro, UNI EN 1015-17	≤ 0.05%
Resistenza a compressione, UNI EN 12190	1 giorno ≥ 20 MPa 7 giorni ≥ 50MPa 28 giorni ≥ 60 MPa
Resistenza a trazione per flessione, UNI EN 196-1	1 giorno ≥ 4 MPa 7 giorni ≥ 7 MPa 28 giorni ≥ 9 MPa
Modulo elastico, UNI EN 13412	26 ÷ 30 GPa
Espansione contrastata con stagionatura in aria ad 1 giorno, UNI 8147 parte seconda	≥ 0,04%
Resistenza alla fessurazione (O Ring Test)	Nessuna fessura
Adesione al calcestruzzo, UNI EN 1542	≥ 2 MPa
Adesione al calcestruzzo (UNI EN 1542) dopo 50 cicli di gelo disgelo secondo UNI EN 13687-1	≥ 2 MPa
Resistenza alla carbonatazione, UNI EN 13295	Prova superata
Porosità capillare, UNI EN 13057	≤ 0,30 kg x m ⁻² x h ^{-0.5}
Resistenza alla permeazione dell'acqua in pressione diretta, UNI EN 12390-8	≤ 5 mm
Reazione al fuoco, UNI EN 1504-3 art. 5.5	Classe A1

6.5.16.5.5 Interventi per rapido colaggio

La ricostituzione o il ringrosso di sezioni di elementi orizzontali in tempi molto rapidi anche in presenza di temperature ambientali fino a -5°C e in spessore minimo pari a 10 mm e massimo pari a 150 mm si realizza utilizzando malta cementizia, premiscelata, fluida, contenente fibre in poliacrilonitrile, a rapido sviluppo delle resistenze meccaniche anche a basse temperature fino a -5°C. Deve essere garantire un buon mantenimento della lavorabilità per consentire la messa in opera di opportune quantità di malta.

Le fasi realizzative possono essere così riassunte:

1. Asportazione del calcestruzzo degradato, contaminato o incoerente mediante martelletti leggeri alimentati ad aria compressa, macchine idrodemolitrici, frese.
2. Posa in opera di eventuali armature strutturali aggiuntive avendo cura di garantire un copriferro di almeno 20 mm.
3. Pulizia delle armature eventualmente scoperte al fine di asportare eventuali porzioni di armatura ossidate in fase di distacco.
4. Pulizia e saturazione con acqua in pressione della superficie di supporto, in condizioni di bassa temperatura l'acqua deve essere riscaldata.
5. Accurata miscelazione che dovrà avvenire secondo le indicazioni riportate nella scheda tecnica del prodotto prescelto, le quantità impastate devono essere correlate alle tempistiche di messa in opera e alle temperature ambientali.
6. Eliminazione di eventuale acqua libera presente sul supporto.
7. Applicazione manuale per colaggio.
8. Finitura superficiale con vibrofinitrice o con frattazzo in caso di superfici ridotte.
9. Stagionatura delle superfici esposte all'aria con specifici antievaporanti che non creino film di distacco ad eventuali successive lavorazioni (impermeabilizzazione, protezione), acqua nebulizzata (da evitare in

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
	CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 77 di 156

inverno), teli (da evitare in estate).

Per la buona riuscita dell'intervento è necessario attenersi scrupolosamente alle fasi applicative descritte nella scheda tecnica del prodotto prescelto che garantisca le caratteristiche e prestazioni sotto indicate.

Malta cementizia, premiscelata, fluida a rapido indurimento

Si utilizzerà malta cementizia, premiscelata, fluida, , a rapido sviluppo delle resistenze meccaniche anche a basse temperature fino a -5°C. Contenente fibre in poliacrilonitrile per combattere gli effetti del ritiro plastico.

Deve essere applicata su supporto irruvidito con macchine idrodemoltrici, con frese, o martelletti meccanici, per spessori superiori a 50 mm deve essere messa in opera in presenza di armatura strutturale e/o di rete elettrosaldata ben ancorata al supporto.

Tale malta dovrà possedere la marcatura CE con sistema di accreditamento 2+, essere conforme alla norma UNI EN 1504 parte 3 e fornire le seguenti prestazioni:

Bleeding, UNI 8998	Assente																									
Contenuto di ione cloruro, UNI EN 1015-17	≤ 0.05%																									
Resistenza a compressione espressa in MPa, UNI EN 12190	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>-5°C</th> <th>0°C</th> <th>5°C</th> <th>20°C</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>4h ≥</td> <td>10</td> <td>20</td> <td>25</td> <td>35</td> </tr> <tr> <td>8h ≥</td> <td>20</td> <td>30</td> <td>35</td> <td>45</td> </tr> <tr> <td>24h ≥</td> <td>45</td> <td>55</td> <td>60</td> <td>65</td> </tr> <tr> <td>28g ≥</td> <td>70</td> <td>75</td> <td>80</td> <td>85</td> </tr> </tbody> </table>		-5°C	0°C	5°C	20°C	4h ≥	10	20	25	35	8h ≥	20	30	35	45	24h ≥	45	55	60	65	28g ≥	70	75	80	85
	-5°C	0°C	5°C	20°C																						
4h ≥	10	20	25	35																						
8h ≥	20	30	35	45																						
24h ≥	45	55	60	65																						
28g ≥	70	75	80	85																						
Resistenza a trazione per flessione, UNI EN 196/1	1g ≥ 3 MPa 7g ≥ 5 MPa 28g ≥ 7 MPa																									
Modulo elastico, UNI EN 13412	28-32 MPa																									
Resistenza alla fessurazione (O Ring Test)	Nessuna fessura																									
Resistenza allo sfilamento (con carico di 75 KN), UNI EN 1881	≤ 0,5 mm																									
Adesione al calcestruzzo, UNI EN 1542	≥ 2 MPa																									
Adesione al calcestruzzo, UNI EN 1542 dopo 50 cicli di gelo disgelo secondo, UNI EN 13687/1	≥ 2 MPa																									
Resistenza alla carbonatazione, UNI EN 13295	Prova superata																									
Porosità capillare, UNI EN 13057	≤ 0,30 kg x m-2 x h -0,5																									
Resistenza alla permeazione dell'acqua in pressione diretta, UNI EN 12390/8	≤ 5 mm																									
Reazione al fuoco, UNI EN 1504-3 art 5.5	Classe A1																									

**Le prestazioni relative a -5°C sono ottenute avendo portato il prodotto e l'acqua d'impasto a + 15°C.

Fasi applicative

1a - Preparazione delle superfici in presenza di degrado superficiale

E' necessario asportare le parti di calcestruzzo superficialmente incoerenti mediante sabbiatura o idrosabbiatura. Il supporto così preparato si presenterà leggermente ruvido, integro e privo di qualsiasi

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 78 di 156

sostanza che possa inficiare l'aderenza con il materiale di riparazione.

1b. Preparazione delle superfici in presenza di degrado medio o profondo

E' necessario asportare tutto il calcestruzzo degradato e contaminato non soltanto quello incoerente mediante macchine idrodemolitrici manuali o robbottizzate, idonee frese idrauliche o martelletti meccanici. Il supporto dovrà risultare perfettamente integro e caratterizzato da una ruvidità di 3-5 mm.

2. Pulizia delle armature eventualmente scoperte

Dalle eventuali armature portate in superficie nella fase di asportazione del calcestruzzo dovranno essere asportati tutte le parti ossidate ed in fase di distacco mediante sabbatura, idrosabbatura o spazzolatura meccanica.

3. Posa in opera di eventuali armature strutturali aggiuntive

Le eventuali armature da aggiungere dovranno essere posizionate in modo da consentire il passaggio del materiale di riparazione dietro le armature stesse e da garantire uno spessore di copriferro di almeno 20 mm.

4. Corretto posizionamento delle casseformi qualora il getto avvenga entro cassero

Le casseforme dovranno essere non assorbenti per non sottrarre l'acqua d'impasto al materiale da riparazione. Dovranno inoltre essere perfettamente fissate e sigillate per resistere alla spinta di prodotti molto fluidi e per scongiurare la fuoriuscita di boiaccia.

5. Pulizia e saturazione con acqua in pressione della superficie di supporto

Poco prima dell'applicazione del materiale di riparazione è necessario pulire e saturare il calcestruzzo di supporto utilizzando preferibilmente acqua in pressione a circa 50-80 atm. L'utilizzo di acqua in pressione aumenta l'affidabilità dell'intervento perché consente di eliminare i residui dell'idrodemolizione o, qualora si fossero utilizzati frese o martelletti meccanici, di asportare dalla superficie del supporto parti in microfessurate e/o non perfettamente aderenti.

6. Miscelazione del materiale di riparazione

La miscelazione dopo aver verificato che le temperature dell'ambiente e del supporto siano in linea con i limiti di applicazione del prodotto utilizzato. La miscelazione dovrà essere eseguita secondo le istruzioni riportate nella scheda tecnica del prodotto, ponendo particolare attenzione al quantitativo d'acqua d'impasto previsto.

7. Applicazione

L'applicazione dei prodotti tixotropici avverrà manualmente per piccole superfici d'intervento mediante macchine spruzzatrici nel caso di superfici estese.

- L'applicazione manuale dovrà avvenire proiettando il prodotto con energia evitando assolutamente di spalmarlo per evitare che si inglobi aria all'interfaccia con il supporto. Si consiglia di effettuare un primo rinzaffo e di applicare il resto del prodotto fino a raggiungere lo spessore prescritto.
- L'applicazione meccanica avverrà utilizzando macchine spruzzatrici a pistone o coclea, non devono essere utilizzate macchine a ciclo continuo. Qualora sia necessario applicare spessori maggiori di 50 mm è necessario applicare il prodotto in due-tre strati, applicando gli strati successivi a distanza di 24 ore da quello precedente.

L'applicazione di prodotti fluidi dovrà avvenire per colaggio o pompaggio anche entro cassero

Prima dell'applicazione su superfici orizzontali è necessario asportare eventuale acqua libera rimasta sul supporto. Il getto dovrà avvenire con continuità senza interruzioni per ottenere il massimo scorrimento dell'impasto.

8. Finitura delle superfici

Terminata l'applicazione si dovrà provvedere a rifinire la superficie per renderla planare. Nel caso di prodotti tixotropici si dovrà procedere alla frattazzatura della superficie per combattere la formazione di cavillature

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 79 di 156

dovute alla prima evaporazione dell'acqua d'impasto. Nel caso di getti per colaggio le superfici dovranno essere rifinite, nel caso di aree estese, con macchine finitrici.

9. Stagionatura delle superfici esposte all'aria

Le superfici appena ripristinate esposte a forte insolazione e/o a forte ventilazione o in presenza di clima secco dovranno essere opportunamente stagionate per evitare una troppo rapida evaporazione dell'acqua d'impasto secondo quanto riportato nella scheda tecnica del prodotto utilizzato.

6.5.16.6 Prove e controlli

La normativa europea UNI EN 1504 prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture in calcestruzzo nella parte 10 si occupa della messa in opera dei prodotti, della corretta esecuzione di tutte le fasi realizzative e del controllo di qualità complessivo dei lavori.

L'insieme dei controlli si articolano in tre fasi successive: preliminari prima dell'inizio dei lavori, in corso d'opera e sulle opere finite. Questi tre fasi di controlli consentono di perseguire la durabilità dell'intervento in modo diretto e progressivo con l'obiettivo di prevenire ogni possibile incomprensione e mal interpretazione del capitolato d'appalto.

6.5.16.6.1 Controlli preliminari

L'obiettivo è quello di verificare prima dell'inizio dei lavori che:

- i materiali proposti dall'impresa forniscano le prestazioni indicate nel presente Capitolato in riferimento alle lavorazioni dello specifico progetto. L'impresa dovrà presentare le schede tecniche e i certificati di laboratori ufficiali che attestino la marcatura CE e le prestazioni dei prodotti che intende utilizzare;
- le attrezzature che verranno utilizzate siano idonee ad eseguire tutte le varie fasi realizzative previste e che l'intero processo realizzativo sia corrispondente a quanto previsto in progetto. Sarà compito della DL far eseguire campioni per accertare l'efficacia di ogni fase realizzativa.

La qualifica dei materiali, una volta verificato che le schede tecniche, i certificati e le dichiarazioni dei produttori soddisfino i requisiti e le prestazioni indicate in questo Capitolato e nei documenti progettuali, verrà eseguita controllando:

- la consistenza del prodotto ottenuta con il dosaggio d'acqua prescritto sulla scheda tecnica deve essere quella effettivamente utilizzata nella fase di applicazione del prodotto;
- le resistenze meccaniche a 1, 7 e 28 giorni, secondo la EN 12190 per le malte o la EN 12390 per i betoncini, ottenute con impasti aventi la consistenza precedentemente verificata;
- la compensazione del ritiro mediante prova di espansione contrastata secondo UNI 8147 parte prima o parte seconda per le malte o 8148 per i betoncini;
- l'adesione al supporto eseguita su un'area campione rappresentativa dell'intervento da eseguirsi.

6.5.16.6.2 Controlli in corso d'opera

Le verifiche in corso d'opera prima e durante l'applicazione prevedono controlli sulle condizioni del supporto, la verifica delle condizioni termo-igrometriche e delle condizioni operative.

La frequenza e il tipo di controllo deve essere valutato in funzione della complessità dell'intervento.

Condizioni del supporto dopo la preparazione e prima dell'applicazione

La DL si dovrà accertare in particolare che siano state eseguite correttamente ed in conformità a quanto prescritto nel presente Capitolato le seguenti fasi che precedono l'applicazione del prodotto di riparazione:

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 80 di 156

- asportazione del calcestruzzo degradato negli spessori previsti;
- corretta ruvidità del supporto in funzione degli spessori da applicare;
- pulizia delle armature eventualmente scoperte e oggetto di fenomeni di corrosione;
- corretto posizionamento delle eventuali armature aggiuntive;
- corretto posizionamento di eventuali casseforme;
- pulizia e saturazione del supporto.

Controlli in fase applicativa

La DL dovrà effettuare il controllo di conformità riguardante:

- la temperatura dell'ambiente e quella del supporto;
- l'acqua d'impasto e che il corretto dosaggio sia eseguito in modo accurato;
- le resistenze meccaniche delle malte/betoncini. Per il controllo della resistenza a compressione da parte delle FERROVIE vale quanto riportato al §6.5.19.1 del presente capitolato, con l'accortezza di utilizzare casseformi in acciaio quando si utilizzano prodotti ad espansione contrastata. Le dimensioni delle casseformi debbono essere pari a 4x4x16 cm per il collaudo di malte. Per i betoncini La geometria delle casseforme deve essere cubica di lato pari a 150 mm o cilindrica con diametro pari a 150 mm ed altezza pari a 300 mm al . Le modalità di prova devono essere conformi a quanto riportato nella norma UNI EN 12390/3 per le malte o nella UNI EN 12390/1 per i betoncini;
- l'umidità del supporto;
- l'espansione contrastata secondo quanto indicato dalla norma UNI 8147 modificata per le malte e la UNI 8148 modificata per i betoncini.

Controllo sul ripristino eseguito

- verifica qualitativa dell'aderenza dei materiali di riparazione al supporto mediante battitura a campione delle superfici;
- verifica quantitativa dell'aderenza dei materiali di riparazione al supporto mediante una prova di aderenza per trazione diretta in maniera analoga alle prove di laboratorio della EN 1542 prova di pull-off. La norma UNI EN 1504-10:2005 precisa che i valori di aderenza riscontrati in sito mediante la prova di pull-off dovranno essere opportunamente interpretati: l'aderenza del materiale di riparazione può variare, ma non può mai essere maggiore della resistenza a trazione superficiale del supporto. Pertanto si accettano valori in sito che rientrino nell'intervallo compreso tra 1,2 e 1,5 MPa per la riparazione strutturale, e un valore minimo di 0,7 MPa per la riparazione non strutturale;
- verifica a campione degli spessori applicati.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 81 di 156

6.5.17 PROTEZIONE DELLE STRUTTURE IN CEMENTO ARMATO

Gli elementi di una struttura che:

- non presentino alcun degrado;
- sono interessati da processi di degrado nella fase iniziale che non hanno ancora determinato danni evidenti;
- sono sede di processi di degrado avanzati le cui cause non possono essere eliminate ma è possibile solo cercare di rallentare al massimo l'evolversi dei fenomeni,

possono essere protetti utilizzando sistemi filmogeni che, facendo da barriera all'ingresso ed al contatto di aggressivi con il calcestruzzo, aumentano la durabilità e di conseguenza la vita utile.

Il livello di protezione e quindi di durabilità deve essere determinato in relazione al grado di aggressione dell'ambiente, dell'elemento da proteggere e dalle condizioni di esercizio.

L'efficacia della protezione è fortemente dipendente anche dallo spessore di film secco applicato, tale dato deve essere indicato in maniera chiara nel progetto. È sempre opportuno realizzare lo spessore previsto applicando due strati di prodotto in direzione 0-90°.

I sistemi protettivi, in funzione del grado di aggressione e/o dell'utilizzo specifico si diversificano dal punto di vista della composizione chimica che generalmente può essere a base poliuretanica, acrilica, metacrilica, epossidica o mista.

Sono poi disponibili, nell'ambito della stessa natura chimica, formulati rigidi o più o meno elastici, questi ultimi vengono utilizzati quando è richiesta la capacità da fare da ponte a stati fessurativi più o meno impegnativi.

6.5.17.1 Scelta prestazionale dei sistemi protettivi

La scelta del sistema filmogeno protettivo più idoneo per la situazione specifica deve essere effettuata in funzione dei requisiti che risultano fondamentali, il progettista deve specificare i requisiti e le prestazioni che devono essere garantite, non limitandosi a prescrivere solamente la natura chimica del formulato.

Spesso la scelta del sistema protettivo più appropriato è il frutto di un ponderato compromesso tra prestazioni ritenute necessarie ma a volte in contrapposizione tra loro.

I requisiti principali che caratterizzano un sistema protettivo sono:

- Adesione al calcestruzzo
- Impermeabilità all'acqua
- Impermeabilità alla CO₂
- Impermeabilità allo ione cloruro
- Permeabilità al vapore d'acqua
- Resistenza chimica a sostanze aggressive
- Resistenza cicli gelo-disgelo
- Resistenza UV
- Capacità di far da ponte a stati fessurativi (Crack bridging ability)
- Resistenza all'abrasione
- Contatto permanente con acqua
- Resistenza chimica per contatto con sostanze aggressive.

La parte 2 della normativa UNI EN 1054 è il riferimento per ottenere la marcatura CE dei sistemi protettivi. È opportuno inoltre ricordare che i requisiti e le prestazioni necessarie per ottenere la marcatura CE.

Le fasi realizzative possono essere così riassunte:

- Preparazione del supporto con sabbiatura, idrosabbiatura o acqua in pressione per ottenere una superficie leggermente ruvida e per eliminare qualsiasi elemento che possa pregiudicare l'aderenza.
- Pulizia delle superfici su cui intervenire con lavaggio o con aria compressa, al momento dell'applicazione il supporto deve risultare asciutto.
- Verificare che le condizioni ambientali e del supporto siano idonee all'applicazione.
- Applicazione del promotore di adesione (primer) quando faccia parte del sistema.
- La miscelazione deve avvenire con idonea attrezzatura e per un tempo che garantisca l'omogeneità del prodotto. Nel caso di prodotti bicomponenti è fondamentale rispettare con estrema esattezza i rapporti di miscelazione.
- Applicazione del primo strato di finitura rispettando i tempi di sovrapposizione con l'eventuale primer.
- Applicazione del secondo strato di finitura rispettando i tempi di sovrapposizione rispetto allo strato precedente.

Per la buona riuscita dell'intervento è necessario attenersi scrupolosamente alle fasi applicative descritte nella scheda tecnica del prodotto prescelto che garantisca le caratteristiche e prestazioni sotto indicate.

6.5.17.2 Protezione elevatissima – sistema protettivo filmogeno elastico a base poliuretanicaspessore di film secco 200 micron

Sistema protettivo filmogeno, elastico, bicomponente, a base di resine poliuretatiche in solvente che consente di fare da ponte a stati fessurativi derivanti da ritiro plastico o igrometrico. Applicabile manualmente con rullo, pennello o meccanicamente con sistema airless, in spessore minimo di film secco pari a 200 micron.

È un sistema elastico, caratterizzato da buona capacità di crack bridging, da un elevatissimo effetto barriera, elevatissima resistenza all'aggressione degli agenti ambientali e dei cloruri, da un'ottima resistenza ai Raggi UV, da ottima permeabilità al vapore d'acqua.

Tale protettivo dovrà possedere la marcatura CE con sistema di accreditamento 2+ essere conforme alla normativa UNI EN 1504 parte 2 e fornire le seguenti prestazioni riferite ad uno spessore di film secco di 200 µm:

Aderenza al calcestruzzo, UNI EN 1542	> 2,0 MPa - rottura tipo A
Determinazione della permeabilità al biossido di carbonio, UNI EN 1062-6 method A	Sd >120 m
Determinazione del grado di trasmissione del vapore acqueo UNI EN ISO 7783-1	Sd < 3 m
Resistenza alla fessurazione (Crack Bridging Ability), EN 1062-7	Statico A1 Dinamico B1
Assorbimento capillare e permeabilità all'acqua, EN 1062-3	0,007 (kgxm2xh-0.5)
Compatibilità termica (cicli gelo-disgelo con sali disgelanti) misurata come adesione, EN 1542 dopo 50 cicli	> 2,0 MPa - rottura tipo A
Resistenza all'esposizione agli agenti atmosferici artificiali (radiazioni UV e condensa), UNI EN 1062/11	Nessun rigonfiamento, nessuna fessurazione, nessuna scagliatura.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
	CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 83 di 156

6.5.17.3 Protezione elevata – sistema protettivo filmogeno elastico a base acrilica per strutture a contatto non permanente con acqua spessore di film secco 200 micron

Sistema protettivo filmogeno, elastico, monocomponente, a base di resina acrilica dispersa in acqua, applicabile manualmente con rullo, pennello o meccanicamente con sistema airless, in spessore minimo di film secco pari a 200 micron .

È un sistema elastico caratterizzato da buona capacità di crack bridging, da un elevato effetto barriera, da un'ottima resistenza ai Raggi UV, da ottima permeabilità al vapore. Non deve essere applicato per la protezione di strutture a costante contatto con acqua. Essendo un prodotto in emulsione acquosa soffre l'applicazione a basse temperature.

Tale protettivo dovrà possedere la marcatura CE con sistema di accreditamento 2+, essere conforme alla normativa UNI EN 1504 parte 2 e fornire le seguenti prestazioni riferite ad uno spessore di film secco di 200 µm:

Aderenza al calcestruzzo, UNI EN 1542	>1,0 MPa - Rottura tipo A
Determinazione della permeabilità al biossido di carbonio, UNI EN 1062-6 method A	Sd > 130 m
Determinazione del grado di trasmissione del vapore acqueo UNI EN ISO 7783-1	Sd < 0,5 m
Resistenza alla fessurazione (Crack Bridging Ability), EN 1062-7	Statico A1 Dinamico B1
Assorbimento capillare e permeabilità all'acqua, EN 1062-3	0,08 (kg·m ² ·h ^{-0.5})
Compatibilità termica (cicli gelo-disgelo con sali disgelanti) misurata come adesione, EN 1542 dopo 50 cicli	> 0,8 MPa - rottura tipo A
Resistenza all'esposizione agli agenti atmosferici artificiali (radiazioni UV e condensa), UNI EN 1062/11	Nessun rigonfiamento, nessuna fessurazione, nessuna scagliatura.


6.5.17.4 Protezione elevata – sistema protettivo filmogeno rigido a base metacrilica spessore di film secco 80-150 micron

Sistema protettivo filmogeno, rigido, monocomponente, a base di resine metacriliche in solvente applicabile manualmente con rullo, pennello o meccanicamente con sistema airless, in spessore minimo di film secco pari a 80 micron e massimo pari a 150 micron.

È un sistema rigido, caratterizzato da un elevato effetto barriera, elevata resistenza all'aggressione degli agenti ambientali e dei cloruri, da un'ottima resistenza ai Raggi UV, da buona permeabilità al vapore d'acqua.

Tale protettivo dovrà possedere la marcatura CE con sistema di accreditamento 2+, essere conforme alla normativa UNI EN 1504 parte 2 e fornire le seguenti prestazioni riferite ad uno spessore di film secco di 150 µm:

Aderenza al calcestruzzo, UNI EN 1542	> 2,0 MPa - rottura tipo A
Determinazione della permeabilità al biossido di carbonio, UNI EN 1062-6 method A	SD > 200 m
Determinazione del grado di trasmissione del vapore acqueo UNI EN ISO 7783-1	SD < 2,5 m
Assorbimento capillare e permeabilità all'acqua, EN 1062-3	0,005(kgxm ² xh ^{-0.5})
Compatibilità termica (cicli gelo-disgelo con sali disgelanti) misurata come adesione secondo EN 1542, dopo 50 cicli	> 2,0 MPa - rottura tipo A
Resistenza all'esposizione agli agenti atmosferici artificiali (radiazioni UV e condensa) UNI EN 1062-11 dopo 2000 ore di esposizione	Nessun rigonfiamento, nessuna fessurazione, nessuna scagliatura

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 84 di 156

Controlli preliminari

L'obiettivo è quello di verificare prima dell'inizio dei lavori che:

- i sistemi protettivi proposti dall'impresa forniscano le prestazioni indicate nel presente Capitolato in riferimento alle lavorazioni dello specifico progetto. L'ESECUTORE dovrà presentare le schede tecniche e i certificati di laboratori ufficiali che attestino la marcatura verificare, prima dell'inizio CE e le prestazioni dei prodotti che intende utilizzare;
- le attrezzature che verranno utilizzate siano idonee ad eseguire tutte le varie fasi realizzative previste e che l'intero processo realizzativo sia corrispondente a quanto previsto in progetto. Sarà compito della DL far eseguire campioni per accertare l'efficacia di ogni fase realizzativa.

Controlli in corso d'opera

Le verifiche in corso d'opera prima e durante l'applicazione prevedono controlli sulle condizioni del supporto, la verifica delle condizioni termo-igrometriche e delle condizioni operative.

La frequenza e il tipo di controllo deve essere valutato in funzione della complessità dell'intervento.

Condizioni del supporto dopo la preparazione e prima dell'applicazione

La DL si dovrà accertare in particolare che il supporto:

- sia stato preparato opportunamente mediante sabbatura, idrosabbatura o acqua in pressione per ottenere una superficie leggermente ruvida e per eliminare qualsiasi elemento che possa pregiudicare l'aderenza.
- sia stato perfettamente pulito mediante lavaggio o con aria compressa,
- al momento dell'applicazione risulti asciutto.

Controlli in fase applicativa

La DL dovrà effettuare il controllo di conformità riguardante:

- la temperatura dell'ambiente e quella del supporto;
- l'umidità del supporto;
- i rapporti di miscelazione dei componenti A e B dei formulati bicomponenti siano rispettati;
- l'applicato il primer correlato allo specifico sistema protettivo;
- il tempo di ricopertura del primer con il sistema protettivo;
- la corretta applicazione in due strati del sistema protettivo;
- lo spessore di fil secco del sistema protettivo.

6.5.18 ANCORAGGI E INGHISAGGI

6.5.18.1 Ancoraggi con materiali cementizi

L'ancoraggio di barre ad aderenza migliorata, tirafondi, barre filettate a strutture in calcestruzzo può essere realizzato utilizzando materiali cementizi espansivi, caratterizzati da un processo espansivo contrastato per confinamento dalla tasca o dal foro di ancoraggio. La fase espansiva deve iniziare al termine della fase di presa cioè quando il materiale inizia quella d'indurimento. Lo spessore di ancoraggio minimo è di circa 5 mm quando si utilizza una boiaccia espansiva e di circa 10 mm quando si utilizza una malta.

È possibile realizzare ancoraggi molto rapidi utilizzando malte cementizie che assicurano un velocissimo

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 85 di 156

sviluppo delle resistenze meccaniche anche a temperature basse fino a -5°C. I materiali cementizi devono esser messi in opera su supporti umidi, condizione facilmente realizzabile, contrariamente a formulati a base di resina che temono l'umidità dei supporti.

La normativa di riferimento per ottenere la marcatura CE è la 1504 parte 6.

I requisiti principali che contraddistinguono un prodotto cementizio utilizzato per l'ancoraggio sono:

- Elevata fluidità, consente una veloce, semplice ed affidabile messa in opera per colaggio, fornendo all'impasto grandissima scorrevolezza e massima capacità di riempimento e di compattazione.
- Elevata aderenza, consente il corretto trasferimento delle sollecitazioni. L'elevata aderenza è garantita nel tempo grazie alle caratteristiche espansive del prodotto che annullano i ritiri a lungo termine, propri dei normali conglomerati cementizi.
- Ottime prestazioni meccaniche, consentono di resistere ad elevate sollecitazioni statiche e dinamiche ed a cicli di fatica.
- Elevata resistenza ai cicli di gelo disgelo, requisito fondamentale per la durabilità di ancoraggi eseguiti all'esterno.
- Ottima impermeabilità all'acqua, garantisce la durabilità dell'ancoraggio.
- Ottima resistenza agli olii lubrificanti, consente l'impiego in ambienti industriali.

Per la buona riuscita dell'intervento è necessario attenersi scrupolosamente alle fasi applicative descritte nella scheda tecnica del prodotto prescelto che garantisca le caratteristiche e prestazioni sotto indicate.

Malta cementizia, premiscelata, fluida, ad espansione contrastata con stagionatura in acqua

Si utilizzerà una malta cementizia, premiscelata, fluida, ad espansione contrastata con stagionatura in acqua. Contiene fibre in poliacrilonitrile per combattere gli effetti del ritiro plastico.

Applicabile per colaggio manualmente o tramite pompa in spessore minimo di 10 mm.

Tale malta dovrà possedere la marcatura CE con sistema di accreditamento 2+ essere conforme alla normativa UNI EN 1503 parte 6 e fornire le seguenti prestazioni:

Bleeding UNI 8998	Assente
Contenuto di ione cloruro, UNI EN 1015-17	≤ 0,05%
Resistenza a compressione UNI EN 12190	1 giorno ≥ 30 MPa 7 giorni ≥ 50 MPa 28 giorni ≥ 60 MPa
Resistenza a trazione per flessione UNI EN 196/1	1 giorno ≥ 3 MPa 7 giorni ≥ 5 MPa 28 giorni ≥ 7 MPa
Modulo elastico UNI EN 13412	26-30 MPa
Espansione in fase plastica UNI 8996 a 20°C, U.R. 65%	≥ 0,3%
Espansione contrastata ad 1 giorno UNI 8147 parte prima	≥ 0,03%
Resistenza allo sfilamento (con carico di 75 KN) UNI EN 1881	≤ 0,5 mm
Adesione al calcestruzzo UNI EN 1542	≥ 2 MPa
Compatibilità termica, adesione dopo i cicli di gelo-disgelo UNI EN 13687/1	≥ 2 MPa
Resistenza alla permeazione dell'acqua in pressione diretta (UNI EN 12390/8)	≤ 5 mm
Assorbimento capillare UNI EN 13057	≤ 0,30 kg x m-2 x h -0,5
Resistenza alla carbonatazione UNI EN 13295	Specificata superata
Reazione al fuoco UNI EN 1504-3 art. 5.5	Classe A1

Malta cementizia, premiscelata, fluida a rapido indurimento

Si utilizzerà una malta cementizia, premiscelata, fluida, a rapido sviluppo delle resistenze meccaniche anche a basse temperature fino a -5°C. Contenente fibre in poliaccrilonitrile per combattere gli effetti del ritiro plastico. Tale malta dovrà possedere la marcatura CE con sistema di accreditamento 2+, essere conforme alla normativa UNI EN 1503 parte 6 e fornire le seguenti prestazioni:

Bleeding, UNI 8998	Assente																									
Contenuto di ione cloruro, UNI EN 1015-17	≤ 0.05%																									
Resistenza a compressione espressa in MPa, UNI EN 12190	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>-5°C</th> <th>0°C</th> <th>5°C</th> <th>20°C</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>4h ≥</td> <td>10</td> <td>20</td> <td>25</td> <td>35</td> </tr> <tr> <td>8h ≥</td> <td>20</td> <td>30</td> <td>35</td> <td>45</td> </tr> <tr> <td>24h ≥</td> <td>45</td> <td>55</td> <td>60</td> <td>65</td> </tr> <tr> <td>28g ≥</td> <td>70</td> <td>75</td> <td>80</td> <td>85</td> </tr> </tbody> </table>		-5°C	0°C	5°C	20°C	4h ≥	10	20	25	35	8h ≥	20	30	35	45	24h ≥	45	55	60	65	28g ≥	70	75	80	85
	-5°C	0°C	5°C	20°C																						
4h ≥	10	20	25	35																						
8h ≥	20	30	35	45																						
24h ≥	45	55	60	65																						
28g ≥	70	75	80	85																						
Resistenza a trazione per flessione, UNI EN 196/1	<p>1g ≥ 3 MPa 7g ≥ 5 MPa 28g ≥ 7 MPa</p>																									
Modulo elastico, UNI EN 13412	28-32 MPa																									
Resistenza alla fessurazione (O Ring Test)	Nessuna fessura																									
Resistenza allo sfilamento (con carico di 75 KN), UNI EN 1881	≤ 0,5 mm																									
Adesione al calcestruzzo, UNI EN 1542	≥ 2 MPa																									
Adesione al calcestruzzo, UNI EN 1542 dopo 50 cicli di gelo disgelo secondo, UNI EN 13687/1	≥2 MPa																									
Resistenza alla carbonatazione, UNI EN 13295	Prova superata																									
Porosità capillare, UNI EN 13057	≤ 0,30 kg x m-2 x h -0,5																									
Resistenza alla permeazione dell'acqua in pressione diretta, UNI EN 12390/8	≤ 5 mm																									
Reazione al fuoco, UNI EN 1504-3 art 5.5	Classe A1																									

Le prestazioni relative a -5°C sono ottenute avendo portato il prodotto e l'acqua d' impasto a + 15°C.

6.5.18.2 Ancoraggi con materiali a base di resina

Gli ancoraggi realizzati con materiali a base epossidica quando sono in gioco sollecitazioni e tensioni di aderenza elevate.

Tali formulati garantiscono prestazioni meccaniche elevatissime nettamente superiori ai materiali cementizi.

Utilizzando materiali a base resina è opportuno ricordare che tali formulati soffrono l'umidità del supporto.

Esiste inoltre la Linea guida europea ETAG 001 per l'ottenimento del benessere tecnico europeo per gli ancoranti metallici nel calcestruzzo utilizzabili anche in caso di carichi sismici la cui parte 5 è specifica per gli ancoranti chimici.

Per la buona riuscita dell'intervento è necessario attenersi scrupolosamente alle fasi applicative descritte nella scheda tecnica del prodotto prescelto che garantisca le caratteristiche e prestazioni sotto indicate.

6.5.18.2.1 Inghisaggi chimici con resina epossidica in cartuccia

Si utilizza un adesivo in cartuccia, tixotropico, bicomponente, a base di resina epossidica pura, privo di ritiro. Tale prodotto dovrà essere conforme alle linee guida ETAG 001-5 e TR023 e fornire, a titolo non esaustivo, le seguenti prestazioni:

Calcestruzzo	Tipologia barra	Diametro	Carico ultimo medio a trazione	Carico ultimo medio a taglio	Carico consigliato a trazione	Carico consigliato a taglio
			N_{Rum} [kN]	V_{Rum} [kN]	N_{rec} [kN]	V_{rec} [kN]
C20/25	≥ 8.8	M8	29,20	17,6	8,14	8,4
C20/25	≥ 8.8	M10	44,05	27,8	11,96	13,3
C20/25	≥ 8.8	M12	61,91	40,5	20,05	19,3
C20/25	≥ 8.8	M16	95,27	75,4	31,49	35,9
C20/25	≥ 8.8	M20	144,07	117,6	47,51	56,0
C20/25	≥ 8.8	M24	197,81	169,4	62,10	80,7

6.5.19 INTERVENTI SULLE STRUTTURE IN MURATURA

È fondamentale definire gli obiettivi da perseguire negli interventi di ripristino e/o rinforzo tenendo conto delle peculiarità di ogni costruzione in muratura. Risulta indispensabile utilizzare prodotti specifici per il ripristino e il rinforzo delle murature che siano compatibili con le tecniche ed i materiali originari.

Un approccio corretto è articolato nelle seguenti fasi:

- Ricerca storica che indaghi anche su le differenti fasi di progettazione e realizzazione compresi eventuali successivi interventi di ripristino/rinforzo.
- Rilievo dei dissesti statici.
- Rilievo ed entità dei degradi dei materiali.
- Tecniche d'intervento.
- Scelta prestazionale dei materiali.

6.5.19.1 Ancoraggi con materiali a base di resina

I requisiti ed i limiti prestazionali che debbono caratterizzare i materiali da utilizzare sono da correlare con il tipo d'intervento da realizzare; è possibile comunque evidenziare i requisiti assolutamente necessari:

- impermeabilità all'acqua;
- limitata capillarità;
- porosità elevata;
- elevata permeabilità al vapore;
- basso contenuto di sali;
- prestazioni meccaniche (resistenze e moduli elastici) diversificate in relazione al tipo d'intervento ma congruenti con la muratura;
- adesione;
- tempi di presa ed indurimento in linea con le modalità esecutive;
- compatibilità con i materiali originari o utilizzati in precedenti interventi;

- innocuità del materiale utilizzato al fine di non innescare nuovi meccanismi di degrado alle murature;
- resistenza ai cicli di gelo disgelo.

Una importante normativa di riferimento è la UNI EN 998 parte 1 e parte 2.

6.5.19.2 Interventi

6.5.19.2.1 Ristillatura di giunti di malta

La malta che costituisce i giunti tra conci di muratura può deteriorarsi sia per cause chimiche che fisiche. L'intervento di risarcimento-stilatura è volto a preservare le cortine murarie e a restituire la continuità alla tessitura murari impedendo l'evolversi di fenomeni di degrado che potrebbero determinare il decadimento delle caratteristiche meccaniche.

L'intervento consiste nell'integrazione delle porzioni di malta mancanti e/o nella sostituzione delle parti deteriorate non più coerenti.

a) Opera muraria realizzata con malta a base di calce idraulica

Se l'opera muraria è stata realizzata con malta a base di calce idraulica naturale, per eseguire l'intervento di risarcimento-stilatura si dovrà utilizzare una malta da muratura, premiscelata, tixotropica, a base di calce idraulica naturale, applicabile manualmente, caratterizzata da elevata permeabilità al vapore, ottima adesione alla muratura, resistenze meccaniche compatibili con quelle della malta preesistente, basso assorbimento capillare, buona stabilità dimensionale e che non rilasci sali.

Tale malta dovrà avere la marcatura CE ed essere classificata, secondo la norma EN 998-2, di classe non inferiore a M5 (ai sensi del §11.10.2 del DM 14.01.08) come "Malta da muratura a composizione prescritta per scopi generali per l'utilizzo esterno in elementi soggetti a requisiti strutturali", e fornire, a titolo non esaustivo, le seguenti prestazioni:

Tempo di lavorabilità	60 Minuti
Permeabilità al vapore, EN 1745 (valore tabulato)	μ 15 ÷ 35
Assorbimento capillare, UNI EN 1015-18	$\leq 0,2 \text{ Kg}/(\text{m}^2 \times \text{min}^{0,5})$
Adesione al supporto, UNI EN 1015-12	$\geq 0,3 \text{ MPa}$
Coefficiente di conducibilità termica, EN 1745 (valore tabulato)	$\lambda = 0,93 \text{ W/mK}$
Reazione al fuoco, EN 13501-1	Classe A1

b) Opera muraria realizzata con malta a base di cemento

Se l'opera muraria è stata realizzata con malta a base di cemento, per eseguire l'intervento di risarcimento-stilatura si dovrà utilizzare una malta da muratura, premiscelata, tixotropica, a base di cemento, applicabile manualmente, ottima adesione alla muratura, resistenze meccaniche compatibili con quelle della malta preesistente, basso assorbimento capillare e buona stabilità dimensionale.

Tale malta dovrà avere la marcatura CE ed essere classificata, secondo la norma la norma EN 998-1 come GP "Malta per scopi generali per intonaci interni/esterni" di categoria CS IV e secondo la norma EN 998-2 come G "Malta da muratura a composizione prescritta per scopi generali per l'utilizzo esterno in elementi soggetti a requisiti strutturali" di classe M25. Dovrà fornire le seguenti prestazioni:

Tempo di lavorabilità	45 Minuti
-----------------------	-----------

Contenuto di ione cloruro, UNI EN 1015-17	$\leq 0.05\%$
Permeabilità al vapore, UNI EN 1015-19	$\mu \leq 50$
Assorbimento capillare, UNI EN 1015-18	$\leq 0,4 \text{ Kg}/(\text{m}^2 \times \text{min}^{0,5})$
Adesione al supporto, UNI EN 1015-12	$\geq 1,0 \text{ MPa}$
Coefficiente di conducibilità termica, EN 1745 (valore tabulato)	$\lambda = 1,17 \text{ W}/\text{mK}$
Resistenza a compressione, UNI EN 1015-11	1 giorno $\geq 5 \text{ MPa}$ 7 giorni $\geq 18 \text{ MPa}$ 28 giorni $\geq 27 \text{ MPa}$
Resistenza a flessione, UNI EN 1015-11	1 giorno $\geq 2 \text{ MPa}$ 7 giorni $\geq 4 \text{ MPa}$ 28 giorni $\geq 6 \text{ MPa}$
Modulo elastico, UNI EN 13412	$11.000 \div 13.000 \text{ MPa}$
Reazione al fuoco, EN 13501-1	Classe A1

In entrambi i casi di cui sopra, le fasi applicative, possono essere così riassunte, e comunque devono rispettare quanto previsto dalla scheda tecnica del prodotto prescelto:

1- Preparazione del supporto

La malta poco resistente o addirittura in fase di distacco deve essere asportata mediante scalpellatura leggera. Si dovranno eliminare mediante spazzola metallica eventuali efflorescenze, muffe e qualsiasi sostanza che possa ridurre l'aderenza.

2- Pulizia e lavaggio della muratura

Si devono eliminare la polvere ed i residui della scalpellatura e della spazzolatura mediante aria compressa. Prima della posa in opera della malta con cui si eseguirà il risarcimento-stilatura è necessario bagnare il supporto per evitare che sottragga acqua con conseguente riduzione di aderenza. Al momento dell'applicazione la superficie della muratura deve risultare satura ma senza velo d'acqua in superficie. Qualora la malta originaria è a base di calce idraulica, se sul supporto sono presenti efflorescenze si devono effettuare ripetuti lavaggi con acqua a bassa pressione per favorire la migrazione dei sali verso l'esterno e per consentire la loro eliminazione mediante spazzolatura.

3- Miscelazione

La miscelazione non si deve iniziare se la temperatura ambientale non garantisce che l'applicazione avvenga ad una temperatura compresa tra +5 e + 35°C. Dovrà eseguirsi rispettando le indicazioni riportate sulle schede tecniche del prodotto utilizzato.

4- Applicazione

Si applicherà, mediante una cazzuola a punta tonda, un quantitativo di malta leggermente in eccesso rispetto alla capienza delle fughe, esercitando una leggera pressione con la punta tonda della cazzuola per costipare la malta e, dopo che la malta ha acquisito un po' di consistenza, si dovrà eseguire l'asportazione della malta in eccesso e la finitura superficiale lisciando o "segnandola" leggermente con una spazzola di saggina.

5- Stagionatura

Le superfici esposte a forte insolazione, ventilazione e bassa umidità relativa dovranno essere stagionate mediante stagionatura umida. In caso di pioggia le superfici su cui si è appena intervenuti dovranno essere protette.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
	CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 91 di 156

6.5.19.2.2 Iniezioni di massa

La tecnica delle iniezioni a bassa pressione consiste nell'immettere all'interno della muratura una boiaccia fluida allo scopo di consolidare fondazioni, paramenti murari, volte, archi ecc. ripristinandone le originali caratteristiche meccaniche. La boiaccia consente di rigenerare le vecchie malte, di rafforzare i legami tra la malta e gli elementi lapidei, di riempire eventuali micro e macro vuoti e di saldare lesioni.

L'esecuzione di iniezioni di massa sono particolarmente efficaci nel caso di murature a sacco. Nel caso di muratura piena ad unico paramento l'intervento è meno efficace. Una boiaccia da iniezione eseguita su una muratura ad unico paramento ha un assorbimento variabile ma molto vicino all'1% rispetto al volume dell'intera struttura mentre, se fosse a sacco e quindi a più paramenti, l'assorbimento rispetto al volume sarebbe attorno al 20%.

a) Opera muraria realizzata con malta a base di calce idraulica

Si utilizzerà una boiaccia premiscelata da iniezione a base di calce idraulica naturale di resistenza meccanica compatibile con quella della malta preesistente, ad elevata fluidità, elevato mantenimento della lavorabilità, priva di bleeding, elevata permeabilità al vapore e a basso rilascio di sali solubili.

La boiaccia deve avere la marcatura CE secondo la norma EN 998-2, e fornire le seguenti prestazioni:

Bleeding 8998	Assente
Tempo di lavorabilità	≥ 60 Minuti
Fluidità della boiaccia - Cono di Marsh (UNI EN 445 punto 3.2.2)	Iniziale ≤ 30 secondi dopo 30' ≤ 40 secondi dopo 60' ≤ 40 secondi
Permeabilità al vapore, UNI EN 1745	$\mu \leq 35$
Coefficiente di conducibilità termica, EN 1745	$\lambda = 0,83 \text{ W/mK}$
Contenuto Sali idrosolubili	< 0,2 %
Temperatura d'idratazione, camera adiabatica	≤ 35°C
Adesione al supporto per taglio, UNI EN 998-2	≥ 0,10
Reazione al fuoco, EN 13501-1	Classe A1

b) Opera muraria realizzata con malta a base di cemento

Si utilizzerà una boiaccia cementizia realizzata utilizzando come legante uno speciale legante espansivo, con una consistenza compatibile con l'assorbimento della muratura.

Le prestazioni e le caratteristiche del legante, a titolo non esaustivo, sono di seguito riportate:

Bleeding, UNI 8998	Assente
Resistenza a compressione, UNI EN 12190	1 giorno ≥ 20 MPa 7 giorni ≥ 50MPa 28 giorni ≥ 60 MPa
Resistenza a trazione per flessione, UNI EN 196/1	1 giorno ≥ 3 MPa 7 giorni ≥ 6 MPa 28 giorni ≥ 7 MPa
Espansione contrastata con stagionatura in acqua ad 1 giorno, UNI 8147	≥ 0,03%

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 92 di 156

Adesione al calcestruzzo, UNI EN 1542	$\geq 1,5$ MPa
---------------------------------------	----------------

In entrambi i casi, le fasi applicative possono essere così riassunte:

1- Preparazione del supporto

É necessario:

- asportare tutte le parti d'intonaco che risultano distaccate;
- eseguire la stilatura di tutti i giunti la cui malta risulti poco consistente o friabile;
- sigillare tutte le fessure per evitare la fuoriuscita della boiaccia d'iniezione.

2- Realizzazione dei fori

Dovranno essere realizzati, leggermente inclinati verso il basso, fori di diametro di 2-4 cm mediante strumento a sola rotazione. La lunghezza sarà pari a circa i 2/3 dello spessore della muratura se l'iniezione verrà eseguita da un solo lato, pari a circa la metà dello spessore se invece l'iniezione avverrà da entrambi i lati della muratura.

I fori dovranno essere realizzati a vertici sfalsati con maglia a triangolo equilatero. la distanza tra i fori dovrà essere determinata con delle prove d'iniezione preliminari che consentano di determinare la penetrazione della boiaccia nella specifica muratura. Tale capacità di penetrazione si determina praticando un foro da cui sarà iniettata la boiaccia e una serie di fori a distanza crescente. Quando la boiaccia fuoriesce dal foro più vicino a quello di iniezione si provvede a chiuderlo e si continua così in progressione. Si assume come lato della maglia a triangolo equilatero, secondo cui si disporranno i fori, la distanza tra il foro da cui è fuoriuscita la boiaccia che risulta più distante dal foro d'iniezione. Si fisseranno in perfetta aderenza con i fori d'iniezione tubicini in plastica. In pratica si dovrà garantire la l'effettiva sovrapposizione delle aree iniettate.

3- Pulizia e lavaggio della muratura

24 ore prima di iniettare la boiaccia d'iniezione è necessario, quando non esistano specifiche controindicazioni, lavare la muratura iniettando dai fori acqua a bassissima pressione per consentire la fuoriuscita di piccole parti incoerenti e della polvere e per consentire la saturazione in modo che la muratura non sottragga acqua alla boiaccia e ne limiti così la penetrazione e l'aderenza.

4- Miscelazione

La miscelazione non si deve iniziare se la temperatura ambientale non garantisce che l'applicazione avvenga ad una temperatura compresa tra +5 e + 35°C. Dovrà eseguirsi rispettando le indicazioni riportate sulle schede tecniche del prodotto utilizzato.

5- Applicazione

La boiaccia deve essere iniettata con pressione compatibile con la tipologia muratura, per non provocare dissesti nella muratura, utilizzando pompe meccaniche o manuali predisposte per le iniezioni. L'iniezione si esegue attraverso i tubicini precedentemente fissati partendo dalla fila inferiore, quando la boiaccia fuoriesce dal foro immediatamente superiore si provvede a chiudere il tubicino più basso, si procede con questa sequenza fino alla fuoriuscita della boiaccia dall'ultimo foro della fila più in alto.

6.5.19.2.3 Iniezioni armate

Le iniezioni armate consentono di realizzare per esempio rinforzi delle murature d'angolo, ricongiungimenti di parti lesionate, ammorsamenti di muri ortogonali e connettori per ringrossi di sezioni. Le iniezioni armate sono in pratica delle cuciture realizzate inghisando, all'interno di fori generalmente inclinati di 45° praticati

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
	CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 93 di 156

nella muratura, armature metalliche. Il numero dei fori, la distanza tra di loro, il diametro e la lunghezza sono definite nel documento progettuale.

Il materiale d'iniezione dovrà essere:


- a) nel caso di cucitura di lesioni particolarmente profonde (si prefigura un intimo contatto tra la boiaccia d'iniezione e la muratura) una boiaccia di calce idraulica naturale marcata CE secondo la norma EN 998-2, essere classificata malta di tipo M15, e fornire le seguenti prestazioni:

Bleeding 8998	Assente
Tempo di lavorabilità	≥ 60 Minuti
Fluidità della boiaccia - Cono di Marsh (UNI EN 445 punto 3.2.2)	Iniziale ≤ 30 secondi dopo 30' ≤ 40 secondi dopo 60' ≤ 40 secondi
Resistenza a compressione, UNI EN 1015-11 (classe M15 – EN 998-2)	28 giorni ≥ 15 MPa
Permeabilità al vapore, UNI EN 1745	$\mu \leq 35$
Coefficiente di conducibilità termica, EN 1745	$\lambda = 0,83 \text{ W/mK}$
Contenuto Sali idrosolubili	< 0,2 %
Temperatura d'idratazione, camera adiabatica	≤ 35°C
Adesione al supporto per taglio, UNI EN 998-2	≥ 0,10
Reazione al fuoco, EN 13501-1	Classe A1

- b) nel caso di fori eseguiti in murature non fessurate o quando i volumi d'iniezione sono limitati praticamente al volume del foro il materiale d'iniezione dovrà essere una boiaccia realizzata con uno speciale legante espansivo, ad elevata fluidità che garantisca le seguenti prestazioni seguenti prestazioni:

Bleeding, UNI 8998	Assente
Contenuto di ione cloruro, UNI EN 1015-17	≤ 0,05%
Resistenza a compressione, UNI EN 12190	1 giorno ≥ 15 MPa 7 giorni ≥ 35MPa 28 giorni ≥ 45 MPa
Resistenza a trazione per flessione, UNI EN 196/1	1 giorno ≥ 2 MPa 7 giorni ≥ 3 MPa 28 giorni ≥ 4 MPa
Espansione contrastata con stagionatura in acqua ad 1 giorno, UNI 8147	≥ 0,03%

- c) nel caso di iniezioni sopra-testa e per volumi pari al solo volume del foro il materiale d'inghisaggio dovrà essere un adesivo in cartuccia, tixotropico, bicomponente, a base di resina epossidica pura, privo di ritiro, conforme alle linee guida ETAG 001-5 e TR023.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 94 di 156

Le fasi applicative possono essere così riassunte:

1- Preparazione del supporto

E' necessario:

- eseguire la stilatura di tutti i giunti la cui malta risulti poco consistente o friabile,
- sigillare tutte le fessure per evitare la fuoriuscita della boiaccia d'iniezione

2- Realizzazione dei fori

Dovranno essere realizzati mediante strumento a sola rotazione, generalmente inclinati di circa 45°. Il numero dei fori, la distanza tra di loro, il diametro e la lunghezza sono definite nel documento progettuale.

3- Pulizia dei fori

Si dovranno asportare utilizzando aria in pressione tutti i residui generatisi nella fase di esecuzione del foro. Nel caso di utilizzo di boiaccia come prescritto al punto a e b il foro dovrà anche essere preventivamente inumidito e l'acqua in eccesso eliminata mediante aria compressa. Nel caso c) (utilizzo di resine) la superficie del foro deve essere asciutta prima dell'applicazione del prodotto.

4- Miscelazione

La miscelazione non si deve iniziare se la temperatura ambientale non garantisce che l'applicazione avvenga ad una temperatura compresa tra +5 e + 35°C. Dovrà eseguirsi rispettando le indicazioni riportate sulle schede tecniche del prodotto utilizzato.

5- Applicazione

Il materiale d'iniezione dovrà essere iniettato a bassa pressione nel caso di cuciture di lesioni, oppure colato o estruso (resina in cartuccia) entro il foro. Terminata l'iniezione si inserisce la barra di armatura. Infine si esegue la finitura superficiale.

6.5.19.2.4 Scuci e cuci

L'intervento di scuci e cuci consiste nella ricostituzione della muratura degradata, disestata o mancante effettuando la sostituzione della vecchia muratura con la nuova operando per zone limitate e procedendo dall'alto verso il basso e per zone alternate.

Le malte da utilizzare dovranno essere compatibili con quelle struttura muraria esistente; le tipologie e le prestazioni delle stesse sono le medesime di quelle prescritte per gli interventi di ristilatura dei giunti di malta.

Le fasi applicative possono essere così riassunte:

1- Demolizione della vecchia muratura

Dovrà eseguirsi utilizzando mezzi manuali in modo da non danneggiare le zone di muratura limitrofe. Si procederà per zone limitate, procedendo dall'alto verso il basso e per zone alternate in modo da non indebolire l'intera muratura.

2- Pulizia e saturazione delle superfici

Le superfici che verranno a contatto con la nuova muratura dovranno essere pulite con aria compressa e successivamente saturate di acqua.

Al momento dell'applicazione la superficie della muratura deve risultare satura ma senza velo d'acqua in superficie.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 95 di 156

3- Miscelazione

La miscelazione non si deve iniziare se la temperatura ambientale non garantisce che l'applicazione avvenga ad una temperatura compresa tra +5 e + 35°C. Dovrà eseguirsi rispettando le indicazioni riportate sulle schede tecniche del prodotto utilizzato.

4- Applicazione

La malta di allettamento e di collegamento dei conci dovrà essere applicata per uno spessore tale da ricostruire correttamente l'allineamento dei conci con la muratura esistente di circa 1-2 cm in finzione al tipo di muratura. Dopo che la malta avrà acquisito un po' di consistenza, si dovrà eseguire l'asportazione della malta in eccesso e la finitura superficiale lisciando o "segnandola" leggermente con una spazzola di saggina.

5- Stagionatura

Le superfici esposte a forte insolazione, ventilazione e bassa umidità relativa dovranno essere stagionate mediante stagionatura umida. In caso di pioggia le superfici su cui si è appena intervenuti dovranno essere protette.

6.5.19.2.5 Lastra armata

Il consolidamento effettuato realizzando lastre armate consente d'intervenire con efficacia nei casi di elementi in muratura che presentino fenomeni di schiacciamento e/o un diffuso stato fessurativo. L'intervento può prevedere la realizzazione della lastra armata su una sola faccia o su entrambe le facce del paramento murario. Nel caso d'intervento su entrambe le facce le lastre sono collegate mediante opportune iniezioni armate.

- a) Il consolidamento di una muratura storica costruita con malta di calce realizzato utilizzando la tecnica della lastra armata dovrà essere eseguito utilizzando una malta premiscelata a base di calce idraulica naturale, ad alta resistenza (classe M15), traspirante. Applicabile a mano o meccanicamente a spruzzo.

Tale malta dovrà avere la marcatura CE ed essere classificata, secondo la norma la norma EN 998-1 come GP "Malta per scopi generali per intonaci interni/esterni" di categoria CS IV e secondo la norma EN 998-2 come G "Malta da muratura a composizione prescritta per scopi generali per l'utilizzo esterno in elementi soggetti a requisiti strutturali" di classe M15. Dovrà fornire le seguenti prestazioni:

Tempo di lavorabilità	30 minuti
Permeabilità al vapore, UNI EN 1015-19	$\mu \leq 25$
Assorbimento capillare, UNI EN 1015-18	$\leq 0,2 \text{ Kg}/(\text{m}^2 \times \text{min}^{0,5})$
Adesione al supporto, UNI EN 1015-12	$\geq 0,8 \text{ MPa}$
Coefficiente di conducibilità termica, EN 1745 (valore tabulato)	$\lambda = 0,93 \text{ W}/\text{mK}$
Resistenza a compressione, UNI EN 1015-11	7 giorni $\geq 10 \text{ MPa}$ 28 giorni $\geq 15 \text{ MPa}$
Resistenza a flessione, UNI EN 1015-11	7 giorni $\geq 2,5 \text{ MPa}$ 28 giorni $\geq 4 \text{ MPa}$
Reazione al fuoco, EN 13501-1	Classe A1

La malta dovrà essere armata secondo le indicazioni progettuali con armatura zincata per evitare fenomeni di ossidazione in quanto le malte di calce non sono in grado di passivare le armature.

- b) Il consolidamento di una muratura che non deve rispettare "vincoli" storici realizzato utilizzando la tecnica della lastra armata dovrà essere eseguito utilizzando una malta cementizia, tixotropica,

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 96 di 156

premiscelata, polimero modificata, monocomponente, ad alta resistenza (classe Md con $d > 20$), contenente fibre in poliacrilonitrile.

Tale malta dovrà avere la marcatura CE ed essere classificata, secondo la norma la norma EN 998-1 come GP “Malta per scopi generali per intonaci interni/esterni” di categoria CS IV e secondo la norma EN 998-2 come G “Malta da muratura a composizione prescritta per scopi generali per l’utilizzo esterno in elementi soggetti a requisiti strutturali”. Dovrà fornire le seguenti prestazioni:

Tempo di lavorabilità	45 Minuti
Contenuto di ione cloruro, UNI EN 1015-17	$\leq 0.05\%$
Assorbimento capillare, UNI EN 1015-18	$\leq 0,4 \text{ Kg}/(\text{m}^2 \times \text{min}^{0,5})$
Adesione al supporto, UNI EN 1015-12	$\geq 1,0 \text{ MPa}$
Coefficiente di conducibilità termica, EN 1745 (valore tabulato)	$\lambda = 1,17 \text{ W}/\text{mK}$
Resistenza a compressione, UNI EN 1015-11 (a 1-7-28 gg)	In funzione della classe di resistenza della malta adottata
Resistenza a flessione, UNI EN 1015-11 (a 1-7-28 gg)	In funzione della classe di resistenza della malta adottata
Modulo elastico, UNI EN 13412	In funzione della classe di resistenza della malta adottata
Reazione al fuoco, EN 13501-1	Classe A1

In entrambi i casi a) e b), le fasi applicative possono essere così riassunte:

1- Preparazione del supporto

Si dovrà asportare tutto l’eventuale intonaco e sostituire la malta di allettamento dei corsi di muratura che si presenta friabile e poco consistente.

2- Pulizia e saturazione delle superfici

Si dovranno eliminare meccanicamente eventuali efflorescenze, muffe ecc. La superficie dovrà essere depolverata mediante aria compressa. Infine si dovrà eseguire il lavaggio della superficie utilizzando acqua a bassa pressione.

3- Inserimento di armature di rinforzo

Le armature dovranno essere distanziate dal supporto di almeno 1 cm per permettere il passaggio della malta dietro l’armatura ed avere uno spessore di copriferro di almeno 2 cm. Nel caso si utilizzino reti elettrosaldate queste dovranno essere collegate alla muratura mediante dei connettori.

4- Miscelazione

La miscelazione non si dovrà iniziare se la temperatura ambientale non garantisce che l’applicazione avvenga ad una temperatura compresa tra $+5$ e $+35^\circ\text{C}$. Dovrà eseguirsi rispettando le indicazioni riportate sulle schede tecniche del prodotto utilizzato.

5- Applicazione

L’applicazione manuale si esegue, utilizzando una normale cazzuola, “proiettando” il prodotto con energia, senza mai spalmarlo sul supporto. È sempre consigliato eseguire un primo rinzaffo di 5-10 mm ed applicare il secondo strato al primo indurimento della malta. L’applicazione a spruzzo si realizzerà utilizzando macchine a pistone o coclea, non devono essere utilizzate macchine a ciclo continuo.


	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 97 di 156

6- Lisciatura e frattazzatura

Poco dopo aver terminato la fase di applicazione la malta deve essere resa planare con una staggia di alluminio e successivamente lisciata con un frattazzo di plastica. Appena ha iniziato ad assumere una consistenza “gommosa”, tale che si lasci sulla superficie una impronta con un dito, si deve procedere alla frattazzatura della superficie utilizzando un frattazzo di spugna. Questa operazione consente di prevenire la formazione di cavillature dovute alla prima evaporazione dell’acqua d’impasto.

7- Stagionatura

Le superfici esposte a forte insolazione, ventilazione e bassa umidità relativa dovranno essere stagionate mediante stagionatura umida. In caso di pioggia le superfici su cui si è appena intervenuti dovranno essere protette.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 98 di 156

6.6 OPERE IN ACCIAIO

6.6.1 CLASSI DI ESECUZIONE

Ai sensi della norma UNI EN 1090-2 del 2011, che individua quattro classi di esecuzione identificate da EXC1 a EXC4 e i relativi requisiti, le opere da realizzare, salvo diverse indicazioni di FERROVIE, sono classificate come specificato nella tabella seguente:

CLASSE DI ESECUZIONE	OPERE DA REALIZZARE
Classe EXC4	Opere di grandi dimensioni: ponti e viadotti ferroviari con luci > 150 m
Classe EXC3	Ponti ferroviari Opere di scavalco della sede ferroviaria Barriere antirumore Fabbricati suscettibili di grande affollamento
Classe EXC2	Altre opere

Tabella 6.6.1.1 – definizione delle classi di esecuzione

6.6.2 REQUISITI E OBBLIGHI DELL'ESECUTORE

6.6.2.1 Requisiti

E' necessario che l'ESECUTORE sia iscritto all'Albo Nazionale dei Costruttori - categoria OS 18: «Costruzione, assemblaggio e posa in opera di carpenteria metallica» e sia dotato di un'organizzazione interna che permetta una adeguata gestione di tutte le attività di costruzione e di saldatura in officina e/o in cantiere concorrenti alla realizzazione dell'opera.

A tal fine l'ESECUTORE dovrà essere certificato in accordo alla UNI EN ISO 9001 e alla UNI EN ISO 3834 del 2006, in relazione alla classe di esecuzione di cui al punto precedente.

E' inoltre richiesto che il livello di conoscenza tecnica del personale di Coordinamento della saldatura, secondo la norma UNI EN ISO 14731-2007 (ex UNI EN 719-1996), sia di tipo "completo" per le classi di esecuzione EXC4 ed EXC3 e di tipo "specifico" per la classe di esecuzione EXC2 fatto salvo che non ricorrano le condizioni riportate al prospetto 14 della UNI EN 1090 ($t > 50$ mm) per le quali è richiesto anche per tale classe il tipo "completo".

Per la realizzazione e il varo di travate metalliche per ponti e viadotti ferroviari le FERROVIE potranno avvalersi delle Ditte iscritte all'apposito Albo istituito presso FERROVIE:

- categoria TMF-001 (costruzione montaggio e varo di travate metalliche ferroviarie);
- categoria TMF-002 (montaggio e varo di travate ferroviarie).

6.6.2.2 Obblighi

L'ESECUTORE dovrà, nel più breve tempo possibile e prima dell'inizio delle attività di costruzione, presentare alle FERROVIE:

- i disegni d'officina in duplice copia (di cui una su supporto informatico);
- il computo metrico;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 99 di 156

- le distinte dei vari elementi costituenti la struttura metallica (comprese le vernici), corredate delle copie degli ordini e delle relative conferme d'ordine da parte delle singole ferriere o stabilimenti produttori.

Le distinte dovranno riportare:

- l'indicazione della qualità del materiale;
- le dimensioni;
- il numero dei pezzi;
- il peso;
- il numero del disegno di progetto a cui si riferisce, nonché il numero di posizione e marca d'officina, risultante dai disegni costruttivi d'officina.

Resta, altresì, inteso che l'eventuale errata ordinazione dei materiali alle ferriere o stabilimenti produttori non esonera l'ESECUTORE dalle conseguenze derivanti.

Infine, le eventuali varianti relative alla qualità dei materiali, ai profili e ai particolari strutturali che l'ESECUTORE intendesse apportare rispetto alle indicazioni contenute nei disegni approvati, dovranno essere preventivamente richieste e approvate dalle FERROVIE.

Fatto salvo quanto disposto al par. 4.2 della UNI EN 1090-2 in merito alla documentazione che l'ESECUTORE deve presentare, lo stesso dovrà inoltre provvedere alla stesura del Piano della Qualità e di un Piano di Controllo della Qualità. La documentazione suddetta dovrà essere presentata per l'approvazione alle FERROVIE che si riservano la facoltà di modificarla qualora non conforme alle proprie prescrizioni. Per quanto attiene gli obblighi connessi alla presentazione della documentazione inerente le saldature, si rimanda al par. 6.6.7.1.

Al fine di verificare la rispondenza dei materiali e delle successive lavorazioni alle specifiche e agli standard prefissati, l'ESECUTORE deve eseguire o far eseguire a proprie spese tutte le prove e i controlli di legge, quelli previsti dalle presenti prescrizioni, nonché quelli integrativi richiesti dalle FERROVIE in base a motivate esigenze tecniche, ovvero dal Collaudatore statico e/o dalla Commissione di Collaudo. Le prove sui materiali debbono essere eseguite presso un Laboratorio Ufficiale o Autorizzato di cui all'art. 59 del DPR n.380/2001 alla presenza del personale delle FERROVIE.

L'ESECUTORE deve inoltre fornire la manodopera e le attrezzature necessarie per permettere al personale incaricato dalle FERROVIE di eseguire controlli relativi a tutte le lavorazioni in officina nonché predisporre le eventuali opere provvisorie e ponteggi necessari per effettuare i controlli di premontaggio dell'opera in officina e/o in cantiere.

Tutti gli oneri diretti e indiretti derivanti dall'applicazione delle presenti prescrizioni sono compresi e compensati dai prezzi contrattuali.

Limitatamente ai ponti e viadotti ferroviari e cavalcaferrovia le lamiere accettate potranno essere inviate al taglio solo dopo che sui singoli pezzi da ricavare, già tracciati sulle stesse a cura dell'ESECUTORE, sarà stato apposto il punzone del personale delle FERROVIE.

A tale scopo dovranno essere presentati gli schemi di taglio con l'indicazione grafica, in opportuna scala, delle strisce e delle piastre che verranno ricavate da ciascuna lamiera, il numero, le dimensioni dei pezzi e le relative marche di officina.

Le convocazioni per il controllo dei materiali grezzi approntati sia presso le ferriere che presso lo stabilimento dell'ESECUTORE dovranno essere trasmesse alle FERROVIE, con un anticipo di almeno 15 (quindici) giorni, in modo che le stesse siano messe in grado di programmare gli interventi.

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
	CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 101 di 156

- S355 N/NL UNI EN 10025 – 1 e 3
- S420 N/NL UNI EN 10025 – 1 e 3
- S460 N/NL UNI EN 10025 – 1 e 3
- S355 J0W/ J2W / K2W UNI EN 10025 – 1 e 5

L'impiego di acciaio di qualità S420 e S460 è ammesso se adeguatamente giustificato dal progettista e previo preventivo benestare da parte delle FERROVIE.

Relativamente ai documenti di controllo che debbono accompagnare le forniture, si precisa che per la suddetta classe di esecuzione è richiesto in ogni caso un certificato di tipo 3.1 secondo EN 10204.

La scelta del grado di qualità, in assenza di dati più precisi, sarà operata secondo le indicazioni della seguente tabella nella quale per T_m si intende la Temperatura minima di servizio ($^{\circ}$ C) per la cui definizione si rimanda alle norme nazionali:

Temperatura cui eseguire le prove di resilienza Charpy V		
Spessore dell'acciaio (mm)	Elementi importanti che compongono la struttura e in ogni caso tutti gli elementi sollecitati a fatica	Elementi secondari non sollecitati a fatica
$s \leq 25$	$T = T_m$	$T = T_m + 20^{\circ}$ C
$25 < s \leq 40$	$T = T_m - 10^{\circ}$ C	$T = T_m + 10^{\circ}$ C
$s > 40$	$T = T_m - 20^{\circ}$ C	$T = T_m$

Tabella 6.6.3.1.2.1

Tutti i materiali delle strutture principali destinati ad essere saldati devono essere, in ogni caso, almeno di grado J2 e/o K2 e di regola dovranno essere normalizzati.

La calmatatura dovrà di regola essere effettuata all'alluminio. Qualora sia effettuata con altri elementi (Nb, Ti, Va, etc.) in grado di fissare l'ossigeno, tali elementi dovranno essere indicati nel certificato di controllo.

Per tutti gli acciai sopra riportati, il valore del C_{eq} (Carbonio Equivalente) risultante dall'analisi chimica eseguita sul prodotto non dovrà essere maggiore di 0,02 rispetto al valore percentuale indicato per la colata nel certificato di controllo. Per gli altri elementi gli scostamenti ammessi sono quelli indicati nelle norme vigenti.

Sui certificati di controllo deve figurare il tenore degli elementi che figurano nella formula per il calcolo del valore equivalente di carbonio.

Sulle lamiere di spessore > 15 mm interessate da saldatura e quando esplicitamente richiesto dalle FERROVIE per un particolare progetto, si dovrà eseguire il controllo ultrasonoro con le modalità della classe S2 + E3 ai sensi della norma UNI EN 10160.

Sulle lamiere di spessore ≥ 25 mm destinate alla composizione di profili composti mediante saldatura con cordoni a parziale e/o a piena penetrazione (escluse quelle composte con saldatura testa a testa), e/o soggette

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
	CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 102 di 156

a sforzi nel senso trasversale alla direzione di laminazione (es. giunti a croce), dovrà essere eseguito il controllo della duttilità con prova di trazione perpendicolare alla superficie del prodotto secondo UNI EN 10164:2004, classe di qualità Z35.

Per elementi strutturali non destinati ad essere saldati valgono le indicazioni della norma UNI EN 10025 - 2 per l'acciaio S275 e S355. E' ammessa in questo caso la calatura al Silicio.

Per le strutture secondarie e quant'altro non facente parte della struttura principale è ammesso l'impiego di materiale S275 JR e 355 JR UNI EN 10025 - 1 e 2.

Per quanto riguarda le condizioni superficiali e le caratteristiche dimensionali, il materiale dovrà rispettare le limitazioni riportate nella tabella seguente:

CLASSE DI ESECUZIONE	EXC3 ⁽¹⁾	EXC4
SPESSORE LAMIERE (UNI EN 10029)	Classe B	Classe B
PLANARITA' LAMIERE (UNI EN 10029)	Classe N	Classe S
FINITURA SUPERFICIALE LAMIERE (UNI EN 10163-2)	Classe A/2	Classe B/3
FINITURA SUPERFICIALI PRODOTTI LUNGHI (UNI EN 10163-3)	Classe C/1	Classe D/ 3

(1) Per i ponti e i viadotti ferroviari valgono i limiti della classe EXC4

Tabella 6.6.3.1.2.2

6.6.3.1.3 Strutture per ponti ferroviari

Limitatamente alle strutture principali per ponti ferroviari quali ad esempio travi principali, briglie, diagonali, travi trasversali, longherine, ecc, l'acciaio dovrà corrispondere alle qualità riportate nella medesima classe EXC3 e EXC4 con le seguenti prescrizioni:

- Per materiali di spessore superiore o uguali a 50 mm, la temperatura cui eseguire le prove di resilienza è di - 50 C°. In tal caso le provette dovranno essere ricavate sia in corrispondenza della superficie di laminazione che a metà spessore. Si precisa che le FERROVIE si riservano di chiedere l'esecuzione di prove CTOD secondo la norma BS7910 per applicazioni particolari come ad esempio combinazioni tra spessori elevati, basse temperature di esercizio, elevate sollecitazioni, giunti particolarmente complessi, ecc. Il valore delta di apertura all'apice della cricca, da garantire alla temperatura minima di servizio, è pari a 0,2 mm.
- Per gli elementi interessati da saldatura sono previsti i seguenti limiti del Ceq (valore equivalente di carbonio) rilevato secondo l'espressione $Ceq = C + Mn/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Ni + Cu)/15$ dall'analisi chimica di colata del certificato di controllo:

	per t ≤ 40 mm	per t > 40 mm e per profili laminati
Acciaio S275	Ceq ≤ 0,38%	Ceq ≤ 0,40%

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
	CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 103 di 156

Acciaio S355	Ceq ≤ 0,43%	Ceq ≤ 0,45%
Acciaio S355 W	Ceq ≤ 0,49%	Ceq ≤ 0,50%
Acciaio S420	Ceq ≤ 0,46%	Ceq ≤ 0,48%
Acciaio S460	Ceq ≤ 0,51%	Ceq ≤ 0,52%

Tabella 6.6.3.1.3.1

Su tutti i materiali interessati dalla saldatura i contenuti di zolfo e silicio dovranno rispettare anche le seguenti limitazioni:

- S < 0,012% per lamiera di qualsiasi spessore
- Si < 0,35% per materiale in acciaio S275
- Si < 0,40% per tutti gli altri materiali .

Per le lamiere striate o bugnate del tavolato, da realizzarsi con spessore 5 mm + 2 mm di stria (bugna), è previsto l'impiego di materiale S235 JR UNI EN 10025 – 1 e 2 zincato a caldo secondo la norma UNI EN ISO 1461.

Per i tavolati realizzati in grigliato elettrosaldato è previsto l'impiego di grigliato alveolare zincato a caldo secondo UNI EN ISO 1461 con maglia 30 x 30 mm, piatto portante 30 x 3 mm e asta secondaria 20 x 3 mm, ovvero maglia 34 x 38, piatto portante 30 x 4 mm e asta secondaria in quadro ritorto, oppure d'altro tipo ma di caratteristiche equivalenti di peso e portata; quale materiale si impiegherà acciaio S235 JR UNI EN 10025 – 1 e 2.

Le chiavarde di ritegno dei legnami da ponte debbono essere del tipo a testa quadra con quadro sottotesta e devono essere conformi al disegno di FERROVIE n. 3313 del 2011 e alla “Specifica Tecnica di Fornitura per Chiavarde per Armamento Ferroviario (RFI TCAR SF AR 05 008A)”.

Le chiavarde devono essere realizzate con materiale avente classe di resistenza 5.6 secondo la norma ISO 898 parte 1, i dadi con materiale avente classe di resistenza 5 secondo la norma UNI EN ISO 20898 parte II.

6.6.3.2 Chiodi

I chiodi da ribadire a caldo dovranno essere ricavati da tondi laminati di materiale S275 JR UNI EN 10025 provvisti di marcatura CE. Le dimensioni del prodotto finito devono corrispondere ai valori indicati nella UNI 136 (chiodi a testa tonda stretta) e nella UNI 139 (chiodi a testa svasata piana).

6.6.3.3 Bulloni

Per le prescrizioni sui bulloni delle giunzioni di opere in classe di esecuzione EXC2 e delle giunzioni di elementi secondari di opere in classe di esecuzione EXC3 e EXC4 si rimanda a quanto indicato nel DM 14.01.2008. Per le restanti giunzioni, valgono le prescrizioni riportate di seguito.

I bulloni dovranno essere unicamente del tipo “ad alta resistenza” ai sensi delle seguenti norme:

- viti secondo EN 14399-4
- dadi secondo EN 14399-4
- rondelle (rosette) secondo EN 14399-6
- piastrine secondo UNI 5715 -5716

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 104 di 156

La classe del bullone sarà selezionata in funzione del tipo di giunto da realizzare, ed in particolare:

per giunti con bulloni a taglio:

- Viti di classe 8.8 UNI EN ISO 898 - 1
- Viti di classe 10.9 UNI EN ISO 898 – 1
- Dadi di classe 8 UNI EN ISO 898 – 2
- Dadi di classe 10 UNI EN ISO 898 – 2

per giunti con bulloni ad attrito:

- Viti di classe 10.9 UNI EN ISO 898 - 1
- Dadi di classe 10 UNI EN ISO 898 – 2

Nel caso vengano utilizzati per i giunti a taglio bulloni della classe 10.9 gli stessi dovranno essere dimensionati come appartenenti alla classe 8.8.

Le tolleranze sulle dimensioni dei bulloni non dovranno essere superiori a quelle previste per la bulloneria di grado A UNI EN ISO 4759 parte 1 (h13, ovvero h11 se richiesto espressamente all'ordine, per diametro di gambo libero).

Per quanto riguarda le caratteristiche chimiche e meccaniche, si rimanda alle norme EN 14399-4 e 6, EN 15048-1 e 2, EN ISO 898-1 e 2.

In entrambe le tipologie di giunzione, rondelle e piastrine saranno in acciaio temprato e rinvenuto di durezza 300 – 370 HV.

Non è ammesso l'impiego di bulloni zincati nelle opere in classe di esecuzione EXC3 e EXC4.

Presentazione ed imballaggio

Viti, dadi e rondelle dovranno essere opportunamente contrassegnati come di seguito indicato:

- Indicazione del PRODUTTORE (marchio);
- Classe di resistenza;
- Sistema di assieme (HR e HV);
- Codice alfanumerico di identificazione che dovrà garantire la rintracciabilità del prodotto sulla base delle registrazioni di produzione e controllo.

Il contrassegno potrà essere eseguito per le viti sulla testa all'atto della ricalcatura, mentre per i dadi e le rondelle deve essere inciso su una delle facce di appoggio.

Tutta la bulloneria deve essere fornita in robusti contenitori di legno o metallo (sono da escludere contenitori di cartone) sigillati nelle modalità indicate dalla norma EN 14399-1 e protetti fino al loro impiego per non alterare le condizioni di lubrificazione che potrebbero modificare il valore del coefficiente K.

Su ogni contenitore deve essere apposto un cartellino sul quale dovranno essere riportati:

- Marcatura CE;
- Numero di identificazione dell'organismo di certificazione;
- La denominazione del fornitore;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 105 di 156

- Normativa di riferimento;
- La classe di resistenza;
- Il sistema di assieme;
- K-class nonchè il valore in Nm della coppia di serraggio ovvero coppia + rotazione;
- Il numero distintivo del lotto di appartenenza;
- Il numero dei pezzi contenuti e le loro dimensioni;
- Gli estremi dell'ordinazione.

Nell'ambito della stessa opera i valori di K (K1 o K2) dovranno essere tali che la coppia o la coppia più rotazione sia la stessa per ciascun diametro. Questo per evidenti necessità di montaggio e manutenzione.

Prima del ciclo di verniciatura le parti esterne dei bulloni dovranno essere spazzolati e sgrassati con opportuni solventi compatibili con il tipo di acciaio utilizzato e con il tipo di pittura che dovrà impiegarsi.

6.6.3.4 Connettori

Dovranno utilizzarsi solamente prodotti provvisti di marcatura CE e delle tipologie di seguito descritte.

Connettori a piolo

L'acciaio deve essere idoneo al processo di formazione dei connettori e compatibile per saldatura con il materiale costituente l'elemento strutturale al quale verranno collegati; esso dovrà avere le seguenti caratteristiche meccaniche risultanti sul prodotto secondo EN ISO 13918 – UNI EN 10025 qualità S235 J2 G3 + C 450 o similari (ST 37 – 3K DIN 50049):

- $f_u/f_y \geq 1,2$
- $f_y \geq 350 \text{ N/mm}^2$
- $f_u \geq 450 \text{ N/mm}^2$
- Allungamento: $\geq 12\%$
- Strizione: $\geq 50\%$
- Composizione chimica $C \leq 0,18$, $Mn \leq 0,9$, $S \leq 0,04$, $P \leq 0,05$.

Connettori realizzati da profili, lamiera ecc.

L'Acciaio deve essere equivalente a quello impiegato per la realizzazione dell'elemento strutturale a cui i connettori stessi sono saldati.

6.6.4 PROVE DI ACCETTAZIONE DEI MATERIALI

Su tutti i materiali da impiegare l'ESECUTORE dovrà effettuare, a sua cura e spesa, presso Laboratori Ufficiali o autorizzati, di cui all'art. 59 del DPR 380/2001, le prove di seguito specificate. Le prove saranno eseguite alla presenza di un rappresentante delle FERROVIE.

6.6.4.1 Profilati e lamiera

Saranno effettuate prove meccaniche e chimiche su tre campioni per unità di controllo secondo lo schema seguente:

CLASSE DI ESECUZIONE	UNITA' DI CONTROLLO
EXC2	Ogni 90 tonnellate o frazione
EXC3	Ogni 40 tonnellate o frazione per ponti e viadotti ferroviari Ogni 60 tonnellate o frazione per le altre opere
EXC4	Ogni 40 tonnellate o frazione

Tabella 6.6.4.1.1

Ai fini della definizione dell'unità di controllo si precisa quanto segue:

- per appartenere alla stessa unità di controllo il materiale deve essere della stessa colata e aver subito lo stesso ciclo di lavorazione e lo stesso trattamento termico.
- Ogni unità di controllo può raggruppare solamente materiali aventi spessore che non differiscano fra loro più di 4 mm (per profilati a C, a T e a doppio T si fa riferimento allo spessore delle ali).

Se il numero degli elementi (travi, profili, lamiere ecc.) è minore o uguale a tre unità, si potrà prelevare un solo campione.

Nel caso di lamiere ricavate dalla stessa unità laminata, è consentito il prelievo di un unico campione anche se il numero degli elementi è maggiore di tre.

Su ciascun campione verranno ricavati i seguenti provini:

- n. 1 provino per la prova di trazione;
- n. 3 provini per la prova di resilienza;
- n. 3 provini per la strizione (ove specificato).

Inoltre su uno solo dei tre campioni prelevati verrà eseguita l'analisi chimica.

Su tutti i materiali impiegati dovrà inoltre eseguirsi il controllo delle condizioni superficiali e delle caratteristiche dimensionali nel rispetto delle UNI EN di riferimento, verificando altresì per ciascuna classe di esecuzione le caratteristiche di fornitura indicate nelle tabelle 6.6.3.1.2.1 e 6.6.3.1.2.2.

Tale controllo, da effettuare anch'esso alla presenza di un rappresentante delle FERROVIE, può essere eseguito, oltre che presso l'officina dell'ESECUTORE, anche presso il PRODUTTORE, sempre che siano disponibili aree e mezzi adeguati.

6.6.4.2 Chiodi

Limitatamente alle opere appartenenti alla classe di esecuzione EXC3 e EXC4 si dovranno eseguire, per ciascuna colata, le prove di seguito specificate su una serie di campioni prelevati dal lotto di chiodi approvvigionati.

Esame	Metodo di prova	Criterio di accettabilità
Controllo visivo e dimensionale	Visivo e strumentale	UNI 136 e UNI 139
Controllo superficiale mediante decapeggio	Immersione in acido (par.6.4.1 UNI 7356-74)	Assenza di cricche dopo asportazione con lima

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
	CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 107 di 156

Prova di trazione	UNI EN 10025	UNI EN 10025
Prova di schiacciamento	(par. 6.2.2 UNI 7356-74)	Nessuna cricca o lesione
Composizione chimica	Quantometrica	UNI EN 10025

Tabella 6.6.4.2.1 - Programma delle prove, modalità di esecuzione e criteri di accettabilità dei chiodi stampati

Il controllo visivo e dimensionale dovrà essere eseguito su almeno il 5% dei chiodi approvvigionati.

Qualora la lunghezza dei chiodi non consenta di ricavare i provini per la prova di trazione dovranno eseguirsi in alternativa prove di durezza per una stima della resistenza.

Per lotti di chiodi della stessa colata, di quantità inferiori a 100 pezzi, e per le opere in classe di esecuzione EXC2, le FERROVIE si riservano la facoltà di accettare il certificato 3.1 secondo UNI EN 10204, richiedendo a propria discrezione prove di durezza integrative.

6.6.4.3 Bulloni

Per le opere appartenenti alle classi di esecuzione EXC3 e EXC4 si dovranno eseguire, per ciascuna colata, le prove di seguito specificate su due serie di campioni prelevati dal lotto di bulloni approvvigionati.

Per i lotti di bulloni, della stessa colata, di quantità inferiori a 100 pezzi, le FERROVIE si riservano la facoltà di accettare il certificato 3.1 secondo EN 10204, richiedendo a propria discrezione solamente prove di durezza.

Per le prove sui bulloni destinati a opere appartenenti alla classe di esecuzione EXC2 si farà riferimento a quanto prescritto dalla normativa tecnica nazionale vigente, fermo restando l'obbligo della certificazione 3.1 ai sensi della citata norma.

Le prove, da eseguirsi ai sensi delle norme UNI richiamate nel paragrafo 6.6.3.3, sono le seguenti:

Viti:

- prova di trazione su provetta (quando la lunghezza lo consente)
- prova di trazione su appoggio a cuneo
- prova di durezza
- prova di tenacità della testa
- prova di resilienza
- controllo della decarburazione
- prova di secondo rinvenimento
- analisi chimica
- controllo dimensionale ed esterno
- controllo coefficiente k

Dadi:

- prova di durezza
- carico di prova

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 108 di 156

- analisi chimica.
- esame dei difetti superficiali

Rondelle:

- prova di durezza

Qualora l'esito dei controlli non fosse positivo, i contenitori dei bulloni scartati dovranno essere opportunamente contrassegnati e tenuti a disposizione delle FERROVIE fino al termine dei lavori, salvo autorizzazione in contrario, da richiedere specificatamente per iscritto.

Le unità di prodotto trovate difettose al montaggio, o nei successivi controlli, benché facenti parte di un lotto accettato, dovranno essere completamente sostituite.

6.6.4.4 Chiavarde

Il controllo visivo e dimensionale dovrà essere eseguito su almeno il 5% delle chiavarde approvvigionate e dovrà accertare il rispetto delle dimensioni indicate nel disegno FERROVIE n° 3313 del 2011.

6.6.4.5 Connettori

Per ciascuna colata dovranno eseguirsi, su campioni prelevati dal lotto di connettori approvvigionati, tre prove di trazione e un'analisi chimica facendo riferimento ai valori e alle norme riportati nel paragrafo 6.6.3.4.

6.6.4.6 Apparecchi d'appoggio, coprigiunti, pendini

Per quanto riguarda gli apparecchi d'appoggio, i coprigiunti, i pendini e le relative articolazioni, anche di cavalcavia stradali, si rimanda a quanto indicato nella Sezione 12 di questo Capitolato.

6.6.5 LAVORAZIONI D'OFFICINA E PRESCRIZIONI

6.6.5.1 Generalità

Gli elementi della struttura debbono essere prodotti rispettando le indicazioni progettuali e le tolleranze nel seguito indicate.

Le attrezzature impiegate nel processo di produzione debbono essere mantenute efficienti e operative al fine di garantire che l'usura e il danneggiamento non pregiudichi la qualità del processo di produzione.

6.6.5.2 Tagli

Per il taglio degli elementi potranno essere impiegati i seguenti procedimenti:

- fiamma ossiacetilenica,
- plasma,
- laser,
- dispositivo meccanico (sega, cesoia, etc...).

Per le strutture in classe di esecuzione EXC3 e EXC4 è vietato l'uso della cesoia.

Gli elementi principali (es. piattabande, anime, coprigiunti ecc.) dovranno essere ricavati in maniera tale che il senso di laminazione delle lamiere coincida con il senso dello sforzo predominante nei pezzi stessi.

La superficie dei tagli dovrà essere convenientemente rifinita mediante molatura in modo da eliminare difetti locali, sbavature e irregolarità. Si rimanda in proposito a quanto indicato nel prospetto 9 della EN 1090 facendo presente che per i materiali destinati ai ponti e viadotti ferroviari appartenenti alla classe di

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 109 di 156

esecuzione EXC3 dovranno utilizzarsi i requisiti specificati in detta norma per la classe di esecuzione EXC4.

Inoltre, per i bordi degli elementi sui quali è previsto un trattamento superficiale per la protezione dalla corrosione, gli spigoli debbono essere arrotondati in conformità alla EN ISO 12944 – 3, che prevede un raggio di arrotondamento minimo maggiore di 2 mm.

Particolare cura dovrà essere posta nell'evitare aperture o tagli ad angolo vivo. Le aperture o tagli realizzati con una qualsiasi metodologia dovranno avere angoli ben raccordati; in alternativa e subordinatamente all'autorizzazione preventiva da parte delle FERROVIE, i suddetti raccordi potranno essere sostituiti da fori eseguiti con trapano al vertice degli angoli.

6.6.5.3 Assemblaggio dei pezzi

E' vietato l'uso di puntature per l'assemblaggio dei pezzi in officina e nella fase di premontaggio parziale o totale fatto salvo quando necessarie per l'assieme dei pezzi da saldare.

Nei pezzi da incurvare, l'incurvatura dovrà essere eseguita a caldo (rosso vivo) lasciando poi raffreddare i pezzi lentamente. Si precisa che è proibito continuare a incurvare un pezzo quando esso non abbia più colore rosso.

Nel caso di accoppiamento di piatti e larghi-piatti (ovvero le strisce ricavate da lamiere) per la formazione di strutture composte (come ad esempio le travi a T), essi dovranno essere rifiniti convenientemente con opportune lavorazioni in modo da rispettare le quote previste dai disegni e le tolleranze prescritte.

Nei nodi principali delle strutture, realizzati attraverso giunzione flangiata, dovrà essere prevista adeguata lavorazione meccanica al fine di garantire una perfetta planarità delle superfici accoppiate, con una tolleranza pari a $\pm 0,5$ mm.

6.6.5.4 Forature ed alesature

Di regola, per accoppiamenti a taglio di precisione o ad attrito con tolleranze ridotte (laddove tale requisito è previsto da progetto), i fori dovranno realizzarsi a diametro convenientemente ridotto, almeno 2 mm, e successivamente alesati a diametro definitivo dopo che la struttura sarà stata completamente premontata con l'ausilio di idonei bulloni e spine di montaggio.

Per tutti gli altri accoppiamenti è possibile forare a diametro definitivo.

Per le classi di esecuzione EXC3 e EXC4 tutte le forature dovranno essere eseguite al trapano o carotatrice, restando escluso l'uso del punzone.

6.6.5.5 Controllo dimensionale dei singoli pezzi

Le FERROVIE si riservano la facoltà di verificare che le dimensioni dei singoli pezzi siano corrispondenti a quelle di progetto, tenuto conto delle tolleranze riportate nell'allegato D della norma UNI EN 1090. Per le tolleranze dimensionali sui profili composti saldati si rimanda al par. 6.6.7.18.

6.6.6 BULLONATURE

6.6.6.1 Generalità

Per le prescrizioni sui bulloni delle giunzioni di opere in classe di esecuzione EXC2 e delle giunzioni di elementi secondari di opere in classe di esecuzione EXC3 e EXC4 si rimanda a quanto indicato nel DM 14.01.2008. Per le restanti giunzioni, valgono le prescrizioni riportate di seguito.

Le giunzioni bullonate sono da prevedersi mediante l'impiego dei seguenti procedimenti:

- bulloni a taglio con accoppiamento di precisione, con gioco foro-bullone, comprensivo delle rispettive tolleranze, non superiore a 0,3 mm per $\varnothing \leq 20$ mm e non superiore a 0,5 mm per $\varnothing > 20$ mm.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 110 di 156

- bulloni ad attrito, con coefficiente d'attrito pari a 0.3 (con superfici delle giunzioni sabbiate al metallo bianco e protette sino al serraggio dei bulloni) con gioco foro bullone non superiore a 1 mm per $\varnothing \leq 20$ mm e non superiore a 1,5 mm per $\varnothing > 20$ mm.

Nei bulloni a taglio, in considerazione delle tolleranze ristrette di accoppiamento, si dovranno scegliere opportunamente le tolleranze dimensionali sul diametro della vite.

Per quanto riguarda le giunzioni di elementi secondari ad esempio i parapetti, si prevedono giunti con bulloni a taglio di caratteristiche correnti, come riportato nel paragrafo 4.2.8.1.1 del D.M. 14.01.2008.

Su una stessa struttura potranno essere adottati bulloni di tipologie diverse, a taglio o ad attrito, purché gli stessi siano identificabili a vista ed inoltre siano chiaramente indicate nei disegni di progetto e d'officina le diverse lavorazioni imposte per i fori e le relative tolleranze massime.

I bulloni con asse verticale dovranno essere montati in opera con la testa verso l'alto e con una rosetta posta sotto la testa della vite (smusso verso testa) ed una rosetta posta sotto il dado (smusso verso il dado).

I dadi debbono essere assemblati in modo tale da rendere visibile la marcatura per il controllo dopo il montaggio.

Per la stessa parte d'opera, i valori di K e della coppia di serraggio dovranno essere univoci per ciascun diametro e per tipologia di accoppiamento (attrito o taglio).

Dovrà essere posizionata in punti facilmente accessibili, idonea tabella in inox contenente l'indicazione del coefficiente K e del valore della coppia di serraggio nonché l'eventuale dispositivo anti svitamento adottato. Nel caso dei ponti ferroviari la targhetta andrà posta in corrispondenza di una delle testate.

Sono ammessi bulloni con diametro 12 – 14 – 16 – 18 – 20 – 22 – 24 – 27 mm.

Non sono ammessi disassamenti dei fori che non consentano il passaggio del bullone previsto. In nessun caso sono ammesse ovalizzazioni dei fori ed in caso si dovrà procedere ad alesatura a diametro superiore con adeguata sostituzione dei bulloni interessati.

Per quanto riguarda l'ortogonalità tra asse del bullone e superficie bullonata, è consentito uno scostamento $\leq 1^\circ$.

6.6.6.2 Giunzioni con bulloni a taglio

La lunghezza delle viti dovrà essere calcolata in modo che non più di mezza spira ricada all'interno del pacchetto da serrare. Qualora resti compreso nel foro un tratto filettato se ne dovrà tenere adeguato conto nelle verifiche di resistenza.

Tutti i bulloni dovranno essere adeguatamente serrati ed in particolare:

- bulloni soggetti anche a carico assiale: serraggio al 100% del valore che garantisce i precarichi indicati nella tabella seguente;
- bulloni soggetti unicamente a taglio: è ammessa una riduzione del serraggio all'80% del valore che garantisce i precarichi riportati nella tabella seguente, purché si indichi nel contempo l'adeguato provvedimento contro l'auto svitamento del bullone approvato dalle FERROVIE.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
	CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 111 di 156

\varnothing (mm)	Ares (mm ²)	NS (kN) Classe 8.8	NS (kN) Classe 10.9
12	84	38	47
14	115	52	64
16	157	70	88
18	192	86	108
20	245	110	137
22	303	136	170
24	353	158	198
27	459	206	257
30	561	251	314
Ns = Precarico			

Tabella 6.6.6.2.1 tabella di riferimento per il serraggio dei bulloni a taglio

Per quanto riguarda le attrezzature e le procedure di serraggio si richiama quanto riportato per le giunzioni ad attrito nel successivo paragrafo 6.6.6.4.

6.6.6.3 Giunzioni con bulloni ad attrito

Le superfici sabbiare a metallo bianco SA 2 e 1/2 dovranno essere protette con pellicole o altri mezzi che preservino la pulizia delle superfici fino al momento dell'accoppiamento in cantiere. In alternativa, previa autorizzazione delle FERROVIE, potranno essere utilizzati idonei prodotti (zincanti inorganici, etc.) da applicare in officina per i quali sia stata prodotta idonea documentazione comprovante il coefficiente di attrito previsto in progetto.

Tutti i bulloni dovranno essere accuratamente serrati al 100% del valore tabellare previsto dal D.M. 14.01.2008 al paragrafo 4.2.8. e dalla circolare applicativa.

6.6.6.4 Modalità di serraggio

Prima di procedere all'assemblaggio di un giunto occorre rimuovere bave, impurità e accumuli di rivestimento che potrebbero causare depositi solidi.

Il giunto deve essere predisposto nella disposizione definitiva mediante un numero opportuno di "spine", in grado di impedire spostamenti relativi tra i pezzi da unire e consentire l'adeguata corrispondenza dei fori.

Il serraggio deve essere eseguito mediante rotazione del dado eccetto quando non è possibile accedere dalla parte ove lo stesso è ubicato. Quando il serraggio avviene mediante la rotazione della vite, debbono essere eseguite apposite prove di taratura come indicato al par. 8.5.1 della EN 1090-2.

Il serraggio deve essere eseguito progressivamente dalla parte più rigida della giunzione alla parte meno rigida tenendo conto che per raggiungere l'uniformità del precarico potrebbero essere necessari più cicli di serraggio.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 112 di 156

Sono previsti i seguenti metodi di serraggio:

- serraggio con il metodo della coppia;
- serraggio con il metodo combinato.

Le chiavi torsionometriche utilizzate in ogni fase del serraggio con il metodo della coppia, debbono avere un'accuratezza pari a $\pm 4\%$ in accordo con la norma EN ISO 6789. Per ogni chiave deve essere verificata l'accuratezza con frequenza almeno settimanale e, in caso di chiavi pneumatiche, ogni volta che varia la lunghezza della vite. Per chiavi torsionometriche utilizzate nella prima fase di serraggio con metodo combinato, si richiede un'accuratezza di $\pm 10\%$ e un controllo con periodicità annuale;

Il controllo della chiave deve essere effettuato anche a seguito di un incidente accaduto durante l'uso (ad es. caduta della chiave, sovraccarico, ecc.) che possa comprometterne l'idoneità.

Se un assieme è stato serrato con il precarico richiesto e successivamente per qualsiasi motivo viene allentato, questo dovrà essere di regola rimosso e l'intero assieme (vite-dado-rondelle) sostituito. In fase di approvvigionamento dei bulloni, l'ESECUTORE dovrà prevedere un'adeguata scorta di bulloni, sufficienti per le prove di serraggio.

6.6.6.4.1 Serraggio con il metodo della coppia

La coppia di serraggio deve essere applicata in continuo e in modo uniforme.

Il processo di serraggio per ogni bullone generalmente comprende almeno due fasi:

- una prima fase consiste nel serrare l'assieme fino al raggiungimento del 75% circa del valore della coppia richiesta. Questa prima fase deve essere completata per tutti gli assiami prima di proseguire alla fase successiva;
- una seconda fase di raggiungimento del 100% del valore di coppia richiesta.

6.6.6.4.2 Serraggio con il metodo combinato

Il serraggio con il metodo combinato comprende due fasi:

- una fase di serraggio iniziale, che consiste nel serrare l'assieme fino al raggiungimento del 75% del valore della coppia richiesta, salvo più precise indicazioni fornite dal PRODUTTORE dei bulloni. Questa prima fase deve essere completata per tutti gli assiami prima di proseguire alla fase successiva;
- una seconda fase di serraggio finale in cui viene messo in rotazione il componente dell'assieme che deve ruotare nella misura indicata dal PRODUTTORE. La posizione relativa del dado rispetto alla filettatura della vite deve essere contrassegnata con un pennarello indelebile al termine della prima fase, in modo tale che possa essere facilmente determinata la rotazione finale del dado rispetto al filetto della vite.

6.6.6.5 Controllo del serraggio

Tutti i collegamenti effettuati con bulloni precaricati debbono essere sottoposti a controllo visivo dopo accostamento iniziale sulla struttura abbinata e prima della fase di precarico.

Il controllo dei bulloni montati con i relativi metodi di installazione deve essere effettuato in funzione del metodo di serraggio utilizzato.

La scelta della giunzione su cui eseguire i controlli deve essere casuale assicurandosi che i campioni da controllare siano rappresentativi di: tipologia del collegamento, gruppo di collegamento di viti, lotto di viti, tipologia e dimensioni, attrezzature utilizzate.

La fase di pre-serraggio deve essere verificata attraverso controlli visivi della giunzione per assicurare che le

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 113 di 156

stesse siano a “pacco”.

Il controllo finale del serraggio prevede la verifica degli stessi assiemi per verificare l'assenza di condizioni di sotto serraggio e di sovra serraggio.

Il controllo deve essere eseguito con chiave dinamometrica, o con altro idoneo dispositivo, che garantisca una precisione di $\pm 4\%$. Tale controllo dovrà essere eseguito su almeno il 20% dei bulloni, scelti in modo da interessare tutta l'estensione del giunto in esame. Se anche un solo bullone non rispondesse alle prescrizioni di serraggio, il controllo deve essere esteso al 100% del giunto.

6.6.6.5.1 Controllo dei bulloni serrati con il metodo della coppia

Per il controllo del serraggio si procederà nel modo seguente:

- Marcatura di dado, vite e lamiera per identificarne la posizione relativa;
- Allentamento del dado con una rotazione almeno pari a 60° prestando attenzione che non ruoti la vite nel qual caso occorre tenere ferma la testa dalla parte opposta;
- Serraggio del dado con la coppia prescritta e controllo del ritorno alla posizione originaria.

Nel caso in cui l'angolo di rotazione tra vite e dado dovesse risultare $>$ di -15° il bullone risulta sovra serrato. Tutti i bulloni del giunto dovranno essere sottoposti a prova e nel caso sostituiti.

Nel caso in cui l'angolo di rotazione tra vite e dado dovesse risultare $>$ di $+15^\circ$ il bullone risulta sotto serrato. Tutti i bulloni del giunto dovranno essere riportati al corretto serraggio.

6.6.6.5.2 Controllo dei bulloni serrati con il metodo combinato

Per il controllo della fase di serraggio iniziale si procederà nello stesso modo descritto nel paragrafo precedente.

Nel caso in cui la rotazione tra vite e dado dovesse risultare $>$ di -15° il bullone risulta sovra serrato. Tutti i bulloni del giunto dovranno essere sottoposti a prova e l'angolo rilevato dovrà essere sottratto dall'angolo di rotazione prestabilito per la seconda fase di serraggio.

Nel caso in cui l'angolo di rotazione tra vite e dado dovesse risultare $>$ di $+15^\circ$ il bullone risulta sotto serrato. Tutti i bulloni del giunto dovranno essere riportati al corretto serraggio.

Prima dell'inizio della seconda fase di montaggio, bisogna verificare la presenza di tutti i contrassegni sul dado e sulle viti. Eventuali contrassegni mancanti debbono essere ripristinati.

Al termine della seconda fase di montaggio, i contrassegni devono essere verificati come segue:

- nel caso in cui l'angolo di rotazione è inferiore di più di 15° dell'angolo prestabilito, l'angolo deve essere corretto (sotto serraggio).
- nel caso in cui l'angolo di rotazione è superiore di 30° oltre l'angolo prestabilito, l'assieme deve essere smontato e sostituito con un assieme nuovo.

6.6.7 SALDATURE

6.6.7.1 Oneri dell'esecutore

Prima dell'inizio delle attività di fabbricazione, nel caso siano previste giunzioni saldate, L'ESECUTORE deve provvedere ad emettere il “quaderno delle saldature” all'interno del quale saranno contenute tutte le informazioni relative alle attività di saldatura quali:

- le procedure di saldatura WPS (Specifiche di procedura di saldatura) utilizzate da saldatori e operatori,

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 114 di 156

- le WPAR (Verbale di qualificazione di procedura di saldatura) che supportano e validano le WPS;
- il tipo di saldatura con i relativi dettagli;
- la rintracciabilità delle qualifiche di procedimento;
- le certificazioni dei saldatori.

Inoltre al documento saranno allegate tutte le procedure di lavoro correlate al processo di saldatura (il tipo e l'estensione dei controlli, il grado di accettabilità, le macchine e/o gli impianti da utilizzare, i trattamenti termici, le sequenze di montaggio etc.).

Indicazioni puntuali sui vari punti citati sono riportate nel seguito della presente sezione di Capitolato.

Per l'approvazione del quaderno delle saldature e per lo svolgimento dei controlli l'ESECUTORE incaricherà un Ente di controllo, a sua cura e spese, che dovrà possedere i seguenti requisiti:

- costituire parte sicuramente indipendente per forma;
- avere svolto incarichi per conto delle FERROVIE nell'ambito di quanto previsto dalla presente specifica;
- possedere un proprio laboratorio accreditato ACCREDIA secondo UNI EN ISO / IEC 17025: 2005, riconosciuto dal Ministero dei LL.PP.;
- avere un settore specificatamente dedicato alle attività di controllo non distruttivo delle strutture metalliche con un sistema di Gestione della qualità conforme alla UNI EN ISO 9001 ed avere in organico personale certificato di livello 3 e di livello 2 secondo UNI EN ISO 9712.
- avere in organico proprio personale con i requisiti di "Coordinatori di saldatura" secondo quanto indicato nella norma UNI EN ISO 14731:2007 certificato al livello CIWE (Certified International Welding Engineer e CIWT (Certified International Welding Technologist) con almeno 7 anni di esperienza (15 per il Responsabile) nella fabbricazione e controllo delle strutture metalliche;
- avere in organico proprio personale con la qualifica di ispettori della saldatura certificati come CIWI-C (Certified International Welding Inspector – Comprehensive Level) e CIWI-S (Certified International Welding Inspector – Standard Level) con almeno 10 anni di esperienza nella fabbricazione e controllo delle strutture metalliche;
- avere ottenuto, per l'opera soggetta a controllo, l'autorizzazione, da parte della struttura emittente il presente documento, ad eseguire i controlli richiesti dalla presente sezione di Capitolato;

Laddove necessario, le FERROVIE si riservano la facoltà di eseguire, con proprio personale qualificato, i compiti attribuiti all'Ente designato.

6.6.7.2 Tipologie di saldatura

Per l'unione mediante saldatura degli elementi strutturali possono essere previste le seguenti tipologie di giunto:

- giunto testa a testa a piena penetrazione;
- giunti a T a piena penetrazione;
- giunti a T a parziale penetrazione (con smusso pari ad almeno 1/3 dello spessore minimo impiegato e lato del cordone al piede $\geq \frac{1}{2}$ del medesimo spessore
- giunti a T a cordoni d'angolo;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 115 di 156

- giunti a sovrapposizione con cordoni d'angolo.

6.6.7.3 Procedimenti di saldatura applicabili

I procedimenti di saldatura applicabili negli ambiti della presente sezione di Capitolato sono:

- manuale con elettrodi rivestiti;
- automatico ad arco sommerso;
- semiautomatico ed automatico a filo continuo animato e con anima metallica con protezione di gas;
- semiautomatico a filo continuo pieno con protezione di gas (solamente per la saldatura degli elementi secondari, nel caso di cavalcaferrovia, e per i parapetti e gli elementi del tavolato nel caso di ponti ferroviari);
- manuale, semiautomatico o automatico per la saldatura dei connettori;

In generale, saranno da preferirsi procedimenti di saldatura di tipo automatico per le maggiori garanzie offerte nei riguardi della costanza della qualità.

Altri procedimenti potranno essere autorizzati in casi particolari, previa specifiche prove di qualifica, definizione dei controlli non distruttivi ed approvazione da parte delle FERROVIE.

A tal fine l'ESECUTORE deve presentare precise proposte tecniche relative alle modalità di qualifica e di controllo per il caso particolare considerato.

6.6.7.4 Specifiche di procedura di saldatura

Le specifiche di procedura di saldatura (WPS) saranno elaborate a cura dell'ESECUTORE per ogni giunto da eseguire in produzione. Le modalità di elaborazione delle procedure di saldatura saranno conformi alle indicazioni della Norma UNI EN ISO 15607 e della Norma UNI EN ISO 15609-1.

Tutte le procedure di saldatura dovranno risultare qualificate fatta eccezione per il procedimento di saldatura manuale con elettrodi rivestiti su acciai di classe di resistenza fino a 510 N/mm². L'ESECUTORE indicherà sui disegni costruttivi o su altro documento i riferimenti alle procedure di saldatura (WPS) e alle preparazioni dei lembi che intende utilizzare per la realizzazione dei giunti saldati.

6.6.7.5 Prescrizioni sui materiali d'apporto

Dovranno essere utilizzati materiali di apporto che garantiscano un deposito di caratteristiche meccaniche per quanto possibile simili a quelle del materiale base. In particolare, nel caso di impiego di materiale base tipo S355 o di carico di snervamento superiore, il valore minimo della tensione di snervamento del materiale di apporto non dovrà risultare maggiore di 100 N/mm² del corrispondente valore minimo del materiale base; nel caso di impiego di materiale base tipo S275 tale differenza non dovrà superare i 150 N/mm².

La tenacità del materiale base e del giunto saldato dovrà essere valutata mediante lo stesso tipo di prova tecnologica. Il valore della tenacità della zona fusa e della zona termicamente alterata del giunto saldato ad una temperatura stabilita dovrà risultare almeno pari a quella minima tabellare del materiale base.

In generale, la composizione chimica del deposito dovrà essere per quanto possibile simile a quella del materiale base.

Sugli acciai aventi caratteristiche di resistenza migliorata alla corrosione atmosferica dovranno essere usati materiali di apporto con caratteristiche migliorate di resistenza alla corrosione atmosferica, non inferiori a quelle del materiale base. Le FERROVIE si riservano di effettuare prelievi di materiale d'apporto per verificare la composizione chimica.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 116 di 156

6.6.7.6 Procedimento manuale ad arco con elettrodi rivestiti

Per gli acciai di tipo S275 e S355 dovranno essere rispettivamente impiegati elettrodi basici della serie E44 ed E52 di classe di qualità 4, secondo UNI EN ISO 2560, con tenore di idrogeno non superiore ad H5.

Tali elettrodi dovranno risultare contrassegnati con il simbolo secondo UNI EN ISO 2560:2010 e UNI EN ISO 18275:2012 che assicuri un valore di resilienza Kv garantito almeno alla temperatura minima di prova del materiale base.

L'ESECUTORE è tenuto ad indicare la denominazione commerciale degli elettrodi che intende adottare sulle procedure di saldatura.

6.6.7.7 Procedimento di saldatura automatica ad arco sommerso

Il procedimento automatico ad arco sommerso potrà essere utilizzato nella versione con una testa saldante con un filo singolo o con due fili (twin arc) o con più teste saldanti, nelle versioni a testa singola o a teste contrapposte. Saranno impiegati fili e flussi classificati secondo UNI EN ISO 14174.

Le procedure di saldatura dei giunti da realizzare con il procedimento ad arco sommerso dovranno contemplare, oltre alle caratteristiche generali come per gli altri procedimenti, anche quanto necessario ad identificare l'impianto, il numero e la disposizione dei fili per saldatura e la collocazione delle teste saldanti rispetto al giunto.

6.6.7.8 Procedimento di saldatura con filo animato con protezione di gas

Di regola è richiesto l'uso di fili animati basici o ad anima metallica per la saldatura in posizioni piano e piano - frontale; negli altri casi è possibile usare fili rutilici.

E' richiesto l'uso di fili animati con tenore di idrogeno diffusibile su deposito minore di 5ml/100g (secondo ISO 3690). In ogni caso, potrà essere richiesta dalle FERROVIE una verifica sul materiale impiegato in officina.

Il gas di protezione dovrà essere una miscela del tipo M1 o M2 secondo ISO 14175 con punto di rugiada non inferiore a -40°C. Potrà essere ammesso l'uso di CO₂ puro se consigliato dal PRODUTTORE del materiale d'apporto.

6.6.7.9 Procedimento di saldatura dei connettori

I pioli dovranno essere saldati alle piattabande con procedimento automatico per piolatura, utilizzando esclusivamente la metodologia di saldatura con capsula disossidante all'estremità del piolo e ferula ceramica e innesco a sollevamento.

In caso di necessità di ripristino della saldatura automatica dei pioli, tale operazione dovrà essere eseguita con procedimento manuale con elettrodi a rivestimento basico, previo esito favorevole di una prova preliminare su un campione atto a simulare le difficoltà operative, costituito da tre pioli per ogni diametro interessato dalla riparazione, su cui saranno eseguite sezioni macrografiche (su ogni piolo) per la verifica della fusione del vertice del piolo. Il saggio dovrà essere eseguito da ciascun saldatore impiegato.

Per altre tipologie di connettori potranno essere usati i procedimenti: semiautomatico a filo continuo animato o ad anima metallica con protezione di gas e manuale con elettrodo rivestito.

La superficie della piattabanda in corrispondenza della zona di saldatura dei connettori dovrà risultare pulita come qualunque altro lembo di saldatura.

E' ammessa la saldatura di pioli su altri pioli, previa qualifica del processo di saldatura, limitatamente ai cavalcaferrovia.

6.6.7.10 Qualificazione delle specifiche di procedura di saldatura

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 117 di 156

Le specifiche di procedura della saldatura dovranno essere qualificate e certificate in accordo ai requisiti della Normativa UNI EN ISO 15614-1:2012.

Nel caso sia richiesta anche l'esecuzione di talloni di "pre-produzione", per giunti particolari per i quali le prove standard non sono ritenute esaustive, la qualificazione dovrà essere completata con prove condotte secondo UNI EN ISO 15613.

La certificazione delle procedure di saldatura dovrà essere rilasciata da un Ente di Certificazione dotato di accreditamento ACCREDIA secondo ISO 17065 che sostituisce la EN 45011. Le FERROVIE si riservano comunque la facoltà di eseguire ulteriori prove.

Per quanto attiene alle modalità di qualifica del procedimento di piolatura, valgono in toto le prescrizioni della norma UNI EN ISO 14555.

Per la qualificazione delle specifiche di procedura di saldatura da utilizzare per le opere in classe di esecuzione EXC2 vale quanto indicato nella norma UNI EN 1090-2. Per quelle utilizzate per le opere in classe di esecuzione EXC3 e EXC4 valgono le ulteriori prescrizioni di seguito indicate.

Apporto termico

Le saldature saranno eseguite impiegando un apporto termico specifico (HI), valutato con la formula:

$$HI = k \cdot 0.06 \cdot I \cdot V / v \text{ (kJ/mm)}$$

dove :

- I = corrente di saldatura (A),
- V = tensione di saldatura (V),
- v = velocità di traslazione della sorgente termica (mm/min)
- k = fattore di correzione apporto termico in funzione del processo di saldatura (ved. UNI EN 1011 parte1) pari a 1 per l'arco sommerso e a 0,8 per elettrodo rivestito e filo continuo con protezione di gas.

Di regola l'apporto termico massimo sarà 2.8 kJ/mm mentre quello minimo non dovrà risultare inferiore a 0.8 kJ/mm.

Durante la produzione non devono ottenersi apporti termici che si discostino più del 15% dal valore misurato durante l'esecuzione dei saggi per la qualifica dei procedimenti di saldatura.

Durezza

I valori di durezza per l'acciaio S275 non devono risultare superiori a 270 HV30 mentre per i rimanenti acciai non superiori a 350 HV30. Le durezza saranno misurate in zona fusa, in zona termicamente alterata e sul materiale base.

Temperature di preriscaldamento e interpass

L'applicazione del preriscaldamento su un giunto saldato prima della sua esecuzione ed il mantenimento in temperatura durante la saldatura sono alcuni dei fattori che determinano il ciclo termico di saldatura, insieme allo spessore di tutti gli elementi strutturali che costituiscono il giunto saldato (spessore combinato della sottostante figura) ed all'apporto termico specifico.

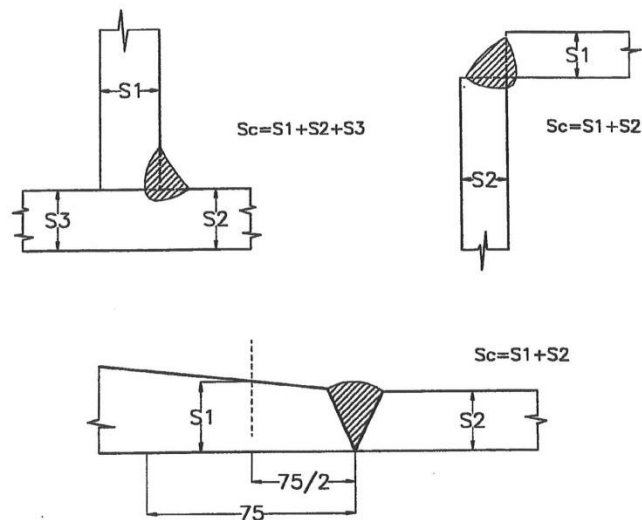


figura 6B.9.10-1

A sua volta il ciclo termico produce strutture metallurgiche diverse nella zona fusa e nella zona termicamente alterata di un giunto in funzione della composizione chimica dei materiali base e di apporto. Un utile indice dell'influenza di tale composizione è il carbonio equivalente (CEQ) valutato con la formula indicata al par. 6.6.3.1.

Nella tabella seguente sono riportati, a titolo indicativo, i valori delle temperature minime di preriscaldamento (T_{pr}) e massime di interpass (T_i), in funzione del valore di CEQ per un determinato materiale base, del valore minimo di apporto termico (HI) previsto nella procedura di saldatura approvata per un giunto saldato e dello spessore combinato del giunto (S_c) (vedere UNI EN 1011-2). L'adeguatezza di tali indicazioni dovrà essere verificata in sede di qualificazione dei procedimenti di saldatura e su talloni di pre-produzione o di produzione, con riferimento ai valori massimi della durezza indicati dalla procedura di certificazione. Pertanto, i preriscaldi stabiliti possono essere anche variati, purché venga garantito il rispetto dei limiti di durezza. Le variazioni devono essere concordate preventivamente in fase di qualifica del procedimento.

	HI (elett./filo an.)	Sc ≤30 (mm)	30 < Sc <50 (mm)	50 ≤Sc ≤ 100 (mm)
CEV <0.37	1.2 kJ/mm	-	-	75°
CEV = 0.38 ÷ 0.42		-	50°	100°
CEV = 0.43 ÷ 0.45		-	75°	125°
CEV = 0.46 ÷ 0.49		50°	125°	175°
	HI (arco sommerso)	Sc ≤30 (mm)	30 < Sc <50 (mm)	50 ≤Sc ≤ 100 (mm)
CEV < 0.37	2 kJ/mm	-	-	-
CEV = 0.38 ÷ 0.42		-	-	75°
CEV = 0.43 ÷ 0.45		-	-	100°
CEV = 0.46 ÷ 0.49		-	50°	150°

Tabella 6.6.7.10.1

E' da notare però che i preriscaldi indicati sulla specifica di saldatura devono essere maggiorati di 25°C per la puntatura dei pezzi e l'operazione di scricatura.

In ogni caso dovrà essere garantita l'asciugatura dei lembi con un preriscaldamento a 50°C.

Il preriscaldamento deve essere eseguito in modo tale che la temperatura richiesta interessi circa 75 mm di materiale base per ciascun lato del giunto.

Il controllo della temperatura di preriscaldamento e di interpass potrà essere eseguito mediante l'impiego di termocolori o di altri dispositivi atti allo scopo.

6.6.7.11 Qualificazione degli addetti alle procedure di saldatura

6.6.7.11.1 Addetti al coordinamento

Gli addetti al coordinamento delle attività di saldatura dovranno avere conoscenze specifiche con riferimento alla Norma UNI EN ISO 14731:2007, con esperienza evidente nel campo della costruzione delle strutture metalliche. L'ESECUTORE dovrà individuare il "Coordinatore di saldatura" che costituirà l'interlocutore tecnico responsabile nei confronti delle FERROVIE per tutte le attività riguardanti la saldatura.

6.6.7.11.2 Saldatori e Operatori di saldatura

I saldatori impegnati nelle applicazioni di saldatura manuale e semiautomatica, dovranno essere qualificati in accordo alla Norma UNI EN ISO 9606-1: 2013 per i procedimenti utilizzati e per le varie posizioni di lavoro. I saldatori che dovranno operare nell'ambito del presente documento dovranno eseguire, in ogni caso, come saggio di prova, anche un giunto a T con cordone d'angolo da valutare secondo i criteri previsti dalla sopra citata norma.

Gli addetti agli impianti di saldatura automatici e a quelli robotizzati e di piolatura dovranno essere certificati secondo UNI EN ISO 14732:2013.

L'abilitazione dei saldatori dovrà risultare dall'esibizione di apposito certificato di qualifica effettuata da un

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 120 di 156

Ente accreditato ACCREDIA secondo UNI EN 17024.

Il Coordinatore di saldatura dell'ESECUTORE dovrà riportare in apposito registro il nominativo dei saldatori abilitati e degli operatori, aggiornandolo sulla base delle eventuali variazioni delle qualifiche (estensione di classe, mantenimento della validità ed eventuale prolungamento). Sul registro dovranno inoltre essere riportati i periodi di inattività di ciascun saldatore e/o operatore relativamente ad un determinato procedimento.

Sia il registro che i certificati di qualifica dovranno essere reperibili presso l'ESECUTORE ed esibiti agli incaricati delle FERROVIE dietro loro richiesta.

Le FERROVIE hanno, inoltre, la facoltà di richiedere eventuali riprove di qualifica ogni qualvolta l'esame delle saldature mostri sistematica difettosità attribuibile ad insufficiente capacità operativa.

Ciascun saldatore e/o operatore dovrà essere individuato da una lettera o un numero, che sarà riportato su di un punzone, mediante il quale il saldatore stesso marcherà le saldature eseguite.

6.6.7.12 Prescrizioni costruttive

6.6.7.12.1 Generalità

Se la temperatura ambiente risulta inferiore a -5°C , dovranno essere prese particolari precauzioni per garantire le temperature minime del materiale base da saldare precedentemente indicate.

L'officina dell'ESECUTORE deve essere dotata di magazzino per deposito dei materiali di saldatura (elettrodi, fili, flussi) perfettamente chiuso e con umidità relativa costante non superiore al 50%.

I flussi e gli elettrodi, una volta aperti gli imballi originali, dovranno essere essiccati alla temperatura di 350° - 400° C per due ore e conservati in forno alla temperatura di 150° fino al momento dell'uso. L'essiccamento deve avvenire sia per gli elettrodi che per i flussi in strati non superiori a 4 cm (a meno che per i flussi non siano usati i "forni a caduta").

I saldatori dovranno essere dotati di fornelli portatili funzionanti alla temperatura di circa 100° nei quali verranno mantenuti gli elettrodi, prelevati dal forno di mantenimento, per un tempo massimo corrispondente alla durata del turno di lavoro. Alla fine del turno, gli elettrodi non utilizzati dovranno essere ritirati e stoccati in un apposito contenitore. Potranno essere impiegati dopo ulteriore essiccamento con le stesse modalità; tale trattamento, in generale, non potrà essere effettuato per più di due volte, salvo diversa indicazione del fabbricante.

Il flusso non fuso potrà essere recuperato e riutilizzato miscelato con flusso nuovo (miscela con 30% di flusso già utilizzato e 70% di flusso nuovo). Alla fine del turno di lavoro, il flusso non utilizzato dovrà essere ritirato dalle macchine e stoccato in un apposito contenitore. Potrà essere ulteriormente impiegato dopo essiccamento con le modalità di cui sopra.

L'efficienza delle procedure di essiccazione e conservazione degli elettrodi e dei flussi per arco sommerso potrà essere controllata, su richiesta delle FERROVIE, attraverso verifiche del contenuto di idrogeno diffusibile condotte su deposito, con le modalità di prova previste dalla norma AWS A4.3, tecnica a colonna di mercurio (valore richiesto < 5 ml/100g).

Nel caso di elettrodi in confezioni "vacuum pack" queste dovranno essere aperte al momento dell'uso e depositati nei fornelli; a fine turno di lavoro gli elettrodi rimasti dovranno essere conservati in forno a 150°C .

6.6.7.12.2 Controlli preventivi

Prima di iniziare la saldatura, i lembi delle parti da collegare e le zone adiacenti per una larghezza di 100 mm saranno controllati con esame visivo e strumentale per accertare l'assenza di eventuali cricche o sfogliature e le corrette condizioni di preparazione. Sui lembi e sulle zone adiacenti suddette non sono di regola ammesse riparazioni mediante saldatura. Sono ammesse molature ben raccordate fino a profondità di 3mm.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 121 di 156

Le superfici dei lembi da saldare degli elementi principali saranno esaminate preventivamente con magnetoscopia o con liquidi penetranti.

Nel caso di giunti a croce a piena penetrazione, si dovrà effettuare sulla zona di lamiera intermedia interessata dai giunti (almeno 100 mm per parte del giunto) uno specifico controllo ultrasonoro per verificare l'assenza di sfogliature o di eccessive segregazioni (UNI EN 10160:2001). Detto controllo ultrasonoro può essere omesso per lamiere di acciaio con strizione garantita nel senso dello spessore (Z 35).

6.6.7.12.3 Assiemaggio dei pezzi

Particolare cura dovrà essere posta nella fase di assiemaggio dei pezzi, prevedendo modalità di puntatura che salvaguardino dal pericolo di strappi sui materiali base o difetti in saldatura. In particolare, ove possibile, verranno utilizzati cavallotti di assiemaggio; la rimozione dei cavallotti avverrà di regola molando i relativi cordoni di saldatura; è ammessa la rimozione con taglio di fiamma purché venga lasciato un sovrametallo di almeno 3mm da rimuovere con successiva molatura. In ogni caso la superficie dovrà essere esaminata visivamente e con magnetoscopia per verificare l'assenza di strappi o cricche sulla superficie.

I giunti potranno essere assiemati per mezzo di tratti di saldatura (punti), di regola, di lunghezza non inferiore a 50 mm e da asportare nel corso della esecuzione del giunto saldato.

In un giunto saldato testa a testa da solcare a rovescio, i punti verranno depositati a rovescio, dal lato della ripresa.

Eventuali punti da inglobare nel giunto saldato dovranno essere depositati da saldatori certificati, molati alle estremità ed esaminati prima dell'esecuzione della saldatura; i punti difettosi dovranno tassativamente essere eliminati. I punti depositati da saldatori non certificati dovranno essere comunque rimossi.

Nel caso di saldatura su piatto ceramico il piatto dovrà essere montato immediatamente prima di saldare e non si dovranno effettuare puntature in cianfrino.

6.6.7.12.4 Preparazione dei lembi

La preparazione dei lembi da saldare dovrà essere definita a cura e responsabilità dell'ESECUTORE, con parere favorevole dell'Ente di controllo incaricato, e comparire sui disegni e/o sulla tavola delle preparazioni visionata dal Progettista, approvata dalle FERROVIE e resa disponibile in officina. In linea di massima la preparazione dei lembi sarà conforme alla UNI EN 9692.

Le attrezzature previste per la preparazione dei lembi dovranno comparire sulle procedure di saldatura; è raccomandato l'impiego di procedimenti di taglio termico (ossitaglio o plasma) automatici oppure di macchine utensili tipo pialle e frese indispensabili per la realizzazione di smussi a U, J, ecc.. E' ammesso l'impiego dell'ossitaglio manuale e automatico o di altre metodologie, purché la superficie venga successivamente rifinita mediante accurata molatura, che dovrà conseguire la completa rimozione delle strie da taglio e di tutte le altre irregolarità.

6.6.7.12.5 Processo di saldatura

L'accensione degli elettrodi o dei fili dovrà essere fatta su apposito tallone di lamiera ausiliaria appoggiato o puntato ad entrambe le estremità oppure in cianfrino.

L'uso dei talloni di estremità è comunque obbligatorio per l'esecuzione dei giunti testa a testa e per i giunti eseguiti con procedimenti automatici.

E' compito del saldatore e dell'operatore di saldatura esaminare la superficie di ogni passata per assicurarsi dell'eliminazione della scoria, dei difetti di profilo e delle irregolarità superficiali; se l'esito dell'esame non è soddisfacente si dovrà fare ricorso ad una preliminare operazione di molatura prima di deporre la passata successiva.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 122 di 156

In tutte le saldature testa - testa e d'angolo a piena penetrazione si dovrà effettuare in linea di principio la solcatura al rovescio e successiva ripresa. In subordine, potranno essere usati il piatto di sostegno o la saldatura senza solcatura e senza sostegno a cura di saldatori in possesso dell'idonea qualifica. In quest'ultimo caso è necessaria comunque l'autorizzazione delle FERROVIE e dell'Ente di controllo designato.

La saldatura non dovrà essere interrotta fino a quando non si sia riempito almeno metà spessore. Limitatamente alle strutture sollecitate a fatica, l'utilizzo del piatto di sostegno metallico dovrà essere preventivamente autorizzato da FERROVIE, solo quando non si potrà procedere diversamente.

6.6.7.12.6 Raddrizzatura

Le strutture deformate a seguito della saldatura devono essere raddrizzate mediante l'applicazione di riscaldamenti localizzati o a caldo con mezzi meccanici ovvero con entrambi i sistemi. L'ESECUTORE è tenuto a predisporre una procedura di raddrizzatura nella quale vengano definiti almeno:

- il campo di temperatura da ottenere;
- il metodo di applicazione dei riscaldamenti localizzati ;
- il metodo e le attrezzature per il controllo della temperatura;
- i metodi di raddrizzatura meccanica;
- il personale impiegato nelle operazioni di raddrizzatura;
- il tipo, la classe di resistenza e lo stato di fornitura (normalizzato, termomeccanico, ecc.) dell'acciaio al quale la procedura si riferisce;
- le prove sperimentali di qualificazione della procedura di raddrizzatura convalidate da un Ente Ufficiale e visionate dalle FERROVIE.

I giunti saldati degli elementi sottoposti a raddrizzatura e di quelli adiacenti, saranno esaminati dopo la raddrizzatura con controlli non distruttivi adeguati, per estensione e tipologia, al tipo di giunto.

La temperatura dell'area riscaldata (in generale intorno a 600°C) va definita in funzione dello stato di fornitura del materiale base.

Le parti riscaldate per la raddrizzatura devono essere sostanzialmente libere da sollecitazioni e da forze esterne, eccetto quelle risultanti dai mezzi meccanici usati in concomitanza con l'applicazione dei riscaldi.

6.6.7.12.7 Saldatura dei pioli

Per la saldatura automatica dei pioli ogni volta che si inizi una fase di saldatura su una membratura, da parte di ogni saldatore, dovranno essere esaminati i primi due pioli saldati; se trovati soddisfacenti all'esame visivo, verranno piegati a colpi di mazza a 45°. Dopo piegamento verranno raddrizzati e non dovranno mostrare alcuna incrinatura o mancanza di fusione.

Se questa prova da' esito negativo, l'ESECUTORE è tenuto a rimettere a punto la tecnica di saldatura su piastre ausiliarie e a ripetere le prove sui primi due pioli saldati di nuovo sulla medesima membratura.

La saldatura dei pioli sia in officina che in cantiere dovrà essere eseguita esclusivamente da personale certificato secondo UNI EN 14732:2013.

6.6.7.13 Prescrizioni concernenti i particolari strutturali

Nei cordoni d'angolo dovrà essere ottenuta la completa fusione del vertice e la forma del cordone o della prima passata, nei giunti a passate multiple, dovrà rispettare la relazione:

$$0.5 L_p \leq g+p \leq 1.1 L_p$$

tra la larghezza (L_p) e la profondità ($g+p$) dove p è la profondità di penetrazione e L_p è il lato obliquo del cordone di saldatura.

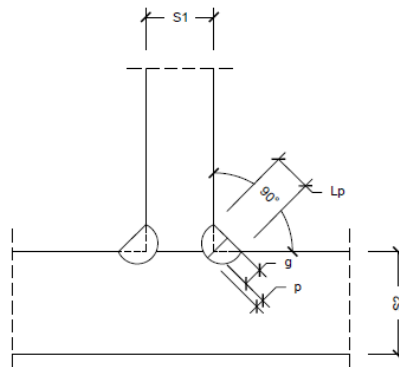


Figura 6.6.7.13.1

Per i giunti a T a piena penetrazione deve essere previsto un graduale allargamento della saldatura la cui larghezza L deve essere almeno pari ad 1.3 volte lo spessore S_1 (spessore minimo impiegato) in corrispondenza della lamiera su cui viene ad innestarsi.

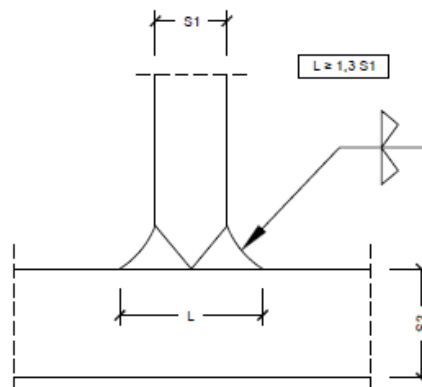


Figura 6.6.7.13.2

Per i giunti a T a parziale penetrazione l'angolo di apertura del cianfrino non dovrà essere inferiore a 50° e l'altezza della sezione resistente sarà assunta pari alla profondità del cianfrino g_{pp} .

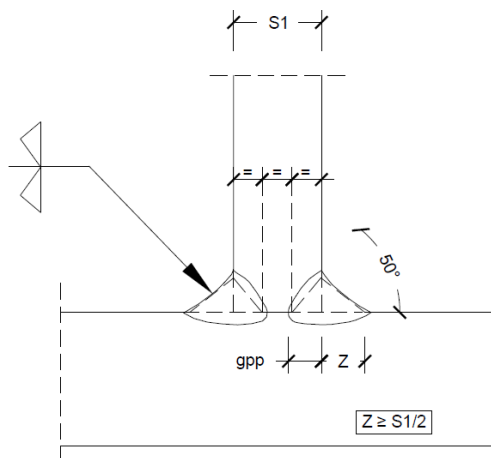


figura 6.6.7.13.3

Nella realizzazione di giunti a T od a sovrapposizione mediante saldatura d'angolo, deve ottenersi una buona aderenza tra le superfici previste a contatto. Potrà essere tollerata in questi giunti la distanza massima «d» (fig. 6.6.7.13.4), nei limiti indicati dalla UNI EN ISO 5817 (nel rispetto del relativo livello di qualità). Per la saldatura ad arco sommerso il distacco massimo dovrà essere contenuto in 1 mm.

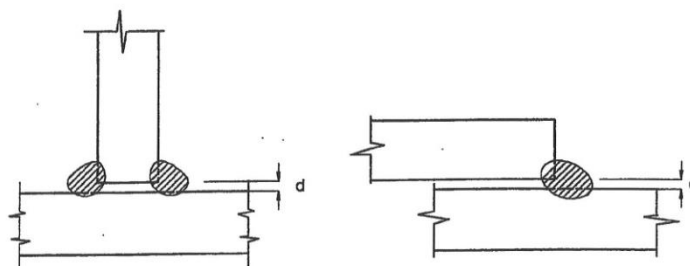


figura 6.6.7.13.4

Qualora si verificano distacchi superiori a quelli sopra indicati, potrà essere prevista l'imburratura delle superfici per ripristinare la distanza corretta oppure potrà essere proposta alle FERROVIE una diversa preparazione dei lembi. Si dovrà tenere conto dell'eventuale necessità di incrementare le dimensioni dei cordoni d'angolo.

Il tratto terminale dei giunti tra anima e piattabanda di travi a T ed a doppio T, non dovrà di regola essere saldato prima della realizzazione dei giunti testa a testa fra le travi, se presenti.

Per consentire la corretta realizzazione dei giunti testa a testa dei profili, nel caso che i giunti anima piattabanda risultassero completi, è necessario eliminare un tratto di saldatura anima - piattabanda di circa 150 mm da entrambi i lati del giunto (scucitura). Vedi fig.6.6.7.13.5.

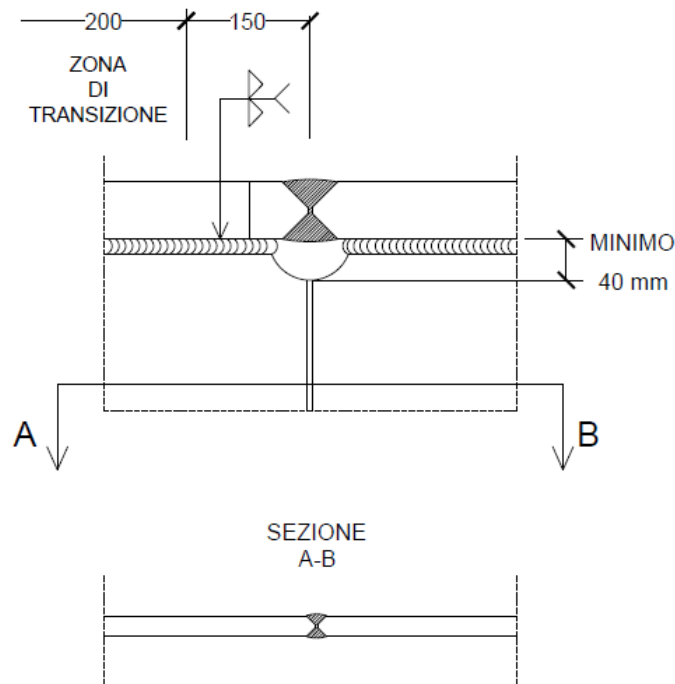


figura 6.6.7.13.4

Per la realizzazione dei giunti testa a testa si procederà di regola con la sequenza di operazioni nel seguito descritta :

- preparazione dei lembi da saldare e dello scarico alle estremità dell'anima;
- assiemaggio e puntatura degli elementi strutturali (luce del giunto d'anima maggiore della luce del giunto di piattabanda di 2-3 mm);
- saldatura delle piattabande preferibilmente in contemporanea o eseguendo riempimenti parziali alternativamente sulle due piattabande;
- saldatura dell'anima;
- saldatura tra anima e piattabanda nei tratti scuciti.

Elementi uniti in modo errato devono di regola essere tagliati e risaldati.

Quando si debbano unire di testa fra loro elementi di trave a doppio T o a T il giunto della piattabanda e dell'anima giaceranno di regola sulla medesima sezione.

Per la realizzazione delle saldature di testa delle piattabande è necessario predisporre sull'anima una lunetta allo scopo di garantire ovunque l'accesso al giunto saldato durante le fasi di esecuzione e di controllo.

A tal fine potrà essere prevista sull'anima una normale lunetta semicircolare con estremità ad arco di cerchio (raggio minimo pari a 40mm e almeno pari allo spessore dell'anima più 15 mm) ben lavorata e raccordata con fresa portatile. In presenza di severe sollecitazioni di fatica o comunque in corrispondenza di applicazione di carico diretto sulla piattabanda, verrà adottata una lunetta di forma allungata e cianfrinata in modo da poter essere richiusa con saldatura a piena penetrazione dopo l'esecuzione dei giunti di anima e di piattabanda e dei

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
	CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 126 di 156

relativi controlli non distruttivi (vedi fi. 6.6.7.13.6).

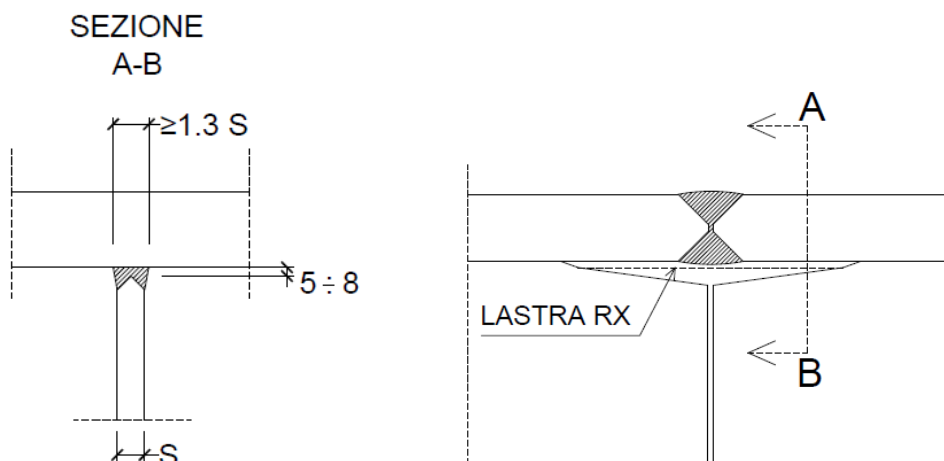


Figura 6.6.7.13.6

In ogni caso, in presenza di anime e/o piattabande saldate testa - testa, prima della composizione della trave, è necessario, dopo l'esecuzione dei prescritti controlli non distruttivi, spianare la zona di saldatura della piattabanda o dell'anima interessate, prima di assemblare gli elementi della trave per l'esecuzione delle saldature d'angolo per consentire la corretta aderenza

Nel caso di incrocio di tre o più elementi strutturali (ad esempio in una trave composta saldata all'incrocio tra anima, piattabanda e nervature di irrigidimento), dovranno essere previsti scarichi di grandezza adeguata (raggio minimo pari allo spessore della lamiera più 15mm) per consentire la corretta esecuzione ed il controllo dei giunti. (vedi fig.6.6.7.13.7 e 8)

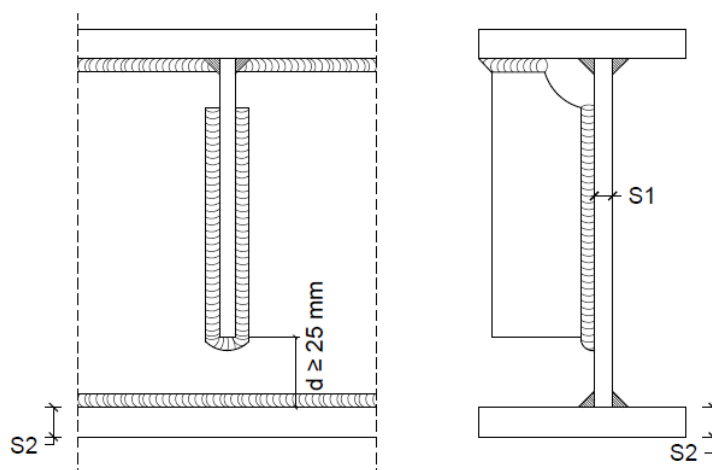


Figura 6.6.7.13.7

Gli scarichi dovranno essere ad arco di cerchio o, comunque, di forma ben avviata e privi di qualsiasi intaglio o irregolarità. Dopo eventuali lavorazioni di fresa, la rugosità dovrà risultare $ra \leq 0.2 \mu m$.

I cordoni di saldatura che raggiungono il lembo dello scarico saranno fatti girare intorno avendo cura di evitare che la saldatura incida il lembo dello scarico. Inoltre i cordoni si faranno egualmente girare intorno ai lembi liberi di fazzoletti o squadrette saldate.

Il cordone di saldatura che collega l'irrigidente all'anima della trave dovrà, in corrispondenza del lembo aderente a tale anima, essere accuratamente molato in modo da eliminare ogni traccia di incisione locale per un'altezza non inferiore al 20% dell'altezza della trave, con un massimo di 100 mm, a partire da entrambe le estremità.

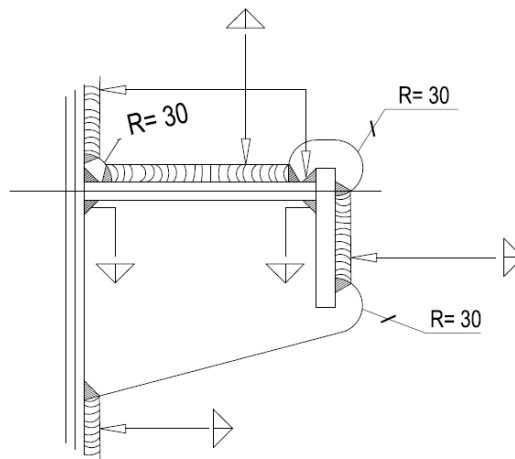


figura 6.6.7.13.8

Qualora il Progettista non ritenga applicabile l'uso degli "scarichi" sopra indicati per problemi di fatica, si dovranno realizzare scarichi che seguano il profilo del cordone sottostante, con un distacco massimo di 1mm. In questo caso la saldatura delle nervature non verrà interrotta e seguirà il profilo dello scarico.

Nella saldatura testa - testa di due elementi principali di diverso spessore, lo spessore maggiore dovrà essere gradualmente rastremato sino a raggiungere lo spessore minore. Il tratto rastremato dovrà risultare, in generale, non inferiore a 5 volte la differenza di spessore degli elementi collegati, a partire dall'asse del giunto.

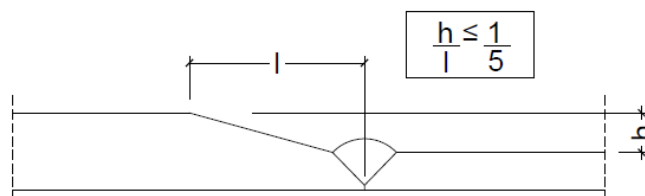


figura 6.6.7.13-9

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 128 di 156

Nel caso di sovrapposizione di piattabande, in corrispondenza della sezione terminale della piattabanda sovrapposta, si dovrà garantire un adeguato raccordo tra la doppiatura e la piattabanda, prevedendo comunque di eseguire un cordone d'angolo di chiusura che abbia altezza di gola pari almeno alla metà dello spessore della piattabanda stessa e raccordato ai cordoni laterali (vedi fig.6.6.7.13.10). Tale cordone dovrà essere regolarizzato mediante asportazione con mola del materiale eccedente; è raccomandata la soluzione seguente:

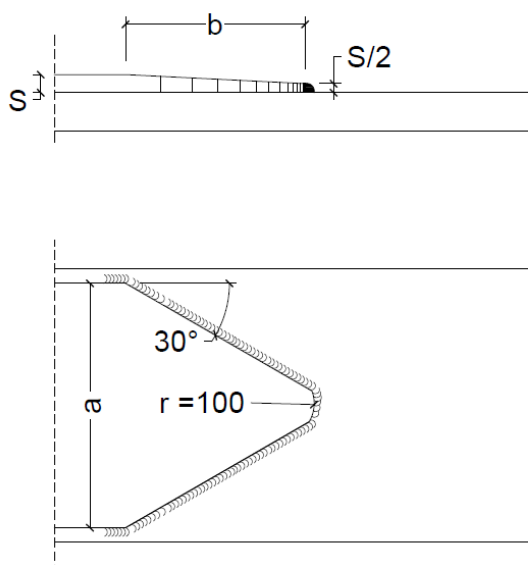


Figura 6.6.7.13-10

6.6.7.14 Modalità esecutive dei controlli non distruttivi

6.6.7.14.1 Prescrizioni generali

I giunti saldati verranno controllati visivamente e con attrezzature adeguate al tipo di giunto, alla tipologia dei difetti da rilevare ed al luogo di lavoro, secondo quanto riportato nel seguito.

Di regola, i controlli strumentali saranno quello magnetoscopico, radiografico e ultrasonoro sul giunto completato ed il controllo con liquidi penetranti solo sulle superfici di solcatura al rovescio dei giunti a piena penetrazione. I controlli strumentali finali saranno di regola successivi a quello visivo soddisfacente.

I metodi di controllo da impiegare saranno scelti in base alle tipologie di unione e agli spessori dei materiali sulla base delle indicazioni fornite dalla norma UNI EN ISO 17635:2010.

Il personale addetto all'esame non distruttivo dei giunti saldati e del materiale base deve essere certificato almeno di livello 2 in accordo alla norma UNI EN ISO 9712:2012 da un Organismo di Certificazione accreditato ACCREDIA in accordo all'UNI EN ISO 17024.

Per l'esecuzione dell'esame visivo si raccomanda l'impiego di personale certificato come EWI (European Welding Inspector)/ IWI (International Welding Inspector).

6.6.7.14.2 Modalità di esecuzione dei controlli

Esame visivo

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 129 di 156

Il controllo verrà eseguito in conformità alla norma UNI EN ISO 17637.

Controllo magnetoscopico

Il controllo verrà eseguito in conformità alla norma UNI EN ISO 17638.

Controllo con liquidi penetranti

Il controllo verrà eseguito in conformità alla norma UNI EN ISO 3452-1.

Controllo radiografico

Prima dell'esecuzione del controllo verrà compilato, a cura dell'ESECUTORE, uno schizzo da allegare al verbale di controllo radiografico in cui risultino gli sviluppi dei giunti saldati e le sigle dei saldatori o degli operatori che li hanno eseguiti; su di esso saranno indicate, dall'incaricato delle FERROVIE o dell'Ente designato, le posizioni da radiografare distinte con lettere e/o numeri, quando tali posizioni non si evincano dai documenti di progetto. Tali elementi dovranno comparire sulle corrispondenti pellicole e serviranno per la loro identificazione.

Gli incaricati delle FERROVIE si riservano la facoltà di accertare mediante controllo diretto l'effettiva corrispondenza della ubicazione della pellicola sul giunto radiografato. A tal fine è vietata la rasatura del sovrametallo dei giunti testa a testa a filo lamiera se non dopo l'accettazione dei giunti da parte delle FERROVIE o dell'Ente di controllo designato.

Su ogni pellicola dovrà essere posto un indicatore di qualità d'immagine (penetramento); la radiografia dovrà avere sensibilità tale da rilevare l'elemento del penetramento corrispondente al 2% della somma degli spessori attraversati dai raggi (potere risolutivo).

Il controllo radiografico deve essere eseguito secondo le regole delle norme UNI EN ISO 17636-1:2013 applicando la classe B per le opere in classe di esecuzione EXC3 e EXC4 e la classe A per i restanti casi. Il controllo gammagrafico, in luogo di quello radiografico, può essere consentito a seguito di motivata richiesta alle FERROVIE.

Controllo ultrasonoro

Il controllo verrà eseguito in conformità alla norma UNI EN ISO 17640 livello almeno B.

Per la caratterizzazione delle indicazioni sarà applicata la norma UNI EN ISO 23279.

Per il controllo di giunti particolari le FERROVIE o l'Ente di controllo designato, potrà richiedere una specifica dedicata con validazione mediante appositi blocchi con difetti artificiali opportunamente posizionati.

Controllo della piolatura

Per quanto attiene alle modalità di controllo delle saldature dei pioli, valgono le seguenti prescrizioni:

Tutti i pioli saldati saranno sottoposti a esame visivo. Questo esame deve accertare la presenza continua e la regolarità del collarino di base. Tutti i pioli trovati con collarino incompleto saranno sottoposti a prove di piegamento a colpi di mazza per un angolo pari a 30°; questa stessa prova di piegamento verrà estesa almeno al 5% dei pioli che hanno superato l'esame visivo.

Per ogni piolo rotto nel corso di quest'ultimo esame ne verranno piegati altri due. Se il numero dei pioli rotti raggiunge, al termine dell'esame, il 5% dei pioli appartenenti alla membratura, tutti i pioli della stessa verranno piegati con piegamento alla mazza.

I pioli difettosi devono essere rimossi. La parete di acciaio cui erano uniti potrebbe essere interessata da strappi provocati dalla rimozione dei pioli. Le zone danneggiate devono essere riparate mediante molatura eseguendo scavi ben raccordati al materiale base circostante, fino alla scomparsa di ogni traccia di difetto.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 130 di 156

Nelle parti da riparare la necessità di ripristinare o meno lo spessore primitivo mediante riporto di saldatura sarà giudicata dal Progettista. Nel caso di ripristino mediante saldatura l'intervento dovrà essere eseguito con procedimento manuale con elettrodi a rivestimento basico di diametro 3,25 mm da un saldatore certificato. Tali saldature dovranno essere eseguite con tutte le modalità previste per gli elementi strutturali (pulizia dei lembi, preriscaldamento, controlli).

6.6.7.14.3 Estensione dei controlli

Prima di procedere all'esecuzione dei controlli da parte delle FERROVIE e/o dell'Ente di controllo designato, l'ESECUTORE dovrà presentare ai soggetti sopra indicati la documentazione dei controlli direttamente eseguiti, compresa la verifica del corretto assemblaggio. L'estensione dei controlli non distruttivi dei giunti saldati è quella di seguito specificata.

Esame visivo

Di regola tutte le saldature dovranno essere esaminate visivamente al 100%, sia dall'ESECUTORE che dall'Ente terzo incaricato dei controlli.

Giunti con cordoni d'angolo o a parziale penetrazione

Il controllo magnetoscopico sarà effettuato a cura dell'ESECUTORE sul 100% dei giunti del ponte, esibendo i relativi verbali. La percentuale di estensione si riferisce a ogni saldatura; in caso di giunti di lunghezza inferiore a 0,5 metri è ammesso il controllo al 100% del 50% dei giunti.

In sede di collaudo da parte delle FERROVIE o di altro Ente incaricato, tale controllo sarà limitato al 30% della lunghezza di ogni cordone di ciascun giunto sia a cordoni d'angolo che a parziale penetrazione; tale estensione sarà suscettibile di aumento in relazione al tipo di procedimento di saldatura ed ai risultati del controllo stesso.

Giunti a piena penetrazione

Il controllo magnetoscopico sarà effettuato a cura dell'ESECUTORE sul 100% dei giunti a piena penetrazione testa a testa o a T. Inoltre, verrà effettuato dall'ESECUTORE l'esame radiografico e/o ultrasonoro su almeno il 50% della lunghezza di ogni giunto.

Estensioni diverse dovranno comunque essere approvate dalle FERROVIE.

Per giunti di fondamentale importanza per la statica della struttura o particolarmente sollecitati, ovvero in particolari casi in relazione alla natura ed all'entità delle sollecitazioni gli esami dovranno essere estesi al 100%.

In sede di collaudo le FERROVIE o l'Ente incaricato eseguiranno il controllo magnetoscopico al 30% della lunghezza delle saldature ed il controllo ultrasonoro al 100% nonché la lettura delle lastre radiografiche.

Verifiche sui talloni di produzione

In tutte le travi saldate in officina dovranno essere previste opportune espansioni (talloni d'estremità) dello stesso materiale costituente le travi stesse. Le FERROVIE si riservano di richiedere, ove possibile, l'applicazione dei talloni anche sui giunti eseguiti in cantiere.

Sui talloni di produzione si dovrà misurare la durezza in zona fusa, in zona termicamente alterata e nel metallo base su almeno il 5% dei giunti delle travi saldate, nonché valutare la corretta penetrazione della saldatura, la forma del cordone e l'assenza di difetti inaccettabili, in relazione a quanto indicato nella tabella 6.6.7.9.15.1.

Le modalità e le estensioni dei controlli macrografici sui talloni d'estremità saranno definite dall'ESECUTORE mediante un'appropriata procedura da sottoporre ad approvazione da parte delle

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 131 di 156

FERROVIE, previo parere favorevole dell'Ente designato. Di norma tale controllo sarà previsto su un campione almeno pari al 10% dei giunti realizzati in officina.

La procedura dovrà di norma prevedere l'esecuzione di macrografie su adeguati talloni anche nei casi seguenti:

- applicazione da parte dell'ESECUTORE di procedure di saldatura per le quali non abbia una consolidata esperienza applicativa;
- durante le fasi iniziali di applicazione di procedimenti automatici o robotizzati.

Le prove di durezza saranno eseguite in almeno tre punti di una stessa zona (materiale base, zona fusa, zona termicamente alterata) e dovranno accertare che in nessun punto la durezza Vickers (HV30) ecceda i limiti indicati nella procedura di certificazione.

Il taglio del tallone va effettuato previa punzonatura a cura del personale delle FERROVIE o dell'Ente di controllo incaricato.

Nei casi in cui le travi prevedano un tratto non saldato alle estremità della giunzione anima-piattabanda, al fine di favorire la corretta esecuzione delle saldature testa a testa in cantiere, si dovrà ricorrere alla saldatura di talloni di preproduzione con i seguenti criteri.

- Per ciascuna tipologia di trave saldata saranno realizzati dei talloni di saldatura in accordo alle specifiche di procedimento previste per la produzione e qualificate in accordo alla presente sezione di capitolato, utilizzando materiali di commessa;
- Le differenti tipologie di travi saranno individuate per qualità del materiale base, spessori delle lamiere, tipo e dimensioni dei giunti, processo ed impianto di saldatura utilizzato.

I saggi, della lunghezza minima di 500 mm, saranno sottoposti al controllo macrografico su tre sezioni (ad inizio, centro e fine del tallone) per la verifica della geometria e delle dimensioni del giunto, in accordo alla norma UNI EN ISO 5817 livello di qualità funzione della classe di esecuzione, ed il controllo delle durezza secondo le indicazioni della norma UNI EN ISO 15614-1.

I talloni saranno realizzati prima dell'inizio della produzione. Eventuali esecuzioni di ulteriori talloni durante la fabbricazione e/o il montaggio in opera potranno essere richiesti dalle FERROVIE.

6.6.7.14.4 Intensificazione dei controlli per esito negativo

Qualora vengano rilevate delle anomalie con i controlli strumentali eseguiti a campione, i controlli verranno intensificati. Di regola verrà esaminato un tratto di saldatura a cavallo della zona difettosa non inferiore a 1000 mm, oppure, nel caso di giunti corti, due giunti adiacenti a quello difettoso eseguiti dallo stesso saldatore o operatore. In caso di ulteriori difetti il controllo verrà esteso al 100% della saldatura (o delle saldature simili per giunto corti). Nel caso di difetti planari l'estensione al 100% sarà immediata.

Per l'estensione verrà utilizzato almeno il medesimo metodo che ha rilevato il difetto.

Nel caso in cui il numero delle riparazioni sia elevato oppure vengano riscontrati difetti inaccettabili con carattere di sistematicità, gli elementi strutturali od i giunti in questione saranno scartati.

Quando la presenza di difetti sistematici non sia attribuibile a cattiva modalità esecutiva oppure ad imperizia del saldatore o dell'operatore della macchina, l'ESECUTORE dovrà ripetere il procedimento di qualifica.

In ogni caso l'ESECUTORE provvederà al rifacimento dei giunti scartati; i nuovi giunti dovranno essere ricontrollati con il medesimo metodo che ha rilevato il difetto, con estensione percentuale doppia rispetto a quella inizialmente prescritta.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 132 di 156

6.6.7.15 Qualità delle saldature

Tutte le saldature devono essere regolari, ben raccordate al materiale base e senza eccesso di sovrametallo. I criteri di accettabilità dei difetti sono precisati nella tabella di seguito riportata.

Classi di esecuzione	Livelli di qualità ai sensi della UNI EN ISO 5817
EXC2	C
EXC3	B
EXC4	B+

tabella 6.6.7.9.15-1

Per livello di qualità B+ si intende il livello di qualità B con gli ulteriori requisiti di cui al prospetto 17 della UNI EN 1090.

La qualità delle saldature esaminate visivamente, con liquidi penetranti e con controllo magnetoscopico deve essere rispondente in generale ai criteri di accettabilità stabiliti nella precedente tabella.

Le FERROVIE si riservano la facoltà di stabilire criteri e valori diversi da quelli riportati nella suddetta norma qualora lo ritenessero opportuno in fase di approvazione del progetto delle saldature.

I criteri di accettabilità dei difetti rilevati con l'esame radiografico sono quelli stabiliti dalla norma UNI EN 12517 livello 1.

I criteri di accettabilità dei difetti da applicare alle indicazioni rilevate al controllo ultrasonoro dovranno rispettare le prescrizioni della norma UNI EN 1712 livello 2 con la precisazione che non sono ammessi difetti planari (valutati in accordo alla UNI EN 1713).

6.6.7.16 Modalità di riparazione

6.6.7.16.1 Riparazione senza nuove saldature

Difetti superficiali e di profilo potranno essere eliminati anche senza eseguire altre saldature purché la profondità dei difetti non superi il 10% dello spessore interessato e comunque con un massimo di 2 mm.

L'eliminazione del difetto verrà ottenuta mediante molatura; ciò dovrà essere verificato con accurato esame visivo e, in caso dubbio, con esame magnetoscopico e/o liquidi penetranti; la superficie dello scavo dovrà risultare ben raccordata col materiale contiguo.

6.6.7.16.2 Riparazione con saldatura

L'ESECUTORE dovrà redigere una o più procedure di riparazione dei giunti saldati a mezzo saldatura, e sottoporle ad approvazione come le procedure di esecuzione delle saldature.

Tali procedure dovranno contenere almeno le modalità e i mezzi da adottare per gli scavi, la temperatura di preriscaldamento e tutto quanto attiene al procedimento di saldatura previsto che dovrà essere qualificato.

Nel caso in cui una riparazione debba essere ripetuta più di due volte l'ESECUTORE dovrà provvedere a redigere una non conformità e informare l'Ente di controllo incaricato. Il caso verrà esaminato al fine di capire i motivi dell'insuccesso (errata valutazione della posizione del difetto, scarsa abilità dei saldatori impiegati, parametri del procedimento di saldatura impiegato scorretti, problemi di accessibilità al giunto...) e di valutare la necessità di prove e/o indagini particolari sul giunto in questione.

6.6.7.16.3 Esecuzione degli scavi

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 133 di 156

Gli scavi saranno eseguiti con mola oppure con elettrodo di carbone e soffio d'aria compressa (arc-air,) seguita da molatura di regolarizzazione e asportazione dello strato carburato. L'uso dell'arc – air dovrà essere preceduto dall'applicazione di un preriscaldamento di 25°C superiore rispetto a quello previsto per la saldatura del giunto oggetto dell'intervento. Le superfici dello scavo dovranno soddisfare i requisiti già descritti al punto 6.6.7.15.1.

6.6.7.16.4 Modalità esecutive delle riparazioni

La temperatura di preriscaldamento sarà, come per la puntatura, di 25°C superiore a quella prevista, per l'esecuzione del giunto, dalla procedura di saldatura approvata.

Il procedimento di saldatura da adottare sarà di norma quello manuale con elettrodi a rivestimento base, di caratteristiche chimiche e meccaniche simili a quelle del materiale base.

Potrà essere utilizzato il procedimento a filo continuo animato per riparare giunti saldati con scavi di lunghezza superiore a 250 mm.

Per tutto quanto attiene alla conservazione dei materiali di apporto ed alla tecnica esecutiva valgono le indicazioni già espresse per le saldature di produzione.

Non è ammesso l'uso di cordoncini molto tirati (apporto termico specifico $HI < 0.8 \text{ KJ/mm}$) per riempire scavi od incisioni per evitare eccessive durezza locali.

Le riparazioni dovranno dare luogo a superfici lisce e ben raccordate con il materiale adiacente; se necessario, i cordoni di riporto o riparazione verranno lisciati con mola o fresa a bottone.

A titolo di esempio potranno essere seguite modalità di riparazione come quelle di seguito indicate :

per eliminare difetti non accettabili tipo “overlap” o eccessiva convessità: ridurre l'eccesso di metallo depositato rimuovendolo mediante mola;

- per eliminare difetti non accettabili tipo eccessiva concavità, crateri, cordoni sottodimensionati o incisioni: molatura di raccordo e saldatura fino ad ottenere un corretto profilo. La saldatura apportata per compensare il cordone sottodimensionato deve essere depositata con le prescrizioni delle riparazioni;
- per eliminare difetti non accettabili come inclusioni di scoria o eccessiva porosità : rimuovere i tratti difettosi con “arc – air” seguito da molatura e riportare saldatura fino ad ottenere un corretto profilo;
- per eliminare difetti non accettabili tipo cricche in saldatura o in zona termicamente alterata: rimuovere il tratto difettoso per una lunghezza, oltre le estremità della cricca, pari almeno alla lunghezza della cricca stessa con un massimo di 50 mm, curare la correttezza della forma dello scavo e procedere alla saldatura con le modalità di cui ai paragrafi precedenti.

6.6.7.16.5 Controlli dopo la riparazione

Ogni riparazione eseguita con o senza saldatura dovrà essere ricontrollata almeno con il medesimo metodo che ha rilevato il difetto; le zone sulle quali sono stati rilevati difetti inaccettabili con i controlli radiografici o ultrasonori dovranno essere nuovamente controllati con lo stesso metodo che ha rilevato i difetti, in caso di dubbi i due metodi potranno essere integrati.

6.6.7.16.6 Resoconto delle attività di saldatura

Dovrà essere compilato, a cura dell'ESECUTORE e secondo la UNI EN ISO 3834, un diario dei lavori di saldatura dal quale risultino tutte le particolarità e le circostanze secondo cui i lavori si svolgono.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 134 di 156

I diari dovranno contenere un elenco di tutte le saldature eseguite, le riparazioni, i nomi dei saldatori, il procedimento di saldatura (parametri, materiali, preriscaldi, ecc.) gli eventuali controlli intermedi e quant'altro possa ritenersi utile di particolare registrazione.

I diari dovranno essere firmati dal Coordinatore di saldatura dell'ESECUTORE che si rende garante della loro esattezza.

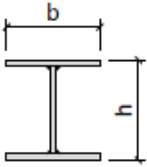
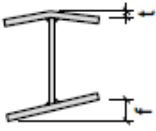
Essi dovranno essere esibiti in visione agli incaricati del controllo alla fine dei lavori; copia dei diari sarà consegnata all'incaricato delle FERROVIE per gli usi di collaudo e per essere conservata nell'incartamento del lavoro.

6.6.7.17 Controllo della geometria dei profili composti saldati

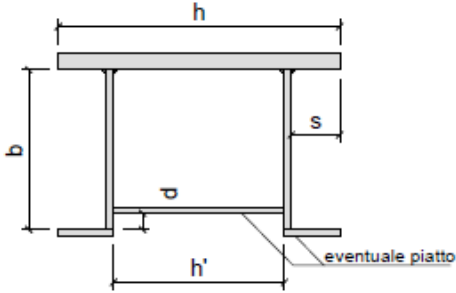
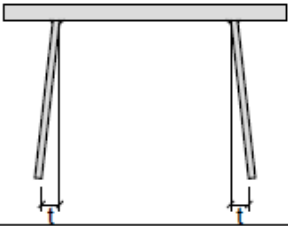
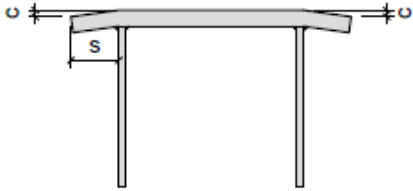
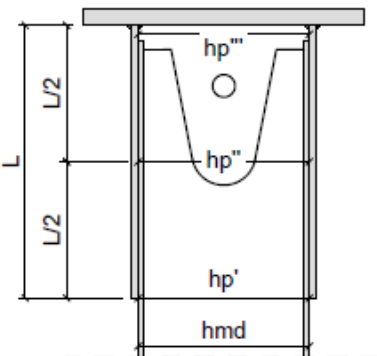
I controlli sulla geometria degli elementi dovranno essere eseguiti e certificati dall'ufficio qualità dell'ESECUTORE.

Per quanto riguarda le tolleranze geometriche, si farà riferimento a quanto indicato nell'appendice D della norma UNI EN 1090-2.

Limitatamente alle sole travate metalliche ferroviarie, il controllo della geometria dovrà estendersi non solo ai singoli elementi ma anche alla loro composizione in corrispondenza dei nodi della struttura, nel rispetto delle tabelle seguenti:

TOLLERANZE DIMENSIONALI PER MONTANTI E DIAGONALI DI TRAVI RETICOLARI PER PONTI E VIADOTTI FERROVIARI (mm)	
Dimensioni nominali	Tolleranza ammessa
	$h = -0,5 ; 0$ $b = 0 ; +5$
Incurvamento delle ali	Tolleranza ammessa
	$t \leq 0,5$ $f \leq 0,5$

Tab. 6.6.7.9.18-1

TOLLERANZE DIMENSIONALI PER I CORRENTI DI TRAVI RETICOLARI PER PONTI E VIADOTTI FERROVIARI (mm)	
Dimensioni (briglia superiore corrente)	Tolleranza ammessa
	<p>h (0, + 5) b (0, + 5) h' (+ 1, + 3) d (± 2) s (± 2)</p>
Fuori squadra (solo per l'esterno)	Tolleranza ammessa
	<p>$t \leq 0,5 \text{ mm}$</p>
Deformazione delle piattabande lungo il profilo (con l'esclusione delle zone di estremità)	Tolleranza ammessa
	<p>$c \leq 2 \% s$</p>
Zone di giunto sui piastroni	Tolleranza ammessa
	<p>hp''' (0, + 1) hp'' (+ 1, + 2) hp' (+ 2, + 3) hmd costante (-0,5, 0)</p>

Tab. 6.6.7.9.18-2

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 136 di 156

Le FERROVIE si riservano la facoltà di verificare, con proprio personale, che le dimensioni dei pezzi composti mediante saldatura siano corrispondenti a quelle di progetto, nel rispetto delle tolleranze suddette.

6.6.8 PREMONTAGGIO IN OFFICINA DELLE STRUTTURE PER PONTI FERROVIARI

E' fatto obbligo eseguire in officina il montaggio provvisorio per controllare ed assicurare l'esattezza e la reciproca perfetta corrispondenza dei singoli pezzi assemblati per formare l'opera completa, in modo da poter apportare eventuali modifiche che si rendessero necessarie quando l'opera si trova ancora in officina senza creare soggezioni all'esercizio.

In tale fase di montaggio provvisorio si deve dare all'opera la controfreccia di montaggio prescritta e deve essere effettuata l'alesatura dei fori a diametro definitivo con l'ausilio di spine calibrate e bulloni di montaggio.

L'alesatura dei fori di attacco della controventatura inferiore potrà essere eseguita solo in cantiere, dopo che le strutture, rimossi i calaggi intermedi, siano sistemate sugli appoggi definitivi.

All'atto dell'accettazione provvisoria, le travate metalliche dovranno risultare prive di chiodature o bullonature definitive e della verniciatura, fatta eccezione per le parti a contatto destinate ad essere definitivamente chiodate o bullonate in officina che possono essere pitturate con la sola mano di fondo del ciclo previsto.

Per le strutture le cui membrature principali prevedono conci saldati in opera, il premontaggio provvisorio dovrà essere eseguito in officina parzialmente per conci.

A discrezione delle FERROVIE, il premontaggio provvisorio può essere autorizzato direttamente in cantiere qualora sussista la disponibilità di spazio e non si arrechi disturbo alla libera e regolare circolazione dei treni. In tal caso i singoli elementi prima della spedizione in cantiere debbono essere verniciati con la mano di fondo del ciclo di verniciatura previsto.

Affinché le FERROVIE siano messe in grado di esercitare il necessario controllo, è fatto obbligo all'ESECUTORE, quando avrà effettuato il montaggio completo provvisorio e dopo che siano state eseguite le alesature, di avvertire, con un anticipo di almeno 15 (quindici) giorni le FERROVIE per l'accettazione provvisoria.

Nel corso delle visite di accettazione saranno eseguiti almeno i seguenti controlli:

- Controllo della contro monta d'officina e delle lavorazioni;
- Controllo delle geometrie e della corrispondenza al progetto;
- Controllo delle alesature;
- Controllo visivo e dimensionale del contatto tra gli elementi da unire;
- Controllo della documentazione dei materiali, dei collaudi delle saldature, delle disposizioni scritte del coordinatore della saldatura.

Per permettere il controllo di tutte le membrature, unioni ecc., l'ESECUTORE dovrà predisporre idonee impalcature di servizio, secondo le norme antinfortunistiche in vigore. In mancanza, la visita di accettazione sarà rinviata, restando a carico dell'ESECUTORE ogni dannosa conseguenza.

Successivamente al premontaggio (in officina o in cantiere) una volta accertato l'esito positivo dei controlli previsti, le FERROVIE rilasceranno apposito certificato di accettazione provvisoria affinché le varie membrature possano essere predisposte per le successive lavorazioni.

Prima di procedere allo smontaggio occorre contrassegnare ogni singolo elemento in modo chiaro e distinto al fine di evitare confusioni durante il montaggio in opera.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 137 di 156

6.6.9 MONTAGGIO IN OPERA

6.6.9.1 Prescrizioni generali


L'ESECUTORE, dovrà inviare alle FERROVIE il programma e il progetto particolareggiato secondo il quale intende provvedere alle operazioni di montaggio e posa in opera della struttura metallica tenendo conto che dovrà essere sempre previsto un piano inferiore alla struttura per la sicurezza degli operai e per un agevole controllo dei lavori della struttura assemblata.

Detto programma e progetto dovrà riportare l'approvazione delle FERROVIE che si riservano di introdurre tutte le modifiche per assicurare, con la più ampia garanzia, la perfetta riuscita delle operazioni di montaggio e/o dell'eventuale varo se previsto.

In caso di strutture interessanti l'esercizio ferroviario, tutte le operazioni ed i macchinari da utilizzare non dovranno interferire con la regolarità e la sicurezza dell'esercizio.

Durante la fase di montaggio in opera, oltre le verifiche da effettuare già descritte nel precedente par. 6.6.7 (se attinenti al tipo di opera), dovranno essere controllati i lavori onde verificare che non avvengano difetti del tipo frequentemente riscontrati quali quelli appresso indicati:

- inversione o scambio di posizione degli elementi;
- correzioni di forma con fiamma e conseguente forzatura degli elementi;
- mancato inserimento di imbottiture previste in progetto;
- superfici da coprigiuntare non pulite;
- chiodi non ribaditi correttamente;
- bulloni non serrati correttamente;
- sequenze operative non rispettate per la chiodatura e bullonatura (es. dall'interno verso l'esterno dei coprigiunti);
- esecuzione e/o allargamento di fori con fiamma;
- elementi assemblati fuori squadra (orizzontale e verticale);
- fori non corrispondenti;
- sostegni provvisori della struttura non stabili;
- assiemaggio degli elementi con punti di saldature;
- saldature in opera non previste e non eseguite correttamente;
- saldature eseguite su superfici ossidate, verniciate, zincate o comunque non preparate adeguatamente;
- inserimento di imbottiture di dimensioni non adeguate (ad esempio solo tra le superfici a vista -parti esterne);
- non ripristino della verniciatura delle superfici sottostanti alle zone piolate;
- saldatura dei connettori senza adeguato preriscaldamento del materiale e senza preparazione delle superfici;
- inserimento di bulloni di dimensioni e lunghezze non conformi al progetto;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 138 di 156

- sostituzione di elementi deformati, inservibili o comunque mancanti con altri con caratteristiche meccaniche e chimiche non certe;
- riparazione di elementi con operazioni che ne compromettono la integrità;
- saldature in opera non autorizzate;
- saldature incomplete dei connettori (collarini);
- vernici non aderenti al supporto;
- verniciature eseguite in opera in difformità del ciclo approvato;
- adozione di procedimenti di saldatura non idonei in fase di montaggio;
- mancata pulizia dei fori di scarico delle acque;
- puntature di tondi per c.a. sui connettori o sulle piattabande delle strutture miste acciaio-calcestruzzo;
- mancata complanarità degli appoggi definitivi;
- movimentazione di materiale con dispositivi tali da deformare e/o incidere il materiale
- (es. incisioni da pinze ammorsatrici);
- mancata pulizia (sabbiatura) della superficie delle piattabande superiori nelle strutture miste acciaio-calcestruzzo;
- difetti conseguenti ad un non corretto trasporto in opera dei materiali;
- difetti e distorsioni in alcuni elementi strutturali a seguito di una errata posa in opera delle strutture, in particolare modo nei vari.

Al termine del montaggio in opera le FERROVIE rilasceranno apposito benestare affinché si possa dar corso all'applicazione delle successive mani di pittura previste dal ciclo di verniciatura richiesto.

6.6.9.2 Saldature in fase di montaggio in cantiere

Nel piano di controllo della qualità si dovrà prevedere la presenza di un rappresentante delle FERROVIE e/o dell'Ente di Controllo designato, durante la saldatura in cantiere dei giunti testa a testa degli elementi strutturali più significativi.

Per le saldature in fase di montaggio in cantiere valgono tutte le prescrizioni concernenti i particolari strutturali, le procedure di saldatura e le modalità di conservazione dei materiali base e di apporto, le modalità esecutive, il personale impegnato nelle attività di saldatura, nonché la qualità dei giunti saldati ed il loro collaudo indicati ai punti precedenti.

Particolare riguardo andrà posto alla protezione dei lembi del cianfrino dalla ossidazione ed alla predisposizione di opportuni ripari durante le fasi di saldatura, prevedendo l'uso di idonee attrezzature; quest'ultima esigenza acquista maggiore rilevanza quando sia previsto l'impiego di procedimenti di saldatura diversi dall'elettrodo rivestito; in tal caso verrà preparata, a cura dell'ESECUTORE, un'adeguata procedura che dovrà descrivere le modalità di protezione dagli agenti atmosferici delle zone interessate dall'esecuzione delle saldature.

Dovrà essere posta la massima cura nello studio e nella realizzazione dell'assieme dei giunti e nella preparazione dei lembi, al fine di consentire la corretta esecuzione dei giunti stessi. In ogni caso, prima della saldatura, dovrà essere eseguito dall'Ente designato il controllo del cianfrino con rilievo della luce del giunto

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 139 di 156

da saldare in opera per la verifica della corrispondenza con quanto riportato nel quaderno delle saldature approvato.

Il procedimento di saldatura previsto per le saldature al montaggio sarà generalmente quello manuale con elettrodi rivestiti basici omologati, simili, per caratteristiche meccaniche e chimiche, al materiale base. Altri procedimenti dovranno essere autorizzati preventivamente dalle FERROVIE.

I saldatori dovranno essere qualificati per la posizione di saldatura di lavoro. Potrà essere richiesta una verifica dell'abilità operativa in cantiere, specie in presenza di giunzioni particolarmente importanti o da eseguirsi in posizioni non agevoli, mediante la realizzazione di talloni di pre - produzione.

I giunti eseguiti in cantiere verranno controllati con modalità analoghe a quelle previste per i giunti di officina; valgono i medesimi criteri sull'estensione dei controlli per esito sfavorevole. Comunque, i giunti testa a testa delle strutture principali eseguiti in opera dovranno essere controllati con metodo magnetoscopico, radiografico ed ultrasonoro.

Sui giunti in acciaio di classe di resistenza S355 o inferiore, i controlli non distruttivi dovranno essere eseguiti non prima di 48 ore dopo l'ultimazione delle operazioni di saldatura se lo spessore combinato Sc è maggiore di 100 mm (figura 6.6.7.10-1). Per gli acciai a resistenza superiore i controlli dovranno essere eseguiti in ogni caso non prima di 48 ore dopo l'ultimazione delle operazioni di saldatura.

6.6.10 TRATTAMENTI SUPERFICIALI

6.6.10.1 Generalità'

Il presente capitolo definisce i requisiti relativi al processo di protezione contro la corrosione delle opere metalliche nuove, nonché per la manutenzione di quelle esistenti attraverso impiego di sistemi di verniciatura o rivestimenti metallici (es.: zincatura). Le prescrizioni riportate nel seguito si applicano a tutte le classi di esecuzione indicate nel paragrafo 6.6.1 ad eccezione dei componenti metallici realizzati in acciaio inossidabile.

6.6.10.2 Zincatura a caldo


6.6.10.2.1 Generalità

La zincatura a caldo è un processo, che permette la formazione di un rivestimento di zinco su oggetti di acciaio attraverso un processo d'immersione a caldo. Questo tipo di protezione permette la formazione di uno strato di lega intermedio zinco-ferro con proprietà di durezza e resistenza maggiori di quella del ferro.

La zincatura a caldo dovrà essere effettuata in conformità alla EN ISO 1461, nella quale vengono definiti gli spessori di rivestimento minimi previsti, riportati in forme tabellare in funzione dei differenti spessori del manufatto di acciaio zincato, per diversi tipi di pezzi trattati. Vengono parimenti indicati i metodi di prova per le verifiche di tali spessori ed la procedura di campionatura relativa. Inoltre, vengono stabiliti l'aspetto e le caratteristiche finali che la zincatura deve possedere. Sul rivestimento infatti dovranno essere assenti bolle, punte, aree scoperte, eccessiva ruvidità, residui di flussante; eventuali presenze di ceneri o gocce di zinco, che dovranno necessariamente essere contenute per quanto le difficoltà di lavorazione lo permettano, devono trovarsi in posizioni tali da non interferire con l'efficace utilizzo del manufatto. Piccole rugosità superficiali, piccoli noduli di zinco saranno di norma tollerati. Eventuali parti taglienti che possono costituire un rischio, dovranno essere rimosse.

La norma UNI EN ISO 14713 rappresenta il riferimento generale per le proprietà del rivestimento di zincatura in termini di ambienti di utilizzo, durabilità e progettazione, nonché la qualità degli acciai da sottoporre a zincatura.

Di regola, tutti gli acciai da costruzione possono essere zincati a caldo. Tuttavia alcuni elementi derivanti dal ciclo di produzione dell'acciaio possono alterare la formazione della lega ferro-zinco, come ad esempio silicio e fosforo.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 140 di 156

La zincatura a caldo di acciai che presentano percentuali di silicio e fosforo fuori dai limiti potrebbe risultare con:

- aspetto non brillante
- colore opaco-scuro
- puntinatura
- presenza di macchie, retinatura
- sovrappessore del rivestimento di zinco con conseguente infragilimento e sfogliatura

Nei casi di strutture scatolari è necessario che durante l'immersione nel bagno di zinco esso possa penetrare liberamente e rapidamente all'interno dei profilati facendo in modo che nello stesso tempo venga eliminata del tutto l'aria all'interno delle strutture stesse. Ogni profilato dovrà permettere quindi, nello stesso momento l'entrata dello zinco e l'uscita dell'aria da apposite aperture praticate sul profilato stesso.

6.6.10.2.2 Preparazione superficiale

Per la rimozione di chiazze e strati contaminati, quali ruggine e calamina, prodotti dell'ossidazione ed altre sostanze estranee come saponi, oli, vernici, scorie di saldatura e residui di lavorazioni precedenti, di regola si dovrà sottoporre il pezzo da zincare a trattamenti chimici di sgrassaggio e decapaggio.

In casi particolari, in cui i pezzi si presentino particolarmente contaminati o sporchi, si potrà ricorrere alla pulizia meccanica, attraverso molatura, spazzolatura o sabbiatura.

Relativamente alle lavorazioni di taglio e arrotondamento degli spigoli, valgono le prescrizioni di cui al par. 6.6.5.2 della presente sezione del Capitolato.

6.6.10.3 Verniciatura

6.6.10.3.1 Prescrizioni e controlli in fase di applicazione

6.6.10.3.1.1 Prescrizioni generali

Si definisce ciclo di verniciatura un sistema composto da uno o più prodotti vernicianti applicati in progressione secondo specifiche condizioni. Il ciclo di verniciatura da applicare sulle opere oggetto del presente capitolato dovrà essere scelto dall'ESECUTORE tra quelli omologati da FERROVIE. L'elenco di suddetti cicli potrà essere richiesto alla Struttura che ha emanato il presente Capitolato.

Il ciclo dovrà essere scelto in funzione dell'ambiente atmosferico cui l'opera è destinata, sulla base delle indicazioni fornite al riguardo dal progettista dell'opera, salvo diverse indicazioni di FERROVIE. Nella seguente tabella sono indicate le classi di corrosività relative ai vari ambienti atmosferici con il corrispondente spessore minimo del film protettivo.

Descrizione dell'ambiente	Classe di corrosività	Spessore nominale del film secco
Ambienti con basso livello di inquinamento (ad esempio, le aree rurali). Ambienti urbani e industriali, con modesto inquinamento da anidride solforosa. Zone costiere con bassa salinità.	C3	200 µm (160 µm con primer zincante)
Aree industriali e zone costiere con moderata salinità.	C4	280 µm (240 µm con primer zincante)

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
	CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 141 di 156

Aree industriali con alta umidità e atmosfera aggressiva (distanza da aree industriali inferiore a 500 m)	C5-I	320 µm
Zone costiere con alta salinità (distanza dalla costa inferiore a 500 m)	C5-M	320 µm

Tabella 6.6.10.3.1.1.1 - Classi di corrosività e requisiti minimi per cicli di verniciatura su substrato in acciaio

Relativamente ai cicli di verniciatura su substrato in acciaio zincato a caldo, di seguito si riportano i requisiti minimi di spessore in funzione delle classi di corrosività:

Classe di corrosività	C3	C4	C5-M e C5- I
Spessore nominale del film secco	80 µm	120 µm	160 µm

Tabella 6.6.10.3.1.1.2 - Classi di corrosività e requisiti minimi per cicli di verniciatura su substrato in acciaio zincato a caldo

Per quanto non specificato nella presente norma per i cicli di verniciatura su substrato in acciaio zincato a caldo, si rimanda al prospetto A.9 della norma UNI EN ISO 12944-5.

I cicli di verniciatura su substrato in acciaio dovranno avere una durabilità, intesa come durata dell'efficacia di una verniciatura protettiva fino al primo intervento importante di manutenzione, "alta" (durata superiore a 15 anni) ai sensi di quanto indicato nella norma UNI EN ISO 12944-1. I cicli di verniciatura per la protezione di strutture zincate a caldo e quelli per apparecchi d'appoggio dovranno invece avere almeno una durabilità "media" (durata compresa tra 5 e 15 anni).

Per tutti i cicli di verniciatura è previsto un limite superiore del numero di mani, pari a 3.

In tutti i lavori di manutenzione di opere esistenti, l'ESECUTORE dovrà utilizzare esclusivamente un ciclo di verniciatura di tipo manutentivo, tra quelli omologati da FERROVIE.

I prodotti vernicianti dovranno provenire da PRODUTTORE in possesso delle certificazioni UNI-EN ISO 9001 e UNI EN ISO 14001.

Le prove e i controlli dovranno essere svolte alla presenza di un ispettore di FERROVIE, presso laboratori accreditati in conformità alla norma UNI CEI EN ISO/IEC 17025 (per le singole tipologie di prove da effettuare) da Organismi autorizzati dallo Stato a svolgere attività di accreditamento. L'interpretazione degli esiti delle prove dovrà essere effettuata da un ispettore qualificato NACE o FROSIO, interno al laboratorio o incaricato a spese del laboratorio stesso.

6.6.10.3.1.2 Condizioni di fornitura

I prodotti vernicianti dovranno essere forniti in condizioni tali da essere pronti per l'impiego seguendo le modalità di applicazione specificate nelle relative schede tecniche.

Per ciascuna fornitura l'ESECUTORE dovrà consegnare a FERROVIE, unitamente alla bolla di consegna, la dichiarazione del PRODUTTORE attestante la conformità della pittura a quella corrispondente omologata.

6.6.10.3.1.3 Modalità di stoccaggio

Se non diversamente specificato nelle istruzioni del PRODUTTORE o nelle specifiche dei lavori, i prodotti vernicianti dovranno essere immagazzinati, in ambienti chiusi o quantomeno coperti, a temperature comprese

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 142 di 156

tra +5°C e +30°C. Particolare attenzione dovrà essere rivolta ai prodotti a base d'acqua che il gelo può rendere inutilizzabili.

I prodotti vernicianti stoccati in luoghi freddi dovranno essere posti, 24 ore prima del loro utilizzo, in un locale con temperatura di almeno 15°C, onde evitare che vengano utilizzati con viscosità inadeguata e con tempi di reticolazione eccessivamente lunghi.

I prodotti dovranno essere conservati nei contenitori originali sigillati fino al momento dell'impiego ed essere accessibili ai rappresentanti di FERROVIE per gli opportuni controlli.

6.6.10.3.1.4 Preparazione delle superfici

Il profilo superficiale dei substrati influenza l'adesione del rivestimento, pertanto sarà necessario preparare adeguatamente le superfici da verniciare, garantendo una rugosità superficiale riconducibile ad un profilo "medio G" per le strutture nuove oppure "medio S" per le esistenti, come definiti nella norma UNI EN ISO 8503.

Prima di procedere alla preparazione delle superfici, si dovrà eliminare: olio, grasso, sali, impurezze e altri contaminanti con metodi appropriati (vedi appendici A e C all'UNI EN ISO 12944-4).

Di seguito si riportano le diverse preparazioni superficiali per ciascuna tipologia e condizione del substrato.

Strutture metalliche nuove

La preparazione superficiale consiste nella rimozione della ruggine e della calamina mediante sabbiatura con abrasivo sintetico o metallico di adeguata granulometria, privo di silice libera, sino al raggiungimento del grado Sa 2½ (metallo quasi bianco) ai sensi della norma UNI EN ISO 8501. Dovranno essere eliminati, preliminarmente con molatura, tutte le eventuali incisioni presenti sia sulle superfici degli elementi che sui bordi, provocate dall'ossitaglio.

Strutture metalliche nuove zincate a caldo

La preparazione superficiale consiste nello sgrassaggio con idonei detergenti biodegradabili e nella spazzolatura, smerigliatura e carteggiatura mediante utensili manuali o meccanici.

Ove possibile, a giudizio delle FERROVIE, la preparazione delle superfici zincate potrà essere effettuata mediante sabbiatura di spazzolatura (punto 6.2.3.4.1 norma 12944-4) usando un abrasivo non metallico.

Strutture metalliche esistenti

La preparazione superficiale consiste nella spazzolatura, smerigliatura e carteggiatura mediante utensili manuali o meccanici, per la rimozione di ruggine, calamina, vecchie pitture non aderenti e vescicature sino al raggiungimento del grado St 3 ai sensi della norma UNI EN ISO 8501.

La preparazione delle superfici potrà anche essere effettuata mediante sabbiatura sino al raggiungimento del grado Sa 2 ai sensi della norma UNI EN ISO 8501, salvo diverse indicazioni del PRODUTTORE o dalle FERROVIE.

Strutture metalliche esistenti zincate a caldo

La preparazione superficiale di superfici zincate a caldo, di norma sarà effettuata attraverso idrolavaggio a bassa pressione (<350 bar) per non intaccare lo spessore della zincatura.

6.6.10.3.1.5 Controlli

Non potrà procedersi alle operazioni di verniciatura in assenza della verifica di conformità dei prodotti vernicianti con quelli omologati. A tale scopo, l'ESECUTORE ha l'obbligo di approvvigionare tempestivamente tutti i prodotti per la verniciatura, in modo da consentire a FERROVIE il prelievo di due

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 143 di 156

campioni di ciascun prodotto (ai sensi della norma UNI EN ISO 1512) per la suddetta verifica di conformità. Tali prove dovranno effettuarsi presso un laboratorio, da individuare in base alle indicazioni fornite al paragrafo 6.6.10.3.1.1, a cura e spese dello stesso ESECUTORE.

Le FERROVIE apporranno su ogni barattolo, contenente la pittura o il relativo catalizzatore, il nome, il codice e il lotto di fornitura del prodotto. Tali informazioni dovranno essere riportate anche sulla lettera di accompagnamento, redatta dall'ESECUTORE, per l'invio dei campioni.

Sul campione prelevato si dovrà effettuare:

- analisi qualitativa attraverso spettrofotometria infrarossa, con la quale avere informazioni qualitative sui gruppi funzionali presenti nelle molecole che formano il campione e quindi, indirettamente, sulle molecole stesse. L'analisi dovrà essere effettuata di regola sul prodotto base e sul catalizzatore. FERROVIE si riserva la possibilità di effettuarla anche sul prodotto catalizzato.
- Analisi quantitativa al fine di determinare la composizione del prodotto, secondo quanto indicato nella parte 2 della scheda di identificazione allegata al presente documento (allegato 1).

Lo spettro infrarosso ottenuto dal campione prelevato dovrà essere corrispondente in termini di posizione, intensità e forma della banda di assorbimento a quello depositato presso FERROVIE in fase di omologazione. Relativamente alle determinazioni quantitative, non saranno ammessi scostamenti maggiori del 5% tra i dati ottenuti dal campione prelevato e quelli depositati presso FERROVIE in fase di omologazione.

La composizione del prodotto verniciante, salvo ulteriori più severe prescrizioni, dovrà comunque essere esente da ammine aromatiche, da metalli pesanti (sono ammesse lievi impurezze non superiori allo 0.05%) e da cianuri. In particolare, dovranno risultare assenti: ossidi e sali di piombo e di cromo, solventi clorurati e benzene (legge n° 245 del 5.3.63). Per i carbonati è ammessa la presenza di tracce come impurezza (< 3% sulla pittura).

Si fa presente che al fine di produrre risultati analitici accettabili le campionature di vernici dovranno essere analizzate entro un tempo massimo di 6 mesi dall'invio al laboratorio e comunque entro la data di scadenza apposta sul barattolo.

Oltre ai controlli preventivi sui materiali descritti in precedenza, le FERROVIE potranno effettuare a proprio insindacabile giudizio i seguenti controlli su ogni fase dei lavori di verniciatura, in particolare:

Prima dell'applicazione

- accertamento, mediante una lunga spatola, che il prodotto verniciante nel contenitore si presenti privo di alterazioni irreversibili quali gelatinizzazione della massa, sedimento duro indisperdibile, geletti di resina o grumetti di pigmento non disperdibili, pelle superficiale;
- accertamento visivo della corretta preparazione della superficie da trattare;
- verifica della rispondenza dei mezzi e delle apparecchiature alle prescrizioni delle schede tecniche;

Sul film essiccato

- accertamento visivo dell'assenza di colature, festonature, bolle, raggrinzimenti, macchie, disuniformità di tinta o di brillantezza;
- controllo dello spessore delle singole mani e totale, secondo UNI EN ISO 2808. Il valore "medio" dello spessore rilevato non deve essere inferiore a quello nominale di omologazione e ciascun "singolo" valore rilevato non deve essere inferiore all'80% del valore nominale di omologazione;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 144 di 156

- controllo dell'aderenza effettuato mediante pull-off secondo UNI EN 4624. Come requisito, non è ammessa nessuna rottura a meno che i valori di trazione siano 4 MPa o maggiori.

Il numero dei controlli sarà effettuato a discrezione delle FERROVIE in relazione all'entità del lavoro ed all'esito dei primi accertamenti.

6.6.10.3.1.6 Applicazione dei prodotti

I prodotti vernicianti dovranno essere impiegati solamente previa autorizzazione delle FERROVIE a seguito dell'esito positivo delle prove di cui al paragrafo 6.6.10.3.1.5.

Al momento dell'apertura del contenitore, il prodotto verniciante dovrà presentarsi senza difetti, degradamenti di sorta, quali sedimentazione irreversibile del pigmento, formazione di pelli, impolmonimento, gelatinizzazione, addensamento, presenza di mucillagine etc. E' comunque sempre indispensabile omogeneizzare la massa, preferibilmente con agitatori meccanici, e poi procedere alla filtrazione con apposite reti per allontanare qualsiasi eventuale grumo. Nel caso di pitture a due componenti si dovranno omogeneizzare separatamente base ed induritore e mescolarli successivamente fra loro, tassativamente nelle proporzioni indicate dal fornitore.

La diluizione è consentita solo se prescritta dal colorificio: in tal caso dovrà essere effettuata esclusivamente con i diluenti prescritti, nella percentuale e con le modalità indicate dallo stesso e comunque sempre in modo tale da ottenere, per ogni singola mano, gli spessori richiesti a film secco.

Per assicurare la protezione richiesta alla verniciatura, le condizioni ambientali del sito dovranno essere controllate per verificare la loro conformità ai requisiti forniti dalla scheda tecnica del PRODUTTORE per quel particolare prodotto verniciante.

Durante i lavori di verniciatura si dovrà prestare attenzione che non vi siano influenze esterne che possano provocare una riduzione della qualità del film protettivo. I lavori di verniciatura dovranno essere effettuati in una zona separata da quella adibita a lavori di altro tipo (sabbatura, saldatura, etc...). Se durante l'applicazione sopravvengono condizioni atmosferiche avverse, occorre sospendere i lavori e proteggere quanto meglio è possibile le zone verniciate di fresco.

Le temperature minime e massime ammissibili della superficie da verniciare e dell'aria circostante dovranno essere conformi a quelle specificate nella scheda tecnica del PRODUTTORE.

Fatto salvo quanto detto, in ogni caso non potranno effettuarsi i lavori in condizioni diverse da quelle sotto elencate:

- temperatura dell'aria e delle superfici da verniciare comprese tra +5° C e +35° C;
- umidità relativa non superiore all'80%;
- assenza di vento con particelle o polveri in sospensione, di fumi o di vapori aggressivi.

Inoltre:

- le superfici devono essere completamente asciutte,
- la verniciatura deve essere programmata in modo che polvere, intemperie, condensa ed altri contaminanti non cadano sulle superfici appena verniciate.

L'applicazione delle pitture dovrà essere eseguita da personale specializzato con mezzi adeguati alla tipologia di lavoro da eseguire e secondo le prescrizioni del PRODUTTORE e nel rispetto delle condizioni climatiche e di sicurezza fornite nelle schede tecniche e definite da FERROVIE; la prima mano dovrà essere applicata

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 145 di 156

non oltre 12 ore dall'ultimazione dell'operazione di preparazione e/o pulitura per evitare fenomeni di flash rust.

Ciascuna mano dovrà essere applicata con lo spessore per essa indicato nel ciclo omologato e pertanto l'operatore dovrà disporre di spessimetri ad umido per verificare la corretta applicazione.

L'applicazione non dovrà dar luogo a colature e sgocciolamenti, che dovranno eventualmente essere tempestivamente eliminati a film ancora bagnato.

Ciascuna mano dovrà essere essiccata prima di applicare la mano successiva; i tempi di sovrapposizione sono quelli riportati nelle schede tecniche relative.

Dopo l'applicazione dell'ultimo strato di finitura il supporto deve presentarsi completamente ricoperto, di tonalità omogenea e di aspetto uniforme.

Per i cicli su strutture nuove la prima mano di fondo sarà applicata in officina e le successive mani, a completamento del ciclo, in cantiere una volta completato il montaggio.

Dopo l'applicazione della mano di fondo, sarà possibile immagazzinare in officina le nuove strutture per un periodo massimo di sei mesi, dopo il quale, qualora non sia ancora possibile procedere con il montaggio in opera e con l'applicazione delle mani residue, si dovrà procedere ad una nuova applicazione della mano di fondo, previa preparazione superficiale.

6.6.10.3.1.7 Colore

Il colore di ciascuna mano del ciclo di verniciatura deve essere tale da distinguersi dal precedente e dovrà corrispondere a quello indicato dalle FERROVIE.

6.6.10.3.1.8 Protezione per la spedizione

La movimentazione, l'accatastamento e la spedizione degli elementi pitturati dovranno essere effettuate con tutte le precauzioni necessarie a non arrecare danni ad essi ed alla loro protezione.

Le corde per imballaggio non dovranno essere in contatto con il materiale; ove possibile tra i due dovrà essere interposto uno spessore di legno o altri elementi che impediscano danni allo strato di protezione.

Se durante il carico per la spedizione, lo stato protettivo in alcune parti si deteriorasse queste dovranno essere nuovamente protette.

6.6.10.3.1.9 Ritocchi

Durante il montaggio dovranno essere tempestivamente eseguiti i ritocchi necessari per ripristinare tutte le parti verniciate, danneggiate da saldature, escoriazioni o altro.

Di norma i ritocchi saranno eseguiti preparando la superficie mediante spazzolatura fino al grado ST 3 secondo la norma UNI EN ISO 8501. I prodotti da impiegare per i ritocchi saranno gli stessi del ciclo applicato sia nel numero delle mani che negli spessori; eventuali modalità diverse dovranno essere sottoposte al preventivo benessere delle FERROVIE.

L'esecuzione dei ritocchi, sia in fase di preparazione della superficie che in fase di pitturazione, non dovrà causare alcun danno alle superfici limitrofe; i ritocchi vanno estesi in modo tale da eliminare qualsiasi traccia di corrosione sotto pellicolare.

6.6.10.3.1.10 Garanzia

L'ESECUTORE, per la durata indicata nel contratto e comunque per un periodo non inferiore a cinque anni, è tenuto a garantire che sia i materiali sia l'applicazione siano esenti da vizi, difetti o difformità. Per tutelare

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 146 di 156

tale garanzia, le FERROVIE potranno chiedere all'appaltatore una polizza assicurativa indennitaria a copertura della garanzia richiesta.

La durata della garanzia, in accordo con le Condizioni Generali di Contratto, decorre dall'emissione del certificato di regolare esecuzione.

Durante detto periodo di garanzia l'ESECUTORE sarà tenuto a riparare o a rifare, a propria cura e spese, quelle parti che risultassero non eseguite a perfetta regola d'arte o difettose per inadeguatezza di preparazione delle superfici, di applicazione delle pitture o insufficiente resistenza di queste agli agenti atmosferici, mostrando difetti quali distacchi, screpolature, scagliature, colature, insaccature o affioramenti di ruggine.

Al fine di ripristinare il buon aspetto estetico dell'opera, se i lavori di ritocco eseguito nel periodo di garanzia superano il 20% della superficie totale, l'ESECUTORE sarà tenuto ad eseguire, a propria cura e spese, una totale successiva mano di verniciatura.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 147 di 156

ALLEGATO 1 – OMOLOGAZIONE E RINNOVO DI CICLI DI VERNICIATURA

1.1 ITER DI OMOLOGAZIONE

I Produttori che intendono omologare cicli di verniciatura per le opere metalliche, dovranno presentare apposita richiesta alla seguente Struttura di FERROVIE, responsabile della procedura di omologazione:

RFI S.p.A.

Direzione Tecnica

Standard Infrastruttura Civile e Sperimentali

S.O. Ponti e Strutture

Piazza della Croce Rossa n° 1

00161 Roma

Nella domanda dovrà essere specificata:

- la tipologia di substrato metallico (normale o zincato a caldo) sulla quale potrà essere applicato il ciclo di verniciatura;
- la tipologia di ciclo (ciclo di verniciatura per la protezione di strutture nuove o di un ciclo di verniciatura per la manutenzione di quelle esistenti);

Alla domanda dovranno essere allegate:

- le schede tecniche dei prodotti con le relative caratteristiche;
- tutti i dettagli non compresi nelle suddette schede che possono influenzare le condizioni di applicazione o la qualità finale del lavoro;
- l'allegato 2 alla presente specifica "Scheda di identificazione dei prodotti vernicianti".

Una volta esaminata la domanda, le FERROVIE invieranno al PRODUTTORE il preventivo di spesa relativo alle attività del proprio personale incaricato. A valle della dimostrazione di avvenuto pagamento del suddetto preventivo di spesa, sarà dato avvio all'attività di omologazione.


Le FERROVIE si riservano di presenziare con proprio personale a tutte le fasi di prova, che consistono in: prove di prequalifica in laboratorio e prove di verniciatura presso un applicatore.

Il PRODUTTORE, dovrà individuare uno o più laboratori, come da indicazioni fornite al paragrafo 6.6.10.3.1.1, presso i quali svolgere, a sua cura e spese, le prove richieste dalla presente specifica ai paragrafi 1.3 e 1.4. Inoltre, al termine di tutte le prove e controlli, dovrà predisporre e trasmettere alle FERROVIE un "Dossier di omologazione", nel quale siano riportati gli esiti di tutte le prove effettuate, le apparecchiature utilizzate in conformità alle norme pertinenti e tutta la documentazione prodotta nel corso dei controlli.

FERROVIE, esaminato e approvato il dossier suddetto, procederà a trasmettere al PRODUTTORE il certificato di omologazione, della durata di tre anni.

Alla scadenza del suddetto certificato, il PRODUTTORE potrà richiedere il rinnovo per ulteriori tre anni secondo l'iter indicato al successivo paragrafo 1.6.

L'omologazione potrà essere sospesa al verificarsi di una delle seguenti condizioni:

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 148 di 156

- variazione delle condizioni d'impiego, riportate nelle schede tecniche di prodotto;
- variazione dei materiali e dei componenti impiegati;
- variazione dei processi di produzione;
- spostamento della sede produttiva;
- inconvenienti gravi o ripetuti;
- scostamenti significativi dallo standard qualitativo del prodotto.

FERROVIE si riserva di verificare in qualsiasi momento il rispetto delle condizioni originali di omologazione. Qualsiasi modifica, non tempestivamente comunicata a FERROVIE, farà decadere l'omologazione.

1.2 CLASSI DI CORROSIVITÀ ATMOSFERICA E REQUISITI MINIMI

Per la definizione della classe di corrosività atmosferica del ciclo di verniciatura, si dovrà fare riferimento alle tabelle 6.6.10.3.1.1.1 e 6.6.10.3.1.1.2, nelle quali sono riportati gli spessori minimi complessivi dei film protettivi. La classe di corrosività C3 rappresenta la soglia minima alla quale i cicli di verniciatura dovranno essere omologati. Per quanto non specificato nella presente norma, si rimanda ai prospetti A.3, A.4 e A.5 della norma UNI EN ISO 12944-5.

1.3 PROVE DI PREQUALIFICAZIONE DELLA VERNICIATURA

Le prove da effettuare in fase di prequalifica sono di seguito elencate:

- analisi chimica qualitativa e quantitativa;
- invecchiamento artificiale in nebbia salina ai sensi della norma UNI EN ISO 9227;
- invecchiamento artificiale per esposizione ad UV ai sensi della norma UNI EN ISO 16474;
- prove di deformazione rapida (resistenza all'urto) ai sensi della norma UNI EN ISO 6272-1;
- determinazione della resistenza alle atmosfere umide contenenti anidride solforosa ai sensi della norma UNI EN ISO 3231 (solo per i cicli con classe di corrosività C5-I).

1.3.1 CAMPIONI E PROVINI

Il campione liquido di ogni singolo prodotto del ciclo, non inferiore a 2 litri, necessario per le analisi chimiche, dovrà essere prelevato come descritto nella norma UNI EN ISO 1512.

I pannelli metallici per le prove devono essere in acciaio tipo S275 (ai sensi del DM 14.01.2008) e, se non diversamente concordato con FERROVIE, avere le dimensioni indicate nella norma di riferimento della prova per i quali sono stati preparati.

Le dimensioni e gli spessori dei provini con substrato di acciaio zincato devono essere uguali a quelli definiti in precedenza per i substrati di acciaio.

La preparazione superficiale dei provini dovrà essere effettuata con la stessa modalità indicata nella scheda tecnica del ciclo, sempre con riferimento ai contenuti della norma UNI EN ISO 8501.

Se non diversamente concordato, il numero minimo di provini è di tre per ogni prova.

Gli spessori dei vari strati dovranno essere conformi a quelli indicati nella scheda tecnica di applicazione del ciclo. Non saranno ritenuti validi ai fini della verifica dei requisiti minimi fissati, provini che presentino spessori con tolleranze maggiori del $\pm 20\%$ di quelli dichiarati.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 149 di 156

I contenitori dei campioni di vernice liquida e i pannelli di prova, da inviare al laboratorio, dovranno essere muniti di marchio e sigilli, e recare in modo chiaramente leggibile:

- l'indicazione del PRODUTTORE;
- il tipo, la qualità e la codifica del prodotto;
- l'identificazione del lotto di produzione e le precauzioni per la sicurezza del personale in relazione alla pericolosità del prodotto in termini di tossicità e infiammabilità;
- la data di scadenza del prodotto.

Inoltre, i provini metallici, dovranno essere accompagnati da una dichiarazione riportante il tipo di preparazione superficiale, le modalità e le date di applicazione dei vari strati e l'attestazione della corrispondenza dei prodotti usati con quelli della campionatura presentata alle analisi chimiche. La dichiarazione dovrà riportare inoltre, per ogni provino, gli spessori dei vari strati misurati secondo la norma UNI EN ISO 2808.

1.3.2 ANALISI CHIMICHE

Le analisi chimiche, qualitative e quantitative, dovranno essere svolte secondo quanto indicato al paragrafo 6.6.10.3.1.5.

1.3.3 INVECCHIAMENTO ARTIFICIALE IN NEBBIA SALINA

La prova di resistenza in nebbia salina verrà eseguita su provini, di dimensione pari a 200x150x4, sui quali sono state praticate con un attrezzo sottile e ben affilato due incisioni lunghe circa 80 mm e profonde fino al metallo in modo da formare una croce di Sant'Andrea.

Tale incisione, praticata nella zona inferiore della superficie esposta, serve per comparare i risultati su una superficie integra ed una con soluzione di continuità.

Prima della prova di invecchiamento artificiale è prevista la valutazione dell'aderenza (effettuata su provino tal quale a quello che sarà sottoposto alla prova di invecchiamento) ai sensi della norma UNI EN ISO 2409 (metodo della quadrettatura) e il requisito da soddisfare deve essere il raggiungimento della classificazione 0 sul primer e 1 sull'intero ciclo, ai sensi della citata norma. Se lo spessore della pellicola secca della verniciatura è maggiore di 200 μm , dovrà essere effettuata la prova di aderenza per trazione ai sensi della norma UNI EN ISO 4624 (Pull-off) invece della prova prevista nella norma UNI EN ISO 2409. Come requisito, non è ammessa nessuna rottura a meno che i valori di trazione siano 4 MPa o maggiori.

Nel prospetto seguente, si riporta la durata della prova di invecchiamento artificiale per ciascuna classe di corrosività.

<i>Classe di corrosività come definita nella ISO 12944-2</i>	<i>Prova di invecchiamento artificiale in nebbia salina</i>
C3	480 h
C4	720 h
C5-I	1440 h
C5-M	1440 h

Tabella 1.3.3.1 - Prospetto della durata della prova di invecchiamento artificiale

Non è ammessa propagazione della corrosione oltre i 3 mm dall'intaglio e il grado di blistering sarà ritenuto accettabile solo se uguale o superiore a "8 medium" ai sensi della norma ASTM D714.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 150 di 156

Dopo il processo di invecchiamento artificiale, è prevista la valutazione dello stato della superficie del provino ai sensi della norma UNI EN ISO 4628 e il requisito da soddisfare dovrà essere l'assenza di fenomeni di vescicamento, arrugginimento, screpolatura e sfogliamento.

Dopo un ricondizionamento di 24 h (in atmosfera normale a circa 23 °C e 50 % di umidità relativa), dovrà essere effettuata una prova di aderenza ai sensi della norma UNI EN ISO 2409 (metodo della quadrettatura) e il requisito da soddisfare è il raggiungimento del grado di classificazione 0 sul primer e 1 sull'intero ciclo, ai sensi della citata norma. Come in precedenza, se lo spessore della pellicola secca della verniciatura è maggiore di 200 µm, dovrà essere effettuata la prova di aderenza per trazione ai sensi della norma UNI EN ISO 4624 (Pull-off) invece della prova prevista nella norma UNI EN ISO 2409. Come requisito, non è ammessa nessuna rottura, a meno che i valori di trazione siano 4 MPa o maggiori.

1.3.4 INVECCHIAMENTO ARTIFICIALE PER ESPOSIZIONE AI RAGGI UV

Prima della prova di invecchiamento artificiale per esposizione ai raggi UV, secondo il metodo A, è prevista la determinazione delle seguenti caratteristiche:

- brillantezza della finitura (misurata ai sensi della norma UNI EN ISO 2813 con un angolo di 60°);
- colore della finitura (valutato ai sensi della norma UNI 8941-3).

Nella tabella seguente si riportano le durate di esposizione in funzione della classe di corrosività.

<i>Classe di corrosività come definita nella ISO 12944-2</i>	<i>Esposizione ad UV ai sensi della norma UNI EN ISO 16474</i>
C3	500 h
C4	750 h
C5-M e I	1000 h

Tabella 1.3.4.1 - Prospetto della durata della prova di invecchiamento artificiale

Ogni ciclo di esposizione sarà composto da 8 ore di UV a 60°C e 12 ore di Condensa a 40°C. La prova si riterrà soddisfatta in assenza di cracking e blistering.

Al termine della prova, inoltre, dovrà verificarsi:

- una riduzione della brillantezza della finitura minore o uguale al 20% (misurata come indicato in precedenza);
- una variazione di colore ΔE minore o uguale a 3 ai sensi della norma UNI 8941-3.

1.3.5 PROVA DI RESISTENZA ALL'URTO

La prova di resistenza all'urto, ai sensi della norma UNI EN ISO 6272-1, si riterrà soddisfatta qualora al termine della stessa la superficie non presenti nessuna fessurazione, per un valore dell'energia di impatto pari a 5 J.

1.3.6 RESISTENZA ALLE ATMOSFERE UMIDE CONTENENTI ANIDRIDE SOLFOROSA

La prova di determinazione della resistenza alle atmosfere umide contenenti anidride solforosa, ai sensi della norma UNI EN ISO 3231, sarà ritenuta soddisfatta qualora il provino presenti una porzione interessata da punti di ruggine delle dimensioni massime del 15% della superficie stessa del provino, dopo 10 cicli da 24 ore di esposizione.

1.4 PROVE DI APPLICAZIONE DEL CICLO

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 151 di 156

Qualora le prove di prequalificazione sui prodotti vernicianti risultino soddisfatte, dovranno effettuarsi prove pratiche di applicazione del ciclo sull'elemento campione indicato nell'allegato 3, approvvigionato dallo stesso PRODUTTORE. Per omologazioni di cicli su supporto zincato a caldo, lo spessore della zincatura dovrà avere un valore minimo di 85 micron.

Laddove possibile, sarà applicato sulle piastre campione lo stesso lotto di prodotto impiegato per i pannelli di prova utilizzati nella fase di test di laboratorio.

Nel caso di cicli di verniciatura per apparecchi d'appoggio, per le prove di applicazione del ciclo il PRODUTTORE dovrà approvvigionare, tre piastre metalliche quadrate con lato non inferiore a 500 mm, dello spessore minimo di 10 mm, con un foro da 30 mm di diametro in prossimità di uno degli angoli.

Le modalità di applicazione dei cicli di verniciatura di tipo manuntentivo, per il quale dovrà essere impiegato l'elemento campione suddetto, saranno concordate con FERROVIE.

Sugli elementi metallici campione sarà applicato, in presenza di un ispettore di FERROVIE, il ciclo di verniciatura in fase di omologazione, presso un applicatore scelto dal PRODUTTORE, a sua cura e spese.

Il PRODUTTORE provvederà ad incaricare a sua cura e spese, un ispettore qualificato da NACE o FROSIO (definito nel seguito "Ispettore Qualificato") per la supervisione del processo di applicazione della vernice e per lo svolgimento delle seguenti prove:

All'atto dell'applicazione del ciclo di verniciatura

- misura degli spessori in condizioni umide delle varie mani;
- verifica della presenza di eventuali difetti di verniciatura (colature, grumi, mancanze, etc...).

Trascorsi 60 giorni dall'applicazione del ciclo di verniciatura (sempre in presenza di un ispettore di FERROVIE)

- esame visivo al fine di verificare la presenza di eventuali fenomeni di degrado della superficie del film protettivo;
- controllo dello spessore secondo UNI EN ISO 2808, seguendo i criteri citati in precedenza;
- controllo dell'aderenza effettuato mediante strappo secondo UNI EN 4624, seguendo i criteri citati in precedenza.
- determinazione del colore ai sensi della norma UNI 8941-3;
- determinazione della brillantezza della finitura ai sensi della norma UNI EN ISO 2813 con un angolo di 60°;

La strumentazione per le prove suddette, adeguatamente certificata, dovrà essere fornita dal PRODUTTORE.

Al termine delle suddette attività, l'Ispettore Qualificato rilascerà la propria documentazione contenente l'esito di ciascun controllo. Tale documentazione è parte integrante del Dossier di omologazione.

1.5 DOSSIER DI OMOLOGAZIONE

Il dossier, redatto a cura del PRODUTTORE, dovrà contenere almeno le seguenti informazioni:

- i dati del PRODUTTORE e la domanda di omologazione comprensiva di tutti gli allegati (come indicato nel paragrafo 1.1);
- i dati di ciascun laboratorio di prova utilizzato;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 152 di 156

- i certificati originali rilasciati dai laboratori di prova, nei quali siano riportate almeno la tipologia, la durata, la data e gli esiti di ciascuna prova;
- la documentazione prodotta dall'ispettore qualificato da NACE o FROSIO nella fase di applicazione;
- il materiale fotografico di tutte le fasi del processo di omologazione;
- i verbali di constatazione compilati dagli ispettori di FERROVIE presenti durante le fasi dell'omologazione.

1.6 RINNOVO DEI CICLI DI VERNICIATURA

Relativamente al rinnovo, il PRODUTTORE dovrà presentare apposita domanda, come nel caso dell'omologazione, alla Struttura competente di FERROVIE.

FERROVIE, esaminata la domanda e presa visione del pagamento del preventivo di spesa comunicato, darà avvio all'attività di rinnovo, alla quale si riserva di presenziare con proprio personale ai controlli previsti. Quest'ultimi, e gli esiti relativi, sono di seguito indicati:

- misura degli spessori ai sensi della norma UNI EN ISO 2808 (la strumentazione, adeguatamente certificata, dovrà essere fornita dal PRODUTTORE). Il valore "medio" dello spessore rilevato non deve essere inferiore a quello nominale di omologazione e ciascun "singolo" valore rilevato non deve essere inferiore all'80% del valore nominale di omologazione;
- prova di aderenza (pull-off) ai sensi della norma UNI EN ISO 4624 (la strumentazione, adeguatamente certificata, dovrà essere fornita dal PRODUTTORE). Non sono ammesse rotture per valori di trazione inferiori a 4 MPa;
- Misura del colore, effettuata con l'ausilio dello spettrofotometro (la strumentazione, adeguatamente certificata, dovrà essere fornita dal PRODUTTORE). Il valore della differenza visiva di colore (ΔE), rispetto a quella precedentemente rilevata, dovrà essere minore o uguale a 3, ai sensi della norma UNI 8941-3.

Il PRODUTTORE, al termine di tutte le prove e controlli, dovrà predisporre e trasmettere a FERROVIE un "Dossier di rinnovo", nel quale siano riportate tutte le prove effettuate con i relativi esiti, le apparecchiature utilizzate in conformità alle norme pertinenti e tutta la documentazione prodotta nel corso dei controlli. FERROVIE, esaminato e approvato il Dossier suddetto, procederà a comunicare al PRODUTTORE il rinnovo dell'omologazione.

1.7 DISPOSIZIONI TRANSITORIE

Per i tutti i cicli che hanno subito un processo di riclassificazione con l'entrata in vigore del Capitolato edizione 2015, ciascun PRODUTTORE, all'atto primo rinnovo, dovrà:

- approviggionare, a sua cura e spese, un elemento campione in acciaio con le dimensioni indicate in allegato 3, che dovrà essere depositato, a valle dell'applicazione del ciclo di verniciatura, presso il Campo Prove di Ceccano (FR);
- fornire a FERROVIE gli esiti delle analisi chimiche qualitative dei vari prodotti vernicianti che compongono il ciclo omologato, effettuate attraverso spettrofotometria infrarossa (IR), come indicato al par. 6.6.10.3.1.5.

Qualora il PRODUTTORE ritenga opportuno modificare la classe assegnata al proprio ciclo nell'operazione di riclassificazione, potrà richiedere a FERROVIE il riposizionamento attraverso le seguenti prove:

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 153 di 156

- prova di applicazione del ciclo di verniciatura sull'elemento campione suddetto, modificando gli spessori in funzione della nuova classe di corrosività richiesta. La prova dovrà essere svolta presso un applicatore scelto a cura e spese del PRODUTTORE e in presenza di un ispettore di FERROVIE, e a valle dell'applicazione dovranno risultare assenti sulla superficie: colature, festonature, bolle, raggrinzimenti, macchie, disuniformità di tinta o di brillantezza;
- prove di invecchiamento artificiale, in nebbia salina e per esposizione ai raggi UV, da svolgere con le modalità indicate al paragrafo 6.6.10.3.2.3, con le prestazioni relative alla nuova classe richiesta. Le prove dovranno avere esito positivo.

ALLEGATO 2 – SCHEDA DI IDENTIFICAZIONE DEI PRODOTTI VERNICIANTI

DATI DEL PRODOTTO VERNICIANTE (PARTE 1)	
PRODUTTORE:.....	
Denominazione del prodotto:.....	
Impiego:.....	
Condizioni di esercizio	
<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura:..... °C • Umidità relativa:.....% 	
Tipo: bicomponente monocomponente	
Rapporto di miscelazione in peso:...../...../.....	
Sistemi di applicazione consigliati:.....	
Contenuto di sostanze volatili:.....g/litro	
Peso specifico (UNI EN ISO 2811):.....kg/litro	
Tipo di diluente idoneo:.....	
Diluizione consigliata:..... %	
Tempo di essiccazione in superficie (UNI EN ISO 9117):.....minuti	
Tempo di essiccazione in profondità (UNI EN ISO 9117):.....h	
Tempo di immagazzinamento:.....mesi	
Tempo minimo di sovra verniciatura:.....h	
Resa teorica:.....m ² /kg	
Spessore della pellicola essicata (UNI EN ISO 2808):.....micron	
Spessore della pellicola umida (UNI EN ISO 2808):.....micron	
Potere coprente (UNI 11271):.....%	
Nome colore:	
RAL:.....	
Coordinate del colore:.....	

IDENTIFICAZIONE CHIMICA DEL PRODOTTO (PARTE 2)

Nome del prodotto verniciante:

Produttore:

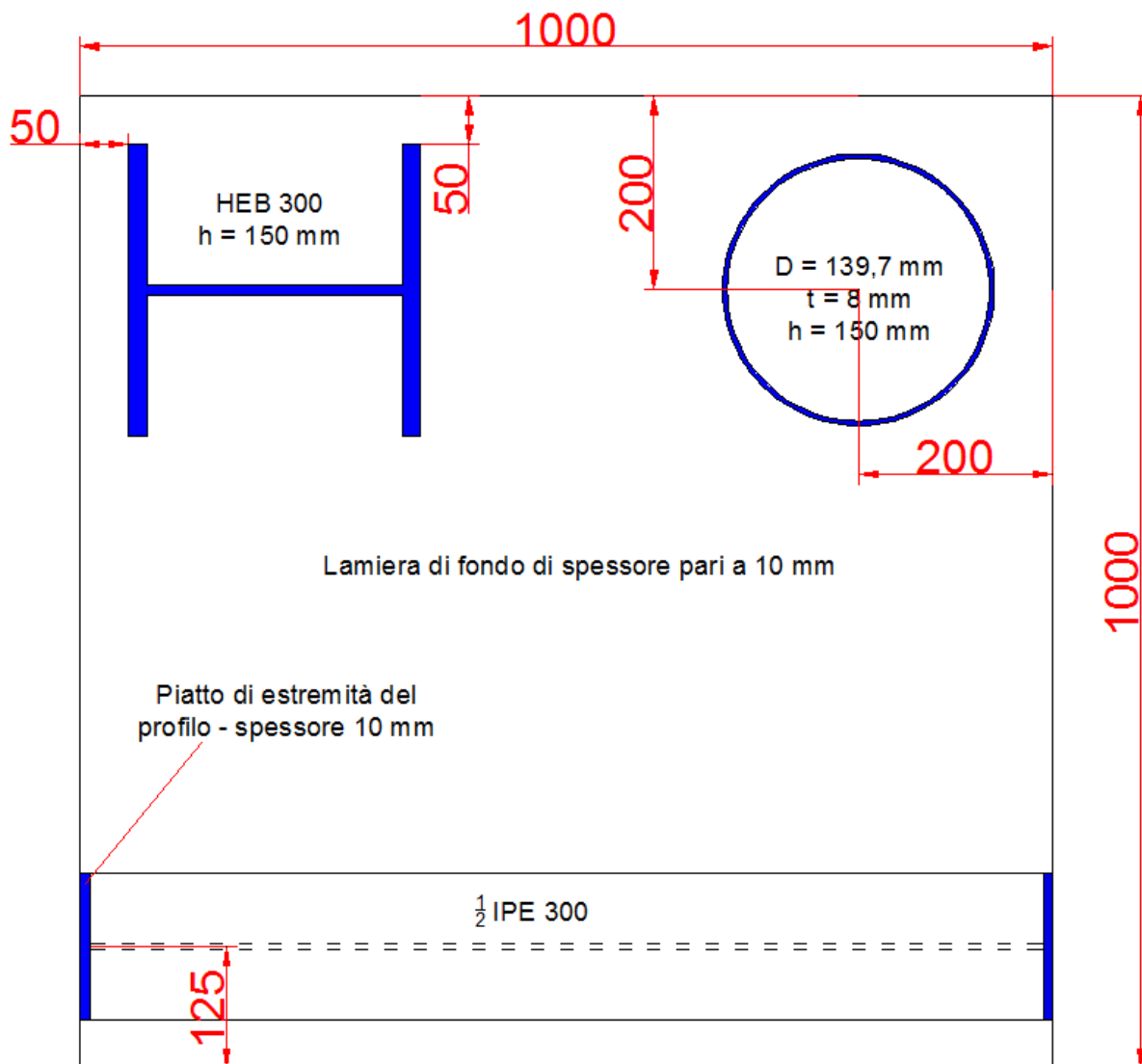
Nome del Laboratorio:

Data:

		Norma o metodo di prova	Risultati	Tolleranze
Contenuto in legante (massa)		Per differenza		± 5%
Contenuto in pigmenti (compresi gli additivi)		ISO 14680-2 o ISO 11358-1		± 5%
Massa non volatile		ISO 3251		± 5%
Densità		ISO 2811		± 0,1 g/ml
Residuo in cenere		ISO 14680-2		± 5%
Contenuto dei pigmenti	Zn	ISO 14680-2		± 5%
	Fe			± 5%
	P			± 5%
	Al			± 5%
	CaCO ₃			≤ 3%
	Cr			Assenti
	Pb			Assenti

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 B	FOGLIO 156 di 156

**ALLEGATO 3 – ELEMENTO CAMPIONE PER LE PROVE DI APPLICAZIONE PRATICA DEL
CICLO DI VERNICIATURA**




NOTA: predisporre opportuni ganci per lo spostamento e un foro all'interno del profilo tubolare per il deflusso dell'acqua.

**CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO
DELLE OPERE CIVILI**

**PARTE II - SEZIONE 7
PALI E MICROPALI**

- 7.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE
- 7.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO
- 7.3 DEFINIZIONI
- 7.4 ABBREVIAZIONI
- 7.5 ONERI E PRESCRIZIONI GENERALI
- 7.6 PALI DI MEDIO E GRANDE DIAMETRO
- 7.7 MICROPALI
- 7.8 CONTROLLI
- 7.9 TOLLERANZE DI COSTRUZIONE


Rev.	Data	Descrizione	Redazione	Verifica Tecnica	Autorizzazione
A	30/12/2016	Emissione per Applicazione	A. Latorre	A. Rinaldi	F. Iacobini
B	22/12/2017	Emissione per Applicazione	A. Latorre <i>Andrea Latorre</i>	A. Rinaldi <i>Alessandro Rinaldi</i>	F. Iacobini <i>F. Iacobini</i>

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 7 PALI E MICROPALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 7	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>CS</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>005</u> <u>B</u>	FOGLIO 2 di 28

INDICE

7.1. SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE	4
7.1.1. CAMPO DI APPLICAZIONE	4
7.2. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	4
7.2.1. NORMATIVA NAZIONALE	4
7.2.2. NORMATIVA EUROPEA E NORMATIVA TECNICA.....	4
7.2.3. NORMATIVA FERROVIARIA	5
7.3. DEFINIZIONI	5
7.4. ABBREVIAZIONI.....	8
7.5. ONERI E PRESCRIZIONI GENERALI.....	8
7.5.1. RELAZIONE TECNICO – OPERATIVA	9
7.6. PALI DI MEDIO E GRANDE DIAMETRO	10
7.6.1. MATERIALI	10
7.6.1.1. Armature metalliche	10
7.6.1.2. Rivestimenti metallici	10
7.6.1.3. Conglomerati cementizi	11
7.6.1.4. Fanghi per il sostegno dello scavo	11
7.6.2. MODALITÀ ESECUTIVE.....	11
7.6.2.1. Pali infissi	11
7.6.2.1.1. <i>Pali infissi gettati in opera</i>	11
7.6.2.1.2. <i>Pali infissi prefabbricati</i>	13
7.6.2.2. Pali trivellati	14
7.6.2.2.1. <i>Pali trivellati tradizionali</i>	14
7.6.2.2.2. <i>Pali trivellati con fanghi stabilizzanti</i>	15
7.6.2.2.3. <i>Pali trivellati con rivestimento provvisorio (tubo-forma estraibile)</i>	15
7.6.2.2.4. <i>Pali trivellati ad elica continua</i>	16
7.6.2.2.5. <i>Pali con morsa giracolonna</i>	17
7.7. MICROPALI	18
7.7.1. TIPOLOGIE	18
7.7.1.1. Micropali cementati mediante iniezioni multiple selettive	18
7.7.1.2. Micropali a semplice cementazione	18
7.7.2. MATERIALI	19
7.7.3. MODALITÀ ESECUTIVE.....	20
7.7.3.1. Tecniche ed attrezzature per la perforazione	20
7.7.3.2. Micropali cementati mediante iniezioni multiple selettive	20
7.7.3.3. Micropali a semplice cementazione	21
7.7.3.3.1. <i>Riempimento a gravità</i>	21
7.7.3.3.2. <i>Riempimento a bassa pressione</i>	22
7.8. CONTROLLI.....	22

7.8.1. PROVE IN CORSO D'OPERA.....	22
7.8.2. PROVE SU PALI STRUMENTATI	24
7.8.3. PROVE DI CONTROLLO SONICO	24
7.8.3.1. Carotaggio sonico	24
7.8.3.1.1. <i>Descrizione della prova</i>	24
7.8.3.1.2. <i>Frequenza di esecuzione</i>	24
7.8.3.1.3. <i>Modalità di esecuzione</i>	25
7.8.3.1.4. <i>Documentazione della prova</i>	25
7.8.3.2. Prove cross-hole	25
7.8.3.2.1. <i>Descrizione della prova</i>	25
7.8.3.2.2. <i>Frequenza delle prove</i>	25
7.8.3.2.3. <i>Modalità di esecuzione</i>	26
7.8.3.2.4. <i>Documentazione della prova</i>	26
7.8.4. PROVE DI AMMETTENZA MECCANICA (TRANSIENT DYNAMIC RESPONSE TEST)26	
7.8.4.1. Descrizione della prova	26
7.8.4.2. Modalità di esecuzione	26
7.8.4.3. Documentazione della prova	27
7.9. TOLLERANZE DI COSTRUZIONE	27
7.9.1. OBIETTIVI	27
7.9.2. DEFINIZIONI	27
7.9.3. MODALITÀ DI LETTURA	27

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 7 PALI E MICROPALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 7	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 005 B</u>	FOGLIO 4 di 28

7.1. SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente sezione è parte integrante del Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle Opere Civili (RFI DTC SI SP IFS 001) e sostituisce la Sezione 7 della parte II del precedente Capitolato (cod. RFI DTC SI CS SP IFS 005 A - del 30/12/2016).

7.1.1. CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente sezione del Capitolato si applica a tutte le opere di fondazione ove sono previsti pali e micropali.

Per l'utilizzo dei pali nelle opere di sostegno valgono le prescrizioni contenute nella Sezione 8 "Paratie di pali, diaframmi e palancole" del presente Capitolato.

Per l'utilizzo dei micropali nelle opere di rinforzo e stabilizzazione del terreno valgono le prescrizioni contenute nella Sezione 10 "Opere di miglioramento rinforzo e stabilizzazione" del presente Capitolato.

I PALI sono distinti, con riferimento alle loro dimensioni, in pali di medio e grande diametro.

Nel presente documento si utilizza la seguente classificazione:

- *pali di medio diametro:* $300 \text{ mm} \leq D \leq 600 \text{ mm}$
- *pali di grande diametro:* $D > 600 \text{ mm}$

I "MICROPALI" sono perforazioni trivellate aventi diametro $D < 300 \text{ mm}$, costituiti da malte o miscele cementizie e da idonee armature d'acciaio.

Si precisa che per le modalità di gestione dei materiali di risulta, derivanti dalla realizzazione delle opere di cui alla presente sezione in qualità di sottoprodotti e/o in qualità di rifiuti, si rimanda ai documenti specialistici di riferimento (progetto e documenti contrattuali) nonché a quanto disciplinato dalla normativa ambientale vigente (D.lgs. 152/06 e s.m.i., D.P.R. 13 giugno 2017, n.120, D.M. 05/02/98 e s.m.i., D.M. 27/09/2010, etc.).

7.2. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

I lavori saranno eseguiti in accordo alle norme di legge, istruzioni e normative tecniche applicabili, nonché a tutte quelle indicate nel presente documento e nelle sezioni di Capitolato richiamate nel testo. Si elencano di seguito la normativa e documentazione di riferimento.


Costituiscono oggetto di riferimento normativo, da intendersi non esaustivo. In ogni caso viene considerata valida l'edizione della norma vigente al momento del ritiro dei documenti di gara, nonché l'eventuale aggiornamento intercorso a valle di questo purché concordato tra le parti; in caso di discordanza tra diverse norme, vale l'interpretazione più favorevole per Rete Ferroviaria Italiana.

7.2.1. NORMATIVA NAZIONALE

- D.M. Infrastrutture 14 gennaio 2008 "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni"
- Circolare 02 febbraio 2009 n° 617/ C.S.LL.PP. "Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008"
- D.lgs. 03 aprile 2006 n° 152 "Norme in materia ambientale"

7.2.2. NORMATIVA EUROPEA E NORMATIVA TECNICA

- EN 1990:2006 "Eurocode - Basis of structural design"
- EN 1997-2:2007 "Eurocode 7- Geotechnical design – Part 2: Ground investigation and testing"
- UNI EN 1536:2010 "Esecuzione di lavori geotecnici speciali – Pali trivellati"

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 7 PALI E MICROPALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 7	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 005 B</u>	FOGLIO 5 di 28

- UNI EN 10025-1:2005 “Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 1: Condizioni tecniche generali di fornitura”
- UNI EN 10025-2:2005 “Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 2: Condizioni tecniche di fornitura di acciai non legati per impieghi strutturali”
- UNI EN 10080:2005 “Acciaio d’armatura per calcestruzzo - Acciaio d’armatura saldabile – Generalità”
- UNI EN 10210-1:2006 “Profilati cavi finiti a caldo di acciai non legati e a grano fine per impieghi strutturali - Parte 1: Condizioni tecniche di fornitura”
- UNI EN 10210-2:2006 “Profilati cavi finiti a caldo di acciai non legati e a grano fine per impieghi strutturali - Parte 2: Tolleranze, dimensioni e caratteristiche del profilo”
- UNI EN 10219-1:2006 “Profilati cavi saldati formati a freddo per impieghi strutturali di acciai non legati e a grano fine - Parte 1: Condizioni tecniche di fornitura”
- UNI EN 10219-2:2006 “Profilati cavi saldati formati a freddo per impieghi strutturali di acciai non legati e a grano fine - Parte 2: Tolleranze, dimensioni e caratteristiche del profilo”
- UNI EN 12699:2002 “Esecuzione di lavori geotecnici speciali – Pali eseguiti con spostamento del terreno”
- UNI EN 12794:2007 “Prodotti prefabbricati di calcestruzzo - Pali da fondazione”
- UNI EN 14199:2005 “Esecuzione di lavori geotecnici speciali – Micropali”

7.2.3. Normativa ferroviaria

- RFI DTC SI CS MA IFS 001 “Manuale di progettazione delle opere civili” Parte II - Sezione 3
- Manuale di progettazione RFI Parte II – Sezione 2: Ponti e Strutture
In generale dovranno considerarsi tutte le norme tecniche internazionali e nazionali di riconosciuto valore. Ai fini del presente capitolato possono essere considerate di riconosciuto valore:
 - Normative Europee (EURONORME)
 - Normative ISO
 - Norme tecniche nazionali e linee guida

7.3. DEFINIZIONI

Contratto: contratto di appalto o di concessione avente per oggetto l'acquisizione di servizi, o di forniture, ovvero l'esecuzione di opere o lavori, posti in essere dalla stazione appaltante.


DIREZIONE LAVORI: ufficio preposto alla direzione ed al controllo tecnico, contabile e amministrativo dell'esecuzione dell'intervento nel rispetto degli impegni contrattuali.

Direttore dei lavori: soggetto che ha la responsabilità del coordinamento e della supervisione dell'attività di tutto l'ufficio di direzione dei lavori, ed interloquisce in via esclusiva con l'esecutore in merito agli aspetti tecnici ed economici del contratto. Cura che i lavori siano eseguiti a regola d'arte ed in conformità al progetto e al contratto.

ESECUTORE: soggetto incaricato dell'esecuzione dei lavori (Appaltatore, Contraente Generale, General Contractor).

FERROVIE: Rete Ferroviaria Italiana S.p.A. o chi agisce in nome e per conto di Rete Ferroviaria Italiana S.p.A. (Direzione Lavori, Alta sorveglianza).

Micropali a iniezione multipla selettiva: micropali realizzati attrezzando le perforazioni di piccolo diametro con tubi metallici dotati di valvole di non ritorno, connessi al terreno circostante mediante iniezioni cementizie eseguite a pressione e volumi controllati.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 7 PALI E MICROPALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 7	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 005 B</u>	FOGLIO 6 di 28

Micropali a semplice cementazione: micropali realizzati inserendo entro una perforazione di piccolo diametro un'armatura metallica e solidarizzati mediante il getto di una malta o di una miscela cementizia.

Pali infissi gettati in opera: pali realizzati riempiendo con calcestruzzo lo spazio interno vuoto di un elemento tubolare metallico fatto penetrare nel terreno mediante battitura o per vibrazione, senza asportazione del terreno medesimo.

I pali infissi gettati in opera si distinguono in:

- pali con rivestimento definitivo in lamiera d'acciaio, corrugata o liscia, chiusi alla base con un fondello d'acciaio. I pali vengono realizzati infiggendo per battitura il rivestimento tubolare. Dopo l'infissione e la eventuale ispezione interna del rivestimento, il palo viene completato riempiendo il cavo del rivestimento con calcestruzzo armato o non armato;
- pali realizzati tramite infissione nel terreno di un tubo-forma estraibile, in genere chiuso alla base da un fondello a perdere. Terminata l'infissione, il palo viene armato con gabbia in acciaio e completato con getto di calcestruzzo, con o senza la formazione di un bulbo espanso di base. Durante il getto, il tubo-forma viene estratto dal terreno.

Pali infissi prefabbricati: pali realizzati mediante battitura di manufatti, senza asportazione di terreno, ed eventualmente con l'ausilio di un getto d'acqua in pressione che fuoriesce dalla punta attraverso un foro centrale longitudinale.

A seconda che i pali siano prefabbricati in stabilimento od in cantiere, saranno adottate le seguenti tipologie costruttive:

- pali prefabbricati in stabilimento: in calcestruzzo centrifugato ed eventualmente precompresso, di norma a sezione circolare, di forma cilindrica, tronco-conica o cilindro-tronco-conica;
- pali prefabbricati in cantiere: in calcestruzzo vibrato, di norma a sezione quadrata.

Pali trivellati: I pali trivellati sono costruiti in opera, eseguendo il getto di calcestruzzo all'interno di un foro, dopo l'introduzione di una gabbia di armatura, quando prevista. Si differenziano essenzialmente per i metodi di perforazione, sostegno delle pareti e getto del calcestruzzo.


Pali trivellati tradizionali: Si definiscono pali trivellati tradizionali quelli ottenuti per asportazione del terreno e sua sostituzione con calcestruzzo armato. Durante la perforazione la stabilità dello scavo può essere garantita con l'ausilio di fanghi stabilizzanti ovvero tramite l'infissione di un rivestimento metallico provvisorio.

Pali trivellati ad elica continua: Si definiscono pali trivellati ad elica continua i pali realizzati mediante infissione per roto-traslazione di una trivella ad elica continua e successivo getto di calcestruzzo, fatto risalire dalla base del palo attraverso il tubo convogliatore interno all'anima dell'elica, con portate e pressioni controllate.


L'estrazione dell'elica avviene contemporaneamente alla immissione del calcestruzzo.

L'eventuale gabbia di armatura viene posta in opera una volta completato il getto di calcestruzzo.

Pali con morsa giracolonna: pali trivellati realizzati all'interno di tubo-forma provvisorio in acciaio infisso con movimento rototraslatorio a mezzo di morsa giracolonna. Tale tipologia è da utilizzare in presenza di trovanti, strati lapidei, murature esistenti e ove non fosse possibile l'utilizzo di diversa attrezzatura di perforazione.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 7 PALI E MICROPALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 7	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>CS</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>005</u> <u>B</u>	FOGLIO 7 di 28

Prova: forma di verifica che si effettua in ragione del contratto, delle disposizioni normative, delle disposizioni delle FERROVIE.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 7 PALI E MICROPALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 7	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 005 B</u>	FOGLIO 8 di 28

7.4. ABBREVIAZIONI

cls: calcestruzzo

DL: Direzione Lavori

SLE: Stati Limite di Esercizio

WBS: Work Breakdown Structure


7.5. ONERI E PRESCRIZIONI GENERALI

L'ESECUTORE, fermo restando quanto previsto dalle "Disposizioni generali" del presente Capitolato, che devono intendersi totalmente richiamate, se non diversamente prescritto, prima di dare inizio alle lavorazioni, dovrà:

- presentare alla DIREZIONE LAVORI una relazione tecnico – operativa, così come indicato al paragrafo 7.5.1;
- presentare alla DIREZIONE LAVORI una relazione finale delle risultanze del campo prova al fine di concordare l'esecuzione di eventuali prove per la taratura dei parametri geotecnici;
- eseguire il tracciamento preliminare dei pali identificando la posizione sul terreno mediante infissione di appositi picchetti in corrispondenza dell'asse di ciascun palo, e accertare che su ogni picchetto sia riportato il numero progressivo del palo in conformità alla planimetria presentata ed accettata dalla DIREZIONE LAVORI.

All'inizio e durante le lavorazioni, l'ESECUTORE, se non diversamente prescritto, dovrà:

- mantenere la piazzola di lavoro pulita e sgombra, anche al fine di consentire il costante controllo della quota di testa-palo;
- per eventuali variazioni delle metodologie esecutive precedentemente approvate, presentare un' ulteriore relazione tecnico-operativa sulle nuove metodologie, da sottoporre all'approvazione della DIREZIONE LAVORI, la quale potrà, a sua discrezione, richiedere l'esecuzione di prove tecnologiche (campo prova) al fine di verificare l'idoneità delle nuove metodologie esecutive;
- comunicare alla DIREZIONE LAVORI anomalie e/o differenze rispetto alla stratigrafia prevista, e comunque ogni qual volta le condizioni reali risultino sensibilmente differenti da quelle di progetto;
- eseguire tutte le prove, previste nella relazione tecnico operativa di cui al paragrafo 7.5.1, in situ e/o di laboratorio, e allegare i certificati alla specifica documentazione di controllo elaborata per ciascuna opera. Detto laboratorio potrà essere di cantiere (per le prove per cui è attrezzato), o qualificato ed approvato dalla DIREZIONE LAVORI, od ancora un Laboratorio Ufficiale autorizzato;;
- curare che lo stoccaggio in cantiere delle gabbie di armatura avvenga in apposita area preliminarmente individuata, verificando che le gabbie non siano a contatto diretto con il terreno e siano provviste di idoneo contrassegno indicante gli estremi della fornitura dell'opera o porzione di opera per cui è previsto l'impiego (WBS), del numero del palo e della posizione della gabbia;
- provvedere alla scapitozzatura delle teste di tutti i pali con martello demolitore, di peso operativo non superiore a 170 kg e diametro della punta adeguato alla geometria della struttura, fino alla quota di progetto (piano d'imposta della fondazione sovrastante), provvedendo altresì alla sistemazione e ripulitura dei ferri d'armatura e della testa del palo con aria in pressione;
- provvedere, al completamento dei lavori e nel rispetto delle scadenze fissate contrattualmente, alla redazione e trasmissione della documentazione finale "as-built" prevista da contratto;
- indicare, per ciascun palo, i mc gettati da ogni betoniera e la corrispondente quota raggiunta dal cls nel foro, onde poter riscontrare le eventuali difformità tra i valori gettati e quelli attesi, verificare che tali dati siano registrati in specifici documenti di controllo resi disponibili alla DIREZIONE LAVORI, ed

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 7 PALI E MICROPALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 7	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 005 B</u>	FOGLIO 9 di 28

accertare che le eventuali anomalie siano comunicate tempestivamente alla DIREZIONE LAVORI e riportate nella documentazione “as-built”.

L'ESECUTORE dovrà dare evidenza delle attività di controllo effettuate per garantire la conformità alle prescrizioni della presente sezione attraverso la redazione di specifica documentazione di registrazione, elaborata per ciascun palo/micropalo.

7.5.1. RELAZIONE TECNICO – OPERATIVA

La relazione tecnico operativa che l'ESECUTORE deve presentare alla DIREZIONE LAVORI dovrà contenere:


- il rilievo stratigrafico del terreno individuato dal progetto;
- una planimetria riportante la posizione di tutti gli elementi, (con indicazione di quelli da attrezzare con una specifica strumentazione di prova), contrassegnati da un numero progressivo distintivo di ciascun elemento; le date ed il programma delle prove dovranno essere altresì comunicati a Rete Ferroviaria Italiana con almeno 7 giorni di anticipo sulle date di inizio;
- l'elenco e la descrizione tecnica delle apparecchiature da utilizzare, con indicate le modalità di esecuzione e le seguenti caratteristiche:

per i pali infissi (nel caso di utilizzo di battipalo):

- energia massima di un colpo e relativa possibilità di regolazione;
- n. di colpi al minuto e relativa possibilità di regolazione;
- efficienza "E" del battipalo;
- caratteristiche del cuscino (materiale, diametro, altezza, costante elastica, coefficiente di costituzione);
- caratteristiche della cuffia (materiale e peso);
- peso degli eventuali adattatori;
- peso del battipalo.

per i pali trivellati:

- caratteristiche, numero, potenza e capacità operativa delle attrezzature, in funzione delle condizioni ambientali, litologiche e idrogeologiche dei terreni da attraversare nonché delle dimensioni dei pali da eseguire;
- caratteristiche dei macchinari da utilizzare nel caso di presenza nel terreno di trovanti lapidei o di strati cementati o nel caso si voglia conseguire un adeguato ammorsamento in sub-strati di roccia dura;
- in caso di impiego di fanghi stabilizzanti, le modalità operative di utilizzo degli stessi e le caratteristiche tecniche dell'impianto di trattamento cui devono essere soggetti;
- il programma di esecuzione delle opere nel quale sia indicata la successione cronologica prevista per la realizzazione dei pali/micropali;
- la programmazione di un eventuale specifico campo prova (pali/micropali “pilota” esterni all’opera) al fine di verificare l'idoneità di tutte le attrezzature e l'adeguatezza delle modalità esecutive, nelle particolari condizioni stratigrafiche e in relazione all'importanza dell'opera o a particolari soggezioni ambientali;
- l'indicazione, mediante adeguati contrassegni, di tutti gli elementi (tubi-forma, gabbie d'armatura, pali, funi) allo scopo di effettuare i necessari controlli.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 7 PALI E MICROPALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 7	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 005 B</u>	FOGLIO 10 di 28

7.6. PALI DI MEDIO E GRANDE DIAMETRO

7.6.1. MATERIALI

L'ESECUTORE, fermo restando quanto previsto nel paragrafo 7.5 (“Oneri e Prescrizioni generali”) della presente Sezione, deve intendere le prescrizioni che seguono, relativamente alle armature metalliche e ai conglomerati cementizi, come integrative di quelle della Sezione “Opere in Conglomerato Cementizio” del presente Capitolato. Queste ultime si intendono integralmente applicabili.

7.6.1.1. Armature metalliche

L'ESECUTORE può ricorrere alla saldatura (puntatura) delle staffe, delle spirali, o degli anelli irrigidenti ai ferri longitudinali, al fine di rendere le gabbie d'armatura in grado di sopportare le sollecitazioni di movimentazione; in questo caso L'ESECUTORE deve verificare che la saldatura non abbia indotto riduzioni di resistenza nelle barre, mediante l'esecuzione di prove a trazione su elementi sottoposti a saldatura. A tal fine L'ESECUTORE dovrà prelevare all'estremità delle gabbie 3 campioni di barra longitudinale con staffa/spirale (ogni 500 ml di gabbia) e ripristinare l'armatura aggiungendo barre e staffe/spirale con sovrapposizione di 40 diametri.


L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- le armature siano pre-assemblate fuori opera in “gabbie”;
- i collegamenti tra armatura longitudinale e trasversale siano ottenuti con doppia legatura in filo di ferro o con morsetti, o con saldatura - puntatura, e che le sporgenze ricadano sempre all'interno della gabbia senza intralciare l'inserimento del tubo getto;
- le armature elicoidali siano fissate solidamente a tutte le armature longitudinali intersecate e che l'interasse delle staffe ed il passo della spirale non sia superiore a 20 cm ed il diametro dei ferri non inferiore a 12 mm (Specifica per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario, par. 1.8.3.3);
- l'interasse fra le barre longitudinali non sia in alcun caso inferiore a 7,5 cm;
- sulle gabbie di armatura, nella fase di stoccaggio in cantiere, siano stati posizionati opportuni distanziatori non metallici atti a garantire la centratura dell'armatura ed un copriferro netto minimo di 4 cm rispetto al rivestimento definitivo o, nel caso di pali trivellati di grande diametro, di 6 cm rispetto al diametro nominale del foro;
- i distanziatori in plastica, al fine di garantire la solidarietà col calcestruzzo, abbiano la superficie forata per almeno il 25%;
- i distanziatori siano posti a gruppi di 3-4 regolarmente distribuiti sul perimetro e con spaziatura verticale di 2-3 m;
- l'armatura sia mantenuta in posizione senza essere poggiata sul fondo del foro, secondo la metodologia indicata nella relazione tecnico-operativa.

7.6.1.2. Rivestimenti metallici

L'ESECUTORE se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- la tipologia di rivestimento per ogni palo, nonché le caratteristiche geometriche del rivestimento stesso, sia provvisorio che definitivo, siano conformi alle prescrizioni di progetto;
- i tubi di rivestimento siano in acciaio, di qualità, forma e spessore tali da sopportare, senza danni o deformazioni, tutte le sollecitazioni agenti durante il trasporto, il sollevamento e l'infissione e tali da impedire distorsioni o collassi conseguenti alla pressione del terreno o alla infissione di pali vicini;
- i rivestimenti definitivi dei pali infissi e gettati in opera siano chiusi alla base mediante una piastra d'acciaio di spessore minimo di 8 mm, e comunque proporzionato al diametro del rivestimento. Tale piastra deve

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 7 PALI E MICROPALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 7	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 005 B</u>	FOGLIO 11 di 28

essere saldata per l'intera circonferenza al tubo di rivestimento in modo da resistere alle sollecitazioni di battitura e di ribattitura, evitare infiltrazioni di acqua e non avere sporgenze esterne. E' ammesso l'impiego di rivestimenti a sezione variabile, con raccordi opportunamente saldati o flangiati.

Nel caso di tubo-forma estraibile, questo deve essere costituito da un cilindro chiuso inferiormente da un piattello metallico a perdere con un bordo che fa tenuta sul tubo impedendo l'ingresso all'interno di acqua o terreno.

Per pali di particolare lunghezza è ammessa la saldatura in opera di spezzoni di rivestimento, il primo dei quali già infisso. Gli eventuali altri spezzoni, nel corso della saldatura, saranno mantenuti in posizione fissa da un'adeguata attrezzatura di sostegno.

7.6.1.3. Conglomerati cementizi

Per i conglomerati cementizi l'ESECUTORE dovrà rispettare quanto prescritto dal progetto e dalla Sezione "Opere in Conglomerato Cementizio" del presente Capitolato e dovrà verificare, se non diversamente previsto, che la dimensione massima degli inerti, sia tale che $D_{max} < i_{min}/2,5$ dove i_{min} è il valore minimo del passo fra le barre longitudinali.

7.6.1.4. Fanghi per il sostegno dello scavo

Allo scopo di garantire il sostegno delle pareti dello scavo, durante l'esecuzione di pali trivellati tradizionali è consentito all'ESECUTORE l'uso di sostanze quali bentonite e/o polimeri che soddisfino i requisiti di accettazione previsti nella norma UNI EN 1536:2010: "Esecuzione di lavori geotecnici speciali - Pali trivellati".

7.6.2. MODALITÀ ESECUTIVE

7.6.2.1. Pali infissi


7.6.2.1.1. Pali infissi gettati in opera

a) Tecniche ed attrezzature per l'infissione del rivestimento

Nel caso di infissione mediante battitura l'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- l'infissione dei rivestimenti avvenga tramite battitura, senza estrazione di materiale, eventualmente mediante fasi intermedie, in conformità al progetto e/o alla relazione tecnico-operativa di cui al punto 7.5.1, approvata dalla DIREZIONE LAVORI;
- venga eseguito e registrato il conteggio dei colpi d'avanzamento: nel corso dell'infissione verrà conteggiato il numero di colpi per avanzamenti di 1 m;
- venga registrato il grafico dei colpi relativi agli ultimi 4 metri: in corrispondenza degli ultimi 4 m o più se richiesto dalla DIREZIONE LAVORI, si conterà il numero di colpi per l'infissione di tratte successive di 10 cm;
- venga registrato il tempo necessario per l'infissione;
- per i rivestimenti definitivi, nel caso di utilizzo di mandrino di acciaio questo sia inserito nel rivestimento;
- nel caso il mandrino sia espanso, questo sia mantenuto del tutto solidale al tubo-forma per l'intera durata dell'infissione, al termine della quale sarà estratto;
- l'inserimento del mandrino nel rivestimento sia eseguito, se necessario, con l'ausilio di un "palo-pozzo" di diametro superiore a quello dei pali di esercizio. Il "palo-pozzo" potrà essere trasformato in palo di esercizio, solo previa accettazione della DIREZIONE LAVORI.

Per l'espulsione del fondello posto ad occludere l'estremità inferiore, nel caso di tubo-forma estraibile, è ammesso l'impiego di un pistone rigido di diametro pari a quello interno del tubo-forma collegato, tramite

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 7 PALI E MICROPALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 7	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 005 B</u>	FOGLIO 12 di 28

un'asta rigida, alla base della testa di battuta. E' ammesso l'impiego di tubi-forma dotati di fondello incernierato recuperabile.

L'ESECUTORE dovrà verificare che l'infissione dei rivestimenti sia arrestata quando è soddisfatta una delle seguenti condizioni:

- raggiungimento della quota di progetto;
- rifiuto della battitura. Si intende raggiunto il rifiuto quando l'infissione corrispondente a 10 colpi di battipalo efficiente è inferiore a 2 cm.

In questo ultimo caso, la DIREZIONE LAVORI avrà facoltà di chiedere all'ESECUTORE la ribattitura del palo dopo 24 ore di attesa, se motivata da ragioni geotecniche particolari (es. forti sovrappressioni interstiziali).

L'ESECUTORE, previa comunicazione alla DIREZIONE LAVORI, potrà eseguire dei prefiori di guida all'infissione per evitare o ridurre i problemi di vibrazione o il danneggiamento di opere o pali già esistenti. Il prefioro avrà diametro massimo inferiore di almeno 20 mm rispetto a quello esterno della tubazione di rivestimento. Di norma la profondità sarà inferiore ai 2/3 della profondità del palo, e comunque tale da non raggiungere lo strato portante (se esistente). Il prefioro potrà anche essere richiesto per il raggiungimento delle quote di progetto nel caso di livelli superficiali molto addensati o cementati.

a.1) Vibro-infissione

Per quanto riguarda la vibro-infissione, ferme restando le prescrizioni per l'infissione del precedente paragrafo, L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che sia utilizzato un vibratore a masse eccentriche regolabili, a funzionamento idraulico o elettrico. Le caratteristiche del vibratore (momento di eccentricità, numero di vibrazioni per minuto, forza centrifuga all'avvio, ampiezza ed accelerazione del minimo) saranno verificate dall'ESECUTORE in relazione alle prestazioni da ottenere, a seguito di prove tecnologiche preliminari (campo prova su elementi sacrificali).

b) Armature

L'ESECUTORE, oltre a quanto richiesto nel paragrafo 7.6.1.1, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:


- prima del posizionamento delle gabbie d'armatura si abbia cura di rimuovere eventuali corpi estranei presenti nel cavo;
- l'eventuale presenza di acqua entro il tubo di rivestimento non superi il limite di 15 cm.

c) Getto del calcestruzzo

I conglomerati cementizi dovranno essere conformi a quanto prescritto dal progetto e rispondere ai requisiti richiesti nella Sezione "Opere in Conglomerato Cementizio" del presente Capitolato.

L'ESECUTORE, accertata la conformità alle prescrizioni riportate al paragrafo 7.5, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- nel caso di realizzazione di pali con utilizzo di morsa idraulica il mix del calcestruzzo sia opportunamente dimensionato al fine di garantire, nelle condizioni specifiche di temperatura, un ritardo della presa in relazione alla lunghezza del palo, per ovviare ad eventuali inconvenienti che potrebbero prolungare il tempo di estrazione del tubo forma; tali accorgimenti non dovranno modificare la resistenza finale del calcestruzzo;
- il getto sia effettuato ad iniziare dal fondo foro, utilizzando un tubo convogliatore metallico di diametro di 20-26 cm, in spezzoni di circa 3 m, dotato in sommità di una tramoggia di carico della capacità di almeno 0.5-0.6 mc e mantenuto sospeso da un mezzo di sollevamento;
- il getto del calcestruzzo avvenga impiegando il tubo di convogliamento (tubo-getto);

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 7 PALI E MICROPALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 7	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 005 B</u>	FOGLIO 13 di 28

- l'interno del tubo-getto sia pulito, privo di irregolarità e strozzature. Le giunzioni tra sezione e sezione saranno del tipo filettato, senza manicotto (filettatura in spessore) o con manicotti esterni che comportino un aumento di diametro non superiore a 2.0 cm; sono escluse le giunzioni a flangia;
- il tubo di convogliamento sia posto in opera arrestando il suo piede a 30÷60 cm dal fondo della perforazione; prima di iniziare il getto, è opportuno disporre entro il tubo, in prossimità del suo raccordo con la tramoggia, un tappo (ad es. in polistirolo, o costituito da un involucro di carta, riempito con materiale arido), in modo da provocare la caduta istantanea del primo calcestruzzo gettato, ed evitare azioni di contaminazione o dilavamento del calcestruzzo stesso;
- all'inizio del getto si disponga di un volume di calcestruzzo pari a quello del tubo getto e/o di almeno 3 ÷ 4 m di palo;
- le operazioni di getto avvengano senza soluzione di continuità; in particolare, per i pali di grande diametro, si prescrive una cadenza di getto non inferiore a 15 mc/ora;
- durante le operazioni di getto, al termine dello scarico di ogni betoniera, utilizzando uno scandaglio costituito da un grave metallico, del peso di circa 0,05 kN, di forma cilindrica con fondo piatto, corredato di un filo di sospensione metrato, sia verificata la quota di riempimento del palo al fine di avere un immediato raffronto fra la quota teorica e la quota raggiunta, per valutare eventuali dispersioni;
- nel corso del getto, il tubo di convogliamento sia accorciato per tratti successivi, sempre conservando un'immersione minima nel calcestruzzo, di 2.0 m. Per diametro del palo $\geq 1,2$ m l'immersione dovrà essere almeno di 2,5 m;
- la quota di fine getto sia portata ad almeno 0.5-1.0 m al di sopra della quota di progetto prevista per la testa palo (scapitozzatura).

c.1) Getto in presenza di tubo-forma estraibile

Per quanto riguarda il getto in presenza di tubo-forma estraibile, ferme restando le prescrizioni riportate nel paragrafo precedente, L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- prima di installare il tubo-getto sia eseguita un'ulteriore misura del fondo foro; qualora lo spessore del deposito superi i 20 cm si dovrà provvedere alle operazioni di pulizia mediante air-lifting;
- il getto sia eseguito provvedendo altresì alla contemporanea estrazione del tubo-forma provvisorio, la cui scarpa dovrà restare sotto un battente di calcestruzzo non inferiore a 2 m e non superiore a 5 m;
- ogni manovra di accorciamento del rivestimento esterno e del tubo convogliatore sia preceduta dalla misurazione della quota raggiunta dal calcestruzzo.


7.6.2.1.2. Pali infissi prefabbricati

a) Prefabbricazione dei pali

La prefabbricazione dei pali potrà avvenire in stabilimento di produzione o in cantiere.

In entrambi i casi, L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- i pali siano realizzati con calcestruzzo di caratteristiche conformi alle prescrizioni riportate nella Sezione "Opere in Conglomerato Cementizio" del Capitolato. La stagionatura potrà essere naturale in ambiente umido oppure a vapore; in ogni caso i pali dovranno raggiungere caratteristiche di resistenza alla compressione e all'urto tali da permetterne l'infissione nelle condizioni stratigrafiche del sito senza lesioni e rotture;
- nel caso di palificate da realizzare in ambienti aggressivi, qualora non previsto dal progetto, siano adottati opportuni accorgimenti tra i quali la definizione di un idoneo mix-design del cls e/o l'incremento del copriferro; altri accorgimenti, quali ad esempio vernici protettive, rivestimenti autoprotetti per proteggere la superficie esterna del palo, dovranno essere sottoposti all'approvazione preliminare della DIREZIONE LAVORI.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 7 PALI E MICROPALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 7	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 005 B</u>	FOGLIO 14 di 28

b) Giunzione dei pali

Nel caso di pali di lunghezza superiore a 16 m, è ammesso il ricorso alla giunzione di 2 o più elementi. L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- il giunto sia costituito da un anello di acciaio con armatura longitudinale, solidale con ciascuno degli spezzoni di palo da unire;
- gli anelli vengano saldati fra loro e protetti con vernici bituminose o epossidiche.

c) Protezione della punta

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- la punta dei pali sia protetta con una puntazza metallica formata da un cono di lamiera con angolo al vertice di 60°, resa solidale al fusto del palo tramite spezzoni di tondino saldati alla puntazza ed annegati nel calcestruzzo. In terreni poco compatti, l'uso della puntazza potrà essere evitato;
- in terreni molto compatti, la puntazza sia rinforzata con massello di ghisa o sostituita con uno spezzone di profilato in acciaio a doppio T (nel caso di roccia).

d) Tecniche ed attrezzature per l'infissione del palo

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- nel caso di strati granulari addensati, in cui è stato concordato con la DIREZIONE LAVORI l'utilizzo di iniezioni d'acqua per facilitare l'infissione, la discesa del palo avvenga per peso proprio o con l'ausilio di una modesta battitura;
- le iniezioni d'acqua siano interrotte non appena superato lo strato granulare e comunque non oltre 2 m prima del raggiungimento della quota di progetto, e che le modalità, le pressioni e la portata del getto d'acqua siano comunicate alla DIREZIONE LAVORI;
- nel caso di esecuzione di prefiori, al fine di ridurre le vibrazioni, o in alternativa all'uso delle iniezioni d'acqua, questi abbiano diametro inferiore di almeno 20 mm alla minima sezione del palo;
- il prefioro non raggiunga lo strato portante, se esistente, e si fermi comunque almeno a 2/3 della profondità di progetto.
- l'infissione dei pali sia arrestata quando si registri il raggiungimento di una delle seguenti condizioni:
 - arrivo alla quota di progetto;
 - misurazione del rifiuto alla battitura (si intende raggiunto il rifiuto quanto l'infissione, corrispondente a 10 colpi di battipalo efficiente, è inferiore a 2 cm).

In quest'ultimo caso, la DIREZIONE LAVORI ha facoltà di chiedere all'ESECUTORE la ribattitura del palo dopo 24 ore di attesa, per tratti anche superiori a 0,5 m, se motivata da ragioni geotecniche particolari (es. forti sovrappressioni interstiziali).

7.6.2.2. Pali trivellati


7.6.2.2.1. Pali trivellati tradizionali

a) Tecniche ed attrezzature per la perforazione

Le tecniche di perforazione dovranno essere le più adatte in relazione alla natura del terreno attraversato; in particolare:

- la perforazione "a secco" senza rivestimento, di norma, non è ammessa; solo previa autorizzazione della DIREZIONE LAVORI, L'ESECUTORE potrà utilizzarla in caso di terreni fortemente cementati o argillosi caratterizzati da valori della coesione non drenata (cu) che alla generica profondità di scavo (H) soddisfino la seguente condizione:

$$cu \geq \gamma H/3$$

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 7 PALI E MICROPALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 7	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 005 B</u>	FOGLIO 15 di 28

dove:

γ = peso dell'unità di volume del terreno

Per i terreni fortemente cementati il valore della coesione sarà determinato con prova di compressione semplice.

- la perforazione "a fango" non è ammessa in terreni molto aperti, privi di frazioni medio-fini, con passante (D = 4 mm) inferiore al 10 %.

7.6.2.2.2. Pali trivellati con fanghi stabilizzanti

a) Preparazione del fango stabilizzante

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che il fango stabilizzante sia preparato ed utilizzato in accordo alle modalità indicate ai punti 7.6.1.4 della presente sezione.

b) Perforazione

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- qualora in fase di completamento della perforazione fosse accertata l'impossibilità di eseguire rapidamente il getto (sosta notturna, mancato trasporto del calcestruzzo), sia interrotta la perforazione alcuni metri prima ed ultimata solo nell'imminenza del getto;
- in corrispondenza di ciascun palo sia infisso nel terreno un avampozzo provvisorio di lamiera d'acciaio con funzioni di guida dell'utensile, di riferimento per la posizione piano-altimetrica della sommità del palo o di difesa dall'erosione del terreno nelle fasi di immissione e risalita dell'utensile di perforazione. Tale avampozzo dovrà avere diametro e profondità adeguati in relazione alla natura dei terreni attraversati, alle loro caratteristiche idrogeologiche ed ai macchinari utilizzati;
- una volta raggiunte le profondità previste dal progetto, si provveda alla sostituzione del fango di perforazione fino al raggiungimento dei prescritti valori del contenuto in sabbia (vedi paragrafo 7.6.1.4), ed alla eventuale pulizia del fondo foro con gli utensili più adatti (es. clearing bucket o air-lifting);
- dopo aver raggiunto la quota prevista in progetto e immediatamente prima del getto, lo spessore dei depositi sul fondo non superi i 20 cm.

c) Armature

L'ESECUTORE, oltre a quanto richiesto nel paragrafo 7.6.1.1, se non diversamente previsto, dovrà verificare che, nel caso che il palo attraversi strati di sede in falda acquifera in movimento, con pericolo di dilavamento del calcestruzzo in fase di getto e di maturazione, in corrispondenza di questi strati la gabbia sia avvolta da una camicia tubolare di lamierino in acciaio di 8÷10 mm.

d) Getto del calcestruzzo


L'ESECUTORE, dopo aver accertato la conformità a quanto richiesto nel paragrafo 7.6.2.1.1 c, se non diversamente previsto, dovrà verificare che l'assorbimento reale di calcestruzzo non ecceda il valore teorico, riferito al diametro nominale del palo, in misura maggiore del 10÷20 %.

7.6.2.2.3. Pali trivellati con rivestimento provvisorio (tubo-forma estraibile)

a) Infissione del tubo-forma e perforazione terreno

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- il tubo-forma sia costituito da tubi di acciaio, di diametro esterno pari al diametro nominale del palo, suddivisi in spezzoni connessi tra loro mediante manicotti esterni filettati o innesti speciali a baionetta, con risalti interni raccordati di spessore non superiore al 2% del diametro nominale. E' ammessa la giunzione

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 7 PALI E MICROPALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 7	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 005 B</u>	FOGLIO 16 di 28

per saldatura degli spezzoni, purché non risultino varchi nel tubo che possano dar luogo all'ingresso di terreno o acqua;

- l'infissione della tubazione di rivestimento sia ottenuta imprimendole un movimento rototraslatorio mediante attrezzatura rotary e/o morsa azionata da comandi oleodinamici oppure, in terreni poco o mediamente addensati privi di elementi grossolani e prevalentemente non coesivi, applicandole in sommità un vibratore. In questo secondo caso la tubazione potrà essere suddivisa in spezzoni oppure potrà essere costituita da un unico pezzo di lunghezza pari alla profondità del palo;
- la perforazione da realizzarsi in presenza di trovanti, strati lapidei, murature esistenti, sia eseguita, per la sola parte interessata all'interno del tubo-forma, imprimendo un movimento rototraslatorio mediante una morsa azionata da comandi oleodinamici. Le caratteristiche dei martinetti e del circuito idraulico di funzionamento dovranno essere in grado di sviluppare spinta, momento torcente e serraggio della colonna, adeguati al diametro e alla lunghezza del palo da realizzare;
- l'infissione sotto-scarpa della colonna di rivestimento sia sufficiente ad evitare rifluimenti a fondo foro;
- la perforazione all'interno del tubo di rivestimento sia eseguita mediante:
 - benna automatica con comando a fune o azionata da motore oleodinamico;
 - secchione (bucket) manovrato da un'asta rigida telescopica;

in entrambi i casi si dovrà conseguire la disgregazione del terreno e l'estrazione dei detriti dal foro;

- la perforazione non sia approfondita al di sotto della parte terminale del tubo forma;
- nel caso di presenza di falda, il foro sia costantemente tenuto pieno d'acqua (o eventualmente di fango stabilizzante) con un livello non inferiore a quello della piezometrica della falda e lo scavo all'interno sia approfondito sino alla quota di progetto.

In terreni sabbiosi si potrà fare ricorso anche ad utensili disgregatori rotanti, con risalita dei detriti per trascinalimento ad opera di una corrente ascendente di fango bentonitico.

b) Armature

L'ESECUTORE, dovrà rispettare le prescrizioni riportate al paragrafo 7.6.1.1 della presente sezione.

c) Getto del calcestruzzo


L'ESECUTORE, dovrà rispettare le prescrizioni riportate al paragrafo 7.6.2.1.1 c della presente sezione.

7.6.2.2.4. Pali trivellati ad elica continua

a) Tecniche ed attrezzature per la perforazione

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- si utilizzino escavatori equipaggiati con rotary a funzionamento idraulico o elettrico montato su asta di guida, e dotati di dispositivo di spinta;
- l'altezza della torre e le caratteristiche della rotary (coppia, spinta) siano commisurate alla profondità da raggiungere;
- la perforazione sia eseguita mediante una trivella ad elica continua, di lunghezza e diametro corrispondenti alle caratteristiche geometriche dei pali da realizzare;
- il macchinario di perforazione sia dotato di dispositivo automatico di registrazione in continuo del volume di calcestruzzo gettato in funzione della profondità e del diametro del palo;
- l'anima centrale dell'elica sia cava in modo da consentire il successivo passaggio del calcestruzzo;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 7 PALI E MICROPALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 7	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 005 B</u>	FOGLIO 17 di 28

- all'estremità inferiore dell'anima dell'elica sia posta una punta a perdere, avente lo scopo di impedire l'occlusione del condotto;
- la perforazione avvenga di norma regolando coppia e spinta in modo da avere condizioni di infissione prossime al perfetto avvitamento;
- il volume di terreno estratto per caricamento della trivella sia non superiore al volume teorico della perforazione;

Qualora si riscontrassero rallentamenti della perforazione in corrispondenza di livelli di terreno intermedi o dell'eventuale strato portante inferiore, l'ESECUTORE, con l'accordo della DIREZIONE LAVORI potrà eseguire prefiori di diametro inferiore al diametro nominale dei pali allo scopo di agevolare la perforazione.

b) Getto del calcestruzzo

I conglomerati cementizi dovranno essere conformi a quanto prescritto dal progetto e rispondere ai requisiti richiesti nella Sezione "Opere in Conglomerato Cementizio" del presente Capitolato.

L'ESECUTORE dovrà sottoporre alla DIREZIONE LAVORI per l'approvazione le caratteristiche prestazionali del calcestruzzo, sia allo stato fresco che allo stato indurito; in ogni caso, la tecnica di posa in opera dell'armatura (a getto ultimato), richiede l'uso di un calcestruzzo che conservi per tutta la durata del riempimento del palo la classe di consistenza S4. L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- l'inizio del getto avvenga solo quando sia assicurata la fornitura del calcestruzzo necessario al completamento dell'intero palo. La cadenza di getto deve assicurare la continuità della colonna di conglomerato;
- il calcestruzzo venga pompato entro il cavo dell'asta di perforazione che verrà progressivamente estratta, di norma senza rotazione;
- l'estrazione dell'asta di trivellazione sia effettuata ad una velocità congruente con la portata di calcestruzzo pompato, adottando tutti gli accorgimenti necessari ad evitare sbulbature eccessive, ovvero a evitare interruzioni del getto;
- il circuito di alimentazione del getto sia provvisto di un manometro di misura della pressione;
- la pressione sia mantenuta costante entro l'intervallo di pressione previsto in relazione al tipo di terreno.

c) Armature


L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- la gabbia di armatura sia costruita in conformità con il disegno di progetto e nel rispetto delle specifiche di cui al punto 7.6.1.1 del presente documento;
- siano adottati tutti gli accorgimenti atti ad assicurare il centramento della gabbia d'armatura entro la colonna di calcestruzzo appena formata e, se necessario, che la gabbia sia opportunamente irrigidita;
- l'inserimento della gabbia avvenga immediatamente dopo l'ultimazione del getto, prima che abbia inizio la presa.

Variazioni a tale metodologia dovranno essere approvate dalla DIREZIONE LAVORI.

7.6.2.2.5. Pali con morsa giracolonna

La perforazione necessaria all'esecuzione dei pali da realizzarsi in presenza di trovanti, strati lapidei, murature esistenti, etc., dovrà essere eseguita per la sola parte interessata all'interno di tubo forma provvisorio in acciaio infisso, con movimento rototraslatorio a mezzo di morsa giracolonna.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 7 PALI E MICROPALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 7	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 005 B</u>	FOGLIO 18 di 28

La tubazione dovrà essere costituita da tubi di acciaio, di diametro esterno pari al diametro nominale del palo, suddivisi in spezzoni lunghi da 2 a 2,5 m connessi tra loro mediante manicotti esterni filettati o innesti speciali a baionetta, con risalti interni raccordati di spessore non superiore al 2% del diametro nominale.

L'infissione della tubazione di rivestimento dovrà essere ottenuta imprimendo un movimento rototraslatorio mediante una morsa azionata da comandi oleodinamici.

La perforazione all'interno del tubo di rivestimento potrà essere eseguita mediante:

- benna automatica con comando a fune o azionata da motore oleodinamico;
 - secchione (bucket) manovrato da un'asta rigida telescopica;
- in entrambi i casi si dovrà conseguire la disgregazione del terreno e l'estrazione dei detriti dal foro.

In terreni sabbiosi si potrà fare ricorso anche ad utensili disgregatori rotanti, con risalita dei detriti per trascinarsi ad opera di una corrente ascendente di fango bentonitico.

Nel caso di presenza di falda, il foro dovrà essere costantemente tenuto pieno di fango bentonitico con livello non inferiore a quello della piezometrica della falda.

In generale la perforazione non dovrà essere approfondita al di sotto della parte terminale del tubo forma.

7.7. MICROPALI

7.7.1. Tipologie

Si tratta di pali che hanno un piccolo diametro (diametro del fusto minore di 300 mm per pali trivellati e diametro del fusto o estensione della massima sezione trasversale non maggiore di 150 mm per pali infissi).

Le principali applicazioni secondo le scelte previste dal progetto sono riferibili a:

- opere di fondazioni speciali o sottofondazioni;
- opere di sostegno, paratie di micropali (berlinesi a sbalzo o tirantate);
- interventi di stabilizzazione di pendii o fronti di scavo in genere;
- sostegno di reti paramassi o cucitura di rocce fessurate.

Nella presente Sezione del Capitolato sono trattati i micropali utilizzati nelle opere di fondazione. Per gli altri casi sopra elencati si rimanda alla Sezione 10 "Opere di miglioramento, rinforzo e stabilizzazione" del presente Capitolato.

I micropali dal punto di vista esecutivo si suddividono in:


- micropali cementati mediante iniezioni multiple selettive; IRS: injection répétitive et sélective (tipo "Tubfix");
- micropali a semplice cementazione. IGU: injection globale unique (tipo "Radice").

7.7.1.1. Micropali cementati mediante iniezioni multiple selettive

Sono ottenuti attrezzando le perforazioni di piccolo diametro con tubi metallici dotati di valvole di non ritorno e connessi al terreno circostante mediante iniezioni cementizie eseguite a pressione e volumi controllati.

7.7.1.2. Micropali a semplice cementazione

Sono realizzati inserendo entro una perforazione di piccolo diametro un'armatura metallica e connessi al

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 7 PALI E MICROPALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 7	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 005 B</u>	FOGLIO 19 di 28

terreno mediante il getto di una malta o di una miscela cementizia.

L'armatura metallica (continua su tutta l'altezza) può essere costituita in genere:

- da un tubo senza saldature;
- da un profilato metallico della serie UNI a doppio piano di simmetria;
- da una gabbia di armatura costituita da ferri longitudinali correnti del tipo ad aderenza migliorata (a.m.), e da una staffatura esterna costituita da anelli o spirale continua in tondo a.m. o liscio.

La cementazione può avvenire a semplice gravità od a bassa pressione mediante un circuito a tenuta facente capo a un dispositivo posto a bocca foro.

7.7.2. MATERIALI

L'ESECUTORE, fermo restando quanto previsto dal paragrafo 7.5 (“Oneri e Prescrizioni generali”) della presente sezione, deve intendere le prescrizioni che seguono, relativamente alle armature metalliche e ai conglomerati cementizi, come integrative di quelle della Sezione “Opere in Conglomerato Cementizio” del presente Capitolato, che si intendono integralmente applicabili.

L'armatura metallica è costituita da:

- Profilati cavi finiti a caldo conformi alla norma UNI EN 10210;
- Profilati cavi saldati formati a freddo conformi alla norma UNI EN 10219;
- Profilati metallici a doppio piano di simmetria conformi alla norma UNI EN 10025;
- Barre di armatura (eventualmente integrativa) conformi alla norma UNI EN 10080.


Le norme sopra richiamate sono esplicitate al capitolo 7.2 “Documentazione di Riferimento” della presente Sezione.

L'ESECUTORE dovrà effettuare almeno un prelievo per partita omogenea (colata) di tutti i profilati approvvigionati in cantiere al fine di verificarne le caratteristiche meccaniche in conformità a quanto richiesto dal progetto esecutivo approvato.

La DIREZIONE LAVORI potrà richiedere all'ESECUTORE diverse frequenze di prelievo del materiale in base all'importanza dell'opera.

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- le giunzioni siano realizzate a mezzo di manicotto filettato esterno;
- le caratteristiche delle giunzioni (filettatura, lunghezza, sezioni utili) consentano una trazione pari al 100% del carico a compressione di progetto allo SLE. È previsto un prelievo di tubazione giuntata, per fornitura omogenea, in modo da poter effettuare le prove di verifica a trazione;
- le valvole di iniezione, ove previste, siano del tipo a “manchette”, ovvero costituite da una guarnizione in gomma, tenuta in sede da due anelli metallici saldati esternamente al tubo, sul quale, in corrispondenza di ciascuna valvola, sono praticati almeno 2 fori Φ 8 mm;
- i profilati siano costituiti da elementi unici;
- il mix relativo alle malte e miscele cementizie di iniezione sia preventivamente approvato dalla DIREZIONE LAVORI e contenga le prescrizioni relative a cemento, aggregati, acqua e additivi, in conformità a quanto contenuto nella Sezione “Opere in Conglomerato Cementizio” del presente Capitolato.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 7 PALI E MICROPALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 7	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 005 B</u>	FOGLIO 20 di 28

7.7.3. MODALITA' ESECUTIVE

7.7.3.1. Tecniche ed attrezzature per la perforazione

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, oltre al rispetto di quanto previsto al punto 7.5, dovrà verificare che:

- le perforazioni siano eseguite in presenza di rivestimento, con circolazione di fluidi di perforazione per l'allontanamento dei detriti e per il raffreddamento dell'utensile;
- i fluidi di perforazione consistano in:
 - acqua;
 - fanghi;
 - aria, nel caso di perforazione a rotoperussione con martello a fondo foro o in altri casi proposti dall'ESECUTORE ed approvati dalla DIREZIONE LAVORI;
- sia comunicata alla DIREZIONE LAVORI l'adozione della perforazione senza rivestimenti, con impiego di fanghi stabilizzanti;
- la perforazione sia eseguita mediante sonda a rotazione o rotoperussione, con rivestimento continuo e circolazione di fluidi, fino a raggiungere la profondità di progetto;
- per la circolazione del fluido di perforazione siano utilizzate pompe a pistoni con portate e pressioni adeguate. Si richiedono valori minimi di 200 l/min. e 25 bar, rispettivamente;
- nel caso di perforazione a rotoperussione con martello a fondo foro si utilizzino compressori di adeguata potenza; le caratteristiche minime richieste sono:
 - portata > 10 mc /min;
 - pressione 8 bar.

La perforazione "a secco" senza rivestimento di norma non è ammessa; solo previa autorizzazione della DIREZIONE LAVORI, L'ESECUTORE potrà utilizzarla in caso di terreni fortemente cementati o argillosi caratterizzati da valori della coesione non drenata (c_u) che, alla generica profondità di scavo (H), soddisfino la seguente condizione:

$$c_u \geq \gamma H/3$$

dove:

γ = peso dell'unità di volume del terreno.


Per i terreni fortemente cementati il valore della coesione sarà determinato con prova di compressione semplice.

7.7.3.2. Micropali cementati mediante iniezioni multiple selettive

a) Allestimento del micropalo

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- completata la perforazione, si provveda a rimuovere i detriti presenti nel foro, o in sospensione nel fluido di perforazione, prolungando la circolazione del fluido stesso fino alla sua completa chiarificazione;
- venga quindi inserita l'armatura tubolare valvolata, munita di centratori, fino a raggiungere la profondità di progetto; sono preferibili i centratori non metallici;
- il tubo sia prolungato fino a fuoriuscire a bocca foro per un tratto adeguato a consentire le successive operazioni di iniezione;
- si proceda immediatamente alla cementazione del micropalo (guaina);

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 7 PALI E MICROPALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 7	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 005 B</u>	FOGLIO 21 di 28

- la messa in opera delle armature di frettaggio, ove previste, sia eseguita successivamente all'iniezione.

b) Formazione della guaina

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- non appena completata la messa in opera del tubo valvolato di armatura, si provveda immediatamente alla formazione della guaina cementizia, iniettando attraverso la valvola più profonda un quantitativo di miscela sufficiente a riempire l'intercapedine tra le pareti del foro e la parete esterna dell'armatura tubolare;
- contemporaneamente si proceda alla estrazione dei rivestimenti provvisori, quando utilizzati, e si effettuino i necessari rabbocchi di miscela cementizia;
- completata l'iniezione di guaina, si provveda a lavare con acqua il cavo interno del tubo di armatura.

c) Iniezioni selettive a pressioni e volumi controllati

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:


- trascorso un periodo di 12 - 24 ore (tempo in cui la miscela di guaina dovrà raggiungere la resistenza richiesta dal progetto esecutivo approvato) dalla formazione della guaina, si dia luogo alla esecuzione delle iniezioni selettive per la formazione del bulbo di ancoraggio;
- si proceda valvola per valvola, a partire dal fondo, tramite un packer a doppia tenuta collegato al circuito di iniezione;
- la massima pressione di apertura delle valvole non superi il limite di 60 bar (6 MPa); in caso contrario la valvola deve essere abbandonata;
- ottenuta l'apertura della valvola, si dia luogo all'iniezione in pressione fino ad ottenere i valori dei volumi di assorbimento e di pressione prescritti dal progetto (per pressione di iniezione si intende il valore minimo che si stabilisce all'interno del circuito);
- l'iniezione sia tassativamente eseguita utilizzando portate non superiori a 30 l/min, nel rispetto dei valori di progetto, e comunque con valori che, in relazione alla effettiva pressione di impiego, siano tali da evitare fenomeni di fratturazione idraulica del terreno (claquage);
- i volumi di iniezione siano di norma non inferiori a tre volte il volume teorico del foro, e comunque conformi alle prescrizioni di progetto;
- nel caso in cui l'iniezione del previsto volume non comporti il raggiungimento della prescritta pressione di rifiuto, la valvola sia nuovamente iniettata, trascorso un periodo di 12 - 24 ore;
- fino alla conclusione delle operazioni di iniezione, al termine di ogni fase si proceda al lavaggio interno del tubo d'armatura.

7.7.3.3. Micropali a semplice cementazione

7.7.3.3.1. Riempimento a gravità

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- il riempimento del foro, dopo la posa delle armature, avvenga tramite un tubo di alimentazione disceso fino a 10-15 cm dal fondo, collegato alla pompa di mandata o agli iniettori;
- nel caso si adotti una miscela contenente aggregati sabbiosi, ovvero con peso di volume superiore a quello degli eventuali fanghi di perforazione, il tubo convogliatore sia dotato superiormente di un imbuto o tramoggia di carico; si potrà anche procedere al getto attraverso l'armatura, se tubolare e di diametro interno > 80 mm;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 7 PALI E MICROPALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 7	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 005 B</u>	FOGLIO 22 di 28

- il riempimento sia proseguito fino a che la malta immessa risalga in superficie senza inclusioni o miscele con il fluido di perforazione;
- venga accertata la necessità o meno di effettuare rabbocchi, da eseguire preferibilmente tramite il tubo di convogliamento.

Nel caso di malta con aggregati fini o di miscela cementizia pura, senza aggregati, si potrà usare, per il getto, l'armatura tubolare solo se di diametro interno inferiore a 50 mm; in caso diverso si dovrà ricorrere ad un tubo di convogliamento separato con un diametro contenuto entro i limiti sopracitati.

7.7.3.3.2. *Riempimento a bassa pressione*

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- il foro sia interamente rivestito;
- la posa della malta o della miscela avvenga in un primo momento entro il rivestimento provvisorio tramite un tubo di convogliamento come descritto al paragrafo precedente;
- successivamente venga applicata al rivestimento una idonea testa a tenuta alla quale si invierà aria in pressione (0.5 - 0.6 MPa) mentre si solleverà gradualmente il rivestimento fino alla sua prima giunzione;
- si smonti la sezione superiore del rivestimento e si applichi la testa di pressione al tratto residuo di rivestimento, previo rabboccamento dall'alto per riportare a livello la malta;
- si proceda analogamente per le sezioni successive fino a completare l'estrazione del rivestimento.

7.8. CONTROLLI

I controlli da effettuare dopo la realizzazione e prima dell'utilizzo, per assicurare che i pali/micropali in esame diano le garanzie di resistenza e rispetto delle caratteristiche prestazionali richieste dal progetto esecutivo approvato, si distinguono in tre tipi:

- controlli di resistenza meccanica sotto carico;
- controlli di integrità mediante prove di ammettenza meccanica (solo per i pali);
- controlli di integrità mediante prove di controllo sonico (solo per i pali).

L'esecuzione di tutte le prove previste dovrà essere descritta dall'ESECUTORE preliminarmente nella relazione tecnico-operativa (vedi paragrafo 7.5.1).

L'ESECUTORE per ogni opera dovrà presentare alla DIREZIONE LAVORI, una relazione tecnica contenente il resoconto di tutte le prove eseguite in accordo alle prescrizioni riportate nel paragrafo 7.8.1 d.


7.8.1. PROVE IN CORSO D'OPERA

Si definiscono prove in corso d'opera, le prove effettuate su pali e micropali della fondazione, dei quali non bisogna compromettere l'integrità; il carico massimo da raggiungere nel corso della prova (P_{max}) è $\geq 1,5$ volte l'azione di progetto P_r , utilizzata per le verifiche SLE (combinazione rara).

La finalità della prova in corso d'opera è quella di verificare che:

- non esistano gravi deficienze esecutive nel palo/micropalo;
- il palo/micropalo abbia un comportamento conforme alle previsioni progettuali sotto le azioni di progetto;
- non vi sia eccessiva disomogeneità di comportamento tra i pali/micropali di una stessa palificata.

a) *Estensione delle prove*

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 7 PALI E MICROPALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 7	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 005 B</u>	FOGLIO 23 di 28

L'ESECUTORE dovrà effettuare per ogni opera, avente caratteristiche strutturali e geotecniche omogenee, prove di carico assiale sui pali e micropali di progetto adottando almeno le seguenti frequenze di prova:

- n. 1 prova se il numero di pali è inferiore o uguale a 20;
- n. 2 prove se il numero di pali è compreso tra 21 e 50;
- n. 3 se il numero di pali è compreso tra 51 e 100;
- n. 4 se il numero di pali è compreso tra 101 e 200;
- n. 5 se il numero di pali è compreso tra 201 e 500;
- il numero intero più prossimo al valore $5 + n/500$, se il numero n di pali è superiore a 500.

E' consentito ridurre il numero di prove statiche minimo sopra indicato fino al limite dell'1% dei pali realizzati, con un minimo di 2. In tale caso deve essere garantita l'effettuazione delle prove cross-hole sul 100% delle predisposizioni, ferme restando le rimanenti prescrizioni di cui al paragrafo 6.4.3.7.2 del D.M Infrastrutture 14 gennaio 2008 "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni".

L'individuazione dei pali/micropali da sottoporre a prova sarà sempre concordata con la DIREZIONE LAVORI, la quale, in considerazione dell'omogeneità dei terreni in cui è ubicato il lotto di pali/micropali e dei risultati delle eventuali prove a carico limite eseguite per pali/micropali dello stesso diametro, potrà modificare la scelta dei pali/micropali da sottoporre a prova di carico.

b) Attività preliminari alle prove

Prima della prova l'ESECUTORE dovrà verificare, in accordo con le relative prescrizioni contenute nella presente sezione, e con quanto preliminarmente approvato dalla DIREZIONE LAVORI (vedi paragrafo 7.5), che concorrano le seguenti condizioni:

- corretta predisposizione della testa del palo/micropalo;
- corretta disposizione dei dispositivi per l'applicazione e la misura del carico.

All'atto della prova l'ESECUTORE dovrà poi controllare la corretta applicazione del carico, in accordo con la documentazione presentata ed approvata dalla DIREZIONE LAVORI e con quanto specificato nella presente sezione.

c) Modalità di prova


L'ESECUTORE eseguirà tutte le prove di carico sui pali/micropali in accordo con tutte le prescrizioni richiamate nelle norme di riferimento indicate al capitolo 7.2 e al paragrafo 7.7.1.

Salvo diverse indicazioni di progetto le prove di carico statico dovranno essere eseguite effettuando n.2 cicli di carico-scarico, raggiungendo nel primo ciclo il carico assiale pari all'azione di progetto utilizzata per le verifiche SLE (combinazione rara) e nel secondo ciclo il carico massimo di prova, ovvero il medesimo carico assiale moltiplicato per 1,5 volte. Le modalità di applicazione del carico dovranno essere effettuate mediante incrementi e decrementi gradualmente in accordo con le indicazioni della DIREZIONE LAVORI.

d) Resoconto delle prove

Alla fine delle prove l'ESECUTORE dovrà redigere una scheda che contenga, per ogni palo/micropalo, i seguenti dati:

- il numero di identificazione del palo rispetto alla planimetria (vedi paragrafo 7.5.1) e le caratteristiche nominali del palo (lunghezza, diametro);
- la stratigrafia del terreno rilevata durante la perforazione (pali trivellati);
- le caratteristiche della prova (dispositivo di contrasto, travi portamicrometri, carico applicato);
- la disposizione, le caratteristiche ed i certificati di taratura della strumentazione;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 7 PALI E MICROPALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 7	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 005 B</u>	FOGLIO 24 di 28

- la scheda tecnica del palo, redatta all'atto dell'esecuzione;
- l'ora di esecuzione delle varie operazioni di prova;
- la temperatura riscontrata all'atto delle prove;
- il tempo progressivo di applicazione del carico;
- le corrispondenti misurazioni di ogni comparatore e i relativi valori medi;
- le note e le eventuali osservazioni;
- le tabelle ed i diagrammi completi delle letture tempo-carico-cedimento con le indicazioni dei singoli comparatori e la loro media aritmetica; ⁽¹⁾
- interpretazione dei risultati della prova in relazione ai valori di progetto.

7.8.2. PROVE SU PALI STRUMENTATI

Quando richiesto dal progettista, le prove di carico assiali, oltre che di definire la curva carico-cedimento alla testa del palo, avranno lo scopo di valutare l'entità e la distribuzione del carico assiale e la curva di mobilitazione dell'attrito lungo il palo. Pertanto dovranno essere predisposte preliminarmente una serie di sezioni strumentate nel fusto e alla base del palo stesso, in conformità alle indicazioni di progetto.

In tale circostanza, previa approvazione da parte della DIREZIONE LAVORI, il massimo carico assiale di prova potrà essere posto pari a 1,2 volte l'azione di progetto utilizzata per le verifiche SLE.

7.8.3. PROVE DI CONTROLLO SONICO

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, per le attrezzature, i dispositivi e le metodologie di prova, dovrà verificare la conformità con quanto di seguito descritto.

Le prove di controllo sonico consistono in:

- carotaggio sonico;
- prove cross-hole.

7.8.3.1. Carotaggio sonico

7.8.3.1.1. Descrizione della prova


Il metodo di prova consiste nella esecuzione di un carotaggio nel palo già eseguito e nella registrazione delle modalità di propagazione di un impulso sonico nel calcestruzzo circostante, seguendo un percorso parallelo all'asse del palo.

La sonda sonica è composta da un elemento emettitore ed uno ricevitore, distanziati normalmente di 0,50 m in verticale.

7.8.3.1.2. Frequenza di esecuzione

La DIREZIONE LAVORI potrà richiedere l'esecuzione di carotaggi meccanici, verticali o comunque inclinati, per l'esecuzione di prove soniche. In tal caso le prove potranno essere richieste fino al limite del 5% dei pali realizzati. Nel caso di anomalie o risultati non soddisfacenti, il numero di prove potrà essere aumentato a giudizio della DIREZIONE LAVORI. I fori eseguiti per i suddetti carotaggi dovranno essere reintegrati con iniezioni di malta di cemento di adeguata densità ed addizionata con additivo anti-ritiro in modo da ottenere la completa cementazione dei fori stessi.

¹Sono richieste anche le fotocopie chiaramente leggibili della documentazione originale di cantiere ("verbale").

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 7 PALI E MICROPALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 7	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 005 B</u>	FOGLIO 25 di 28

7.8.3.1.3. *Modalità di esecuzione*

La sonda viene fatta scorrere all'interno del foro ad intervalli regolari di profondità, almeno ogni 5 cm; l'elemento emettitore genera un impulso che raggiunge il ricevitore dopo essersi propagato nel calcestruzzo.

Il risultato delle misure è una diagrafica a "densità variabile" che visualizza lo stato di integrità oppure la presenza di anomalie del calcestruzzo.

A giudizio della DIREZIONE LAVORI, in alternativa alla prova come sopra descritta, si potrà procedere a prove del tipo vibrazionale eseguite dalla testa del palo.

7.8.3.1.4. *Documentazione della prova*

L'esito delle prove sarà registrato in una apposita scheda in cui saranno indicati, per ogni palo:

- dati identificativi del palo rispetto alla planimetria (vedi paragrafo 7.5);
- l'ora di esecuzione delle varie operazioni di prova;
- la temperatura riscontrata all'atto delle prove;
- il tipo di sonda sonica impiegata ed i relativi certificati di taratura;
- le misurazioni effettuate ad ogni avanzamento della sonda;
- il diagramma completo con tutte le misurazioni in funzione degli avanzamenti;

7.8.3.2. **Prove cross-hole**

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, per le attrezzature, i dispositivi e le metodologie di prova, dovrà verificare la conformità con quanto di seguito descritto.

7.8.3.2.1. *Descrizione della prova*

Le misure di cross-hole sonico (impulso su percorso orizzontale) consistono nella registrazione delle modalità di propagazione di un impulso sonico nel calcestruzzo interposto tra tubi di misura.

Per l'esecuzione della prova è necessario aver predisposto tre tubi (solidali alla gabbia d'armatura) all'interno del palo prima dell'esecuzione del getto (per i pali trivellati ad elica continua, i tre tubi dovranno essere comunque solidali alla gabbia d'armatura e calati nel foro subito dopo il getto).


7.8.3.2.2. *Frequenza delle prove*

L'ESECUTORE dovrà predisporre, prima dell'esecuzione del getto e secondo le indicazioni della DIREZIONE LAVORI, il 30% dei pali non in alveo per l'effettuazione del controllo dell'esecuzione con il metodo "cross hole". Per i pali in alveo e in zone golenali questa predisposizione dovrà essere estesa al 100% dei pali.

L'attrezzaggio dovrà essere eseguito mediante la predisposizione di almeno tre tubazioni metalliche o in PVC a 120° preassemblate sull'armatura del palo, aventi diametro interno non inferiore ad 1 pollice e mezzo. L'utilizzo di tubazioni in PVC è subordinato all'approvazione della DIREZIONE LAVORI.

Prima dell'esecuzione della prova i tubi devono essere riempiti con acqua dolce.

La prova dovrà essere eseguita sui pali indicati dalla DIREZIONE LAVORI, e dovrà riguardare 1/3 dei pali predisposti. Nel caso di anomalie o risultati non soddisfacenti il numero di prove potrà essere aumentato a giudizio della DIREZIONE LAVORI.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 7 PALI E MICROPALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 7	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 005 B</u>	FOGLIO 26 di 28

7.8.3.2.3. *Modalità di esecuzione*

In uno dei fori predisposti viene introdotta la sonda emettitrice, nell'altro quella ricevente. Le due sonde vengono contemporaneamente fatte scorrere all'interno dei due tubi; ad intervalli regolari di profondità la sonda emettitrice genera un impulso sonico che raggiunge l'altra sonda dopo aver attraversato il calcestruzzo. L'esito delle prove sarà registrato con strumentazioni digitali.

7.8.3.2.4. *Documentazione della prova*

Vedi paragrafo 7.8.3.1.4

7.8.4. PROVE DI AMMETTENZA MECCANICA (TRANSIENT DYNAMIC RESPONSE TEST)

L'ESECUTORE se non diversamente previsto, per le attrezzature, i dispositivi e le metodologie di prova, dovrà verificare la conformità con quanto di seguito descritto.

Le prove di ammettenza meccanica, anche dette ecometriche, potranno essere eseguite, a discrezione della DIREZIONE LAVORI, su pali non sottoposti ad altra prova (a meno di quelle necessarie per le correlazioni con i risultati delle cross hole) ed aventi caratteristiche (dimensioni, materiali, terreno, ecc.) identiche a quelle di pali assoggettati alla prova di carico assiale. Lo scopo è verificare, in modo non distruttivo, la profondità e l'eventuale presenza di difetti lungo l'altezza dei pali.

7.8.4.1. Descrizione della prova

Il principio su cui si basano le prove ecometriche, è quello dell'analisi della propagazione delle onde elastiche all'interno di un mezzo continuo. Il palo viene messo in vibrazione da una forza impulsiva assiale esercitata mediante l'impiego di un semplice martello. L'onda di compressione generata dal colpo del martello sull'estremità superiore del palo si propaga verso il basso all'interno del palo stesso; giunta alla base in assenza di discontinuità, l'onda subisce una parziale riflessione verso l'alto ed alla testa del palo essa è rilevata da un geofono.

7.8.4.2. Modalità di esecuzione

Il palo deve essere preparato mediante spianamento e regolarizzazione della testa; lo spessore della malta deve essere non superiore a 5 cm.

Nel caso di impiego di eccitatore a masse eccentriche, occorre inserire nella testa del palo dei tirafondi di ancoraggio.

Vengono inseriti i dati riguardanti il palo da investigare e si impostano i fattori di elaborazione del segnale (filtri, amplificazione del segnale, velocità di propagazione, ecc.). Il sensore (geofono), collegato alla centralina, viene posto a contatto con la testa del palo da investigare, e con il martello si batte un colpo. L'onda d'urto prodotta e la risposta del palo vengono registrati ed elaborati dalla centralina elettronica e quindi visualizzati sul display.

L'eccitazione dinamica può essere ottenuta anche mediante un eccitatore a masse eccentriche, in grado di applicare una forza oscillante secondo una sinusoide di frequenza nota, variabile in genere da 20 a 100 Hz.

La risposta fornisce un "riflessogramma" mediante la cui analisi si diagnostica la presenza di eventuali difetti nel palo e la sua lunghezza.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 7 PALI E MICROPALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 7	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 005 B</u>	FOGLIO 27 di 28

7.8.4.3. Documentazione della prova

Oltre a quanto indicato al paragrafo 7.8.3.1.4 e ai dati generali identificativi del palo e delle condizioni di esecuzione della prova, devono essere riportati nella documentazione tutti i diagrammi e i risultati delle misure effettuate.

7.9. TOLLERANZE DI COSTRUZIONE

7.9.1. OBIETTIVI

Il presente paragrafo indica i valori delle tolleranze di costruzione ritenute significative per stabilire l'accettazione di opere/parti d'opera realizzate dall'Esecutore.

Il rispetto delle tolleranze indicate significa conformità dell'opera al progetto.

Valori riscontrati eccedenti i limiti di seguito indicati comportano l'apertura di non conformità e il relativo trattamento (demolizione, rilavorazione, riparazione, accettazione tal quale con eventuale detrazione o deprezzamento).

7.9.2. DEFINIZIONI

- Tolleranza: intervallo entro il quale deve essere compreso il valore effettivo di un certo parametro per ritenere il manufatto conforme e remunerabile secondo contratto.
- Valore teorico : valore di un parametro indicato in progetto.
- Valore effettivo : valore del parametro richiesto misurato sul manufatto costruito.
- Precisione: minima entità della misura che si deve essere in grado di rilevare, ovvero livello di apprezzamento strumentale.
- Valore nominale: prescrizione contrattuale (progetto, capitolato).

7.9.3. MODALITÀ DI LETTURA

Le tolleranze non sono cumulative. In caso di più di una indicazione, è sempre vincolante quella più restrittiva.

Una tolleranza positiva (+) aumenta il valore o la dimensione alla quale essa è applicata o alza la quota di un livello.

Una tolleranza negativa (-) diminuisce il valore o la dimensione alla quale essa è applicata o abbassa la quota di un livello.

Una tolleranza priva di segno è da intendersi positiva (+) e negativa (-).

Ove è precisata una tolleranza con un singolo segno positivo (+) o negativo (-) non esiste limite nel campo restante.

Nella colonna "ulteriore limitazione" viene indicato il limite massimo della tolleranza ammessa in valore assoluto.

Tabella 7.9.1: Tolleranze

OGGETTO DEL CONTROLLO	DESCRIZIONE PARAMETRO DI CONTROLLO		UNITA' DI MISURA	PRECISIONE	VALORE NOMINALE	TOLLERANZA		ULTERIOR E LIMITAZIONE	
1- PALO TRIVELLATO	1.1	Coordinate planimetriche centro palo (generico)	mm	5	di progetto	10% Φ		75	
	1.2	Coordinate planimetriche centro palo (paratia di pali)	mm	5	di progetto	5% Φ		50	
	1.3	Verticalità (palo in gruppo, completamente interrato)	%	0.4	0	2			
	1.4	Verticalità (paratia di pali)	%	0.4	0	1			
	1.5	Inclinazione (palo inclinato)	%	0.4	di progetto	4			
	1.6	Lunghezza "L" palo	mm	20	di progetto	L/100			
	1.7	Diametro " Φ " palo finito	mm	5	di progetto	-2% Φ	+5% Φ		
	1.8	Quota testa palo	mm	10	di progetto	50			
	1.9	Interasse "i" staffe palo	mm	5	di progetto	-20% i	+10% i		
	1.10	Copriferro armatura metallica palo	mm	1	60	-10			
	1.11	Spessore lamierino di protezione	mm	0.1	di progetto	-0.5			
2- MICROPALO	2.1	Coordinate planimetriche centro micropalo	mm	5	di progetto	10% Φ		20	
	2.2	Verticalità micropalo	%	0.4	0	2			
	2.3	Direzione asse micropalo (inclinato)	%	1/250	di progetto	4			
	2.4	Lunghezza micropalo	mm	10	di progetto	L/100			
	2.5	Diametro " Φ " micropalo finito	mm	5	di progetto	-2% Φ	+5% Φ		
	2.6	Quota testa palo	mm	10	di progetto	50			
3-PALO BATTUTO IN CLS	3.1	Dimensione sezione retta	mm	1	di progetto	-1	6		
	3.2	Deviazione dalla linearità (misurata su 3 m di lunghezza)	mm	1	0	6			
	3.3	Distanza del centro di una generica sezione retta, dalla linea retta congiungente i centri delle due sezioni estreme (distanti "L")	mm	1	0	L/500	L/500		

**CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO
DELLE OPERE CIVILI**


**PARTE II - SEZIONE 8
PARATIE DI PALI, DIAFRAMMI E PALANCOLATE**

- 8.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE
- 8.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO
- 8.3 DEFINIZIONI
- 8.4 ABBREVIAZIONI
- 8.5 ONERI E PRESCRIZIONI GENERALI
- 8.6 MATERIALI
- 8.7 MODALITA' ESECUTIVE
- 8.8 CONTROLLI FINALI
- 8.9 TOLLERANZE DI COSTRUZIONE


Rev.	Data	Descrizione	Redazione	Verifica Tecnica	Autorizzazione
A	30/12/2016	Emissione per Applicazione	A. Latorre	A. Rinaldi	F. Iacobini
B	22/12/2017	Emissione per Applicazione	A. Latorre <i>A. Latorre</i>	A. Rinaldi <i>A. Rinaldi</i>	F. Iacobini <i>F. Iacobini</i>

INDICE

8.1. SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE	4
8.1.1. CAMPO DI APPLICAZIONE	4
8.2. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	4
8.2.1. NORMATIVA NAZIONALE	4
8.2.2. NORMATIVA FERROVIARIA	5
8.3. DEFINIZIONI	5
8.4. ABBREVIAZIONI.....	5
8.5. ONERI E PRESCRIZIONI GENERALI.....	5
8.5.1. CAMPO PROVA	6
8.6. MATERIALI	6
8.6.1. ARMATURE E CONGLOMERATO CEMENTIZIO	6
8.6.2. FANGHI STABILIZZANTI	7
8.6.3. PALANCOLE METALLICHE	7
8.7. MODALITA' ESECUTIVE	7
8.7.1. PARATIE DI PALI	7
8.7.2. DIAFRAMMI	7
8.7.2.1. Prescrizioni generali.....	7
8.7.2.2. Piani di lavoro.....	8
8.7.2.3. Cordoli guida	8
8.7.2.4. Perforazione.....	9
8.7.2.4.1. Scavo con benna mordente	9
8.7.2.4.2. Scavo con idrofresa	9
8.7.2.5. Dispositivi per la formazione dei giunti	10
8.7.2.6. Armature.....	10
8.7.2.7. Getto del calcestruzzo	10
8.7.3. PALANCOLATI	11
8.7.3.1. Prescrizioni generali.....	11
8.7.3.2. Infissione	12
8.7.3.3. Estrazione.....	12
8.8. CONTROLLI FINALI	12
8.8.1. PROVE DI CONTROLLO SONICO	13
8.8.1.1. Modalità di prova	13
8.8.1.2. Documentazione della prova	14
8.9. TOLLERANZE DI COSTRUZIONE	14
8.9.1. OBIETTIVI	14

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 8 PARATIE DI PALI, DIAFRAMMI E PALANCOLATE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 8	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 006 B</u>	FOGLIO 3 di 15

8.9.2. DEFINIZIONI	14
8.9.3. TOLLERANZE DI COSTRUZIONE: MODALITÀ DI LETTURA	15

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 8 PARATIE DI PALI, DIAFRAMMI E PALANCOLATE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 8	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 006 B</u>	FOGLIO 4 di 15

8.1. SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente sezione è parte integrante del Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle Opere Civili (RFI DTC SI SP IFS 001 A) e sostituisce la Sezione 8 della parte II del precedente Capitolato (cod. RFI DTC SICS SP IFS 001 B - del 31/12/2015).

8.1.1. CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente sezione del capitolato si applica alle seguenti tipologie di paratie:

- Pali accostati/secanti
- Diaframmi in c.a.
- Palancolate metalliche ed in c.a. prefabbricate.

L'utilizzo di palancole in acciaio è limitato alle sole opere provvisoriale; per opere permanenti si farà ricorso a diaframmi in c.a. o paratie di pali, sempre in c.a.

Per la tipologia di paratia di micropali accostati si rimanda alla Sezione "Opere di Miglioramento, Rinforzo e Stabilizzazione" del presente Capitolato.

Si precisa che per le possibili modalità di gestione dei materiali di risulta relativi alla realizzazione delle opere di cui alla presente sezione in qualità di sottoprodotti e/o in qualità di rifiuti, si rimanda ai documenti specialistici di riferimento (progetto e documenti contrattuali) nonché a quanto disciplinato dalla normativa ambientale vigente (D.Lgs. 152/06 e s.m.i., D.P.R. 13 giugno 2017 n.120, D.M. 05/02/98 e s.m.i., D.M. 27/09/2010, etc.).


8.2. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

I lavori saranno eseguiti in accordo alle norme di legge, istruzioni e normative tecniche applicabili, nonché a tutte quelle indicate nel presente documento e nelle sezioni di Capitolato richiamate nel testo.

Si elencano di seguito la principale normativa e documentazione di riferimento. Costituiscono oggetto di riferimento normativo, da intendersi non esaustivo. In ogni caso viene considerata valida l'edizione della norma vigente al momento del ritiro dei documenti di gara, nonché l'eventuale aggiornamento intercorso a valle di questo purché concordato tra le parti; in caso di discordanza tra diverse normative, vale l'interpretazione più favorevole per Rete Ferroviaria Italiana.

8.2.1. NORMATIVA NAZIONALE

- D.M. Infrastrutture 14 gennaio 2008 "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni"
- Circolare 02 febbraio 2009 n° 617/ C.S.I.L.P.P. "Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008"
- D.Lgs.03 aprile 2006 n° 152 "Norme in materia ambientale"
- UNI EN 1536:2010 "Esecuzione di lavori geotecnici speciali – Pali trivellati"
- UNI EN 1537:2013 "Esecuzione di lavori geotecnici speciali – Tiranti di ancoraggio"
- UNI EN 1538:2010 "Esecuzione di lavori geotecnici speciali – Diaframmi"
- UNI EN 10248-1:1997 "Palancole laminate a caldo di acciai non legati – Condizioni tecniche di fornitura"
- UNI EN 10248-2:1997 "Palancole laminate a caldo di acciai non legati – Tolleranze dimensionali e di forma"
- UNI EN 10249-1:1997 "Palancole profilate a freddo di acciai non legati – Condizioni tecniche di fornitura"
- UNI EN 10249-2:1997 "Palancole profilate a freddo di acciai non legati – Tolleranze dimensionali e di forma"

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 8 PARATIE DI PALI, DIAFRAMMI E PALANCOLATE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 8	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 006 B</u>	FOGLIO 5 di 15

- UNI EN 12063:2002 “Esecuzione di lavori geotecnici speciali – Palancolate”

8.2.2. NORMATIVA FERROVIARIA

- RFI DTC SI CS MA IFS 001 A “Manuale di progettazione delle opere civili” Parte II-Sezione 3
- In generale dovranno considerarsi tutte le norme tecniche internazionali e nazionali di riconosciuto valore. Ai fini del presente capitolato, possono essere considerate di riconosciuto valore:

- Normative Europee (EURONORME)
- Normative ISO
- Norme tecniche nazionali e linee guida, francesi e italiane

8.3. DEFINIZIONI

Contratto: contratto di appalto o di concessione avente per oggetto l'acquisizione di servizi, o di forniture, ovvero l'esecuzione di opere o lavori, posti in essere dalla stazione appaltante;

Direzione lavori: ufficio preposto alla direzione ed al controllo tecnico, contabile e amministrativo dell'esecuzione dell'intervento nel rispetto degli impegni contrattuali;

Direttore dei lavori: soggetto che ha la responsabilità del coordinamento e della supervisione dell'attività di tutto l'ufficio di direzione dei lavori, ed interloquisce in via esclusiva con l'esecutore in merito agli aspetti tecnici ed economici del contratto. Cura che i lavori siano eseguiti a regola d'arte ed in conformità al progetto e al contratto.

ESECUTORE: Soggetto incaricato dell'esecuzione dei lavori (Appaltatore, General Contractor, Contraente Generale)

FERROVIE: Rete Ferroviaria Italiana S.p.A. o chi agisce in nome e per conto di Rete Ferroviaria Italiana S.p.A. (Direzione Lavori, Alta sorveglianza)

Prova: forma di verifica che si effettua in ragione del contratto, delle disposizioni normative, delle disposizioni delle FERROVIE.

Pali accostati/secanti: elementi di paratia (o di fondazione) realizzati dalla superficie secondo le specifiche di costruzione dei pali di cui alla Sezione “Pali e micropali” del presente Capitolato. Possono essere affiancati o secanti secondo gli interassi di progetto (in una o più file).

Diaframmi: elementi di paratia o di fondazione, realizzati dalla superficie sostituendo il terreno con un conglomerato cementizio armato. Lo scavo ed il getto sono di solito eseguiti per elementi singoli (pannelli).

Palancolato: elemento di una paratia realizzato mediante l'infissione nel terreno di profilati metallici i cui bordi longitudinali sono sagomati in modo da realizzare un'opportuna guida all'infissione e una tenuta dell'elemento adiacente, oppure da elementi in c.a. rinforzati in punta mediante taglienti in acciaio di adeguati spessori e forme, in relazione al tipo di terreno attraversato.

8.4. ABBREVIAZIONI

PVC: Cloruro Polivinile

SLE: Stati Limite di Esercizio

8.5. ONERI E PRESCRIZIONI GENERALI

L'ESECUTORE, fermo restando quanto previsto dalle “Disposizioni generali” del presente Capitolato, che devono intendersi totalmente richiamate, se non diversamente prescritto, dovrà:

- verificare che le prescrizioni indicate al par.7.5 della Sezione “Pali e micropali” del presente Capitolato siano tutte soddisfatte, intendendo riferito ad ogni singolo pannello quanto previsto per il palo/micropalo;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 8 PARATIE DI PALI, DIAFRAMMI E PALANCOLATE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 8	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 006 B</u>	FOGLIO 6 di 15

- presentare alla DIREZIONE LAVORI una relazione con il progetto del campo prova (ove questo sia previsto dal progetto) di cui al successivo punto 8.5.1, in cui siano indicati la stratigrafia dell'area, le attrezzature utilizzate e la planimetria con ubicati gli elementi di paratia (nel caso non sia previsto il campo prova tali informazioni devono confluire nella relazione di cui al punto successivo);
- presentare alla DIREZIONE LAVORI insieme alla relazione tecnica finale del campo prova una relazione tecnico – operativa, così come indicato al paragrafo 7.5.1 della Sezione “Pali e micropali” del presente Capitolato, che dovrà pertanto contenere:
 - una planimetria riportante la posizione di tutti gli elementi di paratia, (con indicazione di quelli da attrezzare con una specifica strumentazione di prova), contrassegnati da un numero progressivo indicativo di ciascun elemento; le date ed il programma delle prove dovranno essere altresì comunicati a Rete Ferroviaria Italiana con almeno 7 giorni di anticipo sulle date di inizio;
 - il programma di esecuzione delle opere, nel quale sia indicata la successione cronologica prevista per tutti gli elementi di paratia;
 - tutte le caratteristiche delle attrezzature, gli utensili e le modalità di scavo previste, in modo da assicurare il raggiungimento delle profondità di progetto, l'attraversamento di strati di terreno lapidei o cementati, l'eventuale ammorsamento nel sub-strato roccioso, la rimozione di massi di scogliere, trovanti, materiali metallici o altro che possa ostacolare la costruzione. Inoltre nella relazione andranno descritte le modalità e le attrezzature necessarie all'infissione delle palancole;
- provvedere a tutte le operazioni preliminari, quali la formazione di piazzole di lavoro nonché la costruzione e la successiva demolizione dei cordoli di guida;
- rimuovere tutte le palancole e segnalare preventivamente alla DIREZIONE LAVORI quelle che non potranno a qualsiasi titolo essere recuperate;
- verificare (e documentare) tutte le caratteristiche e funzionalità dei fanghi utilizzati per il sostegno dello scavo;
- ripristinare qualunque perdita di fango stabilizzante e segnalare alla DIREZIONE LAVORI l'eventuale maggior impiego di calcestruzzo conseguente alla rimozione dei suddetti eventuali ostacoli o al ritrovamento di cavità.

8.5.1. CAMPO PROVA

Prima dell'inizio delle lavorazioni dovrà essere eseguito, ove previsto dal progetto, un idoneo campo prova “fuori opera” per verificare la funzionalità delle attrezzature e delle metodologie operative. Dovranno essere realizzati o infissi almeno 3 elementi di paratia.

Nel caso di pannelli o pali, questi dovranno essere tutti attrezzati con tubi idonei per l'esecuzione di prove soniche; nel caso in cui sia previsto il contatto fisico tra tutti i pannelli, le prove dovranno interessare anche il giunto.

Le gabbie di armatura dovranno essere attrezzate con tubi inclinometrici, (4 per i pannelli e 2 per i pali) per la verifica della loro verticalità.


Le scanalature dei tubi inclinometrici dovranno essere parallele agli assi principali del pannello.

La lettura inclinometrica dovrà essere eseguita sulle 4 guide con sonda biassiale e prima di queste dovranno essere eseguite le opportune misure di spiratura.

8.6. MATERIALI

8.6.1. ARMATURE E CONGLOMERATO CEMENTIZIO

Per quanto concerne le caratteristiche delle armature e dei conglomerati cementizi, si rimanda alle prescrizioni di cui alla Sezione “Opere in Conglomerato Cementizio” e alla Sezione “Pali e micropali” del presente Capitolato.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 8 PARATIE DI PALI, DIAFRAMMI E PALANCOLATE	
	CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 8	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 006 B</u>	FOGLIO 7 di 15

8.6.2. FANGHI STABILIZZANTI

Allo scopo di garantire il sostegno delle pareti dello scavo, durante l'esecuzione dei diaframmi/pali l'ESECUTORE dovrà utilizzare fluidi di supporto rappresentati da sospensione di bentonite che soddisfino i requisiti di accettazione previsti nella norma EN 1538 e EN 1536 e richiamati nella seguente tabella.

In condizioni normali la sospensione dovrà rispettare le seguenti caratteristiche:

Tabella 8.6.1

PROPRIETA'	STADI		
	Fresca	Pronta per il riutilizzo	Prima della posa in opera del calcestruzzo
Densità in g/ml	< 1,10	<1,25	<1,15
Valore Marsh in sec	da 32 a 50	da 32 a 60	da 32 a 50
pH	da 7 a 11	da 5 a 12	n.a.*
Contenuto in sabbia in %	n.a.*	n.a.*	<4
Strato di fango dovuto alla filtrazione (filtercake) in mm	<3	<6	n.a.*

* n.a.: non applicabile

In condizioni particolari (alta permeabilità, cavità, alti livelli piezometrici, ecc.) i valori della precedente tabella potranno essere modificati.

In questo caso dovrà essere presentata una relazione tecnica alla DIREZIONE LAVORI in cui siano indicate le nuove caratteristiche della sospensione.

Le soluzioni polimeriche, possibilmente con aggiunta di bentonite, potranno essere utilizzate come fluidi di supporto dopo autorizzazione della DIREZIONE LAVORI, comunque solo in presenza di terreni coesivi previa presentazione di uno studio idoneo e l'esecuzione di prove in sito su scala naturale.

8.6.3. PALANCOLE METALLICHE

Le palancole devono essere conformi alle seguenti norme:

UNI EN 10248-1, UNI EN 10248-2, UNI EN 10249-1, UNI EN 10249-2.

8.7. MODALITA' ESECUTIVE

8.7.1. PARATIE DI PALI


Per le modalità esecutive dei pali si rimanda alla Sezione 7 "Pali e micropali" del presente Capitolato.

8.7.2. DIAFRAMMI

8.7.2.1. Prescrizioni generali

L'ESECUTORE fermo restando quanto previsto dal paragrafo 8.5 ("Oneri e Prescrizioni generali"), se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- nell'esecuzione dei diaframmi siano adottati tutti gli accorgimenti necessari a realizzare l'opera conformemente ai requisiti progettuali, in particolare per quanto riguarda il rispetto della verticalità, la complanarità e l'impermeabilità dei giunti;
- lo scavo sia eseguito con l'ausilio di idonea strumentazione in grado di verificare le eventuali deviazioni rispetto alla verticalità, nonché la rotazione della benna;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 8 PARATIE DI PALI, DIAFRAMMI E PALANCOLATE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 8	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 006 B</u>	FOGLIO 8 di 15

- lo scavo di un pannello non sia iniziato prima che il calcestruzzo del pannello o dei pannelli adiacenti abbia raggiunto una resistenza sufficiente ad impedire eventuali danni ai pannelli realizzati;
- qualora in fase di completamento della perforazione fosse accertata l'impossibilità di eseguire rapidamente il getto (sosta notturna, mancato trasporto del calcestruzzo), sarà necessario interrompere la perforazione alcuni metri prima ed ultimarla solo nell'imminenza del getto;
- qualora sia previsto dal progetto il contatto fisico tra i pannelli, la sequenza da realizzare deve essere prevista secondo lo schema: costruzione pannelli primari – successiva costruzione pannelli secondari. Non è pertanto consentita la realizzazione in successione progressiva di pannelli di paratia adiacenti.

La perforazione “a secco”, senza impiego di fanghi di stabilizzazione, non è di norma ammessa; in casi particolari potrà essere adottata, previa approvazione di FERROVIE, solo in terreni fortemente cementati o argillosi caratterizzati da valori della coesione non drenata c_u (cu) che alla generica profondità di scavo H soddisfino la seguente condizione

$$c_u \geq \gamma H/3$$

dove:

γ = peso dell'unità di volume del terreno; per i terreni fortemente cementati il valore della coesione sarà determinato con prova di compressione semplice.

La perforazione “a fango” in terreni molto aperti, privi di frazioni medio-fini ($D_{10} > 4$ mm), può richiedere l'esecuzione preliminare di bonifiche o intasamenti.

La tenuta idraulica fra i diversi pannelli, ove richiesto dal progetto, dovrà essere ottenuta mediante idonei giunti da realizzare nelle posizioni di minor sollecitazione.

8.7.2.2. Piani di lavoro


L'ESECUTORE, se non diversamente previsto dal progetto, dovrà verificare che:

- le attrezzature di perforazione e di servizio operino da un piano di lavoro preventivamente realizzato, in modo da evitare variazioni di assetto delle attrezzature durante il loro funzionamento;
- la quota dei piani di lavoro sia posta almeno 3,0 m sopra la massima quota dei livelli piezometrici della falda acquifera presente nel terreno. Qualora per il livello di falda non si possa rispettare tale franco, dovranno essere utilizzati fluidi di supporto che garantiscano lo stesso grado di sicurezza. In questo caso dovrà essere presentata alla DIREZIONE LAVORI una relazione tecnica specifica comprensiva di tutti i dettagli di cui al punto 8.6.2.

8.7.2.3. Cordoli guida

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto dal progetto, dovrà verificare che:

- gli assi longitudinali dei diaframmi siano materializzati mediante coppie di cordoli-guida (corree), paralleli e contrapposti;
- la distanza netta tra i muri guida sia dai 20 mm ai 50 mm più grande dello spessore di progetto del diaframma (UNI EN 1538);
- la parte superiore dei cordoli guida sia orizzontale ed abbia la stessa elevazione su entrambi i lati della trincea;
- i cordoli siano realizzati in conglomerato cementizio armato e siano adeguatamente marcati con chiodi e strisce di vernice in corrispondenza degli estremi di ciascun pannello di diaframma da eseguire;
- lo spessore dei cordoli sia minimo di 0.35 m, con una profondità compresa tra 0.7 m e 1.5 m a seconda delle condizioni del terreno; l'armatura sia continua (UNI EN 1538);
- nella realizzazione dei cordoli si abbia cura di posizionare con precisione le cassature, in modo da ottenere che la linea mediana delle corree non si discosti dalla posizione planimetrica del diaframma in misura superiore alla tolleranza ammessa.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 8 PARATIE DI PALI, DIAFRAMMI E PALANCOLATE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 8	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 006 B</u>	FOGLIO 9 di 15

8.7.2.4. Perforazione

Prima dell'inizio dei lavori l'ESECUTORE deve trasmettere alla DIREZIONE LAVORI una planimetria con indicati i pannelli numerati, e la sequenza di esecuzione degli stessi.

Per la perforazione l'ESECUTORE utilizzerà la tecnologia di scavo prevista dal progetto:

- scavo con benna mordente;
- scavo con idrofresa.

8.7.2.4.1. Scavo con benna mordente


L'ESECUTORE, se non diversamente previsto dal progetto, dovrà:

- eseguire lo scavo con benna mordente in presenza di fango stabilizzante;
- far posizionare topograficamente un picchetto ben visibile e solidale con il cordolo indicante il centro pannello;
- installare nella parte superiore del corpo benna una dima o carter (con lunghezza > di 1 m) avente le stesse dimensioni della massima apertura della benna;
- utilizzare idonea strumentazione per la verifica della profondità di scavo, delle deviazioni e delle rotazioni, e registrare la deviazione finale cumulata. A fine scavo questi parametri registrati dovranno essere consegnati alla DIREZIONE LAVORI;
- nel caso di uso di benne mordenti con aste di guida tipo Kelly verificare, ad inizio perforazione, la loro verticalità;
- nel caso di superamento della deviazione ammessa, che sarà progressiva in funzione della profondità secondo il criterio esposto nel capitolo 8.9 – Tolleranze di costruzione, intraprendere tutte le azioni necessarie per il recupero della verticalità. Nello scavo dei pannelli adiacenti (pannelli secondari) si dovrà avere cura di pulire, mediante opportuni raschiatori, le superfici laterali dei pannelli primari. I raschiatori dovranno essere utilizzati a fine perforazione, fissandoli rigidamente sull'utensile di scavo;
- durante la perforazione, far mantenere il livello del fango costantemente al di sopra della base del cordolo guida. Nel caso di improvviso franamento, con o senza perdita di fango stabilizzante, lo scavo dovrà essere immediatamente riempito con un volume supplementare di fluido di supporto, possibilmente contenente materiali sigillanti, o con calcestruzzo magro che sarà scavato successivamente;
- durante l'esecuzione dello scavo prendere tutti gli accorgimenti ragionevoli al fine di prevenire la fuoriuscita del fango stabilizzante al di là delle immediate vicinanze della zona di scavo;
- al termine della perforazione procedere all'accurata rimozione dei detriti rimasti sul fondo nonché alla sostituzione parziale o totale del fango per ricondurlo alle caratteristiche prescritte per l'esecuzione del getto, come indicato al paragrafo 8.6.2 della presente sezione. Al termine della perforazione dovrà essere verificato il contenuto in sabbia del fluido di supporto; il valore dovrà essere registrato così come il tempo necessario a ricondurlo ai limiti previsti nella tabella del punto 8.6.2.

8.7.2.4.2. Scavo con idrofresa

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto dal progetto, dovrà verificare che:

- nelle prime fasi di scavo sia previsto l'utilizzo della benna mordente, almeno fino al raggiungimento della profondità necessaria per il funzionamento della pompa di circolazione del fango incorporata nell'idrofresa. La seconda attrezzatura (idrofresa) sia impiegata in successione, per profondità di scavo superiori, fino al raggiungimento della quota di progetto;
- sia registrata la deviazione rispetto alla verticalità;
- periodicamente siano verificate e registrate le caratteristiche della sospensione;
- sia registrata la velocità di avanzamento e il valore della coppia delle frese.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 8 PARATIE DI PALI, DIAFRAMMI E PALANCOLATE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 8	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 006 B</u>	FOGLIO 10 di 15

8.7.2.5. Dispositivi per la formazione dei giunti

L'ESECUTORE, nel caso il progetto preveda la formazione dei giunti tramite tubi-spalla o palancole, dovrà verificare che:

- si abbia cura di pulire adeguatamente i tubi-spalla o palancole prima del loro impiego;
- i tubi-spalla siano messi in opera, controllandone la verticalità con sistemi ottici, non appena completata la perforazione, e per tutta la profondità del pannello;
- ad avvenuta presa del getto si provveda alla loro rimozione, utilizzando un opportuno estrattore a morsa idraulica; se necessario, la superficie del tubo-spalla potrà essere preventivamente trattata con vernici disarmanti.

Nel caso di utilizzo di tubi in PVC posti in opera solidarizzandoli con l'armatura, questi dovranno essere rotti con apposito strumento.

Nello scavo dei pannelli adiacenti (pannelli secondari) si abbia cura di pulire con estrema cura l'impronta lasciata dal tubo-spalla, mediante opportuni raschiatori, la cui forma è ricalcata su quella del tubo spalla utilizzato. I raschiatori dovranno essere utilizzati a fine perforazione, fissandoli rigidamente sull'utensile di scavo.

Qualora sia utilizzata l'idrofresa, l'ESECUTORE potrà realizzare i giunti senza impiego dei tubi-spalla, provvedendo ad alesare i pannelli primari già gettati.

8.7.2.6. Armature


L'ESECUTORE, oltre a quanto richiesto nel paragrafo 8.6.1, se non diversamente previsto dal progetto, dovrà verificare che:

- sulle gabbie di armatura siano posizionati opportuni distanziatori non metallici a sezione cilindrica atti a garantire la centratura dell'armatura ed un copriferro netto minimo finale di 6 cm;
- i distanziatori in plastica, al fine di garantire la solidarietà col calcestruzzo, abbiano la superficie forata per almeno il 25%. I distanziatori saranno posizionati sul perimetro del pannello a distanza di circa 3 metri. Ulteriori distanziatori saranno posizionati sulla faccia del pannello in modo tale che la spaziatura degli stessi, sia in orizzontale che in verticale, sia non superiore a 3 metri;
- qualora sia prevista la tirantatura del pannello, siano posizionati nell'armatura dei tubi guida, aventi diametro maggiore della perforazione necessaria per la posa in opera del tirante, passanti in tutto lo spessore del pannello medesimo. Le relative cassette, nelle quali posizionare le piastre di ripartizione del tirante, dovranno essere predisposte con l'inclinazione prevista dal progetto;
- l'armatura sia nella posizione progettuale prevista, misurando le coordinate planimetriche di almeno due spigoli contrapposti (certificazione topografica);
- per la verifica della verticalità dell'armatura siano eseguite prove sui tubi inclinometrici installati. Prima dell'esecuzione della lettura inclinometrica dovrà essere eseguita la misura di spirality. La lettura sarà effettuata con sonda biassiale con letture coniugate sulle 4 guide.

8.7.2.7. Getto del calcestruzzo

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto dal progetto, dovrà verificare che:

- prima del getto i valori del contenuto in sabbia rientrino nel limite previsto nella tabella del punto 8.6.2;
- il getto del calcestruzzo avvenga impiegando il tubo di convogliamento. Esso dovrà essere costituito da sezioni avente diametro interno 20 ÷ 26 cm. L'interno del tubo dovrà essere pulito, privo di irregolarità e strozzature;
- le giunzioni tra sezione e sezione del tubo getto siano del tipo filettato, senza manicotto (filettatura in spessore) o con manicotti esterni che comportino un aumento di diametro non superiore a 2,0 cm; sono escluse le giunzioni a flangia;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 8 PARATIE DI PALI, DIAFRAMMI E PALANCOLATE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 8	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 006 B</u>	FOGLIO 11 di 15


- il tubo sia provvisto, all'estremità superiore, di una tramoggia di carico avente una capacità di almeno 0,5-0,6 mc e sia mantenuto sospeso da un mezzo di sollevamento;
- prima di installare il tubo getto sia eseguita un'ulteriore misura del fondo foro; qualora lo spessore del deposito superi i 20 cm si provveda all'estrazione della gabbia d'armatura e alle operazioni di pulizia;
- il tubo di convogliamento sia posto in opera arrestando il suo piede a 30÷60 cm dal fondo della perforazione; prima di iniziare il getto, è opportuno disporre entro il tubo, in prossimità del suo raccordo con la tramoggia, un tappo (ad es. in polistirolo, o costituito da un involucro di carta, riempito con materiale arido), in modo da provocare la caduta istantanea del primo calcestruzzo gettato, ed evitare azioni di contaminazione o dilavamento del calcestruzzo stesso;
- durante il getto il tubo convogliatore sia opportunamente manovrato per un'ampiezza di 20 ÷ 30 cm, in modo da favorire l'uscita e la risalita del calcestruzzo;
- previa verifica del livello raggiunto, utilizzando uno scandaglio metallico a fondo piatto, il tubo di convogliamento sia accorciato per tratti successivi nel corso del getto, sempre conservando un'immersione minima nel calcestruzzo di 2,5 m e massima di 6 m;
- la misura del livello raggiunto sia registrata e riportata su una scheda che sarà consegnata alla DIREZIONE LAVORI;
- all'inizio del getto si disponga di un volume di calcestruzzo pari a quello del tubo di getto e di almeno 4 m di pannello. È prescritta una cadenza di getto non inferiore a 25 mc/ora;
- il getto di un pannello sia completato in un tempo tale che il calcestruzzo rimanga sempre lavorabile nella zona di rifluimento;
- in presenza di pannelli di lunghezza superiore a 4 m, o forma tale da richiedere l'impiego di due o più tubi getto al fine di limitare la distanza orizzontale che il calcestruzzo deve percorrere, questi siano alimentati in modo sincrono per assicurare la risalita uniforme del calcestruzzo;
- per nessuna ragione il getto sia sospeso prima del totale riempimento del pannello. A pannello riempito il getto sia proseguito fino alla completa espulsione del calcestruzzo contaminato dal fango stabilizzante. Qualora la misura della risalita del calcestruzzo evidenzii valori anomali, ne dovrà essere data evidenza nella scheda da consegnare alla DIREZIONE LAVORI e dovranno essere evidenziate le azioni da intraprendere:
 - nel caso di risalite maggiori dovranno essere sviluppate prove per verificare che il copriferro sia quello previsto e non ci siano stati franamenti del terreno che possano aver interrotto la continuità del calcestruzzo.
 - Nel caso di assorbimenti maggiori del 10 % del calcestruzzo previsto dovrà essere verificato, analizzando le schede di perforazione, che non ci siano stati franamenti durante lo scavo del pannello. Qualora il maggior volume sia indice di cavità che possono rappresentare un pericolo per la sicurezza delle lavorazioni, queste dovranno essere sospese e dovrà essere eseguita un'indagine di dettaglio (carotaggi, tomografie sismiche ad alta risoluzione con onde di compressione e di taglio, ecc.) per la comprensione del fenomeno avvenuto e per il progetto degli interventi di messa in sicurezza.

8.7.3. PALANCOLATI

8.7.3.1. Prescrizioni generali

L'ESECUTORE fermo restando quanto previsto dal paragrafo 8.5 ("Oneri e Prescrizioni generali"), se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- nella realizzazione dei palancolati provvisori e definitivi vengano adottati tutti i provvedimenti necessari perché l'opera abbia, senza eccezioni, i requisiti progettuali, in particolare per quanto riguarda la verticalità, la planarità ed il mutuo incastro degli elementi costitutivi, la capacità di resistere ai carichi di progetto;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 8 PARATIE DI PALI, DIAFRAMMI E PALANCOLATE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 8	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 006 B</u>	FOGLIO 12 di 15

- l'attrezzatura d'infissione e di estrazione abbia caratteristiche conformi allo scopo di assicurare il raggiungimento della profondità d'infissione richiesta nel contesto stratigrafico locale e la possibilità di estrazione degli elementi non definitivi;
- lo stoccaggio e la movimentazione delle palancole in cantiere siano conformi a quanto indicato nella norma UNI EN 12063.

8.7.3.2. Infissione

L'ESECUTORE, prima dell'inizio della infissione, dovrà comunicare alla DIREZIONE LAVORI il programma cronologico di infissione per tutte le palancole.

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- l'infissione per battitura avvenga con l'uso di un battipalo perfettamente efficiente e prosegua fino al raggiungimento della quota di progetto o fino al raggiungimento del rifiuto, che, se non diversamente indicato, sarà considerato raggiunto quando si misureranno, per 50 colpi di maglio, avanzamenti non superiori a 10 cm.

L'ESECUTORE potrà, previa approvazione della DIREZIONE LAVORI, ricorrere a delle iniezioni di acqua in pressione per facilitare il superamento di livelli granulari addensati, procurando la discesa della palanca per peso proprio con l'ausilio di una modesta battitura. Modalità, pressioni e portata del getto d'acqua devono essere comunicate alla DIREZIONE LAVORI.

In caso di qualsiasi anomalia rilevata nel corso dell'infissione e comunque nel caso di mancato raggiungimento della prevista quota finale, sia nel caso di infissione per battitura che per vibrazione, l'ESECUTORE dovrà dare immediata informazione alla DIREZIONE LAVORI e concordare con la stessa gli interventi da eseguire.

8.7.3.3. Estrazione

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- ad estrazione avvenuta, la palanca sia esaminata ed il suo stato brevemente descritto, annotando la presenza di distorsioni, deformazioni o danni.


8.8. CONTROLLI FINALI

Sono previste le seguenti tipologie di prove:

- Prove di carico
 - assiale (non distruttiva): con carichi di prova $P_{max} \geq 1,5$ volte l'azione di progetto P_r , utilizzata per le verifiche SLE (combinazione rara);
 - laterale (non distruttiva): lo sviluppo di tale prova può essere eseguito anche su pannelli strumentati secondo quanto eventualmente previsto dal progetto.
- Prova sonica
- Controllo della verticalità, da eseguirsi con l'ausilio di tubi inclinometrici annegati nel getto di calcestruzzo, secondo le prescrizioni di progetto.

Le prove di carico assiali verranno eseguite solo per gli elementi di paratia soggetti ad azioni prevalentemente verticali. In particolare nel caso di paratie di pali, realizzati con pali contigui, si precisa che l'ESECUTORE dovrà sottoporre a prova di carico statico assiale singoli pali nel caso di pali tangenti, o più pali nel caso di pali secanti, qualora questi siano in progetto "assimilati a pali di fondazione" ed effettivamente soggetti ad azioni assiali verticali (associate ai soli carichi accidentali) tali da ricondurre il tasso di lavoro del materiale (calcestruzzo del palo) ad un valore superiore ad 1 MPa. Le prove di carico relative ai diaframmi saranno espressamente indicate dal progetto.

Le prove dovranno essere riportate nella documentazione di controllo, in accordo alle modalità e prescrizioni che seguono.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 8 PARATIE DI PALI, DIAFRAMMI E PALANCOLATE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 8	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 006 B</u>	FOGLIO 13 di 15

Per quanto riguarda le prove soniche, la loro frequenza dovrà rispettare quanto riportato nella seguente tabella:

Tabella 8.8.1

Prova sonica (cross-hole). Non prima di 28 gg. dal getto	Vengono attrezzati tutti i pannelli ed eseguite prove su almeno 1/3 di questi a scelta della DIREZIONE LAVORI.
---	--

In presenza di risultati non soddisfacenti delle prove cross-hole si dovrà sviluppare un piano di indagini specifiche sui pannelli (carotaggi meccanici, ulteriori indagini, etc.), che dovrà essere presentato sotto forma di relazione e approvato dalla DIREZIONE LAVORI. I risultati della campagna di indagine dovranno fornire gli elementi per la stesura finale della relazione che individuerà gli interventi necessari per la risoluzione della anomalia riscontrata.

Tutti i diaframmi da sottoporre a prove dovranno essere concordati con la DIREZIONE LAVORI.

8.8.1. PROVE DI CONTROLLO SONICO

Si tratta di controlli basati su prove soniche, la cui esecuzione richiede che i pannelli siano attrezzati con tubazioni metalliche/pvc poste ai quattro vertici del pannello stesso, annegate nel getto di calcestruzzo.

L'ESECUTORE dovrà attrezzare con tubi tutti i diaframmi; il 10% dei pannelli sarà attrezzato con tubi inclinometrici solidali all'armatura idonei anche per l'esecuzione delle prove cross-hole.

Le prove verranno eseguite non prima di 28 giorni dal termine delle operazioni di getto su 1/3 dei pannelli attrezzati, a scelta della DIREZIONE LAVORI.

Data la forma geometrica rettangolare della sezione dei pannelli, le prove di controllo sonico saranno eseguite con la metodologia "cross-hole".

Per il controllo dei giunti, laddove progettualmente deve essere garantita la continuità, dovranno essere eseguite prove cross-hole anche tra i tubi di pannelli contigui.

Per quanto concerne le prove di controllo sonico su pali si rimanda al paragrafo 7.8.3 del presente Capitolato

8.8.1.1. Modalità di prova

Il numero dei tubi e delle prove sarà definito dall'ESECUTORE e comunicato alla DIREZIONE LAVORI, in base anche alle dimensioni del pannello. Le misure di cross-hole (impulso su percorso orizzontale) sonico consistono nella registrazione delle modalità di propagazione di un impulso sonico nel calcestruzzo interposto tra i tubi di misura.

Prima dell'esecuzione della prova i tubi devono essere riempiti con acqua dolce.

I tubi sono utilizzati a coppie; in uno viene introdotta la sonda emettitrice, nell'altro (o negli altri) quella ricevente.


Le due sonde vengono contemporaneamente fatte scorrere all'interno dei due tubi, ad intervalli regolari di profondità, la sonda emettitrice genera un impulso sonico che raggiunge l'altra sonda dopo aver attraversato il calcestruzzo.

Le misure debbono essere eseguite almeno ogni 10 cm di avanzamento delle sonde nelle tubazioni predisposte.

Il segnale sonico modula il pennello elettronico di un oscilloscopio la cui traccia sincronizzata sull'istante di emissione, viene fatta traslare della stessa quantità ad ogni emissione di impulso.

L'esito delle prove sarà registrato con strumentazione digitale.

Nel caso si individuassero anomalie, le misure saranno ripetute con le sonde a quote diverse tra loro, al fine di stabilire se l'anomalia riscontrata è dovuta ad un piano di discontinuità oppure è provocata da cavità o inclusioni nel getto di calcestruzzo.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 8 PARATIE DI PALI, DIAFRAMMI E PALANCOLATE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 8	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 006 B</u>	FOGLIO 14 di 15

8.8.1.2. Documentazione della prova

L'esito delle prove soniche sarà registrato in una apposita scheda in cui saranno indicati, per ogni pannello:

- i dati identificativi del pannello rispetto alla planimetria;
- la data di esecuzione delle varie operazioni di prova;
- il tipo di sonda sonica impiegata;
- le registrazioni digitali effettuate ad ogni avanzamento della sonda nonché le rappresentazioni grafiche dei parametri registrati.

8.9. TOLLERANZE DI COSTRUZIONE


8.9.1. OBIETTIVI

Il presente capitolo indica i valori delle tolleranze di costruzione ritenute significative per stabilire l'accettazione di opere/parti d'opera realizzate dall'Esecutore.

Valori riscontrati, eccedenti i limiti indicati, comportano l'apertura di non conformità e il relativo trattamento (demolizione, rilavorazione, riparazione, accettazione tal quale con eventuale detrazione o deprezzamento).

8.9.2. DEFINIZIONI

- Valore teorico: il valore di un parametro indicato in progetto;
- Valore effettivo: il valore del parametro richiesto misurato sul manufatto costruito;
- Tolleranza: intervallo entro il quale deve essere compreso il valore effettivo di un certo parametro per ritenere il manufatto conforme e remunerabile secondo contratto;
- Precisione: minima entità della misura che si deve essere in grado di rilevare, ovvero livello di apprezzamento strumentale.
- Valore nominale: prescrizione contrattuale (progetto, capitolato)

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 8 PARATIE DI PALI, DIAFRAMMI E PALANCOLATE	
	CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 8	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 006 B</u>
		FOGLIO 15 di 15

8.9.3. TOLLERANZE DI COSTRUZIONE: MODALITÀ DI LETTURA

Le tolleranze non sono cumulative. In caso di più di una indicazione, è sempre vincolante quella più restrittiva. Con precisione della misura viene indicato il livello di apprezzamento (strumentale) della grandezza.

Una tolleranza positiva (+) aumenta il valore o la dimensione alla quale essa è applicata o alza la quota di un livello.

Una tolleranza negativa (-) diminuisce il valore o la dimensione alla quale essa è applicata o abbassa la quota di un livello.

Una tolleranza priva di segno è da intendersi positiva (+) e negativa (-).

Ove è precisata una tolleranza con un singolo segno positivo (+) o negativo (-) non esiste limite nel campo restante.

Tabella 8.9.1: Tolleranze

OGGETTO DEL CONTROLLO	DESCRIZIONE PARAMETRO DI CONTROLLO		UNITÀ DI MISURA	PRECISIONE	VALORE NOMINALE	TOLLERANZA	
1 - DIAFRAMMI	1.1	Posizionamento planimetrico cordoli guida	mm	5	di progetto	20	
	1.2	Posizionamento altimetrico cordoli guida	mm	2	di progetto	20	
	1.3	Profondità "L" diaframma	mm	2	di progetto	+L/100	
	1.4	Verticalità diaframma (generico)	%	0.4	di progetto	0.5	
	1.5	Verticalità diaframma (realizzato con idrofresa)	%	0.4	di progetto	0.4	
	1.6	Copriferro armatura metallica	mm	1	60	-10	
	1.7	Passo di posizionamento distanziatori	mm	10	30	+100	
2 - PALANCOLATI	2.1	Posizionamento planimetrico palancolato	mm	5	di progetto	50	
	2.2	Profondità d'infissione palancolato	mm	5	di progetto	50	

Relativamente ai diaframmi l'Esecutore dovrà verificarne la verticalità rispettando il seguente schema:

- 1) controllo con applicazione della tolleranza suddetta complessivamente su un primo tratto di 10 m di profondità (quindi con un delta di ± 5 cm in tale fascia);
- 2) controllo progressivo del gradiente di deviazione con applicazione della tolleranza suddetta metro per metro, per il restante tratto di pannello in profondità (quindi con un delta di ± 0.5 cm per ogni metro di avanzamento).

Per quanto riguarda i valori di tolleranze sulle paratie di pali, si deve fare riferimento a quanto specificato alla Sezione "Pali e micropali" del presente Capitolato.

**CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO
DELLE OPERE CIVILI**

**PARTE II- SEZIONE 9
OPERE DI DIFESA DELLA SEDE FERROVIARIA**

- 9.1.SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE
- 9.2.DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO
- 9.3.DEFINIZIONI
- 9.4.ABBREVIAZIONI
- 9.5 ONERI GENERALI
- 9.6.SISTEMAZIONI TORRENTIZIE
- 9.7.SISTEMAZIONI FLUVIALI
- 9.8.DIFESA DEL CORPO STRADALE
- 9.9.DIFESA DAL MARE

Rev.	Data	Descrizione	Redazione	Verifica Tecnica	Autorizzazione
A	30/12/2016	Emissione per Applicazione	A.Zammuto	A.Rinaldi	F. Iacobini
B	22/12/2017	Emissione per Applicazione	A.Zammuto <i>[Signature]</i>	A.Rinaldi <i>[Signature]</i>	F. Iacobini <i>[Signature]</i>

INDICE

9.1.	SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE	4
9.1.1.	CAMPO DI APPLICAZIONE	4
9.2.	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO.....	4
9.2.1.	NORMATIVA NAZIONALE.....	4
9.2.2.	NORMATIVA TECNICA EUROPEA.....	4
9.2.3.	DOCUMENTAZIONE TECNICA.....	5
9.3.	DEFINIZIONI.....	5
9.4.	ABBREVIAZIONI	5
9.5.	ONERI GENERALI	6
9.6.	SISTEMAZIONI TORRENTIZIE	6
9.6.1.	OPERE DI PROTEZIONE DALL'EROSIONE	6
9.6.1.1.	Rimboschimento	6
9.6.1.2.	Drenaggi.....	7
9.6.1.3.	Spurghi d'alveo.....	7
9.6.1.4.	Rivestimenti spondali.....	7
9.6.2.	OPERE DI REGOLARIZZAZIONE DELL'ALVEO	7
9.6.2.1.	Briglie.....	7
9.6.2.2.	Sistemazione a cunette.....	8
9.6.2.3.	Manufatti in rete metallica e pietrame.....	8
9.6.2.3.1.	<i>Gabbioni in pietrame</i>	8
9.6.2.3.2.	<i>Materassi in pietrame</i>	9
9.6.2.4.	Scogliere in pietrame.....	11
9.7.	SISTEMAZIONI FLUVIALI.....	13
9.7.1.	OPERE DI SISTEMAZIONE DELL'ALVEO ORDINARIO	14
9.7.1.1.	Rivestimenti di sponda	14
9.7.1.2.	Palancole e palificate.....	14
9.7.1.3.	Muri di sponda.....	14
9.7.1.4.	Rilevati.....	15
9.7.2.	DIFESE TRASVERSALI IN ALVEO ORDINARIO	15
9.7.2.1.	Pennelli.....	15
9.7.2.2.	Soglie di fondo.....	15
9.7.2.3.	Scogliere radenti, pennelli, platee con massi naturali.....	16
9.7.3.	OPERE DI DIFESA DALLE PIENE	17

9.7.3.1.	Argini.....	17
9.7.3.2.	Spurghi	18
9.7.3.3.	Drizzagni e diversivi.....	18
9.8.	DIFESA DEL CORPO STRADALE.....	19
9.8.1.	DISGAGGIO DI MASSI	19
9.8.2.	BARRIERE PARAMASSI E PARAVALANGHE.....	20
9.8.2.1.	Barriere paramassi elastiche/elasto-plastiche.....	20
9.8.2.2.	Sostituzione di elementi di barriere paramassi elastiche/elasto-plastiche	21
9.8.2.2.1.	<i>Ritti</i>	21
9.8.2.2.2.	<i>Orditura longitudinale</i>	22
9.8.2.2.3.	<i>Rete metallica</i>	22
9.8.2.3.	Paramassi rigide	22
9.8.2.4.	Paravalanghe.....	23
9.8.2.4.1.	<i>Barriere paravalanghe in acciaio zincato a caldo</i>	23
9.8.2.4.2.	<i>Barriera paravalanghe</i>	23
9.8.3.	RIVESTIMENTI DI PARETI E SCARPATE	23
9.8.3.1.	Rivestimento protettivo su pareti e scarpate rocciose con conglomerato cementizio	23
9.8.3.1.1.	<i>Caratteristiche generali</i>	23
9.8.3.1.2.	<i>Malta proiettata o gunite</i>	24
9.8.3.1.3.	<i>Conglomerato cementizio o betoncino lanciato a pressione (spritz-beton)</i>	24
9.8.3.1.4.	<i>Caratteristiche di impiego del betoncino proiettato</i>	25
9.8.3.1.5.	<i>Accertamenti di idoneità'</i>	25
9.8.3.2.	Rivestimenti con stuoie	26
9.8.3.3.	Mantellate in grigliato.....	26
9.8.3.4.	Rivestimento con rete metallica	27
9.8.3.5.	Viminate.....	27
9.8.4.	GABBIONATE.....	27
9.8.5.	CANALETTE, CUNETTE E CUNICOLI.....	27
9.9.	OPERE DI DIFESA DAL MARE.....	28
9.9.1.	STRATO DI BASE PER SCOGLIERE O NUCLEO PER RIPASCIMENTO SPIAGGE.....	28
9.9.2.	STRATO PROTETTIVO IN GEOTESSILE.....	29
9.9.3.	STRATO DI BASE IN SCAPOLI DI PIETRAMME	29
9.9.4.	SCOGLIERA FORANEA.....	29
9.9.5.	RIMOZIONE, RECUPERO E POSA IN OPERA DEI MASSI	29
9.9.6.	RICARICO O FORMAZIONE DI SCOGLIERE RADENTI CON MASSI ARTIFICIALI..	29
9.9.6.1.	Ripascimento di spiaggia con materiale sabbioso.....	30
9.9.6.2.	Ricarico o formazione di mantellata di scogliera.....	31

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 9 OPERE DI DIFESA DELLA SEDE FERROVIARIA	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 9	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 007 B</u>	FOGLIO 4 di 32

9.1. SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente sezione è parte integrante del Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle Opere Civili (RFI DTC SI SP IFS 001) e sostituisce la Sezione 9 della parte II del precedente Capitolato (cod. RFI DTC SI CS SP IFS 007 A - del 30/12/2016).

9.1.1. CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente sezione del Capitolato contiene le prescrizioni per la realizzazione delle opere di difesa della sede ferroviaria, considerando tra esse le opere di seguito elencate:

- Sistemazioni torrentizie
- Sistemazioni fluviali e opere di difesa della sede ferroviaria dalle piene
- Opere di difesa della sede ferroviaria dalle frane
- Sistemazioni della linea di costa a difesa della sede ferroviaria dal mare.

Si precisa che, nel rispetto dei principi generali di tutela ambientale, la gestione dei materiali di risulta e dei materiali da utilizzare per l'esecuzione delle lavorazioni oggetto del presente Capitolato potrà essere assoggettata ai disposti normativi per la gestione degli stessi in qualità di rifiuti o in esclusione dal regime dei rifiuti, per i quali si rimanda ai documenti specialistici di riferimento (progetto e documenti contrattuali) nonché a quanto disciplinato dalla normativa ambientale vigente (D.lgs. 152/06 e s.m.i., D.P.R. 13 giugno 2017, n.120, D.M. 05/02/98 e s.m.i., D.M. 27/09/2010, etc.) e alla sezione 20 "Gestione delle terre e rocce da scavo" del presente Capitolato.

9.2. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

I lavori saranno eseguiti in accordo alle norme di legge, istruzioni e normative tecniche applicabili, nonché a tutte quelle indicate nel presente documento e nelle sezioni di Capitolato richiamate nel testo. Si elencano di seguito la principale normativa e documentazione di riferimento.

9.2.1. NORMATIVA NAZIONALE

- R.D. 25 luglio 1904, n. 523 - "Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie".
- R.D. 9 dicembre 1937, n. 2669 - "Regolamento sulla tutela dei opere idrauliche di 1a e 2a categoria e delle opere di bonifica".
- D.P.R. 380/2001 - "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia".
- Circolare del Presidente del Consiglio Superiore Lavori Pubblici del 08.09.2010 n. 7618/STC - "Criteri per il rilascio dell'autorizzazione ai Laboratori per l'esecuzione e certificazione di prove su terre e rocce di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001".

9.2.2. NORMATIVA TECNICA EUROPEA

- UNI EN 10223-3:2014 "Fili e prodotti trafilati di acciaio per recinzioni e reti - Parte 3: Reti di acciaio a maglie esagonali per impieghi industriali"
- UNI EN ISO 2400:2012 "Prove non distruttive - Esame ad ultrasuoni - Specifica per blocco di taratura N° 1"
- UNI EN 10245-3:2011 "Fili e prodotti trafilati di acciaio - Rivestimenti organici sui fili di acciaio - Parte 3: Fili rivestiti in PE"

- UNI EN 10025-2:2005 “Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 2: Condizioni tecniche di fornitura di acciai non legati per impieghi strutturali”
- UNI EN 10244-2:2009 “Fili e prodotti trafilati di acciaio - Rivestimenti metallici non ferrosi sui fili di acciaio - Parte 2: Rivestimenti di zinco o di leghe di zinco”
- UNI EN 12371:2010 “Metodo di prova per pietre naturali - Determinazione della resistenza al gelo”

9.2.3. DOCUMENTAZIONE TECNICA

- “Linee guida per la certificazione di idoneità tecnica all’impiego e l’utilizzo di prodotti in rete metallica a doppia torsione”, Prima Sezione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Parere n. 69 reso nell’adunanza del 2 luglio 2013.

9.3. DEFINIZIONI

Contratto: contratto di appalto o di concessione avente per oggetto l’acquisizione di servizi, o di forniture, ovvero l’esecuzione di opere o lavori, posti in essere dalla Stazione Appaltante;

ESECUTORE: impresa o soggetto in genere che esegue un’opera o parte di essa impegnando proprie risorse umane e materiali (Appaltatore, Contraente Generale, General Contractor);

FERROVIE: Rete Ferroviaria Italiana S.p.A. o chi agisce in nome e per conto di Rete Ferroviaria Italiana S.p.A. (Direzione Lavori, Alta sorveglianza)

Prova: forma di verifica che si effettua in ragione del contratto, delle disposizioni normative, delle disposizioni delle FERROVIE.

9.4. ABBREVIAZIONI

RFI: Rete Ferroviaria Italiana S.p.A.

cls: conglomerato cementizio

c.a.: conglomerato cementizio armato

P : massa volumica apparente

p : massa volumica reale

C : P/p = grado di compattezza

EOTA: European Organisation for Technical Assessment

ETA: European Technical Approval

ETAG: European Technical Approval Guideline

MEL: Maximum Energy Level

SEL: Service Energy Level

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 9 OPERE DI DIFESA DELLA SEDE FERROVIARIA	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 9	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 007 B</u>	FOGLIO 6 di 32

9.5. ONERI GENERALI

In tutte le lavorazioni indicate è da considerarsi incluso nello scopo del lavoro dell'ESECUTORE tutto quanto necessario all'esecuzione del lavoro in accordo al progetto ed alle specifiche tecniche applicabili.

In particolare, ma non limitatamente, sarà onere dell'ESECUTORE:

- la deviazione delle acque in movimento, superficiali o freatiche, e l'esaurimento di quelle ristagnanti;
- la preparazione del terreno di posa secondo le modalità indicate sui disegni;
- gli scavi e le risagomature degli alvei dove richiesto;
- il trattamento del materiale di rifiuto secondo le norme vigenti o secondo quanto stabilito dai provvedimenti autorizzativi;
- la formazione dei depositi provvisori per pietrami, terre o qualunque altro materiale necessario per l'esecuzione dei lavori;
- la fornitura e posa in opera del calcestruzzo secondo le modalità descritte alla Sezione 6 “Opere in conglomerato cementizio” del Capitolato;
- la regolarizzazione e profilatura delle sezioni di scavo;
- gli arginelli a protezione delle sponde se indicati sui disegni o prescritti dalle FERROVIE;
- la sistemazione delle immissioni dei fossi nel torrente oggetto degli interventi;
- la fornitura delle semenze erbose o degli arbusti per il rimboschimento, nella quantità e qualità richieste, la loro posa in opera e tutti gli accorgimenti atti a consentirne l'attecchimento.

9.6. SISTEMAZIONI TORRENTIZIE

Le opere destinate alla sistemazione dei torrenti si dividono in quattro categorie:

- opere atte a ridurre l'erosione, quali rimboschimenti e drenaggi delle pendici, spurgo dell'alveo, rivestimenti spondali (paragrafo 9.6.1);
- opere atte a regolarizzare il profilo d'alveo, quali briglie, cunette, salti di fondo (paragrafo 9.6.2);

9.6.1. OPERE DI PROTEZIONE DALL'EROSIONE

9.6.1.1. Rimboschimento

I rimboschimenti delle zone erose o in frana saranno eseguiti dopo aver eliminato le cause dei movimenti franosi del terreno. Le specie impiegate dovranno essere adatte alle caratteristiche climatiche e pedologiche della zona; a tal fine, prima di dare luogo a rimboschimenti, l'ESECUTORE dovrà produrre una relazione che dovrà essere approvata dalle FERROVIE e nella quale si dimostri l'idoneità delle specie vegetali impiegate. Tale relazione deve essere redatta da uno specialista sulla base di una analisi diagnostica delle caratteristiche climatiche e pedologiche della zona.

La fornitura degli arbusti, nella quantità e qualità che verranno prescritte dal progetto, la preparazione del terreno, l'idoneo trattamento del materiale di risulta e quanto altro occorre per l'attecchimento degli arbusti costituiranno gli oneri dell'intervento, a carico dell'ESECUTORE.

9.6.1.2. Drenaggi

I drenaggi a cielo aperto saranno realizzati con cunette in pietrame, con elementi prefabbricati in calcestruzzo o con mezzi tubi; il terreno di posa sarà scavato quanto occorre e successivamente regolarizzato.

Per profondità ≤ 1.5 m si scaverà una trincea di piccola scarpa, mentre per profondità comprese fra 1.5 e 5 m la trincea avrà pareti verticali e larghezza $0,80 \div 1,20$ m con scavi a sostegno provvisorio; la trincea sarà riempita con pietrame di pezzatura $10 \div 30$ cm, ovvero con un fondo di calcestruzzo sul quale poggia un tubo forato ($\varnothing 25 \div 40$ cm) avvolto in un telo di tessuto non tessuto, il tutto rivestito con il detto pietrame.

Lo scavo delle trincee sarà condotto con le modalità e le prescrizioni di cui alla Sezione 5 “Opere in terra e scavi” del Capitolato.

I drenaggi profondi saranno eseguiti in modo tale da far scorrere nel dreno stesso solo l'acqua del sottosuolo, evitando accuratamente che vi affluisca quella di superficie, adottando i seguente accorgimenti:

- canalizzazione superficiale delle acque piovane a monte della testa del drenaggio;
- configurazione a tetto del terreno di ricopertura della trincea, e costipamento dello stesso.

Nel caso fosse necessario realizzare altre tipologie di dreni si veda quanto previsto nella Sezione 10 “Opere di miglioramento rinforzo e stabilizzazione” del presente Capitolato.

9.6.1.3. Spurghi d'alveo

Lo spurgo d'alveo potrà essere eseguito con mezzi meccanici o a mano; i materiali rimossi dovranno essere trattati secondo quanto previsto dalla normativa vigente e secondo quanto eventualmente indicato nel provvedimento autorizzativo.

9.6.1.4. Rivestimenti spondali

Il rivestimento delle sponde sarà effettuato, in linea con il progetto, mediante pietrame o frasche a fascioni, ovvero in gabbioni e/o materassi di pietrame ovvero pietrame intasato con cls.

Le caratteristiche del pietrame e le modalità di esecuzione dei lavori sono descritte al par. **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** “**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**”, a cui si rimanda.

Per i rivestimenti in gabbioni e/o materassi, si veda il par. 9.6.2.3 “Manufatti in rete metallica e pietrame”.

Rivestimenti di sponda realizzati in fascioni di frasche utilizzeranno tamerici o salici. I fascioni saranno del diametro di cm 25, con legature doppie di filo di ferro zincato distanziate fra loro di 50 cm e saranno fissati in opera con paletti di legno alti 1 m e di diametro pari a 6 cm, posti ad interasse di 2 m, e con chiodi di legno di 50 cm di lunghezza, del diametro pari a 3 cm, posti ogni 50 cm.


9.6.2. OPERE DI REGOLARIZZAZIONE DELL'ALVEO

9.6.2.1. Briglie

Le briglie saranno realizzate in pietrame a secco o legato con malta, in gabbioni e/o materassi di pietrame, in calcestruzzo semplice o armato, in legname o in legname e massi

L'esecuzione dei lavori per briglie in gabbioni e/o materassi dovrà essere conforme a quanto previsto dal par. 9.6.2.3 “Manufatti in rete metallica e pietrame”.

Per quanto riguarda la sezione della gaveta, se il trasporto solido del corso d'acqua si presentasse notevole e prevalentemente di tipo grossolano, si dovrà arrotondare lo spigolo di monte nei casi meno significativi,

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 9 OPERE DI DIFESA DELLA SEDE FERROVIARIA	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 9	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 007 B</u>	FOGLIO 8 di 32

oppure prevedere un rivestimento protettivo per la rete dei gabbioni; questo potrà consistere in una copertina di calcestruzzo o in rivestimento con lastre di materiale lapideo.

Riguardo alle modalità costruttive delle platee di rivestimento dei bacini di dissipazione in gabbioni, si forniscono le seguenti raccomandazioni:

- la platea del bacino sarà realizzata con almeno due strati di gabbioni sovrapposti alti ciascuno $0,30 \div 0,50$ m;
- se il corso d'acqua avesse usualmente trasporto solido grossolano, non si dovrà fare uso di gabbioni;
- per la costruzione dei bacini saranno impiegati solo gabbioni con diaframmi medi e non saranno utilizzati materassi; verrà inoltre utilizzato materiale di riempimento, con pezzature pari a $25 \div 30$ cm, di forma possibilmente tondeggianti, sistemati in maniera tale da limitare al massimo la quantità di vuoti;
- nel caso di briglie di grande altezza in alvei a grosso trasporto solido grossolano, la maglia dei gabbioni del bacino sarà protetta con un getto di calcestruzzo o con blocchi di calcestruzzo o con pietre di grosse dimensioni;
- in alvei stretti, soprattutto se l'opera è costruita in una zona in frana, le pendici dovranno essere difese dall'azione erosiva della corrente mediante la realizzazione di muri andatori d'invito, a monte, e di accompagnamento, a valle.

9.6.2.2. Sistemazione a cunette

Quando per l'elevata pendenza del profilo di compenso fosse necessario l'impianto di molte briglie ravvicinate o comunque molto alte, si preferirà intervenire tramite una sistemazione a cunetta, ovvero rivestimenti d'alveo e di sponda, talora con soglie di fondo per limitare la velocità di scorrimento.

Le modalità di esecuzione dei lavori in calcestruzzo sono descritte nella Sezione "Opere in conglomerato cementizio e in acciaio" del presente Capitolato; per la posa in opera del pietrame e caratteristiche del materiale, si rimanda al par. **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** "Scogliere in pietrame".

Ove previsto dal progetto, si potranno adottare rivestimenti in materassi e/o gabbioni di pietrame; si utilizzeranno materassi a spessore via via crescente, fino a gabbioni, con il crescere della velocità della corrente; anche la pezzatura sarà debitamente incrementata.

Caratteristiche dei gabbioni e dei materassi, nonché condotta dei lavori di posa in esercizio sono riportate al paragrafo 9.6.2.3 "Manufatti in rete metallica e pietrame", cui si rimanda.

9.6.2.3. Manufatti in rete metallica e pietrame

9.6.2.3.1. Gabbioni in pietrame

I gabbioni a scatola sono manufatti a forma di parallelepipedo, costituiti da rete metallica avente maglia esagonale a doppia torsione e riempiti di ciottoli o di pietrame di cava di idonea pezzatura.

Il filo utilizzato sarà di acciaio zincato con zincatura e rivestimento conforme alle "Linee guida per la certificazione di idoneità tecnica all'impiego e l'utilizzo di prodotti in rete metallica a doppia torsione", Prima Sezione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Parere n. 69 reso nell'adunanza del 2 luglio 2013. Per gabbioni utilizzati in ambiente marino, oppure in ambienti particolarmente inquinati, il filo zincato, prima di essere tessuto, sarà rivestito con polimero plastico di spessore $0.4 \div 0.6$ mm conformemente alle sopra citate "Linee guida".

Per il riempimento dei gabbioni saranno utilizzabili solo materiali lapidei purché il loro peso e le loro caratteristiche soddisfino alle esigenze statiche, funzionali e di durata dell'opera. Il materiale più comunemente

usato sarà costituito da ciottoli o da pietrame di cava. Saranno da preferire i materiali di maggiore massa volumica, soprattutto se è predominante il comportamento a gravità della struttura o se la stessa è immersa o soggetta alla forza viva dell'acqua. Ai fini di una lunga durata dell'opera, il pietrame dovrà, inoltre, essere non gelivo, non friabile, non dilavabile e di buona durezza.

La pezzatura del pietrame sarà variabile tra 1.5 e 2.5 volte la dimensione D della maglia della rete, tale cioè da evitare fuoriuscite del pietrame.

I gabbioni potranno essere suddivisi in celle mediante l'inserimento di diaframmi o pannelli di rete con le stesse caratteristiche di quella delle pareti esterne, posti alla distanza di 1,0 m l'uno dall'altro e aventi la funzione di irrobustire la struttura e di facilitare le operazioni di assemblaggio.

Per la posa in opera dei gabbioni si procederà come segue: si legheranno gli spigoli dei singoli gabbioni e si fisseranno gli eventuali diaframmi alle pareti laterali, poi si riuniranno più gabbioni vuoti fra di loro e successivamente si porranno in opera e si cuciranno saldamente a quelli adiacenti lungo tutti gli spigoli di contatto, sia in direzione orizzontale che verticale. Qualora i gabbioni fossero senza diaframmi, all'interno saranno apposti dei tiranti tra pareti opposte.

La disposizione dei gabbioni dipenderà dai tipi adottati e dalle caratteristiche strutturali dell'opera.

Il riempimento verrà effettuato con mezzi meccanici sistemando il materiale all'interno dei gabbioni in modo tale da ottenere la minor percentuale di vuoti; l'indice di porosità del gabbione dovrà essere compreso tra 0,3 e 0,4.

Ultimato il riempimento, si procederà alla chiusura del gabbione effettuando le legature lungo i bordi perimetrali del coperchio e lungo il bordo superiore degli eventuali diaframmi, passando il filo in nodo continuo in tutte le maglie con un doppio giro ogni 2 maglie.

Quando la posa in opera debba avvenire in presenza d'acqua, l'allestimento potrà essere effettuato a riva oppure in acqua, su pontoni galleggianti; in quest'ultimo caso l'allestimento degli elementi avverrà sul pianale del pontone stesso, in posizione orizzontale.

Qualora fosse richiesta la sigillatura del gabbione, la penetrazione deve essere completa per una profondità di 25 cm di un mastice bituminoso con sabbia e filler applicato a caldo mediante colatura in ragione di 200 kg per m².

9.6.2.3.2. Materassi in pietrame

Il materasso in pietrame è costituito da una struttura metallica, avente forma parallelepipedica di notevole ampiezza e piccolo spessore, divisa in più celle, costituita da una rete metallica a maglia esagonale a doppia torsione, fortemente zincata e protetta con rivestimento in materiale plastico, conformemente a quanto indicato nelle alle “Linee guida per la certificazione di idoneità tecnica all’impiego e l’utilizzo di prodotti in rete metallica a doppia torsione”, Prima Sezione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Parere n. 69 reso nell’adunanza del 2 luglio 2013. La struttura metallica di cui sopra dovrà essere riempita in opera con ciottoli o pietrisco di idonee dimensioni.

Il materasso sarà realizzato con un telo continuo di rete sul quale, alla distanza di 1,0 m l'uno dall'altro, verranno inseriti i diaframmi dello stesso tipo di rete in modo tale da formare una struttura cellulare di larghezza da 2,0 m a 3,0 m; il telo continuo servirà per formare sia la base che le pareti laterali dell'elemento. Il coperchio sarà costituito da un telo di rete separato da quello di base. I teli di rete saranno delimitati, esternamente lungo i bordi, da fili di diametro più grosso di quello usato per fabbricare la rete, i quali rinforzeranno la struttura e faciliteranno, durante la messa in opera, le legature di chiusura delle tasche e le legature di unione degli elementi fra di loro.

Per materassi utilizzati in ambiente marino oppure in ambienti particolarmente inquinati il filo zincato, prima di essere tessuto, sarà rivestito per estrusione con una guaina continua in PVC di spessore $0,4 \div 0,6$ mm, conformemente a quanto indicato nelle sopra citate "Linee guida".

La pezzatura del pietrame varierà tra 1.2 e 2 volte la dimensione D della maglia della rete. L'indice di porosità sarà contenuto tra 0,3 e 0,4. Non è richiesto l'impiego di materiale con caratteristiche particolari, purché non si tratti di materiale gelivo o di marne friabili; è opportuno che il pietrame sia di natura compatta e con massa volumica non inferiore a 2000 kg/m³.

Prima della posa in opera il singolo materasso verrà allestito effettuando le sole legature di unione fra i diaframmi ed i lembi laterali del telo base che costituiscono le pareti dell'elemento.

La linea di piegatura delle pareti laterali sarà ben definita, nella posizione voluta, da un filo metallico di diametro maggiore.

E' preferibile che i singoli elementi di materasso siano allestiti fuori opera, anche quando la scarpata sulla quale si debba eseguire il rivestimento non sia molto inclinata, e ciò per maggiore comodità e per non danneggiare il terreno già livellato.

Dopo aver predisposto sul piano di posa un certo numero di elementi, già assemblati nella loro forma cellulare, si dovrà procedere a collegarli fra di loro con solide cuciture lungo tutti gli spigoli che si vengono a trovare a contatto.

Le legature saranno eseguite passando il filo in modo continuo in tutte le maglie, con un doppio giro ogni due maglie, e il collegamento in opera dei materassi sarà eseguito ad elementi vuoti per rendere più facile tale operazione.

Qualora i materassi fossero senza diaframmi, all'interno saranno apposti dei tiranti tra parti opposte. Quindi si procederà alle operazioni di riempimento. Ultimate tali operazioni, si procederà alla chiusura degli elementi utilizzando il singolo coperchio oppure la rete in rotoli ed effettuando le dovute legature di unione sia lungo i bordi laterali che lungo quelli dei diaframmi interni. Si eseguiranno prima le legature che fissano il coperchio ai bordi laterali dell'elemento, poi quelle che lo collegano ai diaframmi trasversali.

Normalmente le scarpate di appoggio dovranno avere inclinazione di 1:1,5 o di 1:2 secondo la natura del terreno; la pendenza massima sarà utilizzata con terre vegetali di media consistenza e la pendenza minima con quelle argillose.

Qualora si stia procedendo ad un rivestimento d'alveo, il materasso verrà disposto di norma sulle sponde trasversalmente al corso d'acqua e cioè secondo la massima inclinazione delle sponde e perpendicolarmente al filo della corrente. Questa disposizione non è tassativa; potrà a volte convenire disporre gli elementi in senso longitudinale alla corrente come ad esempio nei rivestimenti del fondo, e, nel caso di corsi d'acqua con notevole velocità, anche nei rivestimenti di sponda; a determinare la scelta fra i due sistemi suddetti interverranno anche la maggior facilità di posa in opera o ragioni costruttive di varia natura.

Ai fini di una lunga durata dell'opera, il pietrame dovrà, inoltre, essere non gelivo, non friabile, non dilavabile e di buona durezza.

La posa in opera direttamente in acqua sarà eseguita come per i gabbioni.

9.6.2.4. Scogliere in pietrame

Per l'esecuzione di lavori in pietrame, l'ESECUTORE dovrà provvedere alla fornitura, al trasporto con qualsiasi mezzo - via fluviale o per ferrovia o per strade ordinarie - dalla cava al luogo di impiego ed alla posa in opera delle quantità di singole categorie, di cui appresso, nelle percentuali stabilite in progetto.

Ai fini di una lunga durata dell'opera, il pietrame dovrà, inoltre, essere non gelivo, non friabile, non dilavabile e di buona durezza.

a. Massi

I massi da impiegare nella costruzione di scogliere dovranno essere inalterabili, tenaci, privi di fratture e piani di scistosità, e la loro massa volumica apparente P dovrà essere maggiore o uguale a 2500 kg/m^3 , e la massa volumica reale p dovrà essere maggiore o uguale a 2600 kg/m^3 ed il grado di compattezza $C = P/p$ sarà maggiore o uguale 0,95.

Le categorie di massi saranno le seguenti:

- Massi di I categoria: elementi di massa complessiva fra 50 e 100 kg
- Massi di II categoria: elementi di massa complessiva fra 100 e 500 kg
- Massi di III categoria: elementi di massa complessiva fra 500 e 1500 kg
- Massi di IV categoria: elementi di massa complessiva fra 1500 e 4000 kg
- Massi di V categoria: elementi di massa complessiva oltre i 4000 kg.

La roccia, costituente i massi, non dovrà risultare geliva alla prova di accettazione delle pietre naturali da costruzione secondo la norma EN 12371:2010.

L'ESECUTORE, prima d'iniziare l'approvvigionamento di massi da una cava, dovrà qualificare il sito ed il metodo d'estrazione, dando preventiva comunicazione alle FERROVIE della visita di qualifica; al termine delle operazioni di qualifica l'ESECUTORE redigerà una relazione scritta che invierà alle FERROVIE per approvazione.

Per l'accertamento delle caratteristiche dei massi, l'ESECUTORE dovrà predisporre campioni costituiti da una serie di 24 cubi a facce perfettamente piane e parallele e con spigoli regolari delle dimensioni di 10 cm, e da una serie di 8 cubi con spigoli di 3 cm; su ciascun campione si indicheranno quali sono le facce parallele al piano di giacitura in cava.

I campioni saranno inviati a un laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture per il rilascio di certificati di prove di laboratorio su terreni e rocce ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. 380/2001 - Circolare del Presidente del Consiglio Superiore Lavori Pubblici del 08.09.2010 n. 7618/STC, qualificato dall'ESECUTORE e approvato dalle FERROVIE.

La forma dei massi sarà tale che, inscrivendo ogni masso in un parallelepipedo, il minore dei lati del parallelepipedo circoscritto non risulterà inferiore alla metà del lato maggiore dello stesso.

Le FERROVIE hanno la facoltà di integrare le prove sopra prescritte con prove di caduta massi direttamente in cava, secondo modalità fissate dalla stessa.

Tutte le prove, di cui sopra, saranno effettuate all'inizio della fornitura e ripetute nel corso della fornitura stessa, qualora si apprezzino variazioni delle caratteristiche dei materiali.

Per la classificazione dei massi secondo le categorie di cui sopra, l'ESECUTORE dovrà disporre di:

- una speciale bascula tarata della portata non inferiore a 20 tonnellate attrezzata per la pesatura dei massi, che vengono approvvigionati con mezzi terrestri o ferroviari; tale bascula sarà del tipo a registrazione automatica e dovrà essere montata in cantiere, attuando ogni accorgimento per la perfetta regolarizzazione del piano di appoggio, al più presto e comunque prima dell'inizio dell'approvvigionamento;
- mezzi marittimi e terrestri da impiegare per la formazione delle scogliere foranee, radenti o pennelli, dotati di appositi dinamometri tarati per la determinazione del peso di ciascun singolo masso.

Nell'esecuzione dei lavori i massi di maggiore dimensione dovranno essere posti verso l'esterno e quelli di minore dimensione verso l'interno, cosicché risulti graduale il passaggio dai massi di peso maggiore a quelli di peso minore.

Il completamento e la sistemazione delle scogliere dovranno essere effettuati a tutta sagoma, procedendo per tratti successivi che dovranno essere mano a mano completati secondo la sagoma prescritta, in modo da realizzare una perfetta continuità fra i vari tratti.

Non saranno accettati i massi che, all'atto della posa in opera, dovessero presentare lesioni o rotture, così come quelli che, nelle operazioni di posa, dovessero cadere fuori sagoma o si rompessero. Le dimensioni e le caratteristiche della scogliera, la larghezza di berma, la pendenza dei paramenti e altro saranno conformi a quanto risulta dal disegno di progetto.

I massi della categoria maggiore costituiranno in generale il paramento e quelli delle categorie minori il nucleo e il riempimento dei vuoti esistenti fra i massi delle maggiori categorie, in modo tale che risulti graduale il passaggio dai massi di massa maggiore a quelli di massa minore. Per il ricarico delle scogliere, foranee o radenti, i massi saranno della categoria maggiore per il paramento e delle categorie minori per il riempimento dei vuoti.

Il completamento e la sistemazione delle scogliere dovranno essere effettuati a tutta sagoma, procedendo per tratti successivi che dovranno essere a mano a mano completati secondo la sagoma prescritta, in modo da realizzare una perfetta continuità fra i vari tratti.

Le quantità dei singoli massi, accertati come innanzi detto, saranno registrate su appositi libretti controfirmati dalle parti. Per ogni singolo masso di massa superiore a kg 1.500 sarà registrato il numero progressivo che lo contraddistingue, la categoria e la massa stessa, nonché la voce di tariffa con cui verrà pagato.

All'ESECUTORE, per il trasporto dei massi dalle cave ai luoghi d'impiego, è lasciata la più ampia facoltà di scelta del mezzo di trasporto da lui ritenuto più idoneo sia dal punto di vista tecnico che economico. L'ESECUTORE è tenuto, prima di iniziare i lavori a presentare un dettagliato elenco dei mezzi d'opera e di trasporto. Dei mezzi marittimi, che eventualmente intendesse impiegare, dovranno inoltre essere resi noti il grado di efficienza, il luogo di stazionamento e la capitaneria alla quale sono iscritti.

Nel caso di impiego di massotti di massa singola superiore a kg 50 nonché di massi di massa singola fino a kg 1.500 la pesatura potrà essere effettuata per tutto il carico di un autocarro, purché i massotti o i massi siano di massa omogenea, cioè appartengano tutti alla medesima categoria. Qualora i massotti o i massi caricati su un autocarro non siano di massa omogenea, si procederà alla pesatura di ogni singolo masso costituente il carico. I mezzi impiegati, oltre ad essere efficienti e proporzionati allo scopo, dovranno essere provvisti di meccanismi di riserva tali da assicurare la continuità e la buona riuscita dei lavori.

Di norma ogni mezzo di trasporto deve contenere, per ciascun viaggio, massi di un'unica categoria. La massa dei massi dovrà essere determinata in partenza con l'impiego della bilancia a bilico ed in contraddittorio; la valutazione della massa a mezzo dei galleggianti stazzati è ammessa solo come approssimato controllo in arrivo da eseguire subito prima del versamento in opera.

Ogni operazione di pesatura verrà effettuata in contraddittorio compilando le bollette a madre e figlia di cui sarà detto più avanti. Per le operazioni di pesatura l' ESECUTORE disporrà di un adeguato impianto di bilici, in prossimità della o delle cave, rimanendo a tutto suo carico ogni spesa ed onere relativi alle operazioni di pesatura e cioè l'impianto dei bilici ed il relativo controllo iniziale a mezzo del verificatore metrico, i controlli periodici dell'ufficio pesi e misure, le eventuali riparazioni dei bilici e la costruzione di un casotto ad uso del personale dell'amministrazione preposta alle operazioni di pesatura. La massa dei carichi sarà espressa in tonnellate e frazioni di tonnellate fino alla terza cifra decimale; se ne detraerà la tara del veicolo e della cassa nonché la massa dei cunei o scaglioni usati per fermare i massi di maggiore mole, ottenendo così la massa netta che dovrà figurare in contabilità.

All'atto della pesatura i massi di massa superiore a kg 1.500 dovranno essere numerati su almeno due facce opposte con apposito colore e tale numero dovrà figurare nelle bollette e nei registri di pesatura per l'individuazione di ogni singolo masso. L' ESECUTORE è tenuto a ripristinare le numerazioni che durante il trasporto rimanessero cancellate. L' ESECUTORE fornirà bollettari a madre e figlia su cui saranno registrate le risultanze della pesatura; ciascuna bolletta pertanto dovrà portare il numero d'ordine e la tara del veicolo o delle casse cui la bolletta stessa si riferisce, la categoria del materiale portato, il peso lordo, la numerazione e la massa netta dei massi. A ogni veicolo o cassone carico corrisponderà quindi una copia di bollette di cui la madre resterà al personale delle FERROVIE che sorveglierà il versamento del materiale in opera.

Quando i materiali vengono imbarcati sui pontoni o su altri galleggianti, ciascuno di tali mezzi deve essere accompagnato da una distinta di carico nella quale deve figurare il numero d'ordine del galleggiante, la stazza a carico completo, l'elenco delle bollette figlie riguardanti ciascuno degli elementi imbarcati, e la somma delle masse lorde che in esse figurano. Detta somma dovrà coincidere con la lettura della stazza a carico completo.

Lo scarico non sarà mai iniziato senza autorizzazione; l'incaricato della gestione esecutiva, prima di fare iniziare il versamento, controllerà il carico e la numerazione dei massi; eseguito lo scarico verificherà se lo zero della scala di stazza corrisponde alla linea di galleggiamento; quindi completerà le bollette apponendovi la propria firma e l'indicazione, sia pure sommaria, del punto ove ogni masso numerato è stato posto in opera. Il materiale comunque perduto lungo il trasporto non potrà essere contabilizzato.

b. Pietrame minuto

Il materiale minuto (Tout - Venant) dovrà essere costituito da detrito di cava, escluso terriccio, cappellaccio e materiale eterogeneo; dovrà essere in ogni caso non suscettibile all'azione dell'acqua, non solubile, non soggetto a plasticizzazione.

9.7. SISTEMAZIONI FLUVIALI

Le opere destinate alla sistemazione di fiumi si possono suddividere in due categorie:

- opere di sistemazione dell'alveo ordinario, quali: rivestimenti di sponda o di fondo alveo, palancole, palificate, muri di sponda (difese parallele), pennelli, soglie di fondo (difese trasversali), scogliere in pietrame sciolto o cementato (paragrafi 9.7.1 e 9.7.2);
- opere destinate alla difesa dalle piene, quali: argini, che sono interventi atti al contenimento del livello idrico, spurghi, drizzagni, diversivi, quali opere finalizzate alla riduzione di detto livello (paragrafo 9.7.3).

9.7.1. OPERE DI SISTEMAZIONE DELL'ALVEO ORDINARIO

9.7.1.1. Rivestimenti di sponda

Il rivestimento per proteggere dall'erosione le sponde dipenderà dai materiali disponibili, dalle condizioni di stabilità delle sponde e dalla velocità della corrente. Per sponde inclinate e stabili, la protezione potrà essere eseguita in scogliere naturali a grossa pezzatura, gabbioni e/o materassi in pietrame. Qualora oltre alla protezione delle sponde, si dovesse rendere necessario assicurare anche la stabilità delle stesse, si utilizzeranno gabbioni e/o materassi in pietrame, palancole, palificate, muri di sponda.

In alcuni casi si ricorre alla protezione dall'erosione con fascioni di frasche di tamerici o salici. I fascioni avranno diametro di 25 cm, e legature doppie di filo di ferro a interasse 50 cm. Saranno fissati in opera con paletti di legno di altezza 1,0 m e diametro 6 cm, posti ogni due metri.

Le caratteristiche del pietrame e le modalità di esecuzione dei lavori sono descritte nel par. 9.6.2.4 "Scogliere in pietrame".

L'esecuzione di rivestimenti di sponda in gabbioni seguirà le modalità indicate nel par. 9.6.2.3 "Manufatti in rete metallica e pietrame".

9.7.1.2. Palancole e palificate

Le palancole in calcestruzzo o con profilati metallici si realizzeranno secondo quanto esposto nella sezione 8 "Paratie di pali, diaframmi e palancole" del presente Capitolato; i pali saranno realizzati in accordo alle prescrizioni della Sezione 7 "Pali e micropali" e della sezione 10 "Opere di miglioramento, rinforzo e stabilizzazione" dello stesso Capitolato.

9.7.1.3. Muri di sponda

Un tipo speciale di rivestimento spondale è costituito dai muri che potranno essere realizzati in muratura, in calcestruzzo o in gabbioni di pietrame. I muri realizzati in muratura e in calcestruzzo saranno sempre protetti al piede da scogliere realizzate con massi di adeguata pezzatura e/o gabbioni e materassi.

Nei muri in gabbioni, i singoli gabbioni saranno saldamente collegati tra loro mediante legature sino a realizzare una struttura monolitica; il dimensionamento verrà condotto con i criteri delle opere di sostegno a gravità. Le caratteristiche dei gabbioni nonché la loro esecuzione si atterranno a quanto prescritto nel par. 9.6.2.3 "Manufatti in rete metallica e pietrame" e alle indicazioni specifiche, onde ottenere una densità quanto più possibile uniforme. Detti elementi si disporranno con il lato più lungo parallelo alla sezione verticale del muro; i muri potranno essere realizzati con gradonatura verso valle, oppure verso monte (staticamente più consigliabile); per altezze superiori a 3 m non saranno adottati paramenti verticali, ma si inclinerà l'opera a reggipoggio di almeno 6° oppure si realizzeranno adeguate riseghe; per altezze superiori a 5-6 m si consiglia una gradonatura verso valle. Per contrastare la deformabilità comunque elevata dell'opera, potranno essere impiegati uno o più ordini di tiranti; il drenaggio a tergo dell'opera sarà effettuato con i consueti metodi; sarà evitata per motivi statici la disposizione a faccia-vista del pietrame sulla facciata esterna adottabile per motivi estetici solamente in strutture poco sollecitate.

9.7.1.4. Rilevati

I rilevati longitudinali posti in alveo, allo scopo di canalizzare o deviare i deflussi, saranno costituiti da scogliere in pietrame o da gabbioni; queste opere saranno disposte secondo l'andamento di sponda a cui dovrà tendere il corso d'acqua al termine della modellazione; il rilevato inoltre potrà essere sormontabile dalle piene maggiori. Ove possibile, a tali interventi sarà preferito l'uso di pennelli. Per quanto riguarda le modalità di esecuzione di questa tipologia di rilevati, si rimanda ai successivi paragrafi.

9.7.2. DIFESE TRASVERSALI IN ALVEO ORDINARIO

9.7.2.1. Pennelli

I pennelli sono opere trasversali saltuarie, sporgenti in alveo e sommergibili rispetto a piene ordinarie; rispetto alla corrente possono essere convergenti, normali, divergenti.

Il pennello sarà intestato sulla linea di sponda dell'alveo ordinario e poi procederà entro l'alveo, diminuendo convenientemente l'altezza iniziale; la sporgenza in alveo non supererà il quinto della larghezza del corso d'acqua stesso.

I pennelli saranno costituiti o da una scogliera in pietrame, con palificata di contenimento in testata; oppure da una incastellatura di pali e travi a formare dei cassoni poi riempiti di pietrame; o anche da gabbioni e materassi in pietrame.

Le caratteristiche del pietrame per scogliere nonché la condotta dei lavori saranno conformi alle prescrizioni di cui al par. **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** “**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**”.

Le realizzazioni in gabbioni e materassi si effettueranno secondo i criteri esposti al par. 9.6.2.3 “Manufatti in rete metallica e pietrame”; dovrà peraltro essere prevista una vasta platea di fondazione, costituita da uno strato di materassi intorno alla struttura d'elevazione; gli elementi, sia in fondazione che in elevazione, saranno disposti con il lato lungo trasversale al pennello stesso.

9.7.2.2. Soglie di fondo

Le soglie di fondo sono strutture trasversali all'alveo e poco emergenti dal fondo, destinate ad evitarne l'approfondimento in quanto costituenti un livello non erodibile nell'alveo stesso.

Saranno preferibilmente scavate sezioni trapezie, e la soglia sarà costituita da pietrame di grossa pezzatura, o si potranno realizzare in calcestruzzo o in gabbioni e/o materassi di pietrame, soprattutto per la difesa di opere particolari, quali le pile di ponti o altro, nel qual caso la soglia si prolungherà a monte e a valle dell'opera.

Il pietrame e la sua posa in opera saranno conformi a quanto indicato al par. **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** “**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**”.

Gli interventi in calcestruzzo si eseguiranno secondo le indicazioni date nella Sezione 6 “Opere in conglomerato cementizio e in acciaio” del presente Capitolato.

Le soglie in gabbioni e/o materassi si atterranno a quanto previsto dal par. 9.6.2 “OPERE DI REGOLARIZZAZIONE DELL'ALVEO”.

9.7.2.3. Scogliere radenti, pennelli, platee con massi naturali

Per l'esecuzione dei lavori l'ESECUTORE dovrà provvedere alla fornitura, al trasporto con qualsiasi mezzo, dalla cava al luogo d'impiego, ed alla posa in opera delle quantità di massi e massotti delle singole categorie nelle percentuali che saranno previste dal progetto esecutivo.

Ai fini di una lunga durata dell'opera, il pietrame dovrà, inoltre, essere non gelivo, non friabile, non dilavabile e di buona durezza.

I massi da impiegare nella costruzione di scogliere devono essere inalterabili, tenaci, privi di fratture e piani di scistosità; la massa volumica apparente deve essere $\geq 2500 \text{ kg/m}^3$ e la massa volumica reale deve essere $\geq 2600 \text{ kg/m}^3$.

La roccia, costituente i massi, non dovrà risultare geliva alla prova di accettazione delle pietre naturali da costruzione secondo la norma EN 12371:2010.

L'ESECUTORE, prima d'iniziare l'approvvigionamento di massi da una cava, dovrà qualificare il sito ed il metodo d'estrazione, dando preventiva comunicazione alle FERROVIE della visita di qualifica; al termine delle operazioni di qualifica l'ESECUTORE redigerà una relazione scritta che invierà alle FERROVIE per approvazione.

Per l'accertamento delle caratteristiche dei massi, l'ESECUTORE dovrà predisporre campioni costituiti da una serie di 24 cubi a facce perfettamente piane e parallele e con spigoli regolari delle dimensioni di 10 cm, e da una serie di 8 cubi con spigoli di 3 cm; su ciascun campione si indicheranno quali sono le facce parallele al piano di giacitura in cava.

I campioni saranno inviati a un laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture per il rilascio di certificati di prove di laboratorio su terreni e rocce ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. 380/2001 - Circolare del Presidente del Consiglio Superiore Lavori Pubblici del 08.09.2010 n. 7618/STC, qualificato dall'ESECUTORE e approvato dalle FERROVIE.

La forma dei massi deve essere tale che, inscrivendo ogni masso in parallelepipedo, il minore dei lati del parallelepipedo circoscritto non risulti inferiore alla metà del lato maggiore dello stesso.

Le FERROVIE hanno la facoltà di integrare le prove sopra prescritte con prove di caduta massi direttamente in cava, secondo modalità fissate dalle stesse.

Tutte le prove di cui sopra devono essere effettuate all'inizio della fornitura e ripetute nel corso della fornitura stessa qualora si apprezzino variazioni delle caratteristiche dei materiali.

Per la classificazione dei massi secondo le categorie di cui sopra, l'ESECUTORE dovrà disporre di:

- una speciale bascula tarata della portata non inferiore a 20 tonnellate attrezzata per la pesatura dei massi, che vengono approvvigionati con mezzi terrestri o ferroviari. Tale bascula sarà del tipo a registrazione automatica e dovrà essere montata in cantiere, attuando ogni accorgimento per la perfetta regolarizzazione del piano di appoggio, al più presto e comunque prima dell'inizio dell'approvvigionamento
- mezzi marittimi e terrestri da impiegare per la formazione delle scogliere foranee, radenti o pennelli, dotati di appositi dinamometri tarati per la determinazione del peso di ciascun singolo masso.

Nell'esecuzione dei lavori i massi di maggiore dimensione dovranno essere posti verso l'esterno e quelli di minore dimensione verso l'interno, cosicché risulti graduale il passaggio dei massi di peso maggiore a quelli di peso minore.

Il completamento e la sistemazione delle scogliere dovrà essere effettuato a tutta sagoma, procedendo per tratti successivi che dovranno essere mano a mano completati secondo la sagoma prescritta, in modo da realizzare una perfetta continuità fra i vari tratti.

Non saranno accettati i massi che, all'atto della posa in opera, dovessero presentare lesioni o rotture, così come quelli che, nelle operazioni di posa, dovessero cadere fuori sagoma.

9.7.3. OPERE DI DIFESA DALLE PIENE

9.7.3.1. Argini

Gli argini sono opere longitudinali che tendono a evitare l'inondazione nella zona da essi protetta, in quanto delimitano, oltre all'alveo ordinario, una sezione sufficiente al passaggio delle piene. Gli argini potranno essere costruiti lungo le sponde o discosti da queste, delimitando così una fascia, larga da qualche metro a molte decine di metri, definita golena.

Le terre da impiegare nella costruzione degli argini dovranno essere scevre di materie vegetali, senza inclusioni di ciottoli, pietrame, ed accuratamente sminuzzate e in ogni caso con esclusione dei materiali di discarica quali immondizie, rifiuti, ecc.

La preparazione del piano d'appoggio comporterà l'estirpazione delle erbe e degli arbusti, il taglio a raso e la successiva rimozione di alberi e ceppaie di qualsiasi natura e dimensioni; indi si procederà all'asportazione del terreno vegetale per una profondità minima di 20 cm o per profondità maggiori, fino a trovare terreno compatto. Quindi si dissoderà mediante aratura e rivolgimento il terreno del piano di posa, per ottenere il prosciugamento tramite esposizione all'aria.

Nel caso che l'argine ricopra fossi o depressioni e quando la pendenza del terreno superi il 15%, si prevederà una gradonatura della sede dell'argine al di sotto del piano di scotico con gradoni di altezza non inferiore a 50 cm.

Sulle scarpate degli argini, ove si addosseranno i nuovi riporti, si praticheranno invece gradinate di immorsatura con solchi della profondità di almeno 30 cm e ad un interasse massimo di 50 cm.

In asse alla sede degli argini, inoltre, dovrà essere effettuato uno scavo per l'immorsatura, di larghezza e profondità fissate dal progetto e da colmarsi con le stesse materie che verranno impiegate per la formazione dell'argine.

La terra proveniente dagli scavi da impiegare nella formazione di rilevati sarà inumidita e essiccata mediante aereazione, in funzione delle prove pratiche di taratura dei mezzi costipanti.

Lo stendimento sarà effettuato a strati di spessore adeguato ai mezzi di costipamento, ma comunque non superiore a 50 cm; la superficie superiore degli strati dovrà avere una pendenza pari a circa il 3% e dovrà essere evitata la formazione di avvallamenti o solchi. Detta pendenza dovrà essere mantenuta durante il lavoro e il transito dei mezzi di cantiere; inoltre si provvederà alla compattazione degli strati con rulli compattatori di peso adeguato o altro sistema che sarà preventivamente comunicato alle FERROVIE in modo da ottenere una densità in sito, pari al 90% di quella AASHTO modificata, con il grado ottimo di umidità. L'attrezzatura da impiegarsi e la densità di riferimento dovranno essere appropriate ad ogni tipo di terreno e in ogni caso conformi alle buone regole dell'arte. Per le modalità di esecuzione delle prove e delle lavorazioni, si farà riferimento alla Sezione 5 "Opere in terra e scavi" del presente Capitolato.

A lavoro ultimato, e sino all'epoca del collaudo, il rilevato compattato non dovrà manifestare cedimenti superiori e dimensioni inferiori a quelli previsti in progetto.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 9 OPERE DI DIFESA DELLA SEDE FERROVIARIA	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 9	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 007 B</u>	FOGLIO 18 di 32

La profilatura e sagomatura di cigli e scarpate sarà conforme a quanto stabilito in progettazione.

Il rivestimento delle scarpate si effettuerà con terra vegetale, per uno spessore minimo di 20 cm, da stendere a strati orizzontali opportunamente costipati seguendo dappresso la costruzione del rilevato e ricavando gradoni di ancoraggio; tali gradoni non verranno eseguiti quando il rivestimento venga formato contemporaneamente al rilevato. Dette scarpate saranno seminate ad erba medica o trifoglio e frequentemente innaffiate sino alla formazione del manto erboso.

In alternativa potrà essere previsto un rivestimento delle scarpate con zolle erbose, aventi una superficie non minore di 400 cm² e spessore non minore di 15 cm, disposte regolarmente e fra loro combacianti, ed innaffiate durante il primo mese dalla data della messa in opera.

Qualora l'altezza d'acqua sul piano di campagna sia uguale o maggiore di 3 m, sarà opportuno prevedere banche orizzontali quali rinforzi sul lato campagna; dette banche potranno essere costruite anche sul lato fiume, se necessarie.

La larghezza in sommità sarà tanto maggiore quanto più elevato è l'argine sul piano di campagna, quanto più prolungata si prevede la permanenza del livello di piena, quanto meno uniforme è il materiale utilizzato, e sarà subordinata ad eventuali esigenze di viabilità; in ogni caso la larghezza di detta sommità sarà non minore di 2 m.

Specialmente per argini in frodo (costantemente bagnati dalle acque, anche in magra), o in corrispondenza di botte o risvolte, l'argine sarà protetto con scogliere, gettate di massi, gabbioni o materassi, rivestimenti di vario genere; a ciò si potrà aggiungere il rinterro sulla campagna.

9.7.3.2. Spurghi

Un intervento di spurgo consiste nell'asportazione dei materiali solidi che costituiscono ostacolo al normale flusso delle acque.

Si potrà passare dalla rimozione di ostacoli localizzati con dimensioni cospicue (tronchi, vecchi ponti, ecc.), a quella di materiali di torbida depositi durante le piene, nonché a vere e proprie operazioni di dragaggio del fondale.

9.7.3.3. Drizzagni e diversivi

Un drizzagno è un canale artificiale realizzato con il taglio di meandri. I drizzagni sono peraltro un sistema locale efficace se la zona da difendere è nell'ansa del meandro, ed in tal caso essi sono analoghi ai diversivi.

Un diversivo o scolmatore è un canale artificiale che recapita del tutto o in parte le portate di piena ad altro mezzo recipiente (mare, lago o altro corso d'acqua).

L'esecuzione corretta dello scavo comporterà:

- fossetti di guardia longitudinali, sul ciglio superiore dello scavo stesso, atti all'intercettazione delle acque pluviali;
- banchine di interruzione della scarpata, con muretti di pietrame o altro;
- drenaggi di tutti gli stillicidi e vie di circolazione idrica emergenti sul fronte di scavo, con fognoli addentati nel terreno.

Durante la costruzione si dovrà evitare di mantenere scavi aperti di grande sezione nella stagione piovosa senza aver provveduto alle sistemazioni di cui sopra.

Le arginature saranno realizzate secondo le modalità descritte al precedente par. 9.7.3.1 "A".

Il rivestimento potrà essere in calcestruzzo, in lastre di cemento armato prefabbricate, in gabbioni e/o materassi in pietrame, ovvero potranno essere non rivestiti o solamente inerbiti i canali in terra, oppure intonacati se la superficie è in roccia stabile.

Per canali in terra non rivestiti, indicativamente, si potranno avere sponde con pendenze variabile fra 1:3 (altezza/ base) per sponde realizzate in terreni incoerenti molto fini, e 1:1,5 per sponde in argilla compatta ben stabile; per canali scavati nella roccia si potranno realizzare anche sponde a parete verticale.

Le caratteristiche del calcestruzzo, nonché le modalità di posa in opera saranno conformi a quanto prescritto nella Sezione 6 "Opere in conglomerato cementizio e in acciaio" del presente Capitolato.

Il rivestimento in lastre di cemento armato prefabbricate sarà posato su un sottofondo drenante in pietrisco. Le lastre avranno dimensioni, peso, forma, impasto, armatura, previste in progetto; non saranno accettate lastre lesionate o difettose.

I rivestimenti in gabbioni e/o materassi in pietrame seguiranno le procedure indicate nel par. 9.6.2.3 "Manufatti in rete metallica e pietrame".

Se il terreno a tergo del rivestimento non fosse sufficientemente permeabile (ovvero avesse $K < 10^{-4}$ cm/s), si dovrà prevedere un sottofondo drenante il quale raccoglierà le acque di permeazione e le convoglierà entro opportune tubazioni di smaltimento. La medesima soluzione sarà adottata qualora sia presente una falda di entità medio - bassa; se l'entità della falda fosse troppo elevata, occorrerà operare in maniera opposta, utilizzando il canale come recapito per la falda stessa.

Gli spessori del sottofondo drenante consigliati per i grandi canali sono 10 cm e oltre, mentre per canali piccoli non si scenderà al disotto di 5 cm.

Il tipo di materiale scelto per la realizzazione dello strato drenante (aggregati litoidi, geotessili...etc.) sarà preventivamente sottoposto all'approvazione delle FERROVIE.

9.8. DIFESA DEL CORPO STRADALE

9.8.1. DISGAGGIO DI MASSI

Prima delle operazioni di disgaggio dei massi, dovrà essere effettuata dall'ESECUTORE un'accurata ispezione delle pareti rocciose per l'accertamento della presenza e della disposizione di masse instabili. Tale ispezione sarà redatta, a cura dell'ESECUTORE, una relazione illustrativa, corredata da fotografie, che documenterà lo stato della zona ispezionata.

Quindi l'ESECUTORE dovrà provvedere con qualsiasi mezzo, incluso l'esplosivo, all'abbattimento e rimozione delle masse individuate come instabili.

Per l'uso degli esplosivi l'ESECUTORE dovrà avvalersi di personale in possesso delle necessarie abilitazioni e dovrà reperire le autorizzazioni previste dalla vigente normativa.

Il materiale lapideo prodotto nelle operazioni di disgaggio dovrà essere trattato secondo le vigenti normative in materia ambientale.

9.8.2. BARRIERE PARAMASSI E PARAVALANGHE

Le barriere paramassi e paravalanghe sono sistemi di protezione passiva adottati per proteggere la sede ferroviaria dall'invasione di massi, in caso di crolli o ribaltamenti, e da masse nevose, in caso di valanghe.

Le barriere paramassi si distinguono in:

- barriere paramassi elastiche/elasto-plastiche
- barriere paramassi rigide

9.8.2.1. Barriere paramassi elastiche/elasto-plastiche

Le barriere paramassi dovranno essere conformi ai requisiti contenuti nella linee guida di benessere tecnico europeo ETAG 027, "Guideline for European Technical Approval of Falling Rock Protection Kits". Tale conformità dovrà essere documentata da un certificato ETA valido, pubblicato sul sito www.eota.eu in segno di conformità alle norme ETAG 027 e con il possesso della marcatura CE, come previsto dal DM 14/01/2008. La scelta tra le diverse tipologie di barriere paramassi dovrà essere effettuata sulla base dei più probabili livelli di energia posseduti dalle masse rocciose in caduta, che dovranno essere confrontati con i valori di livello di energia MEL (Maximum Energy Level) e di energia di servizio SEL (Service Energy Level), previsti dalle linee ETAG 027, secondo la seguente classificazione:

Classificazione del livello energetico (SEL/MEL espressi in kJ):

- Classe 0: - / 100;
- Classe 1: 85 / 250;
- Classe 2: 170 / 500;
- Classe 3: 330 / 1000;
- Classe 4: 500 / 1500;
- Classe 5: 660 / 2000;
- Classe 6: 1000 / 3000;
- Classe 7: 1500 / 4500;
- Classe 8: >1500 / >4500.

La capacità di assorbimento di energia della barriera deve essere comprovata a seguito di prove d'urto in scala reale, effettuate da un laboratorio indipendente di adeguata e specifica competenza, esperienza ed organizzazione, accreditato presso EOTA.

Le prove d'urto devono attestare la funzionalità della struttura per entrambi i livelli di energia previsti dalla norma e devono essere eseguite in conformità alle procedure delle linee guida ETAG 027.

La competenza specifica e l'esperienza di "crash test", secondo le citate ETAG 027, dovranno essere adeguatamente documentate con il certificato ETA.

Nel certificato delle prove d'urto a scala reale, emesso dall'organismo certificatore, devono essere riportati:

- classificazione del livello energetico;
- allungamento massimo e altezza residua della barriera dopo i test SEL e MEL;
- valori delle forze massime agenti sulle fondazioni;
- forze trasmesse alle funi convergenti sugli ancoraggi;
- descrizione dettagliata dei danni riportati dalla barriera dopo il test MEL;
- emissione di sostanze nocive;

- durabilità.

In particolare, definita H l'altezza nominale della barriera, misurata dallo spiccatto della fondazione, e H residua l'altezza residua dopo il test MEL, la barriera dovrà essere classificata in Categoria A (H residua \geq 50% H), in accordo alla classificazione fornita da ETAG 027 (par. 2.4.3.2.)

I componenti che devono essere sottoposti ad omologazione sono:

- la struttura di captazione;
- le strutture di supporto, compreso il meccanismo di collegamento alla fondazione;
- gli elementi di connessione.

Non è previsto che la fondazione sia omologata.

Oltre alle richiamate certificazioni dovranno essere forniti:

- descrizione e caratteristiche di tutti i materiali componenti la barriera, compreso il relativo grado di protezione contro l'ossidazione;
- progetto esecutivo e relazione di calcolo delle strutture;
- manuale di montaggio e piano di controllo a cui l'impresa esecutrice dovrà attenersi, compilare, e sottoscrivere a fine lavori;
- manuale di manutenzione.

La struttura dovrà impiegare materiali nuovi e di primo impiego, accompagnati da certificazione di origine e dichiarazioni di conformità, secondo le normative UNI EN 10025 (montanti in acciaio), UNI ISO 2408 (funi d'acciaio), UNI EN 10244-2 (zincatura fili e funi), UNI EN ISO 1461 (zincatura carpenteria metallica) nonché, ove previsto, dalla dichiarazione marcatura CE ai sensi del DPR 21/04/1993 n.246, così come modificato dal DPR 10/12/1997 n. 499.

Indipendentemente dalla presentazione della suddetta documentazione, prima della messa in opera delle funi verrà prelevato, ai fini dell'accertamento dell'idoneità delle funi stesse, ad insindacabile giudizio delle FERROVIE, previa stesura di apposito verbale in contraddittorio con l'ESECUTORE, un congruo numero di spezzoni di funi tra quelle da impiegare; detti spezzoni verranno inviati ad un laboratorio ufficialmente riconosciuto, per essere sottoposti alle prove di verifica per la determinazione del limite di rottura.

9.8.2.2. Sostituzione di elementi di barriere paramassi elastiche/elasto-plastiche

Per la sostituzione di elementi ammalorati su barriere paramassi elastiche /elasto-plastiche in opera dovranno essere utilizzati componenti aventi le caratteristiche elencate nei punti seguenti.

9.8.2.2.1. Ritti

I ritti di testata dovranno essere realizzati in acciaio del tipo S275 (norma EN 10025-2), utilizzando profilati HEB aventi altezza non inferiore a 320 mm, controventati da puntoni in profilati a C di altezza non inferiore a 200 mm, solidamente collegati ai ritti mediante saldatura o imbullonatura, con eventuale ausilio di fazzoletti o piastre ed angolari.

I ritti intermedi dovranno essere realizzati in acciaio del tipo S 275, utilizzando profilati IPE o NP di altezza non inferiori a 240 mm, muniti di manicotti distanziatori reggicavo, opportunamente svasati alle estremità per evitare danni alle funi e saldati all'ala lato monte dei ritti. Tali ritti potranno essere incastrati al piede su manufatti esistenti o su nuovi basamenti in c.a., infiggendo il profilato per una altezza non inferiore a 80 cm e sigillando con malte espansive. Potranno, altresì, essere fissati a mezzo di cerniera meccanica, vincolata al basamento mediante idonea forcilla in acciaio S 275, per consentire la rotazione dei ritti.

9.8.2.2.2. Orditura longitudinale

L'orditura longitudinale dovrà essere costituita da cavi funicolari di acciaio del diametro non inferiore a 12 mm aventi ciascuno resistenza a rottura non inferiore a 100 kN, opportunamente tesati, infilati nei manicotti dei ritti intermedi e ormeggiati ai ritti di estremità mediante cappio con morsetti; detti cavi saranno adagiati in una gola arcuata costituita da profilato a C o simile non inferiore a 35 mm opportunamente calandrato e solidamente fissato al ritto.

I cavi funicolari dovranno essere collegati a due a due mediante distanziatori, in tondino d'acciaio del diametro di 10 mm, del tipo B450C, fissati alle funi stesse e posti ad un interasse non inferiore a 50 cm, sfalsati su file attigue.

9.8.2.2.3. Rete metallica

La rete metallica dovrà essere del tipo a doppia torsione, zincata, di peso non inferiore a 170 N/m². Sarà costituita da filo di diametro di mm 2,7-3,0 a maglie esagonali, stesa a ridosso dell'orditura di funi, lato monte, e legata alle funi con filo di ferro zincato, nel caso di interasse tra i cavi funicolari non superiore a 20 cm.

In alternativa, dovrà essere utilizzata una rete a maglie estensibili delle dimensioni non superiori a mm 200 x 200, costruita con fune, rivestita in PVC, a fili di acciaio aventi resistenza a trazione non inferiore a 1600 N/mm². Tale rete dovrà essere chiusa con anelli in alluminio pressofuso, graffe a doppio guscio o simili

Il fissaggio della rete a maglie estensibili sull'orditura di funi orizzontali lato monte dovrà avvenire mediante l'infilaggio della fune più alta in tutte le maglie intere superiori e mediante morsettatura della rete a tutte le funi intermedie con un morsetto ogni metro di fune libera e, infine, mediante l'infilaggio della fune più bassa nella penultima fila di maglie.

Dovrà essere inoltre realizzata la spalmatura delle funi con due mani di bitume.

Prima della messa in opera delle funi verrà prelevato, previa stesura di apposito verbale, in contraddittorio con l'ESECUTORE, uno spezzone di ogni fune da impiegare; detto campione verrà inviato ad un Laboratorio ufficialmente riconosciuto, per essere sottoposto alle prove di verifica per la determinazione del limite di rottura.

9.8.2.3. Paramassi rigide

La barriera paramassi rigida, da porsi in opera su basamenti esistenti o da realizzare in c.a., dovrà essere costituita da:

- montanti verticali, formati da lamiera sagomata ad U dello spessore non inferiore a millimetri 4,2 e rinforzati con profilati a doppio T non inferiori a millimetri 180 di acciaio tipo S275 (norma EN 10025-2), completi di apposito cappello e aventi altezza fuori terra e profondità di incastro variabile a seconda delle prescrizioni di progetto;
- longheroni opportunamente sagomati in lamiera di acciaio dello spessore di 20/10, disposti longitudinalmente tra i montanti;
- elementi di collegamento tra i montanti e i longheroni, sagomati, in lamiera dello spessore non inferiore a 4,2 mm;
- elementi di rinforzo sagomati in lamiera di acciaio dello spessore di 20/10 da porsi in opera all'interno del longherone di sommità;
- bulloneria.

Tutti gli elementi saranno dotati di appositi fori per l'assemblaggio; nell'opera è previsto l'intasamento dei fori con malta composta da kg 400 di cemento pozzolanico per m³.

Tutti gli elementi costituenti la barriera saranno zincati a caldo.

In ogni caso dovranno essere utilizzate barriere paramassi dotate di marcatura CE, attestante la conformità delle stesse alle norme ETAG per il livello di contenimento dichiarato.

9.8.2.4. Paravalanghe

9.8.2.4.1. Barriere paravalanghe in acciaio zincato a caldo

Le dimensioni delle barriere e le sezioni dei singoli elementi, che le compongono, saranno scelte in relazione alla massima altezza di neve prevista nella zona.

Le barriere saranno costituite da una serie di cavalletti, ancorati al suolo mediante piastre e sormontati da longheroni.

Tutti gli elementi costituenti le barriere saranno zincati a caldo e le parti interrato protette mediante bitumatura.

9.8.2.4.2. Barriera paravalanghe

La barriera sarà costituita da una serie di cavalletti, ancorati al suolo mediante piastre e sormontati da longheroni.

La struttura metallica, qualora non diversamente disposto dal progetto, dovrà essere formata da telai composti da due profili IPE 180 in acciaio S235 (norma EN 10025-2) posti a passo di 3,25 m. Una delle due putrelle sarà inclinata di 15° sulla perpendicolare al terreno mentre l'altra, posta a valle con funzione di puntone di rinforzo e sarà inclinata di 35° rispetto al terreno.

Il puntone sarà fissato a valle nello zoccolo di calcestruzzo e a monte all'altra putrella con un perno del diametro d 28 mm provvisto di filetto e dado o coppiglia.

Il foro di collegamento del montante sarà rinforzato con due piastre saldate alla putrella dello spessore di 10 mm.

Tutti gli elementi costituenti le barriere saranno zincati a caldo e le parti interrato protette mediante bitumatura.

Sugli elementi in acciaio verranno fissati dei tondini di larice, scortecciato e trattato con due mani di carbolineum, del diametro minimo di 16 cm e di lunghezza di 4 m ad un interasse fra legno e legno di 40 cm, partendo dalla sommità della putrella.

9.8.3. RIVESTIMENTI DI PARETI E SCARPATE

9.8.3.1. Rivestimento protettivo su pareti e scarpate rocciose con conglomerato cementizio

9.8.3.1.1. Caratteristiche generali

Le prescrizioni del presente paragrafo riguardano sia la malta proiettata sia il betoncino proiettato.

La malta proiettata, gunite o intonaco impermeabilizzante, è un prodotto miscelato all'atto della messa in opera e formato da legante cementizio, additivi, acqua e inerte avente il diametro massimo di 5 mm.

Il conglomerato cementizio lanciato a pressione (per brevità denominato al seguito betoncino proiettato) è un prodotto miscelato all'atto della posa in opera, composto da acqua, legante cementizio, additivi e inerte avente diametro massimo, secondo la destinazione d'uso, da 5 a 10 mm.

Il getto dovrà essere eseguito proiettando il materiale a secco o a umido. La differenza tra le due metodologie consiste nella fase del processo in cui viene introdotta l'acqua. In ogni caso, entrambi i metodi impiegano l'aria compressa. Nel procedimento a secco, l'aria compressa è sempre introdotta nei condotti; la miscela secca compreso l'additivo accelerante e la sabbia che viene immessa con la sua umidità naturale, viene trasportata a forte velocità. L'aggiunta di acqua avviene in corrispondenza dell'ugello.

Il sistema ad umido può essere eseguito in due modi:

- a flusso diluito, utilizzando un getto di acqua in pressione nei condotti tale che la miscela diventi una sospensione in aria;
- a flusso denso, utilizzando una comune pompa da conglomerato cementizio. In tal caso l'aria compressa, non presente nei condotti, viene aggiunta in prossimità dell'ugello per favorire il getto in pressione della miscela.

In entrambi i casi l'additivazione della miscela con accelerante liquido avviene immediatamente prima dell'espulsione attraverso l'ugello.

9.8.3.1.2. Malta proiettata o gunita

Le caratteristiche della malta, i materiali costituenti gli aggregati da impiegare e le modalità di confezionamento sono definite nella Sezione 6 “Opere in conglomerato cementizio e in acciaio” del presente Capitolato.


La posa in opera dovrà avvenire con un solo strato non superiore a 3-4 cm. al fine di assicurare sia la stabilità a breve termine della parete, sia una protezione dalle acque di stillicidio. Tali malte, additivate con acceleranti di presa e con additivi di altro tipo, permettono di ottenere una consistenza plastica di basso modulo di deformazione e talvolta caratteristiche idrofughe. La posa in opera dovrà avvenire in due fasi:

- il primo strato permette l'ancoraggio e una prima parziale impermeabilizzazione;
- il secondo strato completa l'effetto impermeabilizzante e conferisce alle pareti la geometria definitiva; tale strato va applicato solo ad avvenuta presa di quello di prima fase.

Le superfici di roccia da trattare debbono essere preventivamente sottoposte ad azione di pulizia superficiale in modo da garantire la completa aderenza della malta.

9.8.3.1.3. Conglomerato cementizio o betoncino lanciato a pressione (spritz-beton)

Le caratteristiche del conglomerato cementizio lanciato (spritz-beton), i materiali componenti e le modalità di confezionamento sono definite nella Sezione “Sezione 6 “Opere in conglomerato cementizio e in acciaio” del presente Capitolato.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 9 OPERE DI DIFESA DELLA SEDE FERROVIARIA	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 9	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 007 B</u>	FOGLIO 25 di 32

Il diametro massimo dell'aggregato dev'essere scelto in funzione del tipo di intervento da eseguire, secondo quanto riportato nella seguente tabella:

Tabella 9.8.1

d max in mm.	Intervento da eseguire
5-8	Strato di finitura, ripristino del copriferro di rivestimento in conglomerati cementizi armati
10	Interventi di rinforzo di strutture di rivestimento all' esterno; protezione di pareti rocciose

9.8.3.1.4. Caratteristiche di impiego del betoncino proiettato

Le superfici da trattare devono preventivamente essere sottoposte a pulizia superficiale in modo da garantire la completa adesione del betoncino proiettato. Nel caso di percolazione di acque diffuse o localizzate dalle pareti di scavo, prima della posa in opera del betoncino dovrà provvedersi alla captazione e successivo convogliamento dell'acqua con mezzi idonei, onde evitare sensibili alterazioni.

La distanza tra l'ugello e la parete rocciosa deve essere determinata in funzione della velocità di emissione del materiale e comunque, di regola, deve essere compresa tra 50 cm e 150 cm, al fine di limitare la segregazione di materiale per effetto di rimbalzo sulla parete stessa.

Ciascuno strato di betoncino posto in opera dovrà avere uno spessore massimo non superiore a 4 cm. e dovrà essere applicato solo ad avvenuta presa dello strato sottostante.

Il primo strato di betoncino a diretto contatto con la roccia dovrà avere uno spessore non inferiore a 2 cm e dovrà compensare le piccole irregolarità presenti nella parete.

Sul primo strato dovranno, ove necessario, essere stesi dei pannelli di rete elettrosaldata di maglia non inferiore a 10 cm., opportunamente fissata alla parete in modo che non si verifichino distacchi o distorsioni durante le fasi successive di messa in opera del betoncino.

9.8.3.1.5. Accertamenti di idoneità'

Oltre alle prove previste dalle relative sezioni del capitolato sui materiali costituenti, si potrà procedere all'accertamento delle resistenze meccaniche del betoncino posto in opera ogni 50 m³ o frazione.

La realizzazione dei provini deve essere effettuata nel modo seguente:

Si procede al lancio a pressione del betoncino su una o più casseforme di prova aventi forma parallelepipedica a base quadrata e una superficie di 0,25 m². Il lancio deve avvenire perpendicolarmente alla parete di fondo della cassaforma inclinata fino a 20 gradi sulla verticale. Lo spessore del materiale proiettato deve essere di almeno 15 cm. dalla parte centrale della cassaforma.

Ad avvenuta stagionatura di 28 giorni si preleveranno almeno 4 provini cilindrici, mediante carotaggio, tali da presentare dopo le opportune operazioni di taglio e rettifica, il diametro di 6 cm. e l'altezza di 12 cm. Su tali provini verranno eseguite le seguenti determinazioni:

- Calcolo della massa volumica.

- Resistenza a compressione semplice rilevata dalla media aritmetica dei risultati diminuita di 3.5 MPa. In caso di esito negativo delle prove di compressione sulle carote prelevate dalla piastra come precedentemente descritto si procederà al prelievo di carote di conglomerato cementizio direttamente in sito in numero almeno pari a quelle relative alle prove standard da prelevare nei punti indicati dalle FERROVIE.
- Prova di permeabilità, per la quale si effettuerà il prelievo di un altro provino che sarà sottoposto a prova di laboratorio di permeabilità a carico costante.

9.8.3.2. Rivestimenti con stuoie

Il rivestimento protettivo di scarpate viene realizzato mediante fornitura e posa in opera di stuoie o reti antierosione biodegradabili in fibra vegetale, inclusa l'idrosemina con idoneo miscuglio di graminacee e leguminose ed eventualmente specie arbustive o alberi, da scegliere in relazione alle caratteristiche ambientali della stazione (vegetazione, clima, suolo, fattori topografici) nonché i concimi organici e gli ammendanti necessari. compresa la regolarizzazione del terreno, i ripristini, le cure colturali e la manutenzione del manto erboso.

Sarà predisposto un doppio strato di stuoie costituite da torba, concime, semi, ed altri componenti aggiuntivi coadiuvanti germinativi, dello spessore di 2 cm, opportunamente fissate a monte con picchetti e stese sul terreno facendo in modo che lo strato torboso venga a contatto del suolo e formi una idonea cortina erbosa. Contemporaneamente alla posa delle stuoie si dovrà provvedere anche alla semina delle specie arbustive o degli alberi. Dopo 3-4 settimane dalla posa in opera delle stuoie si dovrà procedere alla concimazione.

Tale rivestimento dovrà essere protetto e fissato con una rete in trefoli di acciaio zincati e plastificati da minimo 3 mm e maglie da 30 x 30 opportunamente legate con filo da millimetri 3 ogni 50 cm a profilati in acciaio tipo "Zores" da 200 x 90 disposti in modo da formare riquadri del lato di m 6. La rete metallica dovrà seguire l'andamento del terreno e dovrà essere resa rigida mediante tondini di acciaio di 16 mm, saldati sotto l'ala dei profilati, in modo da formare dei riquadri di m 2 x 2 e verniciati con antiruggine e pittura. I predetti profilati, incassati con la base minore nel terreno e con le ali poggianti sulla superficie dello stesso, in corrispondenza di ciascun nodo saranno collegati fra loro con una piastra di acciaio "dolce" dello spessore di mm 10 e delle dimensioni di cm 50 x 30, opportunamente forata, la quale sarà fissata ai sottostanti profilati mediante bulloneria.

Detti nodi verranno ancorati al terreno stabile con chiodatura di acciaio di idonea lunghezza per garantire la migliore adesione.

Saranno onere dell'ESECUTORE tutte le operazioni necessarie per dare la sistemazione completa e finita a regola d'arte, compresa la regolarizzazione del terreno, i ripristini, le cure colturali e la manutenzione del manto erboso, secondo le prescrizioni della Sez. XV del presente Capitolato.

9.8.3.3. Mantellate in grigliato

Le mantellate in grigliato articolato saranno composte da elementi componibili prefabbricati in calcestruzzo vibrocompresso della classe C25/30 ed opportunamente armato con barre di acciaio di tipo adeguato del diametro minimo di mm 3.

Ogni elemento avrà dimensioni di circa 0,25 m², con naselli ad incastro a coda di rondine sporgenti dal perimetro che consentano di ottenere una mantellata continua ed articolata in grado di seguire gli assetamenti delle superfici di posa

Lo spessore dell'elemento sarà compreso fra i 9 e i 10 centimetri e il peso fra 30 e 35 Kg, in modo da ottenere una superficie di mantellate con massa di Kg 120-140 per m².

Ogni elemento dovrà presentare un congruo numero di cavità a tutto spessore la cui superficie globale risulti fra il 35 ed il 40 % dell'intera superficie dell'elemento stesso.

Potranno essere richiesti elementi speciali provvisti di incastro a snodo articolato su pezzi in calcestruzzo armato, da utilizzarsi in quelle particolari posizioni ove siano previsti sforzi di trazione specie in corrispondenza di cambiamento di pendenza del rivestimento. Potranno essere richiesti inoltre pezzi speciali per la protezione di superfici coniche.

La posa in opera sarà realizzata previa regolarizzazione e sistemazione della superficie, l'intasamento dei vuoti con terra vegetale, la successiva semina di miscuglio di specie erbacee ed ogni altra fornitura, prestazione ed onere per dare il lavoro compiuto a perfetta regola d'arte.

9.8.3.4. Rivestimento con rete metallica

Il rivestimento sarà realizzato mediante posa di rete metallica, del peso non inferiore a 140 N/m², formata con filo di ferro zincato del diametro di 3 mm, a maglie esagonali a doppia torsione con fissaggio alle pareti mediante barre di acciaio Ø 12 mm ad aderenza migliorata del tipo B450C, in numero di almeno una ogni 4 metri quadrati, lunghe fino a 2 m, ancorate in fori del diametro di 5 cm con malta cementizia.

9.8.3.5. Vimate

Le vimate per il consolidamento di scarpate saranno formate da paletti di castagno (lunghezza 80 cm x 6 cm) infissi nel terreno per 60 cm e posti alla distanza di 2,00 m l'uno dall'altro.

I paletti in castagno saranno intervallati da tre paletti di salice (lunghezza 50 cm x 4 cm) infissi per 30 cm, posti alla distanza di 50 cm l'uno dall'altro.

I paletti di salice saranno intrecciati con verghe di salice vivo per un'altezza di 25 cm, di cui 10 cm entro terra, previo scavo di un solchetto.

La vimita sarà completata da talee, di salice (lunghezza 30 cm x 2,5 cm) infisse nel terreno per 20 cm e disposte su due file nel numero di 6 ogni 50 cm di vimita, alla distanza di 10 cm tra fila e fila.

9.8.4. GABBIONATE

A difesa del corpo stradale, oltre ai citati interventi, possono essere impiegate le gabbionate.

Saranno realizzate a qualsiasi altezza rispetto al piano stradale e saranno costituite da gabbioni metallici di qualsiasi tipo e dimensione. Per i particolari tecnici si rimanda al par. 9.6.2.3 "Manufatti in rete metallica e pietrame".


Se necessario potrà essere posto in opera uno strato filtrante geotessile non tessuto per garantire il drenaggio delle acque piovane.

9.8.5. CANALETTE, CUNETTE E CUNICOLI

Per agevolare lo smaltimento delle acque piovane ed impedire infiltrazioni dannose all'interno del corpo stradale, è prevista, ove necessario, la sistemazione e la costruzione di canalette, cunette e cunicoli.

Le canalette saranno elementi prefabbricati in lamiera di acciaio, ondulata e zincata, oppure in conglomerato cementizio.

L'acciaio della lamiera ondulata dovrà essere della qualità di cui alla norma UNI EN 10025-2, con contenuto di rame non inferiore allo 0,20 % e non superiore allo 0,40 %, spessore minimo di 1,5 mm, carico unitario di rottura non minore di 340 N/mm² e sarà protetto su entrambe le facce da zincatura a bagno. Sarà sistemato il letto di posa ed eseguiti i necessari rinfianchi con idonei materiali, come previsto dalle norme di impiego degli

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 9 OPERE DI DIFESA DELLA SEDE FERROVIARIA	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 9	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 007 B</u>	FOGLIO 28 di 32

elementi stessi. Nella posa in opera saranno compresi i raccordi, i tiranti, i profilati di rinforzo, i paletti di sostegno disposti a interasse 3 m, la bulloneria ed ogni altro onere per l'esecuzione del lavoro.

La formazione della cunetta potrà avvenire con elementi prefabbricati in conglomerato cementizio, le cui caratteristiche saranno prescritte dal progettista. Questa opera comprenderà la regolarizzazione del piano di posa, la fornitura degli elementi prefabbricati, la sigillatura dei giunti con malta cementizia e quanto altro necessario per dare i lavori finiti.

Per gli elementi in conglomerato cementizio si rimanda alla Sezione 6 "Opere in conglomerato cementizio e in acciaio" del presente Capitolato.

La costruzione di cunicoli drenanti, aventi sezione all'interno del rivestimento, non superiore a 3 m², potrà avvenire con perforazione sia a mano che meccanica in terreni di qualsiasi natura durezza e consistenza, compresi gli oneri per la presenza e lo smaltimento di acqua di qualsiasi entità e portata; compresi gli oneri per tutte le puntellature, armature e rivestimento di qualsiasi tipo, natura, ed entità. Nella esecuzione del lavoro si dovranno adottare gli stessi sistemi di scavo utilizzati per le gallerie, quali l'impiego di centinature, semplici o accoppiate, costituite da profilati o da strutture reticolari in ferro tondo, se del caso integrate da provvisorie puntellature intermedie; il contenimento del cielo o delle pareti di scavo con elementi prefabbricati in conglomerato cementizio e con conglomerato cementizio lanciato a pressione con l'eventuale incorporamento di rete e centine metalliche; l'impiego di ancoraggi e bulloni, marciavanti e lamiere metalliche; l'uso di attrezzature speciali e di altre apparecchiature meccaniche ed in genere qualsiasi altro metodo di scavo a foro cieco.

Per l'esecuzione degli scavi in presenza di terreni particolarmente compatti, roccia dura da mina o grossi trovanti, potrà essere consentito l'uso delle mine ma con cariche modeste e alloggiare in fori di profondità adeguatamente limitata, previa autorizzazione delle competenti autorità.

Per quanto concerne le prescrizioni per gli scavi in sotterraneo e per il rivestimento in conglomerato delle pareti di scavo, valgono, per quanto applicabili, le prescrizioni di cui alla Sezione "Gallerie" del presente Capitolato.

9.9. OPERE DI DIFESA DAL MARE

9.9.1. STRATO DI BASE PER SCOGLIERE O NUCLEO PER RIPASCIMENTO SPIAGGE

Lo strato di base, avente lo spessore previsto dal progetto, sarà formato da uno strato di detrito di cava escluso terriccio, il cappellaccio e il materiale eterogeneo; dovrà, in ogni caso, essere non suscettibile all'azione dell'acqua cioè non solubile né plasticizzabile.

L'ESECUTORE avrà cura che lo strato di base abbia la massima compattezza; pertanto nel versamento o varo dovrà mettere in atto tutte le cautele utili affinché la percentuale dei vuoti sia ridotta al minimo possibile e dovrà provvedere al relativo spianamento.

Le modalità di compattazione dovranno rispettare le prescrizioni riportate nella Sezione 5 "Opere in terra e scavi" del presente Capitolato relativamente ai rinterrati salvo nel caso in cui, a causa di particolari soggezioni ambientali contingenti (es. scogliere sommerse), si concordino con FERROVIE diverse prescrizioni esecutive.

Il complesso della gettata dovrà essere eseguito per tratti a sezione completa oppure a strati orizzontali. Il misto di cava utilizzato dovrà avere una pezzatura assortita con dimensione massima non superiore a 5 cm.

9.9.2. STRATO PROTETTIVO IN GEOTESSILE

Lo strato protettivo della fondazione delle scogliere, con funzione di filtro antiersivo, sarà realizzato con geotessile non tessuto in fibre sintetiche a filamenti continui, coesionate mediante agugliatura meccanica con esclusione di colle e altri componenti chimici; avrà peso non inferiore a 3 N/m² e resistenza a trazione non inferiore a 105 daN.

Il fissaggio sul fondo, regolarizzato, sarà effettuato con pioletti, tondini di ferro o massi, se necessario con l'impiego di palombari.

9.9.3. STRATO DI BASE IN SCAPOLI DI PIETRAMME

Per l'esecuzione dei lavori relativi alla realizzazione di strato di base o intasamento di scogliere realizzato con pietrame in scapoli della massa singola compresa tra kg 20 e kg 50 l'ESECUTORE dovrà provvedere alla fornitura, al trasporto con qualsiasi mezzo, via mare o ferrovia o per strade ordinarie dalla cava al luogo d'impiego, ed alla posa in opera delle quantità di massi e massotti delle singole categorie nelle percentuali che saranno previste dal progetto esecutivo.

Per le prescrizioni in merito alle modalità della fornitura del pietrame, si faccia riferimento al precedente par. Errore. L'origine riferimento non è stata trovata. **“Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.”**.

9.9.4. SCOGLIERA FORANEA

Per la realizzazione della scogliera foranea (sia emergente che sommersa) realizzata con massi naturali si applicano le stesse prescrizioni e modalità del par. Errore. L'origine riferimento non è stata trovata. **“Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.”**.

9.9.5. RIMOZIONE, RECUPERO E POSA IN OPERA DEI MASSI

Nelle operazioni di recupero l'ESECUTORE dovrà attenersi alle disposizioni di dettaglio che saranno impartite all'occorrenza e non dovrà effettuare recuperi in assenza del personale addetto al controllo sul posto, pena il non riconoscimento dei recuperi eseguiti. La quantità dei massi recuperati verrà constatata in contraddittorio fra un rappresentante delle FERROVIE ed uno dell'ESECUTORE, pesando i massi stessi singolarmente con un dinamometro tarato od altro meccanismo idoneo, fornito a cura e spese dell'ESECUTORE.

9.9.6. RICARICO O FORMAZIONE DI SCOGLIERE RADENTI CON MASSI ARTIFICIALI

Per i conglomerati cementizi da utilizzarsi per il confezionamento di massi artificiali per il ricarico o la formazione di scogliere radenti (sia emergenti che sommerse) valgono le prescrizioni della Sezione 6 “Opere in conglomerato cementizio e in acciaio” del Capitolato, ove applicabili.

I massi artificiali dovranno essere eseguiti in conglomerato cementizio della classe di resistenza caratteristica 300 daN/cm² confezionato con cemento pozzolanico con aggiunta di idonei additivi.

Essi avranno forma e dimensioni conformi al progetto esecutivo e saranno collocati in opera entro e fuori acqua, con l'impiego di adeguati mezzi terrestri o marittimi.

Le casseforme, lignee o metalliche, per la confezione dei massi artificiali saranno costituite da una robusta ossatura tale da non subire deformazioni sotto la spinta del calcestruzzo, esse dovranno avere le dimensioni

prescritte, nonché quattro fiancate opportunamente collegate fra loro con bulloni e dadi manovrabili. Opportune sporgenze e canalette saranno applicate tanto sul fondo che sulle pareti laterali delle casseforme per creare nei massi scanalature indispensabili per il passaggio delle catene di sospensione.

L'ESECUTORE, a sua cura e spese e per particolari esigenze, potrà adottare altri organi di presa per la sospensione dei massi creando mediante forme o cassette nella massa del calcestruzzo i vani necessari per il passaggio dei medesimi.

In ogni caso l'ESECUTORE stesso sarà unico responsabile della buona riuscita dei massi. L'ESECUTORE dovrà inoltre disporre di un numero sufficiente di casseforme in modo da corrispondere adeguatamente alla produzione e stagionatura dei massi.

Le pareti interne delle casseforme dovranno essere preventivamente trattate con opportuni preparati disarmanti, al fine di evitare al momento del disarmo eventuali distacchi. Ciascun masso dovrà avere la faccia superiore perfettamente orizzontale e dovrà essere ultimato nello stesso giorno nel quale è stato iniziato il getto.

I massi artificiali dovranno rimanere nelle loro casseforme per tutto il tempo necessario a un conveniente indurimento del calcestruzzo. Non saranno accettati quei massi che si riscontrassero lesionati o difettosi all'atto della rimozione della cassaforma. I massi sformati non potranno essere sollevati e trasportati al sito di impiego o di deposizione provvisorio se non dopo trascorso il termine necessario alla loro completa maturazione.

In apposito registro sarà tenuta nota della data del getto di costruzione, della rimozione della cassaforma e dello stagionatura dei massi.

I massi dovranno essere trasportati dal posto di getto a quello di impiego e collocati in opera con adeguati mezzi terrestri o marittimi di sollevamento e trasporto a cura e spese dell'ESECUTORE. Particolare cura dovrà essere posta nella sistemazione in loco tenendo debito conto delle pezzature e dell'assortimento dei materiali stessi, affinché la struttura possa avere adeguata compattezza.

Prima della posa in opera dei massi artificiali, l'ESECUTORE dovrà porre i necessari segnali di direzione, fissi e mobili, entro e fuori acqua, ed ogni altro sistema di segnalazione e di controllo. Il volume dei massi che cadessero in acqua per qualsiasi causa, di quelli che non venissero dati in opera nel modo prescritto ed infine di quelli che eventualmente si deteriorassero, o addirittura si rompessero durante le operazioni di trasporto e posa in opera, non sarà contabilizzato, restando altresì a carico dell'ESECUTORE il salpamento dei massi stessi e la sostituzione di quelli perduti, deteriorati o, comunque, non impiegabili.

Nel caso in cui i massi artificiali vengano impiegati per la realizzazione delle mantellate di scogliera, i massi artificiali dovranno essere collocati in doppio strato. Inoltre, una volta completata l'opera e ad assestamenti avvenuti, la mantellata medesima dovrà avere un indice di pieno non inferiore al 60 % sia lungo la sezione corrente che in testata.

9.9.6.1. Ripascimento di spiaggia con materiale sabbioso

Il materiale sabbioso necessario per il ripascimento, proveniente tutto o in parte sia da cave di prestito terrestri che da dragaggio dovrà, mediamente, avere una curva granulometrica dove il valore **d 50** deve essere compreso fra 1,5 ed 8,5 mm. Pertanto, prima dell'inizio dei lavori dovranno essere eseguite idonee indagini, atte a verificare la granulometria richiesta, sia per il materiale proveniente da cave, sia per il materiale proveniente da dragaggio, restando inteso che sia le cave che gli specchi d'acqua da cui verrà prelevato il materiale saranno individuati a cura dell'ESECUTORE al quale fanno carico anche tutti i relativi permessi ed autorizzazioni.

Per quanto sopra, in particolare, qualora si proceda mediante dragaggio, verranno eseguiti opportuni prelievi nelle zone preliminarmente individuate dall'ESECUTORE, cui farà anche carico, qualora i prelievi dessero risultati positivi, richiedere i permessi di legge alle autorità competenti. Tutti gli oneri per i prelievi e le prove di laboratorio di cui sopra sono a carico dell'ESECUTORE.

Il tout-venant per la realizzazione del cuore del ripascimento sarà valutato a metro cubo di materiale in opera. Il volume del materiale in opera sarà determinato con il metodo delle sezioni raggugliate, fra la sagoma della opera costruita (di 2^a pianta) ed il profilo del fondale risultante dai rilievi di 1^a pianta.

Nel caso in cui il tout-venant venga utilizzato per il riempimento tra i pennelli anche a T esso sarà versato dopo l'ultimazione dei pennelli medesimi ed il rilievo di 2^o pianta avverrà dopo l'ultimazione del riempimento tra due elementi successivi.

In ogni caso, mediante verbale in contraddittorio con FERROVIE, dovrà risultare esistente in opera, per ogni singola cella, il volume complessivo di materiale teorico determinato montando le sezioni tipo di progetto sulle sezioni di 1^a pianta già rilevate per la stessa cella, indipendentemente dalla nuova configurazione che il tout-venant verrà ad avere per effetto dei marosi; non verrà valutato il materiale che venisse a trovarsi oltre 4 m dal piede della sagoma teorica.

Resta altresì stabilito che le quote e dimensioni delle parti fuori acqua delle sezioni tipo non ammetteranno tolleranze in eccesso superiori a 10 cm ed ove presenti tali eccessi dovranno essere regolarizzati dall'ESECUTORE a sua cura e spese prima del ricoprimento con materiale sabbioso.

9.9.6.2. Ricarico o formazione di mantellata di scogliera

Per il ricarico o la formazione di mantellata di scogliera (sia emergente che sommersa), realizzata con tetrapodi, o forma assimilabile, in calcestruzzo (R. 300 daN/cm² confezionato con cemento tipo 425 pozzolanico o di alto forno e con inerti di idonea granulometria), gli elementi dovranno avere la forma e le dimensioni prescritte nel progetto approvato.

Nella costruzione dei tetrapodi, o forme similari, valgono le prescrizioni riportate nella Sezione 6 “Opere di conglomerato cementizio e in acciaio” del presente Capitolato.

I piazzali del cantiere per la costruzione dei tetrapodi dovranno essere realizzati a cura dell'ESECUTORE, spianati perfettamente e ricoperti da un sufficiente strato di grossa sabbia e di minuto pietrisco di cava.

In ogni caso l'ESECUTORE stesso sarà l'unico responsabile della buona riuscita dei manufatti. Inoltre, l'ESECUTORE dovrà avere un numero sufficiente di casseforme in modo da corrispondere adeguatamente alla produzione e stagionatura dei tetrapodi.

Le casseforme metalliche per la confezione di tetrapodi saranno costituite da una robusta ossatura tale da non subire deformazioni sotto la spinta del calcestruzzo. Esse dovranno avere dimensioni interne tali che gli elementi risultino delle dimensioni prescritte.

Le pareti interne delle casseforme, per la realizzazione dei tetrapodi, dovranno essere preventivamente trattate con opportuni preparati disarmanti, al fine di evitare al momento del disarmo eventuali distacchi.

Ciascun tetrapodo dovrà essere ultimato nello stesso giorno nel quale è stato iniziato il getto. I tetrapodi dovranno rimanere nelle loro casseforme durante tutto il tempo necessario per un conveniente indurimento del calcestruzzo, in relazione a quanto prescritto dalle prescrizioni riportate nella Sezione “Opere di conglomerato cementizio e in acciaio” del Capitolato.

Non saranno accettati quei tetrapodi che si riscontrassero lesionati o difettosi all'atto della rimozione della cassaforma.

I tetrapodi sformati non potranno essere sollevati e trasportati al sito di impiego o di deposito provvisorio se non dopo trascorso il termine necessario al loro indurimento. All'uopo, in apposito registro, sarà tenuta nota della data di getto, rimozione della cassaforma, stagionatura e posa in opera dei manufatti.

Qualora la confezione dei tetrapodi venga eseguita nei mesi estivi, l'ESECUTORE é tenuto, a suo carico, alla aspersione dei manufatti con acqua almeno, una volta al giorno.

La vibrazione meccanica sarà fatta con vibratore a parete o con vibratore ad ago che viene introdotto dalla bocca superiore della cassaforma sino al centro del getto. I tetrapodi dopo la stagionatura, dovranno essere posti in opera con mezzo idoneo che assicuri il loro collocamento preciso senza cadute o urti.

Per il collocamento in opera essi saranno sollevati a mezzo di speciali braghe applicate nei punti tecnicamente più idonei; quelli che all'atto della posa dovessero lesionarsi per insufficienza di presa o a causa della manovra, o per qualsiasi motivo si deteriorassero, saranno rimossi o non contabilizzati.

Nel collocamento in opera dei tetrapodi dovrà aversi cura affinché essi siano ben ravvicinati e concatenati gli uni agli altri in modo che, nello spessore previsto del rivestimento, siano sempre sovrapposti due elementi. A tale scopo viene prescritto il seguente ordine di esecuzione:






1. saturazione con scapolame dei vuoti della superficie della mantellata di protezione del nucleo (piano di appoggio dei massi) nonché quella della scogliera di sostegno;
2. formazione del primo strato iniziando il loro collocamento dal basso verso l'alto;
3. ultimato il primo strato, si procederà alla posa in opera del secondo sempre dal basso verso l'alto collocando ciascun elemento nei vuoti formati dal primo strato in modo da conseguire il loro completo concatenamento.

Non verranno tollerate sistemazioni in cui il volume complessivo dei tetrapodi risulti inferiore al 50% del poligono circoscritto a rivestimento protettivo della scogliera.

**CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO
DELLE OPERE CIVILI**

**PARTE II - SEZIONE 10
OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE**

- 10.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE
- 10.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO
- 10.3 DEFINIZIONI
- 10.4 ABBREVIAZIONI
- 10.5 ANCORAGGI
- 10.6 TRATTAMENTI COLONNARI
- 10.7 INIEZIONI
- 10.8 DRENI
- 10.9 MICROPALI E INFILAGGI
- 10.10 TOLLERANZE

Rev.	Data	Descrizione	Redazione	Verifica Tecnica	Autorizzazione
B	22/12/2017	Emissione per Applicazione	 P. Esola  A. Latorre	 A. Pranno  A. Rinaldi	 F. Iacobini

INDICE

10.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE	7
10.1.1 SCOPO	7
10.1.2 CAMPO DI APPLICAZIONE	7
10.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	7
10.3 DEFINIZIONI	10
10.4 ABBREVIAZIONI	10
10.5 GENERALITÀ	11
10.5.1 ONERI GENERALI	11
10.5.1.1 Preavvisi	11
10.5.1.2 Prove di carico	11
10.5.2 PRESCRIZIONI E ONERI PARTICOLARI	11
10.6 ANCORAGGI	12
10.6.1 CLASSIFICAZIONI E DEFINIZIONI	12
10.6.1.1 Tiranti di ancoraggio	12
10.6.1.2 Bulloni di ancoraggio	13
10.6.1.3 Chiodi	14
10.6.2 SOGGEZIONI GEOTECNICHE E AMBIENTALI	14
10.6.3 INDAGINI SUL SITO	14
10.6.4 MATERIALI	16
10.6.4.1 Armature metalliche	16
10.6.4.2 Apparecchi di testata	17
10.6.4.2.1 Dispositivi di bloccaggio (testata di ancoraggio)	17
10.6.4.2.2 Piastre e travi di ripartizione	17
10.6.4.3 Miscele cementizie di iniezione e loro componenti	17
10.6.4.3.1 Caratteristiche della miscela fluida	18
10.6.4.3.2 Resistenza meccanica	19
10.6.4.4 Miscele cementizie espansive	19
10.6.4.4.1 Caratteristiche della miscela fluida	19
10.6.4.4.2 Procedura per l'esecuzione delle prove	20
10.6.4.5 Impianti di preparazione e iniezione della miscela	20
10.6.4.6 Miscele cementizie	20
10.6.4.6.1 Miscele cementizie espansive	21
10.6.4.7 Dispositivi di protezione	21
10.6.4.7.1 Guaine in materiali plastici	21
10.6.4.7.2 Distanziatori, condotti di iniezione e tamponi	21
10.6.4.8 Resine e malte a base di resina	22
10.6.4.9 Vetroresine e materiali compositi	23
10.6.5 MODALITÀ ESECUTIVE	25
10.6.5.1 Tiranti di ancoraggio	25
10.6.5.1.1 Campo prove preliminari	25
10.6.5.1.2 Perforazione	26
10.6.5.1.3 Tolleranze	28

10.6.5.1.4	Allestimento del tirante	29
10.6.5.1.5	Iniezioni.....	31
10.6.5.1.6	Caratteristiche degli iniettori	33
10.6.5.1.7	Protezione contro la corrosione.....	34
10.6.5.1.8	Tesatura.....	34
10.6.5.1.9	Prove.....	34
10.6.5.1.10	Supervisione e Monitoraggio.....	36
10.6.5.1.11	Registrazioni e controllo della documentazione.....	36
10.6.5.2	Bulloni di ancoraggio	40
10.6.5.2.1	Generalità.....	40
10.6.5.2.2	Perforazione	40
10.6.5.2.3	Allestimento dell'ancoraggio.....	40
10.6.5.2.4	Iniezione	41
10.6.5.2.5	Procedure di tensionamento e collando	41
10.6.5.2.6	Prove di rottura sui bulloni.....	42
10.6.5.2.7	Controlli e documentazione	43
10.6.5.3	Chiodi	43
10.6.5.3.1	Generalità.....	43
10.6.5.3.2	Prove di rottura.....	43
10.6.5.4	Ancoraggi e chiodi speciali.....	44
10.6.5.4.1	Bulloni attivi ad ancoraggio meccanico.....	44
10.6.5.4.2	Ancoraggi frizionali a espansione idraulica o similari.....	46
10.6.5.4.3	Ancoraggi in acciaio di tipo autoperforante.....	47
10.6.5.4.4	Bulloni costituiti da lamiere, barre o profilati infissi a pressione	49
10.6.5.4.5	Preconsolidamenti al fronte in galleria	49
10.7	TRATTAMENTI COLONNARI	51
10.7.1	DEFINIZIONI.....	51
10.7.2	TRATTAMENTI COLONNARI JETTING (JET GROUTING)	51
10.7.2.1	Soggezioni geotecniche e ambientali	52
10.7.2.2	Modalità esecutive	53
10.7.2.2.1	Preparazione del piano di lavoro, tracciamento	53
10.7.2.2.2	Perforazioni.....	53
10.7.2.2.3	Iniezioni.....	53
10.7.2.2.4	Tipi di miscela.....	56
10.7.2.2.5	Materiali.....	56
	Tubi in acciaio	56
	Barre in acciaio speciale	57
	Vetroresine.....	57
10.7.2.2.6	Caratteristiche delle attrezzature.....	57
	Impianto di miscelazione.....	57
	Centrale di iniezione.....	57
	Attrezzature di iniezione.....	58
10.7.2.2.7	Definizione dei parametri operativi di prova.....	58
10.7.2.2.8	Messa a punto del sistema ed esecuzione di un adeguato campo prove.....	59
10.7.2.2.9	Ubicazione campo prova.....	60

10.7.2.2.10 Campo prova prima fase.....	60
10.7.2.2.11 Controlli da eseguire sul trattamento dei campi prova.....	61
10.7.2.2.12 Ispezione visiva	61
10.7.2.2.13 Omogeneità del trattamento	62
10.7.2.2.14 Sondaggi a carotaggio continuo.....	62
10.7.2.2.15 Prelievo dei campioni per prove di laboratorio.....	62
10.7.2.2.16 Prove in situ	62
10.7.2.2.17 Prove di laboratorio.....	63
10.7.2.2.18 Log sonici.....	63
10.7.2.2.19 Tomografia 2D.....	64
Campo prova seconda fase	64
Sondaggi a carotaggio continuo.....	65
Prelievo dei campioni per prove di laboratorio	65
Prove in situ.....	65
Prove di laboratorio	66
Rilievo sismico in 3D	66
Indagine geofisica 2D	66
Relazione finale.....	67
10.7.2.2.20 Esecuzione del trattamento	67
10.7.2.2.21 Controlli e documentazione	68
10.7.3 TRATTAMENTI COLONNARIA MISCELAZIONE MECCANICA.....	71
10.7.3.1 Trattamento con apporto di cemento	71
10.7.3.1.1 Sistema con apporto di cemento per via secca.....	71
10.7.3.1.2 Sistema con apporto di cemento per via umida.....	72
10.7.3.1.3 Modalità esecutive	72
10.7.3.1.4 Caratteristiche dei trattamenti.....	73
10.7.3.1.5 Controlli e documentazione	73
10.7.3.2 Trattamento colonnare con apporto misto (calce-cemento)	74
10.7.4 TRATTAMENTI COLONNARI CON MISCELE CATALIZZATE	76
10.7.4.1 Caratteristiche dei materiali da impiegare	76
10.7.4.2 Confezionamento della miscela.....	77
10.7.4.3 Controllo delle lavorazioni e delle caratteristiche finali del materiale	78
10.8 INIEZIONI.....	79
10.8.1 DEFINIZIONI.....	79
10.8.2 PROVE TECNOLOGICHE PRELIMINARI	80
10.8.3 TOLLERANZE.....	80
10.8.4 MATERIALI.....	81
10.8.4.1 Miscele cementizie normali	81
10.8.4.1.1 Dosaggi.....	81
10.8.4.1.2 Caratteristiche reologiche.....	81
10.8.4.2 Miscele con cementi microfini.....	82
10.8.4.2.1 Caratteristiche dei cementi e dosaggi	82
10.8.4.2.2 Caratteristiche reologiche.....	82
10.8.4.2.3 Controlli e documentazione delle miscele cementizie.....	82
10.8.4.3 Miscele bicomponenti a base di resina poliuretanic.....	83

10.8.4.3.1	<i>Caratteristiche della miscela</i>	83
10.8.4.3.2	<i>Caratteristiche delle componenti</i>	83
10.8.4.3.3	<i>Controlli e documentazione delle miscele bicomponenti a base di resina poliuretanic</i>	84
10.8.4.4	Miscele monocomponenti a base di resina poliuretanic	84
10.8.4.4.1	<i>Caratteristiche della miscela</i>	84
10.8.4.4.2	<i>Caratteristiche della resina</i>	84
10.8.4.4.3	<i>Controlli e documentazione delle miscele monocomponenti a base di resina poliuretanic</i>	85
10.8.4.5	Miscele bicomponenti a base di resina organo minerale	85
10.8.4.5.1	<i>Caratteristiche della miscela</i>	85
10.8.4.5.1	<i>Caratteristiche delle componenti</i>	85
10.8.4.5.2	<i>Controlli e documentazione delle miscele organo minerali</i>	86
10.8.4.6	Miscele a base di resina acrilica	86
10.8.4.6.1	<i>Caratteristiche della miscela</i>	86
10.8.4.6.2	<i>Controlli e documentazione delle miscele cementizie</i>	87
10.8.5	MODALITA' ESECUTIVE	88
10.8.5.1	Perforazione.....	88
10.8.5.2	Allestimento dei fori di iniezione	88
10.8.5.3	Preparazione delle miscele	89
10.8.5.4	Iniezione.....	89
10.8.5.5	Controlli e documentazione.....	90
10.9	DRENI	92
10.9.1	DEFINIZIONI	92
10.9.2	MODALITA' ESECUTIVE	94
10.9.2.1	Dreni verticali prefabbricati.....	94
10.9.2.2	Dreni in sabbia	95
10.9.2.3	Microdreni - Tubi drenanti microfessurati in galleria	97
10.9.2.3.1	<i>Caratteristiche dei tubi filtranti</i>	97
10.9.2.3.2	<i>Attrezzatura</i>	97
10.9.2.3.3	<i>Perforazione</i>	97
10.9.2.3.4	<i>Installazione</i>	98
10.9.2.3.5	<i>Lavaggio e manutenzione dei dreni</i>	99
10.9.2.3.6	<i>Documentazione e controlli</i>	99
10.9.2.4	Trincee drenanti.....	100
10.9.2.5	Pozzi drenanti	101
10.10	MICROPALI E INFILAGGI	106
10.10.1	MICROPALI	106
10.10.1.1	Definizioni e tipologie	106
10.10.1.2	Vincoli geotecnici e ambientali.....	106
10.10.1.3	Campo prove e controlli preliminari	107
10.10.1.4	Prove di collaudo	107
10.10.1.4.1	<i>Prove di carico verticale</i>	107
10.10.1.4.2	<i>Prove di carico orizzontale</i>	107
10.10.1.5	Tolleranze di costruzione	108
10.10.1.6	Materiali.....	108
10.10.1.6.1	<i>Armature</i>	108
10.10.1.7	Modalità esecutive	110

10.10.1.7.1	<i>Micropali a iniezioni multiple selettive</i>	110
10.10.1.7.2	<i>Micropali a semplice cementazione</i>	113
10.10.2	INFILAGGI	116
10.10.2.1	Definizioni	116
10.10.2.2	Tracciamento e tolleranze costruttive	116
10.10.2.3	Materiali.....	117
10.10.2.4	Modalità esecutive	117
10.10.2.4.1	<i>Attrezzature e tecniche di perforazione</i>	117
10.10.2.4.2	<i>Allestimento dell'infilaggio</i>	118
10.10.2.4.3	<i>Tubi valvolati</i>	119
10.10.2.4.4	<i>Tubi non valvolati (tubi ciechi)</i>	119
10.10.2.5	Controlli e documentazione dei lavori.....	119
10.11	TOLLERANZE	121

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 7 di 122

10.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente sezione è parte integrante del Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle Opere Civili (RFI DTC SICS SP IFS 001 B) e sostituisce la Sezione 10 della parte II del precedente Capitolato (cod. RFI DTC SI CS SP IFS 001 A - del 30/12/2016).

10.1.1 SCOPO

Le presenti prescrizioni si intendono integrative delle Norme di Legge vigenti in materia di esecuzione e collaudo di opere di sostegno e di fondazione.

10.1.2 CAMPO DI APPLICAZIONE

Le prescrizioni della presente sezione del Capitolato si applicano per la realizzazione di opere di consolidamento provvisorie e/o definitive all'esterno e in galleria.

Possono essere necessarie precauzioni addizionali, da predisporre a cura del progettista, nel caso di strutture complesse o nel caso di impiego di nuovi materiali, tecnologie speciali e/o innovative.

In ogni caso, le precauzioni adottate devono essere in accordo e non differire dalle prescrizioni concernenti la sicurezza e la durabilità delle strutture, secondo quanto previsto dal progetto.

10.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

I lavori saranno eseguiti in accordo alle norme di legge, istruzioni e normative tecniche applicabili, nonché a tutte quelle indicate nel presente documento e nelle sezioni di capitolato richiamate nel testo.

Si elencano di seguito la principale normativa e documentazione di riferimento.

Normativa nazionale

- D.M. Infrastrutture 14 gennaio 2008 “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”
- Circolare 02 febbraio 2009 n. 617/C.S.LL.PP. “Istruzioni per l’applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008”
- Decreto del C.S.LL.PP. n°12391 del 22/12/2011 “Linee Guida per il rilascio della certificazione di idoneità tecnica di tiranti per uso geotecnico di tipo attivo”
- Raccomandazioni AGI-AICAP “Ancoraggi nei terreni e nelle rocce” (Edizione 2012)

Normativa ferroviaria

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 8 di 122

- RFI DTC SI CS MA IFS 001 “Manuale di progettazione delle opere civili” Parte II - Sezione 3;

Normativa tecnica

- UNI EN ISO 148-1:2011 “Metallic materials - Charpy pendulum impact test - Part 1: Test method (ISO 148-1:2009)”
- UNI EN 197-1:2011 “Cement - Part 1: Composition, specifications and conformity criteria for common cements”
- UNI EN 206:2014 “Concrete - Specification, performance, production and conformity”
- UNI EN 445:2007 “Grout for prestressing tendons - Test methods”
- UNI EN 446:2007 “Grout for prestressing tendons - Grouting procedures”
- UNI EN 447:2007 “Grout for prestressing tendons - Basic requirements”
- UNI EN 1537:2013 “Execution of special geotechnical works - Ground anchors”
- UNI EN 1990 (aprile 2002) aggiornamento A1 (dicembre 2005) con errata corrige di aprile 2010 (AC:2010). “Eurocode - Basis of structural design”
- UNI EN 1992-1-1 (dicembre 2004), correzioni del 2006 ed errata corrige 2008 (AC:2008) “Eurocode 2 - Design of concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings”
- UNI EN 1993-1-1:2005 “Eurocode 3: Design of steel structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings”
- UNI EN 1993-1-8:2005/AC:2009 “Eurocode 3: Design of steel structures - Part 1-8: Design of joints”
- UNI EN 1994-1-1 (dicembre 2004) ed errata corrige del 2009 (AC:2009). “Eurocode 4 - Design of composite steel and concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings”
- UNI EN 1997-1 (novembre 2004) ed errata corrige del 2009 (AC:2009). “Eurocode 7 - Geotechnical design - Part 1: General rules”
- UNI EN 10025-2:2005 part 1-6 “Hot rolled products of structural steels”
- prEN 10138 “Design of prestressing steel - Specification for common grout”
- EN 10138-2 “Prestressing steels – Part 2: Wire”
- EN 10138-3 “Prestressing steels - Part 3: Strand”

- EN 10138-4“Prestressing steels – Part 4: Bars”
- UNI EN 10210-1:2006 part 1-3 “Hot finished structural hollow sections of non-alloy and fine grain steels”
- UNIEN 12715:2003: “Execution of special geotechnical work - Grouting”
- UNIEN 12716:2003 “Execution of special geotechnical works – Jet grouting”
- UNIEN 12390-13:2013 part 1-8 “Testing hardened concrete”
- UNI EN 13252:2014 “Geotextiles and geotextile-related products - Characteristics required for use in drainage systems”
- UNI EN 14199:2005“Execution of special geotechnical works – Micropiles”
- UNI CEI EN ISO/IEC 17050-1:2010“Conformity assessment - Supplier's declaration of conformity - Part 1: General requirements”
- EN ISO/IEC 17050-2:2004“Conformity assessment - Supplier's declaration of conformity - Part 2: Supporting documentation”
- ASTM D695 - 10 “Standard Test Method for Compressive Properties of Rigid Plastics” (Active Standard)
- ASTM D732 - 10 “Standard Test Method for Shear Strength of Plastics by Punch Tool” (Active Standard)
- ASTM D792 - 13 “Standard Test Methods for Density and Specific Gravity (Relative Density) of Plastics by Displacement” (Active Standard)
- ASTM D1143-81(1994)E1 “Standard Test Method for Piles Under Static Axial Compressive Load” (Withdrawn Standard, No Replacement)
- ASTM D2393-86 “Test Method for Viscosity of Epoxy Resins and Related Components” (Withdrawn Standard, No Replacement)
- ASTM D2471-99 “Standard Test Method for Gel Time and Peak Exothermic Temperature of Reacting Thermosetting Resins” (Withdrawn Standard, No Replacement)
- ASTM D3916-08 “Standard Test Method for Tensile Properties of Pultruded Glass Fiber Reinforced Plastic Rod”(Active Standard)

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 10 di 122

10.3 DEFINIZIONI

Contratto: Contratto di appalto o di concessione avente per oggetto l'acquisizione di servizi, o di forniture, ovvero l'esecuzione di opere o lavori, posti in essere dalla stazione appaltante

Controllo: L'insieme di tutte le prescrizioni ed attività che permettono di rilevare e misurare le caratteristiche di una parte dell'impianto, di un procedimento, di un servizio, verificandola a fronte di parametri e valori precedentemente specificati, che è necessario porre in essere per consentire il raggiungimento dei requisiti di qualità delle opere, richiesti dal progettista in accordo alle necessità della Committente e delle leggi applicabili

Esecutore: Soggetto incaricato dell'esecuzione dei lavori (Appaltatore, General Contractor, Contraente Generale)

Ferrovie: RFI S.p.A. o chi agisce in nome e per conto di RFI S.p.A. (Direzione Lavori, Alta Sorveglianza)

P.C.: Piano che implementa il controllo

Prova: Forma di verifica che si effettua in ragione del contratto, delle disposizioni normative, delle disposizioni delle FERROVIE

Per le definizioni relative alle tipologie di interventi trattati nella presente Sezione si rimanda ai paragrafi specifici che seguono

10.4 ABBREVIAZIONI

ASTM: American Society for Testing and Materials

C.a.: conglomerato cementizio armato;

Cls: conglomerato cementizio;

CEN: Comitato europeo di normazione

CNR: Consiglio Nazionale delle Ricerche

EC: Eurocodice

EN: Euronorma

ISO: International organization for Standardization

NTC: Norme Tecniche per le Costruzioni

PEAD: Polietilene ad Alta Densità

PRFV: Plastica Rinforzata con Fibre di Vetro

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 11 di 122

PVC: PolivinileCloruro

RFI: Rete Ferroviaria Italiana S.p.A.;

UNI: Ente Nazionale Italiano di Normazione

10.5 GENERALITÀ

10.5.1 ONERI GENERALI

10.5.1.1 Preavvisi

Durante la realizzazione di opere che per effetto di operazioni successive possano rendersi inaccessibili o comunque non ispezionabili, l'ESECUTORE dovrà sempre dare opportuna informazione alle FERROVIE prima di procedere con le fasi successive; nel caso in cui l'ESECUTORE non ottemperia quanto sopra, le FERROVIE potranno richiedere di mettere a nudo le parti occultate o di rendere comunque accessibili le opere non ispezionate. Le prestazioni necessarie a tal fine dovranno essere eseguite a cura e spese dell'ESECUTORE.

10.5.1.2 Prove di carico

Le prove di carico di collaudo o a rottura prescritte dalle prescrizioni contrattuali, dai documenti di progetto ed eventualmente richieste dalle FERROVIE, così come quelle previste dalle leggi vigenti, dovranno essere eseguite a cura e spese dell'ESECUTORE.

10.5.2 PRESCRIZIONI E ONERI PARTICOLARI

L'ESECUTORE dovrà condurre le indagini necessarie ad accertare l'eventuale presenza di manufatti interrati di qualsiasi natura (cunicoli, tubazioni, cavi, etc.) che possano interferire con le opere da realizzare o che possano essere danneggiati o comunque arrecare danno durante l'effettuazione dei lavori. Tali indagini e le eventuali rimozioni e modifiche da eseguire dovranno in ogni caso essere effettuate prima dell'inizio delle operazioni di perforazione.

L'ESECUTORE dovrà verificare e fare in modo che il numero, la potenza e la capacità operativa delle attrezzature siano tali da consentire una produttività congruente con i programmi di lavoro previsti. Dovrà essere altresì cura dell'ESECUTORE selezionare e utilizzare le attrezzature più adeguate tenuto conto delle condizioni ambientali, stratigrafiche e idrogeologiche dei terreni e delle dimensioni delle opere da realizzare.

L'ESECUTORE dovrà adottare tutti gli accorgimenti necessari ad attenuare i disturbi alle persone derivanti dalle vibrazioni e dai rumori connessi con le attività di scavo. Dovrà essere altresì cura dell'ESECUTORE evitare che le operazioni di perforazione, infissione o iniezione arrechino danno, per effetto di vibrazione e/o spostamenti di materie, a opere di consolidamento adiacenti e a opere e manufatti preesistenti.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 12 di 122

L'ESECUTORE dovrà provvedere a sue spese all'immediato trasporto a rifiuto di tutti i materiali di risulta provenienti dalle perforazioni e dalle lavorazioni comunque connesse con la realizzazione dei consolidamenti.

L'ESECUTORE dovrà far eseguire tutti i controlli e le prove previste dal presente capitolato nonché quelle addizionali richieste.

10.6 ANCORAGGI

Per quanto non espressamente descritto in questa sezione, relativamente ai tiranti di ancoraggio si farà in ogni caso riferimento alla parte 6.6 delle NTC2008 così come integrate dalla circolare 617/2009 al paragrafo C6.6. e, per dettagli ulteriori, alla norma UNI EN 1537:2013. Per tutti i sistemi di ancoraggio in generale si dovrà fare riferimento alle prescrizioni riportate nelle raccomandazioni AGI AICAP (Edizione 2012) per gli aspetti geotecnici, costruttivi, tecnologici e di prova; per i materiali, invece, ci si dovrà attenere anche al capitolo 11 delle NTC 2008 al corrispondente paragrafo della circolare 617/2009 e alle norme tecniche ivi richiamate.

10.6.1 CLASSIFICAZIONI E DEFINIZIONI

Gli ancoraggi sono identificati dalle seguenti tipologie esecutive:

- tiranti di ancoraggio;
- bulloni di ancoraggio;
- chiodi.

Queste tipologie sono descritte e trattate nel dettaglio nei paragrafi seguenti.

10.6.1.1 Tiranti di ancoraggio

Per tiranti di ancoraggio si intendono elementi strutturali connessi al terreno o alla roccia, che in esercizio sono sollecitati a trazione.

Le forze di trazione sono quindi applicate alla struttura da tenere ancorata mediante una piastra di ripartizione (testata). Le testate presenti ad uno stesso livello di quota della struttura da ancorare possono essere collegate da travi di ripartizione, atte a garantire una migliore distribuzione dei carichi. Per le caratteristiche delle testate e delle travi si deve far riferimento a tutte le prescrizioni di progetto.

In relazione alle modalità di sollecitazione, i tiranti vengono distinti in:

- tiranti non presollecitati nei quali la sollecitazione di trazione nasce quale reazione a seguito di una deformazione dell'opera ancorata;
- tiranti parzialmente presollecitati o presollecitati, nei quali la sollecitazione di trazione è impressa in tutto o in parte all'atto del collegamento con l'opera ancorata.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 13 di 122

In relazione alla durata di esercizio, i tiranti vengono distinti in:

- tiranti provvisori, la cui funzione deve essere espletata per un periodo di tempo limitato e definito a priori;
- tiranti permanenti, la cui funzione deve essere espletata per un periodo di tempo commisurato alla vita utile dell'opera ancorata. Per le limitazioni relative all'utilizzo di tiranti definitivi per opere di sostegno in ambito ferroviario deve essere applicato quanto riportato nella parte II-sezione 3 del "Manuale di progettazione delle opere civili" RFI DTC SI CS MA IFS 001.

Le parti funzionali del tirante possono essere individuate in:

- testata: insieme degli elementi terminali atti a trasmettere alla struttura ancorata la forza di trazione del tirante;
- parte libera: insieme degli elementi atti a trasmettere la forza di trazione dalla testata alla fondazione del tirante;
- fondazione: insieme degli elementi atti a trasmettere al terreno le forze di trazione del tirante.

Con riferimento a esse, gli elementi costitutivi del tirante sono individuabili in:

- dispositivi di bloccaggio;
- armature e guaina;
- dispositivo di ancoraggio della fondazione.

Di norma l'armatura dei tiranti di ancoraggio è costituita da un fascio di trefoli in acciaio del tipo per c.a.p. solidarizzati al terreno mediante iniezioni cementizie selettive.

Per quanto attiene alla definizione, classificazione e tipologia dei tiranti si potrà comunque far riferimento a quanto riportato nelle succitate normative (decreto 12391/2011) e al capitolo 3 della norma UNI EN 1537 con l'avvertenza che nell'ambito dei lavori ferroviari, dovranno essere impiegati esclusivamente tiranti aventi doppia guaina di protezione (sia sul singolo elemento strutturale sia sul gruppo) nella parte libera e con singola guaina nella fondazione (fondazione protetta), fermo restando la succitata prescrizione sulla durata di esercizio dei tiranti.

10.6.1.2 Bulloni di ancoraggio

Si tratta di elementi strutturali che in esercizio sono sollecitati a trazione e che sono in grado di assorbire anche eventuali sollecitazioni taglienti.

Si tratta quindi di tiranti particolari, i cui elementi caratteristici sono:

- armatura costituita da una singola barra;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 14 di 122

- lunghezza in genere non superiore a 12 m;
- impiego prevalente in roccia;
- solidarizzazione per semplice cementazione o per frizione, concentrata o diffusa su tutta la lunghezza.

Analogamente ai tiranti di ancoraggio è possibile distinguere i bulloni in base alle modalità di applicazione degli sforzi di trazione (attivi e passivi) e in base alla durata di esercizio (provvisori e permanenti).

I bulloni sono generalmente caratterizzati dalla peculiarità di possedere dispositivi di ancoraggio provvisorio o definitivo a espansione meccanica.

10.6.1.3 Chiodi

Si tratta di ancoraggi tipicamente passivi, costituiti da elementi strutturali integralmente connessi al terreno e operanti in un dominio di taglio e trazione, con l'armatura costituita da:

- barra in acciaio ad aderenza migliorata;
- profilato metallico;
- barra o tubo in vetroresina o altro materiale composito con superficie corrugata o scabra.

La connessione al terreno può essere ottenuta mediante cementazione con miscele cementizie o chimiche, o mediante mezzi meccanici.

10.6.2 SOGGEZIONI GEOTECNICHE E AMBIENTALI

Oltre al rispetto di quanto previsto nella norma UNI EN-1537, dovranno essere valutati con molta attenzione i pericoli di corrosione delle armature presollecitate e di aggressione chimico-fisica dei bulbi di ancoraggio, poiché l'azione aggressiva è esaltata dal movimento dell'acqua, dalla temperatura elevata e dalle correnti vaganti. Le classi di aggressività dell'ambiente nei riguardi del cemento sono individuate in base alla UNI EN206. Il tipo di cemento da impiegare in funzione della classe d'esposizione sarà scelto in base alla norma UNI EN-197-1.

10.6.3 INDAGINI SUL SITO

Il terreno è un elemento basilare per il funzionamento dei tiranti e degli altri ancoraggi, pertanto è essenziale un'indagine geognostica di buona qualità. Una causa frequente di cedimento dei tiranti in fase di prova è la mancanza di accurate informazioni sulle locali condizioni del terreno circostante.

Dato che si installano frequentemente anche ancoraggi inclinati oltreché verticali, si dovrebbero investigare le variabili caratteristiche del terreno anche lateralmente oltre che in verticale.

Tutte le indagini geognostiche devono essere in accordo con le istruzioni generali e specifiche fornite nella circolare 617/2009 (paragrafi C 6.2. e C 6.6.) ed eseguite in conformità con i requisiti e le raccomandazioni della UNI EN 1997-1 "Eurocodice 7- Parte 1".

L'indagine geognostica deve essere estesa all'intorno del sito, in modo che il profilo stratigrafico possa essere interpolato fra i sondaggi, anziché estrapolato fuori area.

Per quanto possibile, l'indagine dovrà estendersi a un volume di terreno superiore a quello effettivamente interessato dalle tensioni indotte dai tiranti.

Le profondità raggiunte con l'indagine geognostica devono essere tali da poter accertare che:

- 1) è dimostrata la presenza di una formazione geologica nota;
- 2) non esiste alcuno strato profondo che ostacoli il progetto;
- 3) le condizioni freatiche sono ben definite.

Oltre al profilo litologico e strutturale del terreno in conformità alla UNI EN 1997-1 "Eurocodice 7- Parte 1", si dovrà anche accertare quanto segue:

a) per i terreni sciolti:

- classificazione e descrizione del terreno (granulometria, contenuto di umidità, tenore d'acqua, massa volumica, densità relativa, limiti di Atterberg),
- resistenza a taglio, compressibilità e rigidità radiale,
- permeabilità,
- condizioni della falda,
- potenziale corrosivo del terreno e dell'acqua,
- presenza di correnti elettriche vaganti;

b) per le rocce:

- classificazione (geometria delle discontinuità, peso per unità di volume, grado di alterazione, prove di classificazione),
- stratificazione,
- resistenza a compressione semplice della roccia intatta,

- resistenza a taglio e deformabilità della massa di roccia,
- permeabilità,
- condizioni della falda,
- potenziale corrosivo della roccia e dell'acqua,
- presenza di correnti elettriche vaganti.

Da queste informazioni dovrà essere possibile individuare le eventuali difficoltà riguardanti:

- ostacoli potenziali per la perforazione (perforabilità);
- procedimento di perforazione (perforabilità);
- stabilità del foro;
- venute d'acqua nel foro;
- perdita di miscela d'iniezione dal foro.

10.6.4 MATERIALI

10.6.4.1 Armature metalliche

L'acciaio impiegato nella realizzazione degli ancoraggi dovrà essere conforme a quanto riportato nel paragrafo 6.2 della norma UNI EN-1537.

E' consentito, ove espressamente previsto dai disegni di progetto e autorizzato da FERROVIE, l'impiego di barre in acciai speciali e a filettatura continua, ad alto limite di snervamento. Le caratteristiche di tali acciai dovranno essere certificate dal produttore, e verificate a norma dei regolamenti già richiamati.

In particolare, sarà curata la protezione delle testate di ancoraggio e saranno utilizzate idonee iniezioni di intasamento dei fori a base di cementi ad alta resistenza all'aggressione chimica e al dilavamento secondo la Norma UNI EN-197-1.

Per quanto riguarda le prescrizioni su:

- armatura
- accoppiatori

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 17 di 122

- lunghezza vincolata di armatura
- distanziatori e altri componenti nel foro

si rimanda ai paragrafi 6.2, 6.4, 6.5 e 6.6 della UNI EN-1537.

Per quanto riguarda le prescrizioni su:

- protezione da corrosione per armatura
- componenti e materiali anticorrosivi
- controllo della protezione

si rimanda ai paragrafi da 6.9 a 6.12 della UNI EN-1537.

10.6.4.2 Apparecchi di testata

10.6.4.2.1 Dispositivi di bloccaggio (testata di ancoraggio)

Si dovrà far riferimento al paragrafo 6.3 della norma UNI EN 1537.

I dispositivi di bloccaggio dei trefoli dovranno inoltre essere conformi alle NTC2008 ed alla norma UNI EN 1992-1-1:2004 ed eventuali successivi aggiornamenti.

Per i bulloni si dovrà fare invece riferimento alle NTC 2008 (parte 4.2.8.1 Unioni con bulloni ; par.11.3.4.6 Bulloni e chiodi) e alla norma UNI EN 1993-1-8:2005/AC:2009.

10.6.4.2.2 Piastre e travi di ripartizione

Si dovranno adottare piastre ed eventuali travi di ripartizione, secondo le dimensioni scelte dal progettista in relazione alle caratteristiche geometriche e di carico dei tiranti e alle caratteristiche di resistenza e deformabilità del materiale di contrasto.

10.6.4.3 Miscele cementizie di iniezione e loro componenti

Negli ancoraggi in terreni o roccia, allo scopo di assicurare l'aderenza e soprattutto proteggere i cavi dalla corrosione, è necessario che le guaine o i fori vengano iniettati con miscela cementizia fluida, a ritiro compensato e con adeguata resistenza meccanica come nel seguito specificato.

Tale miscela costituita da cemento, additivi e acqua, non dovrà contenere cloruri, polvere di alluminio, coke o altri agenti che provocano espansione mediante formazione di gas aggressivi.


	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 18 di 122

Per le prescrizioni sulle caratteristiche delle malte cementizie e relativi additivi, si rimanda ai paragrafi 6.7 e 6.8 della UNI EN-1537.

Si dovranno eseguire prove di laboratorio ed in sito per verificare la composizione della miscela, l'efficacia della mescolazione, i tempi di presa e le caratteristiche generali, verificando che esse siano in accordo con quanto previsto da progetto. Tali prove dovranno essere condotte secondo la UNI EN 445, per quanto applicabile.

10.6.4.3.1 *Caratteristiche della miscela fluida*

- Il cemento, esclusivamente di tipo III - IV o V, 42.5 (UNI EN 197-1), dovrà contenere una percentuale di cloro inferiore allo 0,05% in massa e avere un contenuto totale di zolfo da solfuri inferiore allo 0,15% in massa.
- L'acqua dovrà avere caratteristiche conformi a quanto previsto in merito nella Sezione 6 "Opere in conglomerato cementizio" del Capitolato. Il rapporto a/c della miscela, da determinare sperimentalmente per ogni tipo di cemento, dovrà essere il minore possibile compatibilmente con la fluidità richiesta e comunque non dovrà superare il valore 0,40.
- La massa volumica della miscela fresca non dovrà scostarsi da quella teorica di $\pm 3\%$ e non risultare inferiore a 1,85 t/mc.
- Ove prevista nelle iniezioni la sabbia dovrà essere di cava, di fiume o di frantoio, scevra di materie micacee, lavata e vagliata, con assorbimento di grani delle dimensioni tra 0.5 mm e 1 mm e con percentuali non inferiori al 50 % di grani delle dimensioni non superiori a 0.35 mm e comunque adatta per le iniezioni.
- La fluidità della miscela cementizia da iniettare dovrà essere misurata con il cono di Marsh. La prova si esegue misurando il tempo complessivo di deflusso di 2 litri di miscelata una bocca di uscita di 13 mm. La miscela sarà ritenuta idonea se tale tempo risulterà compreso tra 10 e 30 secondi.
- L'essudazione non dovrà essere maggiore di 0,1%. Il controllo si esegue versando 1000 ml di miscela in un cilindro graduato avente diametro di 60 mm e altezza di 450 mm circa, misurando l'eventuale acqua essudata sulla superficie della miscela, mantenuta in riposo per tre ore. La prova di fluidità e la prova di essudazione dovranno essere eseguite all'inizio di ciascuna giornata lavorativa e in ogni caso saranno ripetute dopo l'iniezione di 20 ancoraggi. Se, in occasione di tali controlli, anche solo una delle due prove non risultasse conforme a quanto prescritto, le iniezioni dovranno essere sospese e potranno riprendere solo dopo la confezione di una nuova miscela con caratteristiche idonee.
- Il ritiro dovrà essere compensato dall'espansione che dovrà essere di almeno 400 micron/metro dopo due giorni.
- Il tempo di inizio presa, a 20° C e in condizioni di umidità relativa del 75%, dovrà essere superiore a tre ore, mentre il tempo di fine presa dovrà essere inferiore a 10 ore.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 19 di 122

Il tempo di inizio presa va misurato secondo quanto previsto nel paragrafo 7.1 - Prospetto II della Norma UNI EN 197-1.

10.6.4.3.2 *Resistenza meccanica*

La resistenza alla compressione semplice misurata su almeno 2 provini cubici aventi lato di 7 o 10 cm da prelevare ogni giorno lavorativo deve risultare non inferiore a 25 N/mm² dopo 3 giorni, a 35 N/mm² dopo 7 giorni e a 50 N/mm² dopo 28 giorni e la massa volumica degli stessi non deve essere inferiore a 1,85 t/m³.

La resistenza a compressione della miscela dovrà essere controllata su prelievi eseguiti su ogni tirante o gruppo di tiranti iniettati contemporaneamente.

10.6.4.4 **Miscele cementizie espansive**

Le miscele espansive sono costituite da cementi ad elevate prestazioni opportunamente additivati con agenti espansivi. Le miscele espansive vengono utilizzate per connettere al terreno elementi strutturali in vetroresina o in acciaio o in altri materiali, sfruttando anche l'effetto di ricomprensione del terreno circostante. Si tratta in genere di miscele utilizzate nel progetto delle chiodature, in particolare quelle al fronte delle gallerie naturali.

10.6.4.4.1 *Caratteristiche della miscela fluida*

La miscela è un prodotto premiscelato a base di cemento portland 52.5 additivato con agenti espandenti.

Le caratteristiche minime richieste della miscela sono quelle riportate nella seguente tabella

Tabella 10.6.1

Svuotamento al cono di MARSH dopo miscelazione (s) (UNI EN 445)	<35''-40''
Rapporto di espansione libera	>70%
Resistenza meccanica a compressione (N/mm ²) con espansione libera - dopo 48 ore	>3 MPa
Resistenza meccanica a compressione con maturazione ad espansione confinata - dopo 48 ore UNI EN 196-1 modificata	>10 MPa
Pressione di espansione confinata	> 4 MPa

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 20 di 122

10.6.4.4.2 Procedura per l'esecuzione delle prove

1. Fluidità cono di marsh: prova secondo UNI EN445.
2. Rapporto di espansione libera: deve essere riempito un cilindro graduato (capienza maggiore di 1500 cc) fino all'altezza di 500 cc e deve essere misurato il tempo per il raggiungimento dell'espansione massima. Deve essere fornito un grafico che rappresenti nel tempo l'andamento dell'espansione.
3. Pressione miscela confinata: deve essere versata la miscela in un cilindro di acciaio fino al raggiungimento del livello massimo e poi lo stesso deve essere chiuso mediante un tappo di tenuta munito di guarnizione; deve essere misurato il tempo per il raggiungimento della pressione massima e deve essere fornito un grafico che rappresenti nel tempo l'andamento della variazione della pressione.
4. Resistenza a compressione della miscela a espansione semiimpedita: prova UNI EN-196-1 modificata: deve essere riempito uno stampo per provini di dimensioni 4x4x16 e posizionato un foglio di Pvc sopra la miscela con funzione di guarnizione. Lo stampo deve essere successivamente posizionato sotto una pressa per 24 ore, quindi i travetti sformati devono essere scasserati e stagionati a 20 gradi; dopo 48 ore di stagionatura sono sottoposti a prove di compressione uniassiale come da UNI EN-196-1.
5. Resistenza a compressione della miscela a espansione libera: la miscela viene disposta in cubiere per un'altezza di circa 2/3 e dopo 24 ore viene scasserata e sottoposta, dopo un maturazione di 48 ore a 20°C, a prove di compressione monoassiale.

10.6.4.5 Impianti di preparazione e iniezione della miscela

10.6.4.6 Miscele cementizie

Le miscele dovranno essere confezionate utilizzando impianti a funzionamento automatico o semi-automatico dotati di:

- bilance elettroniche per componenti solidi;
- vasca volumetrica per acqua o flussometri ad alta precisione;
- mescolatore primario a elevata turbolenza (min. 1500 giri/min);
- vasca di agitazione secondaria e dosatori volumetrici delle miscele cementizie.

L'impastatrice dovrà essere del tipo ad alta velocità con almeno 1500±2000 giri/min. E' vietato l'impasto a mano e il tempo di mescolamento verrà fissato di volta in volta in base ai valori del cono di Marsh modificato.

Successivamente all'impianto del cantiere e prima dell'inizio delle lavorazioni dovrà essere eseguita la taratura delle bilance per i componenti solidi.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 21 di 122

Prima di essere immessa nella pompa la miscela dovrà essere vagliata con setaccio a maglia di 2 mm di lato.

E' tassativamente prescritta la disposizione di tubi di sfiato in corrispondenza di tutti i punti più elevati di ciascun tirante.

Il sistema di iniezione dovrà registrare e controllare in modo automatizzato ed in continuo i parametri principali di iniezione (pressione, volume e portata).

L'iniezione dovrà avere carattere di continuità e non potrà assolutamente venire interrotta. In caso di interruzione superiore a 5 minuti, a causa di forza maggiore, il foro verrà lavato e l'iniezione andrà ripresa dall'inizio.

Si dovrà provvedere con appositi contenitori affinché la miscela di sfrido non venga scaricata senza alcun controllo nel cantiere di lavoro.

10.6.4.6.1 *Miscele cementizie espansive*

L'impianto di produzione, qualora il materiale sia fornito in sacchi, deve disporre almeno di un dosatore dell'acqua, di termometri (per la misura della temperatura ambiente, dei componenti e della miscela), di un contasecondi e di idonei sistemi di riscaldamento/isolamento dei componenti se previsti a causa delle particolari condizioni ambientali. Tutti gli strumenti devono essere provvisti di idonea taratura non anteriore a 6 mesi.

Particolare attenzione dovrà essere posta nella determinazione dei tempi di miscelazione prima dell'iniezione, affinché venga garantita una corretta omogeneizzazione dell'impasto senza però far iniziare l'effetto espansivo, che dovrà invece avvenire in foro garantendo i requisiti di progetto in termini di fattore di espansione, pressione di espansione, resistenza della miscela con ogni condizione di temperatura esterna, prevedendo eventualmente il riscaldamento della miscela.

10.6.4.7 Dispositivi di protezione

10.6.4.7.1 *Guaine in materiali plastici*

La guaina è un elemento costitutivo del tirante atto a proteggere l'armatura dalla corrosione sia in corrispondenza della parte libera che della fondazione.

Nei tiranti a trefoli, ogni trefolo dovrà essere singolarmente inguainato. Di norma verranno impiegati tubetti corrugati in polietilene o polipropilene, di diametro congruente con il diametro dei trefoli o delle barre. L'intercapedine tra la guaina e la singola armatura dovrà essere perfettamente riempita con grasso meccanico chimicamente stabile, inalterabile e non saponificabile.

Per le caratteristiche delle guaine si dovrà fare riferimento a quanto previsto al paragrafo 6.10.1 della norma UNI EN 1537.

10.6.4.7.2 *Distanziatori, condotti di iniezione e tamponi*

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 22 di 122

I distanziatori dovranno avere lo scopo di centrare l'armatura di ancoraggio dentro la guaina e nel foro di alloggiamento durante tutte le fasi di manipolazione, di non ostacolare il passaggio della miscela e garantire il ricoprimento dell'acciaio da parte della miscela di iniezione stessa.

In ogni caso, in corrispondenza del distanziatore la sezione libera di foro dovrà essere pari ad almeno due volte la sezione del condotto di iniezione.

I distanziatori dovranno essere realizzati in materiali non metallici di resistenza adeguata agli sforzi da sopportare ed essere disposti a intervalli non superiori a 5 metri nel tratto libero; nel tratto di fondazione dovranno essere intercalati da legature e disposti a interassi di 2,0 - 2,5 m in modo da dare al fascio di trefoli una conformazione a ventri e nodi. Per armature costituite da barre i distanziatori non dovranno essere alternati a legature.

I tamponi di separazione fra la parte libera e la fondazione dovranno essere impermeabili alla miscela e tali da resistere alle pressioni di iniezione previste.

I tamponi dovranno essere realizzati con elementi meccanici o con materiale iniettato di caratteristiche tali da preservare l'armatura dalla corrosione.

I condotti di iniezione dovranno essere collaudati per resistere ad almeno 1.5 volte la pressione prevista di iniezione e comunque avere una pressione di scoppio di almeno di 1 MPa.

Le dimensioni dei condotti dovranno avere le seguenti caratteristiche:

- per miscele speciali diametro minimo 8 mm;
- per miscele cementizie senza aggregati diametro minimo 9 mm;
- per miscele cementizie con aggregati fini diametro minimo 16 mm.

Per le caratteristiche dei distanziatori si dovrà fare riferimento a quanto previsto al paragrafo 6.6 della norma UNI EN 1537.

10.6.4.8 Resine e malte a base di resina

Le resine e le malte di resina possono essere impiegate per la costruzione di tiranti in sostituzione delle malte cementizie, se la loro applicabilità è stata accertata con un'appropriata prova di sistema, preliminarmente accettata da FERROVIE.

Si dovranno eseguire le prove di laboratorio ed in sito per verificare la composizione della miscela, l'efficacia della miscelazione, i tempi di presa e le prestazioni finali.

Di regola non sarà autorizzato l'impiego di resine per la solidarizzazione dei chiodi in acciaio alla roccia per la scarsa affidabilità che tale metodologia garantisce ai fini del corretto riempimento dell'intercapedine chiodo-parete del foro.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 23 di 122

Nel caso in cui, comunque, tali materiali vengano utilizzati dovranno essere preferibilmente impiegate resine epossidiche a due componenti e resine poliesteri insature.

Oltre al corretto dosaggio dei componenti, i principali fattori che rendono problematico il controllo del comportamento delle miscele di iniezione a base di resine sono:

- la viscosità in fase fluida;
- i tempi di indurimento e loro dipendenza dalla temperatura;
- la compatibilità con la presenza di acqua.

Rapporti non corretti del dosaggio dei componenti danno luogo a perdite di resistenza (per le resine epossidiche) o a variazioni non accettabili dei tempi di polimerizzazione (per resine poliesteri).

La presenza di solventi o diluenti, o prodotti secondari delle reazioni non partecipi della struttura della macromolecola, è generalmente causa di ritiro e/o porosità.

Ciascun componente non dovrà essere solubile in acqua e l'eventuale assorbimento di acqua non dovrà comportare alterazioni nel processo di polimerizzazione.

Particolari accorgimenti da prevedere nel progetto dovranno essere adottati per l'impiego sotto battente d'acqua, per evitare porosità e discontinuità.

La scelta della resina dovrà essere fatta tenendo conto dei seguenti fattori da valutare con accurate prove di campo preliminari:

- viscosità: i valori misurati con il metodo ASTM D 2393 - 86 dovranno essere compresi fra 30 e 300 MPa* s a 20°C;
- tempo di gel: valore da definire a cura del produttore o a seguito di prove preliminari, in relazione alle caratteristiche dell'ambiente, e ai tempi di realizzazione; detto valore dovrà essere misurato secondo il metodo ASTM D 2471 - 99;
- assenza di solventi, diluenti, o altri componenti estranei alla polimerizzazione; la differenza tra la massa della miscela fluida iniziale e della stessa miscela indurita dovrà essere inferiore al 5% della massa iniziale; la polimerizzazione non dovrà dar luogo a fenomeni secondari dannosi come, per esempio, sviluppo di gas.

10.6.4.9 Vettoresine e materiali compositi

Le vettoresine e altri materiali compositi potranno essere utilizzati per la realizzazione di chiodi o tubi.

Con il termine vetroresina si indica un materiale composito i cui componenti di base sono tessuti in fibre di vetro e/o fibre di vetro o aramidiche, legati fra loro da una matrice di resine termoindurenti opportunamente polimerizzate. Il materiale è fortemente anisotropo e quindi si dovrà tener conto, per il suo corretto impiego,

della disposizione delle fibre di rinforzo. In alternativa alle fibre di vetro, possono essere impiegate fibre aramidiche o di carbonio.

Di norma i chiodi in vetroresina possono essere a sezione piena o cava e avere un profilo circolare o rettangolare. I profili rettangolari possono essere combinati tra loro in elemento strutturale a 1, 2 o 3 piatti.

I chiodi devono essere del tipo ad aderenza migliorata ottenuta mediante trattamento di filettatura continua o apporto di materiale.

I profili a sezione cava, o tubi, devono avere un diametro massimo di 60mm e uno spessore minimo non inferiore a 5mm. I tubi devono essere del tipo ad aderenza migliorata ottenuta mediante apporto di materiale o fresatura lungo il tubo.

Le barre dovranno essere del tipo ad aderenza migliorata, ottenuta mediante trattamento di filettatura continua o apporto di materiale.

I tubi in vetroresina dovranno essere non giuntati per lunghezze fino a 12m mentre, per lunghezze maggiori, la giunzione dovrà essere ottenuta mediante manicotti di resistenza non inferiore a quella del tubo. Non saranno accettate giunzioni incollate.

I chiodi devono essere il più possibile continui in tutta la loro lunghezza e compatibilmente con le esigenze di cantiere eventuali giunzioni tramite manicotti filettati o incollati, non garantendo la stessa resistenza a trazione della barra, devono essere ridotte al minimo e approvate dalla Direzione Lavori.

Gli elementi strutturali composti da 1 a 3 barre a sezione rettangolare in fibra di vetro e tubo valvolato in PVC devono essere preferiti nel caso in cui sia prevista l'iniezione ripetuta e selettiva per mezzo di packer.

In particolari situazioni per l'iniezione dei chiodi può essere previsto un tubetto di iniezione e di sfato abbinato ai chiodi in vetroresina.

L'impiego di profilati con sezioni di geometria particolare (a doppio T, a U, prismatica) e di profilati piatti composti potrà essere consentito se previsto dal progetto.

I materiali utilizzati dovranno essere certificati dal produttore. Le caratteristiche minime richieste sono riportate nel progetto ma comunque dovranno essere comprese entro i limiti fissati dalla tabella seguente.

Tabella 10.6.2

CARATTERISTICHE	UNITA'DI MISURA	MATRICE RESINA EPOSSIDICA	NORMEDI RIFERIMENTO
Massa volumica	t/m ³	18.5 19,5	ASTM D-792
Contenuto di vetro in	%	60 ÷ 75	--

CARATTERISTICHE	UNITA'DI MISURA	MATRICE RESINA EPOSSIDICA	NORMEDI RIFERIMENTO
percent. della massa			
Resistenza a trazione	N/mm ²	> 800	ASTM D-3916
Resistenza al taglio	N/mm ²	> 120	ASTM D-732
Resistenza a compressione	N/mm ²	> 450	ASTM D-695
Modulo di elasticità	N/mm ²	35000 ÷ 42000	ASTM D-3916
		38000 ÷ 45000	ASTM D-3916

10.6.5 MODALITA' ESECUTIVE

10.6.5.1 Tiranti di ancoraggio


10.6.5.1.1 Campo prove preliminari

Le nuove norme tecniche per le costruzioni (NTC 2008) dispongono al par.6.6.4. che, prima di dare inizio ai lavori, la metodologia esecutiva dei tiranti dovrà essere definita mediante l'esecuzione di un adeguato numero di tiranti preliminari di prova.

Si intendono per "tiranti preliminari di prova", quei tiranti realizzati nello stesso sito e con lo stesso sistema di perforazione di quelli definitivi, da sottoporre a prove più severe di quelle di collaudo, e pertanto non utilizzabili per l'impiego successivo.

Il numero dei tiranti preliminari di prova potrà essere pari ad 1 solo se il numero complessivo di ancoraggi previsti da progetto è inferiore a 30, altrimenti dovrà essere maggiore di 2 secondo le indicazioni seguenti:

- num. minimo di prove= 2 se il numero di ancoraggi è compreso tra 31 e 50
- num. minimo di prove= 3 se il numero di ancoraggi è compreso tra 51 e 100
- num. minimo di prove= 7 se il numero di ancoraggi è compreso tra 101 e 200
- num. minimo di prove= 8 se il numero di ancoraggi è compreso tra 201 e 500
- num. minimo di prove= 10 se il numero di ancoraggi è superiore a 500.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 26 di 122

In base a eventuali eterogeneità del sottosuolo le FERROVIE potranno richiedere ulteriori prove.

I tiranti preliminari di prova dovranno essere eseguiti in aree limitrofe a quelle interessate dai tiranti di progetto e comunque rappresentative dal punto di vista geotecnico, strutturale e geomeccanico.

Le modalità di applicazione e l'entità del carico massimo e di prova e così pure la successione dei cicli di carico e scarico, a meno di prescrizioni più restrittive specificate dal progettista, dovranno essere previste in accordo a quanto riportato al capitolo 9 della norma UNI EN 1537. Lo stesso capitolo 9 definisce, oltre alle prove di indagine preliminare, anche le “prove di idoneità” e le “prove di accettazione”, come riportato più in dettaglio nel successivo paragrafo 10.6.5.1.9

Nel caso l'ESECUTORE proponga di variare nel corso dei lavori la metodologia esecutiva sperimentata e approvata inizialmente, si dovrà procedere a nuove prove sperimentali in numero pari allo 0,5% del numero totale dei tiranti ancora da eseguire con un minimo di un tirante prova.

10.6.5.1.2 *Perforazione*

La perforazione (rif.paragrafo 8 norma UNI EN 1537) dovrà essere condotta in modo tale da comportare il minimo disturbo del terreno e da evitare danni alle opere circostanti.

Il metodo di perforazione dovrà essere scelto con riferimento alle condizioni del terreno, in modo da non alterare la migliore capacità di ancoraggio, permettendo di mobilitare la resistenza (Rd) del tirante di progetto.

Le ragioni della necessità di una minima modifica nel terreno sono:

- prevenire il collasso delle pareti del foro durante la perforazione e la posa in opera dell'armatura (dove necessario dovrebbe essere usato un rivestimento);
- limitare al minimo la decompressione della massa circostante in terreni incoerenti;
- limitare al minimo le variazioni nei livelli di falda;
- limitare al minimo il disturbo sulle pareti del foro in terreni coesivi e rocce degradabili.

Le modificazioni sul terreno devono risultare contenute in misura tale da ridurre gli effetti negativi, per esempio fessurazione, preconsolidamento e post-consolidamento, associati a ogni manovra.

La perforazione dovrà essere eseguita mediante sonda a rotazione o rotopercolazione, con rivestimento continuo e circolazione inversa di fluidi.

Per la circolazione del fluido di perforazione dovranno essere utilizzate pompe a pistoni con portate e pressioni adeguate alla tecnologia prescelta. Di norma sono richiesti valori minimi di 200 l/min e 2.5 MPa rispettivamente.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 27 di 122

Nel caso di perforazione a roto-percussione con martello a fondo foro si utilizzeranno compressori di adeguata potenza; le caratteristiche minime richieste sono:

- portata non inferiore a 10 m³/min;
- pressione non inferiore a 0.8 MPa.

Il fluido di perforazione potrà essere acqua, aria, una miscela di entrambe oppure, unicamente per perforazioni in terreni sciolti non coesivi, un fango di cemento e bentonite.

Il fluido di perforazione e gli eventuali additivi non devono agire negativamente su armatura, protezione e malta d'iniezione o sulla stabilità del foro, specialmente in corrispondenza della lunghezza vincolata.

Il rapporto fra l'area di entrata del fluido di perforazione e l'area di rifluimento, la granulometria e la massa volumica dei detriti di perforazione rispetto alla massa volumica del fluido in entrata sono dati critici per l'efficienza del sistema di perforazione. L'uso di spurgo ad aria compressa con detriti coesivi bagnati può causare incagli e inutili disturbi nel terreno adiacente. Argille, marne e rocce marnose possono rigonfiare e rilassarsi se esposte a un flusso d'acqua per periodi inutilmente lunghi.

Particolare attenzione dov'essere dedicata perforando un terreno sotto acqua in contropressione artesianiana.

Le sabbie possono diventare sciolte e perdere di stabilità in caso di gradienti idraulici sfavorevoli nel terreno intorno al foro. L'impiego di aria è vietato in terreni incoerenti sotto il livello della falda.

Tecnologie adatte a controbilanciare la pressione d'acqua e prevenire ogni eruzione, collasso del foro ed erosione durante le operazioni di perforazione, posa in opera dell'armatura e iniezione devono essere selezionate in anticipo e attuate come e quando richiesto. Nei casi di elevati livelli di falda può essere utile l'impiego di fluidi di perforazione pesanti.

Fra i possibili provvedimenti si includono:

- l'uso di attrezzi speciali ausiliari come premistoppa oppure otturatori;
- l'abbassamento di falda, dopo aver valutato il rischio di un generale assestamento del terreno;
- l'iniezione preventiva del terreno.

Le operazioni di perforazione dovranno essere svolte in modo che ogni variazione importante nelle caratteristiche del terreno, rispetto a quelle assunte per il calcolo del tirante, possa essere subito riscontrata.

Si dovrà compilare un profilo indicativo del foro, usando dati semplici di identificazione pratica (per esempio classe di terreno, colore del fluido di ritorno o perdita di circolazione) che possono essere rilevati facilmente dall'operatore.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 28 di 122

Ogni maggiore discordanza rispetto al profilo indicativo deve essere segnalato immediatamente alla Direzione Lavori.

Al termine della perforazione si dovrà procedere al lavaggio del foro con acqua e aria; nel caso di terreni con prevalente componente argillosa o di rocce marnose tenere, la pulizia finale dovrà essere eseguita solamente con aria. Qualora previsto dal progetto e compatibilmente con la natura dei terreni si potranno ottenere delle scampanature di diametro predeterminato, regolarmente intervallate lungo la fondazione del tirante, mediante l'impiego di appositi utensili alesatori.

In base alle indicazioni emerse nel corso della esecuzione dei tiranti preliminari di prova, e comunque in presenza di falde artesiane e di terreni particolarmente permeabili, l'ESECUTORE dovrà provvedere a sua cura e spese, a eseguire preventive iniezioni di intasamento dell'intorno del foro con miscele e relative modalità operative approvate dalle FERROVIE oppure ad adottare miscele di iniezione con additivi antidilavanti preventivamente autorizzati dalle FERROVIE.

10.6.5.1.3 Tolleranze

Le tolleranze ammesse nella realizzazione dei fori dovranno essere le seguenti:

- il diametro dell'utensile di perforazione dovrà risultare non inferiore al diametro di progetto e non superiore al 10% di tale diametro;
- la lunghezza totale di perforazione dovrà risultare conforme al progetto salvo diversa indicazione delle FERROVIE;
- la deviazione dell'asse del foro dovrà essere non superiore all'1%
- la posizione della testa foro non dovrà discostarsi più di 10 cm dalla posizione di progetto.

Tali valori sono riportati nella tabella riassuntiva delle tolleranze nel paragrafo 10.11.

In nessun caso il diametro effettivo di perforazione potrà essere inferiore a quello nominale di progetto.

Solo in caso di condizioni di cantiere imprevedute, si possono apportare modifiche al progetto o adottare modalità esecutive alternative.

Durante l'esecuzione, il diametro del foro può essere aumentato per la necessità di usare una tubazione di rivestimento. Il rispetto delle tolleranze di posizione è importante per evitare modifiche al progetto della struttura ancorata. In generale si evitano i fori orizzontali a causa dei problemi derivanti da un completo intasamento con la malta di iniezione.

Il diametro del foro deve permettere l'agevole infilaggio del tirante completo di distanziatori, evitando danneggiamenti dell'inguinamento e degli eventuali sistemi aggiuntivi di post-iniezione e consentire la specificata copertura della miscela attorno all'armatura per la lunghezza vincolata.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 29 di 122

Nel caso in cui non risulti possibile rimuovere i detriti da fondo del foro, potrà essere autorizzata una perforazione con una profondità maggiore rispetto a quella di progetto.

A meno di diverse indicazioni, la scelta e la postazione dell'attrezzatura di perforazione dovranno soddisfare le seguenti condizioni.

La deviazione dovrà essere controllata dopo un avanzamento di 2 m di foro.

Si raccomanda che, durante la perforazione, la tolleranza della deviazione complessiva sia contenuta entro 1/30 della lunghezza del tirante. Particolari condizioni del terreno possono portare alla necessità di ampliare questa tolleranza.

Il rispetto della tolleranza angolare è importante a ragione della mutua influenza fra i tratti vincolati dei tiranti. I tiranti molto lunghi possono richiedere tolleranze angolari minori, dovendo evitare interferenze fra i tratti vincolati dei tiranti.

Al fine di ridurre la deviazione, causata da ostruzioni o da giaciture inclinate degli strati, potranno essere impiegate aste di perforazione rigide di grande diametro e relativi rivestimenti.

10.6.5.1.4 *Allestimento del tirante*

Nel caso di impiego di armature a trefoli, gli elementi costitutivi dell'ancoraggio dovranno essere preferibilmente confezionati in stabilimento e pervenire in cantiere già arrotolati e inguainati, salvo, eventualmente, il dispositivo di bloccaggio che potrà essere montato in cantiere.

Ove, per particolari motivi, fosse necessario effettuare l'assemblaggio degli elementi costitutivi degli ancoraggi in cantiere, dovrà essere predisposta dall'ESECUTORE, in prossimità del luogo di impiego, una adeguata attrezzatura per confezionare correttamente gli ancoraggi stessi.

In tal caso i componenti, in particolare l'acciaio, dovranno essere immagazzinati al coperto in modo da non subire danneggiamenti durante la giacenza.

Dovrà essere inoltre accuratamente evitato il contatto con il terreno o altri materiali che possano danneggiare l'ancoraggio la cui preparazione dovrà pertanto essere realizzata sempre su apposito banco e non a terra.

Ove fosse necessario movimentare gli stessi, il trasporto dovrà avvenire in modo da non causare danneggiamenti alle estremità dei tiranti o alla guaina corrugata.

La preparazione degli ancoraggi dovrà essere affidata a personale qualificato e consisterà nelle seguenti fasi essenziali:

- taglio dei trefoli a misura;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 30 di 122

- interposizione dei distanziatori fra i trefoli;
- montaggio dei condotti di iniezione;
- infilaggio delle guaine su tutta la lunghezza dell'ancoraggio;
- esecuzione del tampone di separazione tra la fondazione e la parte libera dell'ancoraggio;
- montaggio degli eventuali distanziatori necessari al centraggio dell'ancoraggio nel foro di alloggiamento;
- eventuale montaggio del dispositivo di bloccaggio nei casi in cui questa operazione sia prevista prima dell'infilaggio dell'ancoraggio nel foro;
- accurata sigillatura di tutte le giunzioni della guaina per evitare perdite di impermeabilità.

Nel caso in cui l'ancoraggio sia costituito da armature a barre, l'assemblaggio dovrà essere eseguito in opera, da personale qualificato, via via che le barre verranno infilate nel foro, avendo cura che il collegamento dei vari segmenti, mediante manicotti di giunzione, avvenga secondo le modalità previste dal costruttore e che, contemporaneamente, siano accuratamente eseguite le sigillature della eventuale guaina.

Si procederà quindi con le seguenti operazioni:

- introduzione del tirante;
- riempimento del foro con miscela cementizia (cementazione di 1^a fase);
- riempimento dei dispositivi di separazione e protezione interni (sacco otturatore, bulbo interno);
- esecuzione delle iniezioni selettive a pressioni e volumi controllati;
- posizionamento della testata e dei dispositivi di tensionamento;
- prove di carico di collaudo;
- tensionamento del tirante;
- iniezione della parte libera;
- protezione della testata.

Si dovranno rispettare le seguenti prescrizioni:

- la perforazione dovrà essere interamente rivestita nel caso di terreni sciolti o rocce fratturate;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 31 di 122

- il tirante dovrà essere dotato della valvola di fondo esterna all'ogiva;
- il riempimento dovrà avvenire contemporaneamente all'estrazione dei rivestimenti e dovranno essere operati gli eventuali rabbocchi finali;
- i trefoli e i condotti di iniezione dovranno essere opportunamente prolungati fino a fuoriuscire a bocca foro per un tratto adeguato a consentire le successive operazioni di iniezioni e di tesatura.

10.6.5.1.5 *Iniezioni*

L'iniezione svolge una o più delle seguenti funzioni:

- a) formare la parte vincolata del tirante in modo che il carico applicato possa trasferirsi dall'armatura al terreno circostante;
- b) proteggere l'armatura contro la corrosione;
- c) consolidare il terreno immediatamente adiacente alla lunghezza vincolata, in modo da migliorare la capacità di ancoraggio del terreno;
- d) impermeabilizzare il terreno adiacente alla lunghezza vincolata, in modo da limitare le perdite di miscela d'iniezione.

Se il volume di malta, iniettato con una pressione non superiore alla pressione totale del terreno soprastante, supera tre volte il volume del foro, viene indicato il generale riempimento della cavità che va al di là delle condizioni correnti di esecuzione dei tiranti. In tali casi può essere necessario un riempimento della cavità prima di iniettare i tiranti, si tratta di un generale intasamento di cavità che esula dalla normale costruzione del tirante. Le funzioni c) e d) suindicate dovrebbero richiedere soltanto assorbimenti nominali di miscela.

Per realizzare la lunghezza vincolata di un tirante senza perdite incontrollate di malta si possono considerare le seguenti operazioni:

- collaudo del foro;
- preiniezione,
- iniezione del tirante.

Relativamente al collaudo del foro e alle preiniezioni si rimanda alle prescrizioni della UNI EN-1537, dal paragrafo 8.3.2 al paragrafo 8.3.5. Per le iniezioni dei tiranti si rimanda alle prescrizioni della UNI EN-1537, paragrafo 8.3.6.

- Iniezione del tirante: Iniezione semplice

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 32 di 122

L'iniezione dovrà essere eseguita riempiendo con la miscela cementizia di cui al paragrafo 10.6.4.3.1 sia l'intercapedine tra la guaina e il foro sia tutto lo spazio fra la guaina corrugata e l'armatura lungo la fondazione del tirante; tale spazio dovrà essere collegato alla bocca del foro da un tubetto di sfiato che consenta la fuoriuscita di tutta l'aria contenuta e si dovrà proseguire l'iniezione fino alla fuoriuscita della miscela dal tubetto di sfiato.

L'iniezione semplice dovrà essere adottata:

- in terreni di granulometria grossolana, costituiti da ghiaia, ciottoli, a elevata porosità nei quali una porzione rilevante della malta iniettata vada a compenetrare il terreno intorno al foro;
- in rocce lapidee e in terreni coesivi mediamente compatti, congiuntamente alla tecnica di perforazione con utensili allargatori.

Il riempimento della guaina nella parte libera dovrà essere assicurato immettendo la miscela nel punto più profondo tramite gli appositi condotti e osservando che essa risalga fino a boccaforo e vi permanga finché non intervenga la presa; si dovrà quindi provvedere a rabbocchi per ottenere il completo intasamento e la protezione dei trefoli.

- Iniezione del tirante: Iniezione ripetuta in pressione

Dovrà essere adottata in terreni di qualunque natura caratterizzati da un modulo di deformazione a breve termine sensibilmente inferiore a 500 MPa.

L'iniezione di quantità controllate della miscela cementizia in più fasi successive, fino a ottenere pressioni di iniezione residue non minori di 0,5 MPa, dovrà avere lo scopo di ottenere una serie di sbulbature lungo la fondazione del tirante e di instaurare nel terreno circostante un campo tensionale di compressione, favorevole alla mobilitazione di elevate resistenze al taglio per attrito.

L'iniezione in pressione dovrà avvenire tramite un tubo a perdere dotato di valvole di non ritorno a manchette, regolarmente intervallate a interasse non maggiore di 50 cm lungo il tratto di fondazione del tirante.

Il tubo potrà essere:

- in acciaio, esterno all'armatura, posato in opera preventivamente alla posa dell'armatura;
- coassiale all'armatura, interno alla guaina grecata di protezione, ma dotato di valvole che sboccano all'esterno di essa per la formazione delle sbulbature nel terreno; altre valvole, interne alla guaina, dovranno avere la funzione di assicurare il riempimento dell'intercapedine guaina-armatura.

Prima dell'inizio dell'iniezione dovranno essere verificate e registrate le perdite di carico del sistema di iniezione.

L'iniezione dovrà essere eseguita rispettando le seguenti fasi:

1^afase -riempimento dell'intercapedine fra la parete del foro e il tirante, ottenuto alimentando la miscela dalla valvola più profonda in modo da ottenere la risalita fino alla bocca del foro; al termine si effettuerà un lavaggio con acqua all'interno del tubo a valvole;

2^afase -avvenuta la presa della malta precedentemente posta in opera, si inietteranno valvola per valvola volumi di miscela non eccedenti le quantità riportate nella tabella seguente:

Tabella 10.6.3

Diametro foro (mm)	90 ÷ 120	121 ÷ 170	171 ÷ 220
Volume max (litri/valvola)	45	65	90

Tali iniezioni dovranno essere eseguite senza superare, al netto delle perdite di carico, la pressione corrispondente alla fratturazione idraulica del terreno (claquage). Al termine si effettuerà un lavaggio con acqua all'interno del tubo.

Avvenuta la presa della malta precedentemente iniettata, si dovrà ripetere l'iniezione in pressione, osservando gli stessi limiti di volume, limitatamente alle valvole per le quali, nella fase 2 qualora:

- il volume non abbia raggiunto i limiti sopra indicati a causa dell'incipiente fratturazione idraulica del terreno;
- le pressioni residue di iniezione misurate a bocca foro al raggiungimento del limite volumetrico non abbiano superato il valore di 0,5 MPa.

L'iniezione potrà essere ripetuta ulteriormente, sempre senza superare i limiti di volume anzidetti e dopo la presa delle iniezioni delle fasi precedenti, qualora ciò risultasse necessario per il raggiungimento della resistenza di progetto del tirante.

Al termine delle operazioni di connessione al terreno del tirante si dovrà procedere alla posa in opera del dispositivo di bloccaggio il quale dovrà essere in perfette condizioni e privo di ruggine e d'incrostazioni di qualsiasi natura.

10.6.5.1.6 *Caratteristiche degli iniettori*

Per eseguire l'iniezione dovranno essere utilizzate delle pompe oleodinamiche a pistoni, a bassa velocità, aventi le seguenti caratteristiche minime:

- pressione max di iniezione: non inferiore a 10 MPa;
- il sistema di iniezione dovrà essere dotato di un dispositivo per la registrazione ed il controllo in automatico ed in continuo dei parametri di iniezione pressione volume e portata, in funzione del tempo;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 34 di 122

- portata max: non inferiore a 2 m³/ora;
- n° maxpistonate/minuto non inferiore a 60.

Le caratteristiche delle attrezzature utilizzate dovranno essere comunicate alle FERROVIE specificando in particolare alesaggio e corsa dei pistoni.

10.6.5.1.7 *Protezione contro la corrosione*

Si dovrà fare riferimento a quanto previsto al paragrafo 6.9 della norma UNI EN 1537.

10.6.5.1.8 *Tesatura*

Si dovrà fare riferimento a quanto previsto al paragrafo 8.4 della norma UNI EN 1537 (“messa in tensione”).

10.6.5.1.9 *Prove*

La UNI EN 1997-1 distingue due classi di prove:

- prove di valutazione
- prove di accettazione.

Nel presente Capitolato si distinguono tre classi di prove di carico in sito:

- prova d'indagine preliminare;
- prova di idoneità;
- prova di accettazione.

Le *prove di indagine preliminare*, da effettuarsi prima dell'installazione dei tiranti operativi, stabiliscono:

- a) la resistenza esterna R_a del tirante sull'interfaccia malta/terreno;
- b) la trazione critica di snervamento del sistema di ancoraggio oppure,
- c) le caratteristiche di snervamento del sistema per carichi diversi fino a rottura oppure,
- d) le caratteristiche di perdita di tiro del sistema al tiro limite di bloccaggio P_0 ;
- e) una lunghezza libera apparente L_{app} dell'armatura.

Vanno eseguite secondo il numero minimo riportato al paragrafo 10.6.5.1.1.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 35 di 122

Le *prove di idoneità*, da effettuarsi per particolari situazioni di progetto confermano:

- a) la capacità di sostenere un tiro di prova P_p ;
- b) le caratteristiche di snervamento e di perdita di carico del sistema fino al tiro di prova;
- c) una lunghezza libera apparente L_{app} dell'armatura.

Le prove d'indagine preliminare e le prove d'idoneità rientrano nella categoria generale delle prove di accertamento previste dalla UNI EN 1997-1.

Le *prove di accettazione* confermano per ogni tirante:

- a) la capacità del tirante di sostenere il tiro di prova;
- b) le caratteristiche di snervamento e di perdita di carico allo stato limite di servizio, quando necessario;
- c) la lunghezza libera apparente L_{app} dell'armatura.

I metodi prescritti per ogni classe di prova devono essere applicati ai tiranti temporanei e ai tiranti permanenti.

Per ogni progetto, allorché le guaine sono iniettate entro il foro, si deve accertare il completo intasamento della guaina con una malta di qualità conforme a quanto riportato nel paragrafo 10.6.4.3, con operazioni simulate sotto condizioni geometriche similari; e ciò prima di procedere all'iniezione dei tiranti operativi. La prova è eseguita all'inizio dei lavori.

Per il dettaglio relativo alle prescrizioni sui metodi di prova da applicare alle classi di prova suddette si rimanda al capitolo 9 della UNI EN-1537 e relativa appendice E esplicativa.

- Accuratezza di misura

Per ogni prova con misura dello snervamento, durante i periodi mantenuti a trazione costante, la accuratezza delle misure di allungamento deve essere fino a 0,05 mm.

Quando non si deve misurare lo snervamento, la precisione di misura richiesta per gli allungamenti è di 0,5 mm. La strumentazione di misura degli allungamenti deve consentire una precisione di 0,01 mm quando si deve rilevare lo snervamento. La misurazione dei carichi nei tiranti deve essere eseguita con dinamometri idraulici, elettrici o meccanici aventi un grado di accuratezza migliore del 2% sul massimo carico applicato durante ciascuna prova. I dinamometri usati per prove di perdita di carico devono avere una risoluzione allo 0,5% del carico di prova.

- Tiro di riferimento

Il tiro di riferimento P_a , dal quale si iniziano le misurazioni, è generalmente scelto al 10% circa del carico di prova.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 36 di 122

Carichi di riferimento maggiori sono ammessi per prove a carichi ciclici nelle quali si sviluppano allungamenti oltremodo elevati.

10.6.5.1.10 *Supervisione e Monitoraggio*

La messa in opera e le prove su tutti i tiranti devono essere svolte con supervisione e con documentazione fatta sul cantiere (vedi successivo paragrafo 10.6.5.1.11).

Se durante l'ispezione si rilevano incertezze circa la qualità dei tiranti installati, devono essere eseguiti accertamenti supplementari per determinare le condizioni effettive dei tiranti.

I tiranti devono essere integrati con una strumentazione di monitoraggio, qualora il progetto preveda il controllo dell'opera di sostegno in corso d'opera e/o anche in fase di esercizio e qualora l'intervento in oggetto condizioni la sicurezza e la funzionalità dell'opera in progetto o di opere circostanti così come indicato al paragrafo 6.9.2. delle NTC2008. Si deve rispettare quanto prescritto nel progetto sul numero di tiranti da sorvegliare e la cadenza di misurazione.

In certi casi può essere necessaria una periodica rimessa in tiro dei tiranti per mantenere la forza residua di ancoraggio sopra il livello minimo richiesto.

La protezione anticorrosione delle parti accessibili della testa di ancoraggio deve essere periodicamente ispezionata e se necessario rinnovata.

10.6.5.1.11 *Registrazioni e controllo della documentazione.*

Un programma d'installazione di tiranti deve essere predisposto e reso disponibile sul cantiere con tutte le specifiche tecniche relative al sistema di tiranti da utilizzare.

Un piano d'installazione di tiranti contiene le seguenti informazioni:

- tipo di tirante e sua designazione;
- numero di tiranti;
- ubicazione e direzione di ogni tirante con relative tolleranze di postazione
- lunghezza libera e lunghezza vincolata;
- capacità di tiro richiesta e tiro di bloccaggio;
- tecnologie d'installazione (perforazione, posa, iniezione e messa in tiro);
- ostruzioni riscontrate;
- ogni altro eventuale ostacolo per i lavori di ancoraggio.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 37 di 122

Le registrazioni per la costruzione di tiranti devono essere compilate secondo la UNI EN 1997-1-1 per successivi riferimenti. Essi devono comprendere:

- la sequenza delle forniture di tutti i materiali cementizi, resine e indurenti, malte a base di cemento e di resine;
- ricerche geotecniche;
- tecnologia di perforazione;
- messa in opera e conformazione dei componenti;
- data e tempi d'installazione di ciascun tirante;
- per tiranti iniettati: materiale, pressione, volume iniettato, lunghezza iniettata, tempo d'iniezione;
- montaggio della protezione scelta come anticorrosione;
- iniezione;
- messa in tiro;
- prove sui tiranti.

Un registro firmato deve essere conservato per ogni tirante installato. Tale registro deve includere tutte le particolarità di costruzione. Tutti i registri relativi alla posa e alle prove devono essere conservati dopo l'ultimazione dei lavori. Dopo il completamento dei tiranti si devono compilare i corrispondenti disegni consuntivi, da archiviare insieme ai registri di esecuzione. Tutti i certificati di accettazione emessi dalle autorità preposte, per tutti i materiali utilizzati nella posa dei tiranti, devono essere allegati ai registri di costruzione.

Nel seguito è riportato un esempio della scheda con l'identificazione e le indicazioni minime che per ciascun tirante eseguito (sia preliminarmente che in fase di progetto), dovrà essere compilata dall'ESECUTORE, in contraddittorio con le FERROVIE.

Un esempio è riportato anche nell'appendice F della UNI EN-1537.



**CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO
DELLE OPERE CIVILI
PARTE II-SEZIONE 10
OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E
STABILIZZAZIONE**

**CAPITOLATO-PARTE II-
SEZIONE 10**

Codifica: **RFI DTC SI CS SP IFS 008 B**

FOGLIO 38 di 122

Scheda Controllo Esecuzione Tiranti

Opera: _____

TIRANTI N°

Ubicazione (vedi disegno)									
Inclinazione									
Lunghezza totale (L) m									
Lunghezza ancoraggio (lf) m									

PERFORAZIONE									
Data									
Procedura perforazione									
Ora di inizio									
Ora termine									
Tipo di terreno									
Tubo rivestim. Diam. (DR) mm									
Tratto rivestito m									
Lunghezza perforazionem									
Diametro perforaz. (DF) mm									

**CAPITOLATO-PARTE II-
SEZIONE 10**

Codifica: **RFI DTC SI CS SP IFS 008 B**

FOGLIO 39 di 122

INIEZIONE FONDAZIONE									
Data									
Cemento tipo kg									
Additivo kg									
Rapporto a/c									
Pressione finale Mpa									
INIEZ. PARTE LIBERA									
Data									
Cemento tipo/kg									
Additivo tipo/kg									
Rapporto a/c									
Pressione finale Mpa									

Rapporto Tesatura

Forza Nes kN									
Sezione Armatura (A) mm ²									
Modulo El. Acc. (Ea) kN/mm ²									
TESATURA									
Data									

Procedura									
Tensioni N1/Allung. S1									

10.6.5.2 Bulloni di ancoraggio

10.6.5.2.1 Generalità

E' un tipo particolare di ancoraggio non connesso strutturalmente nel tratto libero, caratterizzato da un elemento resistente a trazione e da:

- armatura costituita da barre di acciaio a norma;
- lunghezza limitata (non superiore a 12 m);
- generale assenza di guaina, salvo che in funzione di protezione anticorrosiva;
- testa di ancoraggio;
- possibilità di messa in tensione in genere senza controllo degli allungamenti;
- prevalente impiego in roccia.


10.6.5.2.2 Perforazione

Valgono le prescrizioni di cui al precedente paragrafo 10.6.5.1.2. Di norma è previsto l'uso del rivestimento del foro. Nel caso di perforazioni in roccia compatta potrà essere omesso l'impiego dei rivestimenti.

10.6.5.2.3 Allestimento dell'ancoraggio

Completata la perforazione e rimossi i relativi detriti mediante adeguato prolungamento della circolazione dei fluidi, si dovrà provvedere a realizzare l'ancoraggio, procedendo, a eccezione dei bulloni frizionali, con le seguenti operazioni:

- introduzione dell'armatura;
- esecuzione dell'iniezione primaria e contemporanea estrazione del rivestimento;
- esecuzione delle iniezioni selettive se e ove prevista;
- posizionamento della testata e dei dispositivi di tensionamento;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 41 di 122

- eventuali prove di carico di collaudo;
- tensionamento della barra.

Nel caso di bulloni ad ancoraggio continuo in calotta, quando l'inclinazione sull'orizzontale sia superiore a 35°, si dovrà procedere preliminarmente al loro bloccaggio entro il foro mediante espansione di un ancoraggio meccanico posizionato all'estremità del bullone a fondo foro.

Nel caso di bulloni con ancoraggio meccanico la connessione alla roccia si otterrà direttamente in fase di tensionamento.

10.6.5.2.4 *Iniezione*

Iniezione di miscele cementizie

Si applicano le prescrizioni del precedente paragrafo 10.6.4.3 sia per le iniezioni di 1^a fase, a gravità o a bassa pressione, sia per le iniezioni selettive a pressioni e volumi controllati, quando previste da progetto.

Iniezioni di resine

Se non diversamente indicato nelle prescrizioni di progetto si potrà prevedere l'uso di iniezioni di resine secondo quanto previsto nel paragrafo 10.6.4.8. Qualora si eseguano iniezioni con resine sintetiche si dovranno adottare modalità di posa conformi alle raccomandazioni fornite dal produttore. Per barre di diametro inferiore a 24 mm e esclusivamente per lunghezze inferiori a 3.0 m, si potrà adottare, a seguito di autorizzazione delle FERROVIE, il sistema a "cartuccia". Sarà ammesso esclusivamente l'impiego di cartucce di resina a due componenti e formula tixotropica confezionate con l'involucro di materiale plastico sottile.

La lunghezza massima di ciascuna cartuccia non dovrà superare i 70 cm e il volume totale della resina inserita nel foro dovrà essere pari a quella dell'anulus (intercapedine tra parete del foro e barra).

Il trasporto e lo stoccaggio delle cartucce di resina dovrà avvenire in conformità alle prescrizioni del fornitore che dovranno essere preventivamente inviate alle FERROVIE. Per barre di diametro maggiore e per lunghezze superiori a 3.0 m, si dovranno adottare di norma resine fluide, che dovranno essere iniettate tramite un condotto di mandata con ugello di fuoriuscita posto in prossimità del fondo del foro. La testata dovrà essere dotata di un tubicino di sfiato, di norma in rame, che dovrà essere occluso per piegatura a iniezione completata.

10.6.5.2.5 *Procedure di tensionamento e collaudo*

La procedura di tensionamento dovrà far riferimento ai seguenti carichi:

$N_o = 0,1 N_{es}$ = forza di allineamento;

N_{es} = forza di esercizio;

$N_c = 1,2 N_{es}$ = forza di collaudo;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 42 di 122

N_t = forza di tesatura.

I carichi dovranno essere applicati nelle seguenti fasi:

- 1) Applicazione del carico di allineamento N_o ; la corrispondente deformazione farà da riferimento per la misura dei successivi allungamenti;
- 2) il campo $N_c - N_o$ viene diviso in almeno 6 gradini ΔN , a ogni gradino si misureranno le corrispondenti deformazioni a carico costante mantenuto per un tempo:
 - ΔT superiore a 5 minuti per ancoraggi in roccia o in terreni incoerenti;
 - ΔT superiore a 15 minuti per ancoraggi in terreni coesivi.
- 3) Raggiunto il carico N_c il tirante viene scaricato sino al valore N_o , misurando il relativo allungamento residuo;
- 4) Vengono inseriti i dispositivi per il bloccaggio e si provvede ad applicare il carico N_c .

Qualora non sia prevista l'esecuzione della prova di collaudo, il carico di tensionamento dovrà essere applicato durante la fase 2), avendo suddiviso il campo $N_t - N_o$ in almeno 3 gradini ΔN .

Per gli aspetti inerenti il tensionamento, ci si riferirà al paragrafo 4.14 delle raccomandazioni AGI-AICAP (Edizione 2012), per i collaudi e l'accettazione ci si rifarà al capitolo 8 delle medesime.

Per ciascun ancoraggio collaudato e/o messo in tensione, l'ESECUTORE dovrà fornire alle FERROVIE la relativa documentazione, completa di tabelle e grafici.

10.6.5.2.6 Prove di rottura sui bulloni

Per bulloni con ancoraggio a espansione meccanica, la prova dovrà essere eseguita tesando il bullone con velocità costante, pari a quella prevista per la tesatura dei bulloni da realizzare, e rilevando la forza corrispondente alla rottura della fondazione.

Nel caso che tale rottura non si verifichi, si dovrà spingere la prova fino a raggiungere lo snervamento dell'armatura (limite allo 0,2%).

Quale forza ultima del bullone si assumerà il valore della forza corrispondente alla rottura della fondazione o, nel caso tale rottura non si verifichi, il valore della forza corrispondente allo 0,2% del limite di snervamento dell'acciaio della barra impiegata.

Nel caso di bulloni con ancoraggio per cementazione, le prove dovranno essere eseguite su bulloni con lunghezza di fondazione pari a 0,85 volte la lunghezza prevista nel primo dimensionamento.

La prova si effettuerà con le stesse modalità previste nel caso precedente. Quale forza limite ultima del bullone si assumerà il valore della forza corrispondente alla rottura della fondazione diviso 0,85 o, nel caso tale rottura

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 43 di 122

non si determini, il valore della forza corrispondente allo 0,2% del limite di snervamento dell'acciaio della barra impiegata.

10.6.5.2.7 *Controlli e documentazione*

L'ESECUTORE dovrà fornire una scheda contenente, per ogni ancoraggio eseguito, i seguenti dati:

- modalità di perforazione e problemi incontrati;
- tipo e caratteristiche dell'armatura;
- tipo e modalità dell'iniezione;
- valori di tensionamento.

10.6.5.3 Chiodi

10.6.5.3.1 *Generalità*

Sono ancoraggi costituiti da barre integralmente connesse al terreno ed operanti in un dominio di trazione e taglio; (possono mancare i dispositivi di bloccaggio esterni al foro). Si tratta in genere di elementi di acciaio o altri idonei materiali (ad esempio vetroresina, fibre di carbonio o similari). Gli eventuali sistemi di bloccaggio esterni al foro possono essere realizzati con piastre e dadi filettati o con sistemi a cunei.

La posa in opera dei chiodi dovrà essere eseguita attraverso le seguenti operazioni:

- perforazione; da condurre in accordo con le prescrizioni di cui alle precedenti tipologie di ancoraggio; è ammesso l'impiego di attrezzature leggere, in relazione alla natura della roccia e alla geometria del foro;
- introduzione dell'armatura;
- iniezione fino al completo riempimento dell'intercapedine.

Le informazioni relative alla esecuzione dei chiodi dovranno essere riportate, a cura dell'ESECUTORE, su una scheda tecnica analoga a quanto previsto nel paragrafo 10.6.5.2.7

10.6.5.3.2 *Prove di rottura*

Le prove di rottura su chiodi dovranno essere eseguite tesando il chiodo con velocità costante, tale da consentire di raggiungere la forza corrispondente allo snervamento dell'armatura (limite allo 0,2%) in un tempo minimo di 15'.

Ciascuna prova dovrà avere termine o quando si giunge alla rottura del tratto connesso o quando è raggiunta la forza corrispondente allo snervamento dell'armatura (limite allo 0,2%).

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 44 di 122

Nel caso di impiego di chiodi in vetroresina il carico massimo di prova dovrà corrispondere all'85% della resistenza a trazione certificata dal fornitore.

10.6.5.4 Ancoraggi e chiodi speciali

10.6.5.4.1 Bulloni attivi ad ancoraggio meccanico

Caratteristiche delle teste di ancoraggio

Le teste di ancoraggio dovranno essere dotate esclusivamente di dispositivo a espansione automatico in modo che, anche a distanza di tempo dalla posa e a seguito di deformazioni dell'ammasso roccioso, la testa possa continuare a espandere, mantenendo efficace l'ancoraggio.

Le parti dell'ancoraggio, destinate a trasmettere sforzi di attrito, dovranno essere costituite da materiale duttile in leghe resistenti all'azione aggressiva delle acque.

La conformazione dell'ancoraggio (contatto tra le parti interne e i corpi espandenti) dovrà garantire l'invariabilità della posizione durante le operazioni di posa e tensionamento.

Le teste di ancoraggio dovranno essere scelte in funzione del tipo di ammasso roccioso (lunghezza delle alette) e del diametro di perforazione (calibro).

La tolleranza sul diametro della testa di ancoraggio non dovrà essere superiore a 0.15 mm rispetto al diametro nominale.

La testa di ancoraggio dovrà avere una espansione massima superiore di almeno 6 mm al diametro di perforazione.

Caratteristiche delle barre

Le barre dovranno essere realizzate con acciai a elevata resistenza aventi le seguenti caratteristiche:

- Resistenza al limite di snervamento non inferiore a 420 N/mm²;
- Resistenza a rottura non inferiore a 700 N/mm²;
- Allungamento a rottura non inferiore al 15%;
- Resilienza a 20°C non inferiore a 30 Joules.

Piastra di ripartizione

La piastra di ripartizione dovrà avere una sede emisferica opportunamente sagomata, atta all'alloggiamento del dado di bloccaggio.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 45 di 122

L'inclinazione delle perforazioni rispetto alla superficie di appoggio della piastra di ripartizione non dovrà discostarsi di un angolo superiore a 20° dalla perpendicolare.

Prove a rottura

Dovranno essere eseguiti controlli sistematici sull'1% dei bulloni posti in opera. La prova consisterà nel portare a snervamento gli ancoraggi per trazione con apposito martinetto che dovrà essere sempre disponibile in cantiere.

Di ogni singola prova l'ESECUTORE dovrà fornire i diagrammi sforzi/deformazioni.

Sulla testa di ciascun bullone dovranno essere inoltre punzonati i dati caratteristici per consentire l'identificazione del materiale e del luogo di produzione.

10.6.5.4.2 *Ancoraggi frizionali a espansione idraulica o similari*

Si tratta di ancoraggi ad aderenza continua su tutta la lunghezza del foro in profilati tubolari d'acciaio preresinato, sagomato ad omega ed espandibile mediante iniezione di acqua ad alta pressione. La preresinatura sarà eseguita mediante immersione, dopo opportuna pulizia e sgrassatura, in una vernice gommosa monocomponente a base di bitume modificato (ciclizzato) e componenti attivi allo zinco.

Il foro di alloggiamento del tubo avrà diametro idoneo ad ospitare lo stesso in configurazione ripiegata e ad ottenere la massima resistenza allo sfilamento ad espansione eseguita. L'espansione del tubo avverrà per mezzo di idonea pompa iniettano acqua ad una pressione pari ad almeno 30 MPa.

Acciaio:

Le caratteristiche dell'acciaio dovranno soddisfare i seguenti valori:

- resistenza a trazione maggiore di 390 N/mm²;
- allungamento a rottura maggiore del 37%.

Ancoraggio:

Le caratteristiche sono riportate nella tabella seguente:

Tabella 10.6.4

Diametro in config. ripiegata (mm)	Diametro in config. espansa (mm)	Spessore del profilato tubolare (mm)	Carico min. di snervam. a trazione (KN)	Carico max. di rottura a trazione (KN)	Dimensione foro di perforazione (mm)
25÷28	41	≥ 2	90	120	32 ÷ 39
35÷37	54	≥ 2	140	160	43 ÷ 52
35÷37	54	≥ 2,5	200	240	43 ÷ 52

Modalità esecutive

Per la posa in opera dovrà essere utilizzata un'apposita unità di perforazione a rotopercolazione esterna dotata di una idonea testa di adduzione.

Prima dell'inserimento del bullone il foro dovrà essere accuratamente pulito rimuovendo i residui di perforazione.

L'installazione dovrà avvenire al massimo dopo 2 ore dall'ultimazione della perforazione e impiegando apposita attrezzatura.

L'ancoraggio dovrà essere inserito nel foro completo della piastra di bloccaggio, atta a trasferire il carico sul paramento, ed espanso mediante iniezione di acqua avente pressione non inferiore a 30 MPa in modo da adattare il profilo alle irregolarità del foro e aumentare la resistenza al taglio della roccia per effetto della completa adesione e serraggio meccanico dei giunti rocciosi all'esterno del perimetro dell'ancoraggio medesimo.

Ultimata l'espansione l'interno del bullone dovrà essere accuratamente drenato.

Prove di rottura

Dovranno essere effettuate in analogia a quanto previsto al paragrafo 10.6.5.3.2

10.6.5.4.3 *Ancoraggi in acciaio di tipo autoperforante*

Sono ancoraggi di tipo passivo costituiti da una barra filettata per rullatura in continuo, cava all'interno, alla cui estremità viene fissata una punta di perforazione a perdere le cui caratteristiche e dimensioni variano a seconda delle applicazioni. La barra funge da asta perforante mentre la punta consente la perforazione a distruzione di nucleo in terreni eterogenei o intensamente fratturati nei quali le operazioni di perforazione e inserimento dell'ancoraggio risultano molto difficili per la assoluta mancanza di stabilità del foro.

A completamento dell'installazione viene eseguita l'iniezione di miscela cementizia o, in alternativa, di miscela con leganti espansivi reoplastici, attraverso la barra cava dell'ancoraggio e gli ugelli posti in corrispondenza della punta di perforazione.

Acciaio:

Carico minimo di snervamento a trazione 450 N/mm²

Carico minimo di rottura a trazione 550 N/mm²

Deformazione a rottura $\geq 5\%$

Ancoraggio:

Le caratteristiche sono riportate nella tabella seguente:

Tabella 10.6.5

Diametro nominale barre (mm)	Carico min. di snervam. a trazione (KN)	Carico min. di rottura a trazione (KN)	Dimensione testa di perforazione (mm)	Piastra di ancoraggio Lungh. x Largh. x Spess. (mm)
32	220	280	51 ÷ 76	200 x 200 x 8 200 x 200 x 10

38	350	420	76 ÷ 90	200 x 200 x 12 200 x 200 x 15
51	450	550	90 ÷ 115	200 x 200 x 15 200 x 200 x 20

Prescrizioni/Caratteristiche:

- la giunzione delle singole barre, di lunghezza variabile da 1 a 6 m, deve avvenire a mezzo di idoneo manicotto filettato autocentrante esterno;
- la piastra di ripartizione, di dimensioni e spessore variabili in relazione al carico massimo da sopportare e al diametro dell'ancoraggio, dovrà avere una sede emisferica per l'alloggiamento del dado di bloccaggio;
- nell'eventualità in cui gli elementi vengano eseguiti inclinati e non perpendicolari al rivestimento occorre adottare piastra di ripartizione a compensazione angolare;

Modalità esecutive

Prima dell'installazione dell'ancoraggio è necessario preparare i singoli componenti su apposito banco prova e comunque non a diretto contatto con il terreno o altri materiali che possano danneggiare lo stesso.

Per la posa in opera dovrà essere utilizzata un'apposita unità di perforazione a rotopercolazione esterna dotata di una idonea testa di adduzione.

Durante la fase di perforazione dell'ancoraggio è possibile eseguire una pre-iniezione di miscela cementizia con un rapporto A/C prossimo ad 1 al fine di stabilizzare il foro e assicurarne il lavaggio.

A foro ultimato l'asta dovrà essere lasciata in sito e si procederà subito con l'iniezione di miscela cementizia con rapporto A/C prossimo a 0,4 e comunque con pressioni non superiore a 1÷2 MPa, in modo da riempire l'intercapedine tra l'asta e parete del foro. Maggiori pressioni d'iniezioni potranno essere raggiunte in terreni poco iniettabili ovvero laddove non si verificano elevate dispersioni elevate di boiaccia.

La pasta o malta cementizia, fornita anche in sacchi premiscelati, dovrà avere le caratteristiche indicate al precedente paragrafo 10.6.4.3.

Lo studio preliminare della miscela e le modalità di iniezione dovranno essere approvate dalle FERROVIE prima dell'inizio dei lavori. Successivamente le caratteristiche della miscela dovranno essere verificate almeno una volta alla settimana.

Ad iniezione ultimata dovrà essere inserita la piastra di ancoraggio spingendola sulla barra sinché la piastra non insisterà correttamente sulla superficie di appoggio, quindi si posizionerà il dado avvitandolo a mano sino al definitivo posizionamento nella sede troncoconica della piastra. Il serraggio del dado deve essere eseguito secondo le prescrizioni di progetto e comunque per mezzo di idonea chiave dinamometrica.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 49 di 122

La porzione eccedente di barra rispetto al dado potrà essere tagliata a ridosso di quest'ultimo.

Controlli

Si dovranno adottare le stesse modalità previste nel precedente paragrafo 10.6.5.2.7

10.6.5.4.4 Bulloni costituiti da lamiera, barre o profilati infissi a pressione

Le lamiere, barre o profilati di acciaio dovranno essere infisse a pressione senza perforazione preventiva mediante spinta con idonea attrezzatura.

L'attrezzatura dovrà applicare una spinta continua all'elemento e impedire lo svergolamento dello stesso e dovrà inoltre essere dotata di un sistema per la registrazione continua della spinta applicata per l'infissione.

10.6.5.4.5 Preconsolidamenti al fronte in galleria

Il preconsolidamento del fronte viene eseguito mediante elementi strutturali o tubi in vetroresina, posti in opera preventivamente allo scavo sul fronte di scavo e sull'estradosso della sezione di avanzamento. Gli elementi saranno connessi al terreno mediante iniezione della cavità tra elemento e pareti del preforo.

Tracciamento e tolleranze costruttive

Prima di iniziare ciascun ciclo di perforazioni l'ESECUTORE dovrà individuare sul fronte di avanzamento le posizioni dei preconsolidamenti, da contrassegnare con marche od altro, in modo da renderle facilmente individuabili.

Il consolidamento andrà sempre eseguito in presenza di un tampone di spritz beton di almeno 20 cm a meno di diverse prescrizioni progettuali. Il tampone dovrà essere contrastato all'ultima centina del campo precedente.

Per le tolleranze di costruzione si rimanda al paragrafo 10.11.

Materiali

- Per le caratteristiche dei tubi e degli elementi strutturali in vetroresina si rimanda al paragrafo 10.6.4.9.
- Le miscele cementizie dovranno essere conformi a quanto riportato al paragrafo 10.6.4.3 con rapporti acqua /cemento inferiori a 0.7.
- Le miscele cementizie espansive dovranno essere conformi a quanto riportato al paragrafo 10.6.4.4

Modalità esecutive

La perforazione dovrà essere eseguita a secco impiegando utensili atti a ottenere il diametro previsto in progetto ed a consentire la regolarità delle successive operazioni di inserimento degli elementi strutturali e di iniezione.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 50 di 122

Le attrezzature di perforazione dovranno essere conformi a quanto riportato nel paragrafo 10.10.2.4

L'ordine di esecuzione dei consolidamenti nell'ambito di ciascun ciclo dovrà assicurare la non interferenza delle perforazioni e delle iniezioni con perforazioni in corso o in attesa di iniezione.

In ogni caso la successione esecutiva degli infilaggi dovrà essere preventivamente autorizzata dalle FERROVIE.

Allestimento del preconsolidamento

- Elementi semplicemente cementati: valgono le considerazioni riportate al paragrafo 10.10.2.4 per gli infilaggi. Nel caso di utilizzo di miscele cementizie espansive dovrà essere effettuata una profonda cianfrinatura per evitare il rifluimento della miscela e la perdita di efficacia dell'espansione (0.5-1 m e comunque oltre lo spessore di spritz-beton). La quantità di prodotto impastato di volta in volta (come riferimento può essere preso il volume corrispondente al riempimento di singoli gruppi di 4-5 fori) deve essere scelta in relazione alle condizioni del cantiere e a quelle operative. La miscela eccedente, per ogni gruppo, dovrà essere scartata. In ogni caso sopraggiunto il limite di lavorabilità della miscela occorre scartarla, procedendo quindi alla realizzazione di un nuovo impasto. Una volta verificata la fuoriuscita della miscela dalla tubazione di sfiato, si provvederà a chiuderlo producendo una leggera sovrappressione della miscela in foro. L'attrezzatura di pompaggio deve essere dotata di un sistema di registrazione dei volumi iniettati che sarà verificato prima dell'inizio dei lavori e costantemente mantenuto
- Elementi valvolati: valgono le considerazioni riportate nel paragrafo 10.10.2.4.3 per gli infilaggi.

Controlli

Prima della realizzazione dei consolidamenti dovrà essere effettuato un campo prova. Le prove di rottura sui preconsolidamenti avverranno con le modalità riportate al paragrafo 10.6.5.3.2

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 51 di 122

10.7 TRATTAMENTI COLONNARI

10.7.1 DEFINIZIONI

I trattamenti colonnari identificano l'esecuzione di colonne di terreno consolidato, ottenute tramite:

- sistemi jetting (jet-grouting);
- jet-grouting armati eseguiti in avanzamento;
- mescolazione meccanica;
- sostituzione con miscele catalizzate.

10.7.2 TRATTAMENTI COLONNARI JETTING (JET GROUTING)

Per quanto non espressamente di seguito riportato relativamente agli interventi colonnari in jet-grouting si farà riferimento alla norma UNI EN 12716.

Si definiscono trattamenti colonnari jetting gli interventi di consolidamento e miglioramento dei terreni, mediante mescolazione in sito con leganti cementizi, iniettati a pressioni elevate (40 - 60 MPa) con l'impiego dei sistemi jetting (ad uno o più fluidi).

Il trattamento ha inizio con la perforazione del terreno in asse alla colonna che si vuole realizzare mediante rotazione o rotopercolazione.

Raggiunta la profondità richiesta avviene la fase di risalita con il recupero delle aste impartendo anche un moto di rotazione. I due atti di moto possono essere separati (trattamento ad anelli, maggiormente frequente e che consente di passare più volte nella stessa sezione) ovvero contemporanei (a spirale)

Il fluido (o i fluidi) vengono immessi dagli ugelli installati sul monitor con continuità anche se è possibile, in relazione alla stratigrafia del terreno, variare i parametri operativi durante l'esecuzione della singola colonna.

Le diverse colonne di cui è costituito generalmente il trattamento possono essere realizzate con differenti sequenze operative sia con riferimento alla singola colonna che al trattamento complessivo:

- jet in discesa: alternativo alla consueta modalità di iniezione in risalita descritta precedentemente;
- pretaglio (o water jet): la realizzazione di un elemento di jet grouting viene favorita mediante una fase preliminare di disgregazione mediante getto d'acqua e/o altri fluidi;
- sequenza a fresco: gli elementi di jet grouting (colonne o pannelli) sono costruiti in successione senza attendere l'indurimento della miscela cementizia negli elementi adiacenti o sovrapposti;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 52 di 122

- sequenza primaria-secondaria: l'esecuzione di un elemento di jet grouting non può iniziare prima di aver raggiunto una specifica e predeterminata resistenza o un prefissato tempo di indurimento degli elementi adiacenti precedentemente realizzati.

Gli elementi ottenuti, qualora previsto dal progetto, possono essere successivamente armati, utilizzando barre in acciaio ad aderenza migliorata, tubi metallici o in vetroresina, elementi in vetroresina.

L'inserimento dell'armatura può avvenire a miscela cementizia fresca, per infissione a pressione, oppure riproforando le colonne con miscele cementizie aventi la stessa composizione della miscela di iniezione.

I trattamenti colonnari jetting, in funzione delle modalità di iniezione della miscela, si distinguono in:

- Sistemi jetting monofluido

L'iniezione ad alta velocità delle miscele avviene attraverso gli ugelli laterali di una testa monitor montata sulla batteria di aste di perforazione e solidale all'utensile di disgregazione.

Il getto della miscela, eiettato ad alta pressione, funge da mezzo disgregante e di miscelazione del terreno circostante.

- Sistemi jetting a due fluidi

E' un sistema analogo al precedente ma l'iniezione ad alta pressione della miscela avviene attraverso degli speciali ugelli a fori coassiali, che permettono di iniettare la miscela insieme a un getto di aria in pressione. Con tale sistema si riesce a mantenere coerente ed energizzato su più lunga distanza il getto di miscela cementizia.

- Sistemi jetting a tre fluidi

L'iniezione della miscela cementizia avviene attraverso un ugello posto nella parte inferiore della batteria delle aste di perforazione mentre la disgregazione del terreno avviene attraverso un particolare ugello, posto al livello superiore, che eietta acqua a elevata pressione. L'efficacia del getto d'acqua è incrementata da un getto coassiale e anulare di aria compressa.

Con tale sistema l'azione disgregante avviene quindi tramite il getto a elevata pressione di acqua e aria, mentre la miscela stabilizzante viene iniettata nel terreno sottostante già disgregato e con contenuto d'acqua incrementato.

10.7.2.1 Soggezioni geotecniche e ambientali

Di norma le perforazioni dovranno essere eseguite con o senza rivestimento, con circolazione di fluidi di perforazione per l'allontanamento dei detriti e per il raffreddamento dell'utensile.

I fluidi di perforazione potranno essere costituiti da:

- acqua;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 53 di 122

- miscele cementizie;
- aria, nel caso di perforazione a rotoperussione con martello a fondo foro, o in altri casi proposti dall'ESECUTORE e accettati dalle FERROVIE.

Le pressioni d'iniezione devono essere determinate in modo da non provocare indesiderati inconvenienti, quali sollevamenti nelle adiacenze o comunicazioni tra fori o colonne vicine, non ancora indurite. A tal fine l'ESECUTORE, sulla base anche delle prove preliminari, dovrà studiare la corretta sequenza di esecuzione.

10.7.2.2 Modalità esecutive

Nel seguito vengono riportate le modalità esecutive a cui l'ESECUTORE si dovrà attenere per l'esecuzione, con sistemi jetting, di colonne di terreno consolidato, verticali, o sub orizzontali all'aperto od in sotterraneo.

10.7.2.2.1 Preparazione del piano di lavoro, tracciamento

L'ESECUTORE dovrà accertare che l'area di lavoro non sia attraversata da tubazioni, cavi elettrici o manufatti sotterranei che, se incontrati durante la perforazione, possano arrecare danno alle maestranze di cantiere o a terzi. Prima di iniziare la perforazione dovrà essere materializzata sul terreno la posizione delle iniezioni mediante appositi picchetti sistemati in corrispondenza di ciascun asse. Su ciascun picchetto dovrà essere riportato il numero progressivo dell'iniezione risulta così come risulta dalla pianta dell'intervento di consolidamento.

Su tale pianta, redatta e presentata dall'ESECUTORE alle FERROVIE, dovrà essere indicata la posizione di tutte le iniezioni, incluse quelle di prova, contrassegnate con numero progressivo.

10.7.2.2.2 Perforazioni

Le perforazioni, per il raggiungimento della lunghezza di progetto del trattamento, in dipendenza del tipo di sistema prescelto e in funzione della natura dei terreni da attraversare, dovranno essere eseguite a rotazione o rotoperussione eventualmente tramite la batteria stessa di iniezione munita di speciale utensile autopercussore in relazione alle caratteristiche del terreno determinate preventivamente all'inizio dei trattamenti.

I diametri medi della testa perforante dovranno essere normalmente compresi fra 65 e 200 mm. La misurazione dei parametri di perforazione durante l'esecuzione dell'apposito campo prove, come descritto al successivo paragrafo 10.7.2.2.7 e durante le lavorazioni correnti, dovranno risultare nell'apposita scheda di cui al paragrafo 10.6.5.1.11.

10.7.2.2.3 Iniezioni

Il dosaggio della miscela, la pressione e la portata d'iniezione, la velocità di rotazione e di sollevamento dell'asta dovranno essere scelti opportunamente, in relazione alle caratteristiche del terreno da consolidare, onde conseguire, oltre al diametro voluto, la necessaria resistenza, compenetrazione e impermeabilità delle colonne.

I parametri sopra indicati dovranno essere verificati sperimentalmente in sito, con l'esecuzione preliminare del campo prove di cui al successivo paragrafo 10.7.2.2.8, per l'ottenimento dei diametri minimi indicati in progetto.

In caso d'interruzione accidentale dell'iniezione, eliminato l'inconveniente, la stessa dovrà ripartire da una quota tale da comprendere almeno 50 cm della parte di colonna realizzata prima dell'interruzione. Dei sensori dovranno fornire, in corso d'opera, la registrazione continua dei parametri (di profondità, di pressione, di flusso) per tutta la lunghezza della colonna. Di norma i parametri di funzionamento dei sistemi jetting dovranno rispettare i valori riportati nella seguente tabella.

Tabella 10.7.1

SISTEMI	MONOFLUIDO	A DUE FLUIDI	A TRE FLUIDI
Pressione pompa miscela (MPa)	40÷60	40÷60	2÷7
Portata miscela (l/min)	60÷400	60÷400	60-200
Diametro ugello miscela (mm)	1,2÷8,0	1,5÷8,0	2-8,0
Numeri ugello miscela (n.)	1÷4	1÷2	1÷2
rapporto acqua/cemento --	> 0.50	> 0.50	> 0.50
Pressione pompa acqua (MPa)	=	=	30÷60
Portata flusso acqua (l/min)	=	=	30÷150
Diametro ugello acqua (mm)	=	=	1,8÷7
Pressione aria compressa (MPa)	=	0,2÷1,7	0,7÷1,7
Portata flusso aria (l/sec)	=	7÷10	50÷200
Spessore ugello aria (mm)	=	1,0	1,0
Velocità risalita (cm/min)	20÷60	15÷50	4÷15
Velocità rotazione (rpm)	8÷50	7÷40	5÷40



**CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO
DELLE OPERE CIVILI
PARTE II-SEZIONE 10
OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E
STABILIZZAZIONE**

**CAPITOLATO-PARTE II-
SEZIONE 10**

Codifica: RFI DTC SI CS SP IFS 008 B

FOGLIO 55 di 122

I valori riportati in tabella sono indicativi e variano in funzione del tipo di terreno da trattare e dei requisiti progettuali richiesti

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 56 di 122

10.7.2.2.4 *Tipi di miscela*

Il cemento utilizzato potrà essere pozzolanico (CEM IV/A) o Portland (CEMII/A-L), di classe 32,5 o 42,5. La composizione più adatta verrà messa a punto, prima in laboratorio poi in cantiere, con opportune prove di qualificazione.

La miscela standard utilizzata deve avere, indicativamente, la seguente composizione (per lm^3):

- Cemento (kg) 600÷1000
- Acqua (l) 650÷800
- Bentonite o fluidificanti (kg) 0÷14

Il dosaggio della bentonite o dei fluidificanti dipende dal tipo di cemento. I parametri fisici caratteristici di tale miscela sono i seguenti:

- Viscosità Marsh (secondi) 28÷45
- Densità (kg/cm^3) 1,5÷1,7
- Resa Volumetrica (%) > 75

La resistenza a rottura ad espansione laterale libera di tali miscele dopo maturazione di 28 giorni deve essere fra i 25 e i 35 Mpa.

10.7.2.2.5 *Materiali*

Tubi in acciaio

Per realizzare l'armatura delle colonne jet-grouting è prescritto l'impiego di tubi aventi caratteristiche geometriche e qualità dell'acciaio conformi a quanto indicato nei disegni di progetto.

I tubi dovranno essere del tipo senza saldature, con giunzioni filettate interne. Le caratteristiche delle giunzioni (filettatura, lunghezza, sezioni utili) dovranno consentire una trazione ammissibile pari almeno al 70% del carico ammissibile a compressione.

1) Materiali da impiegare e controlli: Norme UNI EN 10210 Parti 1a, 2a e 5a; UNI EN 10025; UNI EN ISO 148-1:2010 Parte 1a;

2) Saldature: NTC 2008 (parte 4.2.8.2 Unioni saldate; par.11.3.4.5 Processo di saldatura), Norma UNI EN 1993-1-8 ;

3) Bullonature: NTC 2008 (parte 4.2.8.1 Unioni con bulloni; par.11.3.4.6 Bulloni e chiodi), Norma UNI EN 1993-1-8.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 57 di 122

Al fine di garantire l'identificazione e la rintracciabilità dei prodotti approvvigionati tutto il materiale avente dimensione quadra o tonda superiore a 60.3 mm dovrà essere marcato sull'intera lunghezza di ciascun elemento e a intervalli non inferiori a 3.0 m, con i parametri definiti nel paragrafo 10 della Norma EN 10210/1a. Di ogni partita di materiale consegnato dovranno essere conservate e rese eventualmente disponibili alle FERROVIE le bolle di consegna e i certificati di prova.

Barre in acciaio speciale

Le barre dovranno essere in acciaio dei tipo ad aderenza migliorata di qualità e caratteristiche conformi a quanto specificato nelle NTC2008 (parte 4.1)

E' consentito, ove espressamente previsto dai disegni di progetto, l'impiego di barre in acciai speciali e a filettatura continua ad alto limite di snervamento o simili.

Vetroresine

I tubi in vetroresina dovranno avere caratteristiche conformi a quanto previsto al precedente paragrafo 10.6.4.9.

10.7.2.2.6 Caratteristiche delle attrezzature

Le attrezzature dovranno avere le seguenti caratteristiche:

Impianto di miscelazione

L'impianto di miscelazione dovrà essere del tipo a cicli ripetitivi con polmone di accumulo e agitatore della miscela confezionata e avere i seguenti dispositivi di controllo:

- bilancia del cemento meccanica o con celle di carico;
- misuratore del volume d'acqua;
- dosatore di eventuali additivi;
- contacicl progressivo di miscelazione con stampa in automatico delle singole pesate.

Successivamente all' impianto del cantiere e prima dell'inizio delle lavorazioni dovrà essere eseguita la taratura delle bilance per i componenti solidi.

Centrale di iniezione

Le pompe di iniezione ad alta pressione, le cui caratteristiche dovranno essere dichiarate dall'ESECUTORE prima dell'inizio dei lavori, dovranno essere provviste di manometri, sia sulla mandata delle pompe sia in prossimità dell'inserimento dei tubi ad alta pressione nelle batterie delle aste di iniezione, in quest'ultimo punto la pressione dovrà corrispondere ai valori dichiarati.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 58 di 122

I manometri dovranno essere sigillati e muniti di un certificato ufficiale di taratura.

Prima dell'inizio dei lavori dovrà essere consegnato alle FERROVIE un manometro, tarato presso un Laboratorio Ufficiale, per i controlli in corso d'opera.

Dovranno essere installati, in funzione delle caratteristiche delle pompe, opportuni dispositivi atti a regolarizzare le mandate delle pompe stesse.

Attrezzature di iniezione

Tali attrezzature dovranno essere idonee per eseguire l'iniezione della colonna o modulo di trattamento in un'unica fase senza interruzione; per casi particolari, la ripresa della perforazione dovrà riprendere riproforando, almeno 50 cm, l'elemento già realizzato.

Le attrezzature di perforazione e iniezione dovranno avere caratteristiche tali da garantire una deviazione dall'asse di progetto inferiore o pari all'1,5% della lunghezza di perforazione.

Durante il trattamento, sia nel campo prova che durante l'esecuzione del lavoro, tutti i parametri di perforazione e di iniezione (velocità di avanzamento e di risalita, velocità di rotazione delle frese, portata della pompa, pressione di iniezione della miscela e dell'aria, ecc) dovranno essere registrati in continuo su supporto magnetico collegato all'attrezzatura di lavoro mediante opportuni trasduttori.

Solo durante l'esecuzione del campo prova dovrà essere registrata con opportuna attrezzatura la deviazione della perforazione rispetto alla verticale.

Le schede di ogni elemento realizzato dovranno essere allegate alla relazione finale.

Prima dell'inizio dei lavori e durante la loro esecuzione dovranno essere eseguite le seguenti attività:

- messa a punto del sistema ed esecuzione di un adeguato campo prove;
- definizione delle caratteristiche meccaniche del terreno consolidato con prove eseguite in sito e in laboratorio;
- controlli in corso d'opera e archiviazione dati.

10.7.2.2.7 Definizione dei parametri operativi di prova

L'attività deve definire un set di parametri operativi da verificare con il successivo campo prova. Essa ha inizio con l'esame della documentazione progettuale particolarmente sotto l'aspetto delle caratteristiche richieste al terreno trattato, alla funzione assegnata all'intervento, al contesto geotecnico e idrogeologico del sito con riferimento, soprattutto, ai fattori critici che possono avere influenza sul trattamento. In sintesi:

- Requisiti richiesti dal trattamento. I requisiti progettuali sono espressi in termini di diametro della colonna, resistenza a compressione, modulo elastico, densità, coefficiente di permeabilità.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 59 di 122

- Funzionalità dell'intervento. Occorre valutare attentamente la funzione a cui deve assolvere l'intervento di trattamento poiché può fornire indicazioni importanti ed evidenziare criticità che la sola considerazione dei parametri richiesti al trattamento potrebbe non fornire.
- Caratteristiche dei terreni/Variabilità delle caratteristiche dei terreni. devono essere analizzati i dati geotecnici come ad esempio granulometrie, prove SPT, prove CPT, prove di permeabilità in situ e prove di laboratorio; fondamentale è inoltre riconoscere la sequenza stratigrafica dei terreni nell'ambito del volume da trattare.
- Contesto ambientale. In questa fase occorre valutare l'ambiente circostante per minimizzare gli effetti secondari.

10.7.2.2.8 *Messa a punto del sistema ed esecuzione di un adeguato campo prove*

Per la scelta della miscela da utilizzare per ottenere i risultati richiesti dal progetto, nonché per verificare le modalità operative, le dimensioni medie rese, ecc., dovranno essere progettati e realizzati, come detto, idonei campi prova in con i seguenti obiettivi:

- definire i dosaggi delle miscele cementizie;
- stabilire i parametri per l'esecuzione delle colonne e/o dei pannelli;
- per trattamenti non meccanici, determinare il diametro medio reso;
- le caratteristiche meccaniche del terreno trattato;
- l'omogeneità del trattamento;
- la verticalità delle colonne o dei pannelli di terreno trattato.

I trattamenti dovranno essere eseguiti in condizioni simili a quelle operative, in sostanza il trattamento dovrà essere eseguito alle stesse profondità di progetto e in terreni affini a quelli previsti in progetto.

Il campo prova potrà svolgersi in due fasi, la prima dovrà permettere di definire tutte le metodologie operative, e nella seconda fase sarà simulato il trattamento, con i parametri e le metodologie individuate nella prima fase.

Prima dell'inizio delle attività dovrà essere fornito alla Direzione Lavori il progetto del campo prova, in cui dovranno essere sviluppate e descritte le attività del campo prova, in relazione alle prestazioni e alle caratteristiche richieste al trattamento, in dettaglio dovranno essere indicate:

- ubicazione delle colonne da eseguire;
- caratteristiche delle miscele di iniezione che si intende provare;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 60 di 122

- caratteristiche delle attrezzature utilizzate;
- parametri di iniezione (portate, velocità di risalita, ecc.);
- stratigrafia del terreno interessato dal campo prova;

Dovrà essere eseguita una prova Cross-Hole sul terreno naturale per definire le sue velocità caratteristiche prima del trattamento.

Nella relazione dovranno essere presentati i modelli teorici previsionali per l'indagine geofisica utilizzati per il dimensionamento di dettaglio dei dispositivi di misura e per verificare la rispondenza del sistema agli obiettivi di indagine.

Per una migliore comprensione dell'efficacia del trattamento durante i campi prova dovranno essere effettuati un controllo volumetrico e di composizione del refluo (miscela che risale a boccaforo) e dovrà essere attentamente monitorata la presenza di eventuali effetti secondari correlati all'esecuzione del jet.

Prima dell'esecuzione di ogni colonna, dovrà essere verificato lo stato di usura degli ugelli e dei loro diametri nominali e il controllo dell'efficacia dei giunti della batteria di iniezione.

Nel caso di elementi compenetrati, una volta che sono state definite le modalità esecutive idonee, come detto, dovrà essere verificata la fattibilità del progetto eseguendo un controllo del set di parametri scelti, in una seconda fase in cui è simulata la geometria di progetto.

10.7.2.2.9 Ubicazione campo prova

I terreni dove sarà eseguito il campo prova dovranno essere simili a quelli su cui dovrà essere realizzato il trattamento.

Qualora l'intervento si sviluppi in terreni con una stratigrafia variabile dovrà essere valutata e verificata la necessità di sviluppare più campi prova, per le varie litologie presenti.

Prima di iniziare la perforazione dovrà essere materializzata sul terreno la posizione delle iniezioni mediante appositi picchetti sistemati in corrispondenza di ciascun asse. Su ciascun picchetto dovrà essere riportato il numero progressivo dell'iniezione quale risulta dalla pianta consegnata con il progetto.

Le macchine utilizzate dovranno essere attrezzate con dispositivi in grado di registrare, durante la perforazione e l'iniezione, eventuali spostamenti del must di perforazione, sia planimetricamente che di verticalità, nonché delle quote del piano campagna.

Inoltre per tutte le colonne dei campi prova dovranno essere misurate, con idonee attrezzature, la deviazione della testa delle aste di perforazione.

10.7.2.2.10 Campo prova prima fase

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 61 di 122

Nella prima fase saranno definiti i parametri e le tecnologie da utilizzare per le lavorazioni.

Nel caso di elementi singoli, questa fase sarà da ritenersi esaustiva.

Le attrezzature avranno le caratteristiche precedentemente esposte che dovranno avere una configurazione analoga a quelle che successivamente saranno utilizzate per la produzione.

Per verificare la percentuale di sostituzione dovrà essere misurato, durante la fase di trattamento, il volume del materiale di risulta (refluo), e dovranno essere analizzate le sue caratteristiche, confrontandole con quelle della miscela cementizia di partenza. Il refluò dovrà essere opportunamente regimentato attraverso la disposizione di apposite tubazioni che ne permettano il convogliamento in vasche di raccolta.

10.7.2.2.11 *Controlli da eseguire sul trattamento dei campi prova*

I controlli che dovranno essere eseguiti sul volume di terreno consolidato saranno:

- l'ispezione visiva, (qualora sia possibile raggiungere l'elemento di terreno trattato con uno scavo con escavatore);
- l'omogeneità del trattamento e determinazione del modulo dinamico in sito su tutto lo spessore del terreno trattato;
- carotaggi con il prelievo di campioni significativi di terreno trattato su cui eseguire prove di laboratorio;
- prove in sito per verificare la permeabilità del terreno trattato;
- prove di laboratorio per la determinazione della resistenza al taglio e la deformabilità del terreno trattato;
- controllo volumetrico e di composizione del refluò;
- monitoraggio della presenza di eventuali effetti secondari correlati all'esecuzione del jet.

10.7.2.2.12 *Ispezione visiva*

Qualora il trattamento raggiunga profondità prossime al piano campagna e le condizioni ambientali lo permettano (es. profondità di falda, stabilità dello scavo ecc.), sarà eseguito uno scavo per verificare la parte superficiale delle colonne e pannelli.

Dovrà essere verificata la dimensione, la regolarità e la corretta conformazione delle colonne o pannelli, per poter verificare le possibili anisotropie di comportamento del terreno trattato. Nella parte scoperta per l'ispezione visiva potranno essere eseguite delle perforazioni orizzontali e su alcuni provini ricavati dalle suddette carote saranno eseguite le prove di laboratorio che saranno successivamente descritte.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 62 di 122

10.7.2.2.13 *Omogeneità del trattamento*

La verifica delle caratteristiche del terreno trattato e la sua omogeneità saranno eseguite per mezzo di sondaggi a carotaggio continuo e prove geofisiche.

Dovrà essere applicata la metodologia sismica a rifrazione mediante l'acquisizione tomografica in 2D (tomografie sismiche bidimensionali).

10.7.2.2.14 *Sondaggi a carotaggio continuo*

Tutti i sondaggi saranno eseguiti a carotaggio continuo nel tratto interessato dal trattamento e saranno attrezzati con tubi inclinometrici per la verifica della deviazione rispetto alla verticale.

I sondaggi a carotaggio continuo saranno eseguiti nel rispetto delle specifiche allegate al contratto in una delle colonne eseguite per ogni set di parametri o metodologia.

Qualora il progetto preveda che le colonne e gli elementi non siano compenetrati il sondaggio dovrà essere eseguito a 10 cm dal bordo teorico ipotizzato.

Nel caso che gli elementi siano compenetrati (diaframmi, tappo di fondo, ecc) il sondaggio sarà eseguito a circa 15 cm dal centro della colonna.

Il carotaggio sarà eseguito con doppio carotiere (T6 o T6S) e corona diamantata, il diametro minimo delle carote dovrà essere di 82 mm.

Le carote estratte da ciascun sondaggio dovranno essere catalogate in apposite cassette, e dovrà essere redatta apposita stratigrafia in cui sia riportata anche una descrizione dettagliata sul grado di continuità dei campioni estratti, della percentuale di carotaggio, dell'indice RPM, della lunghezza di ciascun pezzo di carota, del numero di giunti e della presenza di eventuali lenti limose o argillose non disgregate e cementate.

La percentuale minima di recupero non dovrà essere inferiore al 90% della lunghezza teorica dello spessore del trattamento ed il recupero percentuale modificato (RPM) non dovrà essere inferiore al 50 %.

10.7.2.2.15 *Prelievo dei campioni per prove di laboratorio*

I campioni saranno prelevati in contraddittorio con la Direzione Lavori, immediatamente dopo il recupero della carota.

I campioni saranno paraffinati e conservati in borsa frigorifero e consegnati quotidianamente al laboratorio per le prove previste.

10.7.2.2.16 *Prove in sito*

Analogamente alla prima fase del campo prova potranno essere eseguite, durante la perforazione del sondaggio, prove in sito come pressiometriche, dilatometriche, di permeabilità ecc.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 63 di 122

La loro scelta sarà funzione dei parametri che dovranno essere determinati.

Nel caso che il trattamento debba garantire l'impermeabilità dovranno essere eseguite prove di permeabilità.

I gradini di prova devono essere funzione del battente idraulico di esercizio, l'andamento della prova dovrà essere analizzato e valutato sia quantitativamente sia qualitativamente, sia in fase di pressioni crescenti sia in fase di scarico.

10.7.2.2.17 Prove di laboratorio

Su campioni significativi e rappresentativi di tutte le classi granulometriche di terreno consolidato, prelevati dalle cassette e di lunghezza tale da permettere la realizzazione di provini di altezza doppia rispetto al diametro, saranno eseguite, tenendo conto dei parametri richiesti dal progetto, le seguenti prove di laboratorio:

- Determinazione del peso di volume, saturo e secco, del terreno consolidato;
- Prove di compressione semplice con lettura delle deformazioni assiali; le prove saranno eseguite nel rispetto della norma ASTM-D 2166/79 con la ricostruzione della curva sforzi-deformazioni.
- Prove di trazione brasiliana.
- Prove triassiali CD da eseguirsi tendenzialmente su provini di materiale caratterizzati da resistenze alla compressione semplice non superiore a quelle richieste.

Il numero delle prove sarà quello necessario per caratterizzare tutto il tratto di terreno trattato, permettendo di definire le curve di distribuzione normale tipiche del materiale trattato. I valori medi ottenuti non dovranno mai essere al di sotto di quelli minimi previsti dal progetto. Il tratto di terreni con valori inferiori a quelli minimi di progetto non potrà comunque essere superiore al 10 % dello spessore totale di terreno trattato.

Tenendo conto che la curva di maturazione è diversa per ogni trattamento, questa potrà essere ricostruita ripetendo le operazioni suddette. Comunque i campioni non potranno maturare in camera umida ma dovranno essere prelevati al momento previsto.

10.7.2.2.18 Log sonici

Il rilievo sonico e ultrasonico, da eseguire nel foro eseguito nella colonna permette, conoscendo l'andamento della perforazione, un apprezzamento della verticalità e del diametro medio reso.

Il rilievo dovrà essere eseguito con una configurazione dei trasduttori con offset di 1 m, con trasduttore di trasmissione in posizione inferiore.

I dati dovranno essere registrati partendo dal fondo e salpando i trasduttori a velocità costante lungo tutta la verticale, fermando la registrazione in corrispondenza della bocca del sondaggio.

La frequenza di scansione dovrà essere controllata tramite un encoder ottico, collegato all'acquisitore.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 64 di 122

10.7.2.2.19 Tomografia 2D

Con questa tecnica si ha l'obiettivo di verificare la continuità del trattamento, con la definizione, per tutta la lunghezza del diametro medio reso, della verticalità della colonna, di eventuali "sbulbature" (claquage) o assottigliamenti, nonché le eventuali disomogeneità nel corpo integro della colonna o elemento di terreno consolidato.

Questo sarà ottenuto con due sezioni tomografiche in onde P ed S incrociate, a cavallo della colonna o elemento di terreno trattato.

I fori saranno eseguiti, nel tratto corrispondente alla quota del terreno trattato, a carotaggio continuo, per verificare l'omogeneità del terreno. Questi saranno attrezzati con tubi inclinometrici in modo da verificare esattamente la verticalità dei fori stessi.

Le immagini bidimensionali saranno costruite analizzando la variazione in continuo della velocità sismica (tomografia) delle onde di taglio (onde S) e di compressione (onde P). Con questa tecnica si riuscirà a ricostruire, pertanto, una visione qualitativa della stratigrafia del terreno consolidato investigato, in termini di variazioni di "densità" dello stesso, essendo questo parametro direttamente legato alla velocità sismica.

La conoscenza della velocità delle onde di taglio S permetterà anche di calcolare il valore dei moduli dinamici.

Qualora le caratteristiche finali del terreno trattato siano simili a quelle del terreno naturale sarà opportuno eseguire una sezione tomografica sia con onde P che S sul terreno naturale, utilizzando due fori il cui allineamento non interessi il terreno consolidato.

L'acquisizione di ogni sezione verrà realizzata posizionando in uno dei fori una colonna con 6/12 sensori tridimensionali spazati di 1 m, mentre nel foro opposto, saranno creati degli impulsi sismici procedendo dal fondo alla superficie, ad intervalli regolari di 1 metro. Le operazioni saranno ripetute in modo simmetrico, con posizioni rovesciate dei punti sorgente e dei punti registrazione.

Qualora non si riesca ad eseguire la tomografia con onde S, e serva comunque calcolare i moduli dinamici, sarà realizzata solo la sezione tomografica per le onde P e sarà un Cross-Hole tradizionale con la registrazione della velocità delle onde S.

Campo prova seconda fase

Una volta scelti i parametri operativi, e verificati i risultati delle indagini eseguite, sarà sviluppata la 2° fase del campo prova con la simulazione della lavorazione.

Verranno eseguite una serie di colonne o elementi nella geometria prevista per l'esecuzione della lavorazione, il numero delle colonne dovrà essere tale da avere la parte centrale in configurazione finale.

Sostanzialmente dovrà essere realizzata una "rosetta" in cui, rispetto alla colonna centrale, le colonne laterali chiudono tutte le penetrazioni.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 65 di 122

Come per la prima fase il refluo dovrà essere opportunamente regimentato attraverso la disposizione di apposite tubazioni che lo convogliano in vasche di raccolta. Dovranno essere effettuati, altresì, controlli volumetrici e di composizione dello stesso.

Le prove da eseguire, da decidere in funzione delle prestazioni che il consolidamento deve garantire sono:

- sondaggi a carotaggio continuo;
- prove in situ (permeabilità, dilatometriche, ecc.);
- prove di laboratorio sui campioni prelevati;
- monitoraggio geofisico 2D e 3D.

Sondaggi a carotaggio continuo

I sondaggi a carotaggio continuo saranno eseguiti con le stesse modalità operative utilizzate per la prima fase del campo prova.

Dovranno essere almeno 6 disposti ai vertici di un esagono avente il centro coincidente con quello della colonna centrale. L'asse di perforazione dovrà essere ad almeno a 20 cm dal centro della colonna in cui è eseguito.

Questi sei fori, che saranno utilizzati per eseguire l'indagine geofisica tridimensionale e bidimensionale, saranno attrezzati con tubi inclinometrici per la verifica della loro eventuale deviazione rispetto alla verticale.

Oltre a questi 6 dovranno essere eseguiti almeno altri 2 sondaggi nella zona di compenetrazione tra 2 colonne e nella colonna centrale.

Prelievo dei campioni per prove di laboratorio

I campioni saranno prelevati in contraddittorio con la Direzione Lavori, immediatamente dopo il recupero della carota.

I campioni saranno paraffinati e conservati in borsa frigorifero e consegnati quotidianamente al laboratorio per le prove previste.

Prove in situ

Come nella prima fase durante la perforazione dovranno essere eseguite prove in situ per caratterizzare il terreno trattato almeno nel sondaggio eseguito nella zona di compenetrazione.

I risultati dovranno essere simili a quelli registrati nella prima fase.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 66 di 122

Prove di laboratorio

Sui campioni significativi e rappresentativi di tutte le classi granulometriche di terreno consolidato, in particolare nella zona di compenetrazione, saranno eseguite prove di laboratorio come per la prima fase.

Rilievo sismico in 3D

Con questa tecnica di rilievo, attraverso l'acquisizione simultanea in posizioni diverse collocate in un volume geometrico definito, si dovrà ricostruire la distribuzione della velocità sismica delle onde di compressione (onde P) in un ambito volumetrico di terreno investigato, e quindi rappresentare lo stesso, in termini di variazioni di "densità".

Come detto per l'indagine bidimensionale, tale tecnica di prospezione consiste nella acquisizione simultanea degli impulsi sismici e nella misura dei tempi impiegati dalle onde sismiche per percorrere un tragitto rettilineo, compreso tra una serie di punti di energizzazione (sorgente sismica) disposti all'interno di un foro di sondaggio e una serie di punti di ricezione (idrofon), disposti negli altri 5 fori.

L'energizzazione sarà ripetuta lungo tutte le colonne di sondaggio ad intervalli di 1m, procedendo dal fondo dei fori verso la superficie. In questo modo sarà possibile l'acquisizione di una ragnatela di traiettorie sismiche attraversanti l'intero corpo oggetto d'indagine.

L'elaborazione dei dati tomografici 3D dovrà permettere la costruzione del modello tridimensionale del volume di terreno investigato.

In tal modo sarà costruito il modello solido del volume del terreno trattato indagato, che potrà essere "tagliato" lungo piani predefiniti per rappresentare in modo bidimensionale la situazione esistente lungo specifiche direzioni corrispondenti a tagli effettuati sia su piani orizzontali che verticali.

Confrontando i risultati di indagini dirette e attribuendo le velocità caratterizzanti le varie litologie consolidate, e gli eventuali tratti anomali, sarà possibile "estrarre" immagini tridimensionali di porzioni significative di dati, in cui siano evidenziati volumi con uguale velocità (isovolumi).

In particolare, andranno evidenziati i volumi delle eventuali anomalie, per verificare la loro influenza con il progetto di consolidamento.

Indagine geofisica 2D

Qualora si renda necessario valutare l'andamento dei moduli dinamici del terreno trattato dovrà essere eseguita una indagine geofisica 2D con onde di taglio (onde S).

Questa tecnica potrà essere utilizzata in sostituzione dell'indagine 3D quando si realizzano diaframmi o elementi strutturali in cui la compenetrazione avviene lungo una sola direzione.

In questo caso le metodologie operative saranno simili a quelle per la prima fase del campo prova, eseguendo una tomografia con registrazione delle onde di taglio (onde S) o in alternativa una sezione tomografica con

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 67 di 122

registrazione di onde di compressione (onde P) e un Cross Hole per la registrazione delle onde di taglio (onde S).

Relazione finale

Completate le prove del campo prove dovrà essere redatta opportuna relazione tecnica in cui saranno illustrati e commentati i risultati ottenuti e dove saranno indicate le modalità esecutive dell'intervento.

Infine, dovrà essere sviluppato il progetto di monitoraggio da eseguire in corso d'opera.

10.7.2.2.20 *Esecuzione del trattamento*

In corso d'opera il trattamento di consolidamento del terreno dovrà essere e monitorato con specifici e rigorosi controlli per la verifica del raggiungimento degli obiettivi progettuali.

I dosaggi della miscela, le pressioni e portate d'iniezione, nonché la velocità di rotazione e di sollevamento delle aste dovranno essere quelli indicati nella relazione finale del campo prova, dovranno essere registrate in continuo e dovranno essere trasmessi alle FERROVIE.

Prima dell'inizio delle attività dovranno essere trasmessi alla Direzione Lavori le caratteristiche delle attrezzature da utilizzare tutti i certificati di taratura dei manometri e degli strumenti di registrazione.

Tutte le centrali di miscelazione dovranno essere verificate e dovranno essere eseguite le prove analogamente a quelle eseguite per il campo prova dovranno essere ottenuti gli stessi risultati.

Quando si devono consolidare grandi superfici di terreno a profondità tali che anche le tolleranze ammesse posso determinare la non compenetrazione dei singoli elementi, al fine di ridurre il rischio di errore occorre certificare la corretta posizione planimetrica delle colonne eseguite, nonché la verticalità della torre di perforazione. Per questo le macchine dovranno essere attrezzate con sistema di posizionamento con sistema GPS, in grado di registrare gli scostamenti, durante le lavorazioni, rispetto alla coordinata progettuale.

La perforatrice sarà attrezzata con opportuno monitor, collegato ad un computer in cui saranno visualizzate le posizioni planimetriche del centro delle singole colonne, la quota di inizio trattamento.

Saranno inoltre visualizzati il picchetto virtuale della colonna da eseguire e la "bolla" per la verticalità della torre di perforazione.

Quando la macchina sarà correttamente posizionata dovranno essere registrate le coordinate di inizio perforazione e sarà calcolata e visualizzata la lunghezza esatta della perforazione da eseguire.

Durante la perforazione e la fase d'iniezione saranno visualizzati e registrati eventuali spostamenti rispetto alle tolleranze di progetto dei parametri monitorati (posizione planimetrica, quota, verticalità della torre).

Analoga registrazione a quella di inizio perforazione sarà eseguita alla fine.

I tabulati delle registrazioni eseguite dovranno essere trasmesse alla Direzione Lavori e saranno indicati:

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 68 di 122

- Identificativo della macchina;
- Data di esecuzione della colonna;
- Numero della colonna;
- Coordinate di progetto;
- Quota del piano campagna;
- Scostamento dalle coordinate di progetto;
- Quota di inizio trattamento;
- Inclinazione della torre;
- Ora inizio e termine della colonna;
- Durata complessiva della lavorazione;

Il refluo dovrà essere opportunamente regimentato attraverso la disposizione di apposite tubazioni che ne permettano il convogliamento in vasche di raccolta.

Dovranno essere attentamente monitorati dall'ESECUTORE eventuali effetti secondari correlati all'esecuzione del jet-grouting. In particolare in corrispondenza delle aree urbanizzate dovranno essere predisposti sistemi di controllo topografico.

10.7.2.2.21 *Controlli e documentazione*

Il monitoraggio dovrà essere progettato prima dell'inizio delle lavorazioni alla conclusione del campo prova e sarà eseguito con le tecnologie utilizzate nel campo prova.

Il numero delle prove sarà definito sulla base della funzionalità del campo prova e comunque saranno controllate, complessivamente, utilizzando metodi diretti (sondaggi) e indiretti (geofisica) almeno l'80 % delle colonne eseguite.

Le indagini geofisiche potranno essere rappresentate da profili sismici tomografici, sezioni tomografiche in foro, sezioni tomografiche geoelettriche. La scelta delle metodologie da utilizzare sarà fatta in funzione delle caratteristiche dell'intervento e dell'ambiente in cui si opera.

I valori delle prove di laboratorio e/o in sito non dovranno essere inferiori a quelli registrati durante il campo prova.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 69 di 122

Durante le operazioni di esecuzione dell'iniezione l'ESECUTORE dovrà controllare le volumetrie e la composizione del refluo confrontandole con quanto riscontrato nel campo prova

Quando le colonne di terreno consolidato vengano eseguite al fine di creare una fascia di terreno consolidato all'estradosso delle pareti di scavo in galleria, al fine di verificare, in sito, l'efficacia del trattamento medesimo, dovrà essere eseguita nel nucleo da scavare, una colonna consolidata della lunghezza utile di 4.0 metri ogni 300 ml o frazione di colonne consolidate eseguite.

Sono comunque a carico dell'ESECUTORE:

- il trasporto e l'allontanamento per e dal cantiere di lavoro delle attrezzature;
- la fornitura in loco delle miscele consolidanti;
- la predisposizione delle piazzole di lavoro, anche in presenza di acqua, e delle relative strade di servizio;
- l'eventuale inserimento di barre o tubi di armatura, anche con riperforazione e successiva iniezione di intasamento;
- gli spostamenti successivi e i riposizionamenti delle attrezzature;
- l'esecuzione di carotaggi continui e le relative prove da eseguire in corso d'opera come precedentemente indicato, nonché l'intasamento dei vuoti dovuti alle carote;
- la realizzazione di fori di spurgo o di prefiori per il controllo delle sovrappressioni in fase di esecuzione del jet-grouting;
- quant'altro possa occorrere per dare le colonne finite a perfetta regola d'arte, secondo le istruzioni che verranno stabilite dalle FERROVIE.

Sono a carico dell'ESECUTORE le ulteriori lavorazioni dovute alla presenza di massi di scogliera, di trovanti, ceppaie, materiali ferrosi, murature e conglomerati semplici od armati od altro, che ostacolassero la costruzione delle colonne, nonché la rimozione, la rottura o attraversamento dei suddetti ostacoli e l'eventuale maggiore impiego di miscela cementizia o chimica, derivante dalla presenza nel terreno di cavità naturali e di vani conseguenti alla rimozione dei ripetuti ostacoli.

Di ogni colonna consolidata di prova, eseguita sia preliminarmente che in corso d'opera, si dovrà compilare e consegnare alle FERROVIE un'apposita scheda, redatta secondo lo schema riportato nella seguente tabella 10.7.2.

**CAPITOLATO-PARTE II-
SEZIONE 10**

Codifica: **RFI DTC SI CS SP IFS 008 B**

FOGLIO 70 di 122

Tabella 10.7.2

CANTIERE: _____
Struttura: _____

IMPRESA: _____
Data: _____

Sistema	U. dimisura	colonna N°					
Quota piano compagnia	m						
Quota livello falda	m						
Lunghezza perforazione	m						
Inizio perforazione	h; min						
Termine perforazione	h; min						
Lunghezza trattamento	m						
Inizio trattamento	h, min						
Termine trattamento	h; min						
Diametro colonna	cm						
Q/tà totale miscela iniett.	It						
Numero impasti miscela							
a/c miscela							
Lunghezza tratto additivo	m						
Tipo dosaggio additivo	%						
Velocità rotazione monitor	r.p.m.						
Velocità risalita monitor	cm/min.						
Pressione iniezione acqua	MPa						
Pressione iniez. Aria comp.	MPa						
Portata iniez. Aria comp.	m ³ /min						
Pressione iniezione miscela	Mpa						
Portata iniezione miscela	It/min						
Diametro ugelli miscela	m						

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 71 di 122

10.7.3 TRATTAMENTI COLONNARIA MISCELAZIONE MECCANICA

Si definiscono trattamenti colonnari meccanici gli interventi realizzati con tecniche atte a formare un elemento (colonna o pannello) di terreno stabilizzato, di dimensioni univocamente definite, mediante miscelazione meccanica con apporto di leganti inorganici (usualmente cemento e calce).

Gli scopi principali della stabilizzazione mediante apporto di leganti possono così sintetizzarsi:

- controllo della stabilità volumetrica (rigonfiamento e ritiro);
- incremento della resistenza al taglio del terreno;
- modifica delle caratteristiche di deformabilità;
- variazione della permeabilità.

Il meccanismo di stabilizzazione mediante apporto di calce o cemento è sostanzialmente simile, e i prodotti finali delle loro reazioni sono una serie di silicati di calcio idratati.

10.7.3.1 Trattamento con apporto di cemento

L'apporto di cemento può sostanzialmente avvenire in due modi:

- per via secca, mediante un flusso di aria in pressione;
- per via umida, inviando direttamente la miscela acqua-cemento.

Il sistema consiste nel far penetrare nel terreno, sino alla profondità desiderata, particolari utensili costituiti da sistemi di lame disposte a croce (tipo Deep mixing) o frese (tipo CSM), collegate a un'asta cava in grado di perforare e disgregare il terreno senza asportarlo in superficie, formando in tal modo una colonna o un pannello di terreno uniformemente rimaneggiata.

L'immissione della miscela stabilizzante, per via secca o per via umida, potrà essere realizzata durante la fase di discesa o di risalita dell'utensile.

10.7.3.1.1 Sistema con apporto di cemento per via secca

In questo caso l'elemento stabilizzante, cemento in polvere, verrà immesso nel terreno attraverso degli ugelli posizionati nella parte superiore dell'utensile. L'immissione avverrà di norma nella fase di risalita, utilizzando, come veicolo di trasporto, aria in pressione, che spingerà il cemento attraverso le aste cave di perforazione. Queste dovranno essere di sezione tale da consentire nel terreno la formazione di un condotto anulare cilindrico attraverso il quale effettuare lo scarico all'esterno dell'aria compressa eiettata dagli ugelli del disgregatore. L'attrezzatura dovrà essere provvista di un'opportuna campana di trattenimento delle polveri.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 72 di 122

Nella fase di discesa la penetrazione dell'utensile dovrà essere facilitata dall'immissione di aria in pressione che fuoriesce dagli stessi ugelli che si utilizzeranno per l'immissione di cemento secco e aria nella fase successiva. E' importante che l'aria immessa, sia nella fase di perforazione che come veicolo di trasporto dello stabilizzante, sia adeguatamente essiccata.

Il sistema con apporto per via secca richiede che il terreno da trattare abbia un elevato contenuto d'acqua al fine di poter far completamente svolgere la reazione di presa al legante. In caso contrario, per terreni aventi un contenuto d'acqua ridotto, bisognerà provvedere all'immissione della stessa, in quantità idonee, durante la fase di discesa dell'utensile.

10.7.3.1.2 *Sistema con apporto di cemento per via umida*

In questo caso l'elemento stabilizzante viene immesso nel terreno già come miscela stabile acqua/cemento, eventualmente additivata. L'immissione della miscela, può avvenire sia nella fase di discesa che di risalita.

Nel caso l'immissione avvenga nella fase di discesa essa serve per garantire la penetrazione dell'utensile e la fluidificazione del terreno da trattare.

Nel caso di immissione nella fase di risalita, come fluido di perforazione durante la discesa dell'utensile si utilizzerà dell'acqua.

Ovviamente l'immissione di tutti i fluidi avverrà, come per il caso precedente, attraverso le aste cave e gli ugelli posizionati in prossimità dell'utensile.

Questo sistema, per la sua peculiarità, è idoneo a trattare terreni con basso contenuto d'acqua, anche incoerenti.

10.7.3.1.3 *Modalità esecutive*

I principali parametri operativi dei due sistemi di miscelazione meccanica, da mettere a punto di volta in volta in un campo prove preliminare, dovranno essere i seguenti:

- Velocità di rotazione dell'utensile: 15 ÷ 45 giri/min.;
- avanzamento in discesa e risalita: 0,5 ÷ 10 cm/giro;
- portata massima acqua: 200 ÷ 250 l/min.;
- pressione acqua: 1,5 ÷ 3,0 MPa;
- pressione aria: 0,2 ÷ 1.0 MPa;
- compressore aria (essiccata) : 10000 ÷ 20000 litri
- impianti in grado di erogare le seguenti quantità di cemento o miscela binaria:

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 73 di 122

- cemento: 3.000 ÷ 10.000 Kg/ora;
- miscela: 5.000 ÷ 15.000 l/ora.

Tenendo conto della continua evoluzione dei sistemi descritti, deroghe a quanto sopra potranno essere accettate dalle FERROVIE purché adeguatamente documentate con prove tecnologiche.

10.7.3.1.4 *Caratteristiche dei trattamenti*

A meno di particolari esigenze progettuali, di volta in volta indicate, le caratteristiche minime delle colonne consolidate dovranno essere le seguenti:

- diametro delle colonne: univocamente determinato dal diametro delle lame dell'elica di perforazione; usualmente $D = 600 \div 1200$ mm;
- quantità di stabilizzante da introdurre: indipendentemente dal sistema adottato la quantità minima di massa del cemento immesso non dovrà essere inferiore al 10% della massa del terreno secco della colonna trattata; per colonne realizzate con immissione a secco, il cemento potrà essere caricato con sabbia avente dimensione massima minore di 5 mm;
- la resistenza media a espansione laterale libera (qu) di campioni prelevati dalle colonne non dovrà essere inferiore a:
 - 1 N/mm² per terreni coesivi;
 - 4 N/mm² per terreni incoerenti.

10.7.3.1.5 *Controlli e documentazione*

Per ciascun elemento che verrà eseguito durante il lavoro, contraddistinto con una numerazione progressiva, dovrà essere compilata dall'ESECUTORE una scheda contenente le seguenti indicazioni:

- n. dell'elemento e data di esecuzione;
- lunghezza della perforazione;
- modalità di esecuzione della perforazione;
- fluido;
- caratteristiche dell'utensile;
- parametri di iniezione:

- n. e caratteristiche degli ugelli;
- velocità di rotazione e di risalita
- pressioni;
- volumi di iniezione;
- caratteristiche e controlli sulla miscela;
- composizione;
- densità;
- viscosità;
- decantazione.

10.7.3.2 Trattamento colonnare con apporto misto (calce-cemento)

a) Perforazione e iniezione

La perforazione dovrà essere eseguita a rotazione mediante un attrezzo perforatore disgregatore composto da un'elica oppure due o tre eliche controrotanti parzialmente compenstrate e singolarmente collegate ad aste cave di lunghezza tale da permettere l'esecuzione della perforazione in una sola fase.

La forma e la lunghezza delle eliche, nonché la loro compenetrazione, debbono essere tali da garantire una completa disgregazione del terreno.

L'estremità inferiore delle eliche dovrà essere munita di uno o più ugelli alimentati a mezzo dell'asta cava, attraverso i quali dovrà essere iniettata, in fase di perforazione, la miscela plastica stabilizzante in modo tale da poter garantire la sua completa omogeneizzazione con il terreno circostante.

b) Compattazione e risalita

Raggiunta la profondità richiesta dovrà essere iniziata la fase di compattazione e di riomogeneizzazione del terreno mediante un'azione di spinta sulle aste e l'inversione dei sensi di rotazione delle eliche durante la risalita.

In questa fase, in dipendenza delle caratteristiche del terreno, potrà essere effettuata un'iniezione supplementare di miscela stabilizzante.

c) Controllo dei parametri

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 75 di 122

I parametri di lavorazione (velocità di discesa o di risalita, pressione e portata della miscela) in funzione della profondità dovranno essere registrati con un sistema di controllo automatico che dovrà anche consentire di variare i parametri suddetti in funzione delle caratteristiche del terreno.

d) Materiali di consolidamento

In relazione alla natura del terreno, e delle caratteristiche richieste alla colonna del terreno trattato a lavoro finito, si dovrà utilizzare una quantità opportuna di cemento (tipo III, IV o V, Norma EN UNI 197/1a) e/o calce spenta, opportunamente dosati e miscelati con acqua con rapporto massimo ponderale acqua/leganti pari a 0,4. Prima dell'inizio dei lavori dovranno essere redatti gli studi di qualificazione della miscela ottimale da impiegare nell'esecuzione del trattamento e la relativa sperimentazione in apposito campo prove.

Tali studi dovranno far riferimento a:

- modulo elastico statico e resistenza al taglio del materiale costituente le colonna consolidata in relazione al tempo di maturazione determinati su provini o carote prelevate in sito;
- massa volumica del terreno prima e a seguito del trattamento.

e) Caratteristiche finali

Le FERROVIE controlleranno il comportamento globale della miscela terreno-leganti dopo sei mesi e dopo un anno dalla posa in opera, mediante misurazione delle caratteristiche meccaniche (resistenza a trazione indiretta, modulo elastico e resistenza a compressione) su campioni prelevati con carotaggio in almeno due colonne ogni 100 realizzate da confrontare con i parametri di riferimento determinati a seguito dello studio preliminare della miscela e dall'esecuzione del campo prove.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 76 di 122

10.7.4 TRATTAMENTI COLONNARI CON MISCELE CATALIZZATE

Sono dei trattamenti colonnari del terreno, di qualsiasi lunghezza, ottenuti mediante infissione di un tubo forma munito di punta apribile rivestita e successivamente riempimento con opportuna miscela costituita da aggregati, loppa d'altoforno, catalizzatore a base di calce, gesso e acqua, miscelati in impianto centralizzato a produzione continua con dosatori a volume e/o a massa.

10.7.4.1 Caratteristiche dei materiali da impiegare

a) Aggregato base, rispondente alle norme UNI 8520 - parte 2a, dovrà essere costituito da materiali provenienti da cava o da frantumazione, miscelati in percentuali tali da ottenere una curva granulometrica continua e aventi le seguenti caratteristiche:

- dimensione degli elementi compresa tra 0 e 7 mm, con eventuale presenza di una frazione di ghiaietto (15/20 mm). Gli elementi non dovranno avere forma appiattita, allungata o lenticolare;
- perdita in massa alla prova Los Angeles, eseguita sulla pezzatura grossa dell'aggregato, secondo la norma UNI 8520 parte 19a, inferiore al 40%;
- bassa plasticità, elementi generalmente puliti, aventi un equivalente in sabbia (UNI 8520 parte 15a) di almeno 30;
- assenza di sostanze organiche (UNI 8520 parte 14a).

b) Aggregato correttivo della granulometria, rispondente alle norme CNR - UNI 10006 e CNR-BU n. 139, dovrà essere di norma ricavato da frantumazione di rocce calcaree dure, a tessitura superficiale granulosa; dovrà essere aggiunto in misura variabile all'aggregato base nei casi in cui la curva granulometrica di quest'ultimo risulti discontinua; qualora l'aggregato correttivo non abbia una sufficiente percentuale di fino si dovrà prevedere l'uso del filler;

c) Legante: dovrà essere impiegata loppa d'altoforno di recente produzione, nella misura compresa tra il 10 - 15% della massa totale della miscela. La loppa, inizialmente granulata (da 0÷3 a 0÷5 mm), dovrà presentarsi, dopo la frantumazione, come una sabbia (0÷2 mm) e tale da garantire un passante al setaccio 0,075 UNI non superiore al 10%,

d) Catalizzatore di Presa: da mescolare in misura dell'uno per cento della massa secca della miscela, dovrà essere costituito principalmente da calce in opportune proporzioni. L'ESECUTORE dovrà proporre alle FERROVIE il catalizzatore più adatto alla natura chimica dei costituenti la miscela;

e) Acqua: dovrà essere esente da oli, acidi, alcali, materia organica superiore allo 0,2% e da qualsiasi altra sostanza nociva; la quantità di acqua nella miscela dovrà essere quella corrispondente all'umidità ottimale di costipamento, suscettibile di una variazione compresa tra -1% e + 3% della massa della miscela; all'acqua d'impasto potrà essere aggiunto, in particolari condizioni climatiche o di posa in opera e su richiesta delle FERROVIE, un accelerante di presa.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 77 di 122

Il Progettista dovrà presentare alle FERROVIE, per preventiva accettazione, lo studio della miscela catalizzata che intende porre in opera, nonchè le verifiche strutturali atte a dimostrare l'idoneità della maglia planimetrica di colonne in funzione dei parametri di resistenza e deformabilità caratteristici del terreno costituente l'intorno.

Lo studio della miscela catalizzata dovrà essere comunque tale da garantire alla stessa i seguenti parametri meccanici minimi:

- Rt (resistenza a trazione indiretta) : 0.5 N/mm²;
- Rc (resistenza a compressione): 4.0 N/mm²;
- E (modulo di deformazione statico): 1.5 kN/mm².

Tali valori minimi sono riferiti a sei mesi di maturazione a temperatura costante di 20°C corrispondenti, convenzionalmente, a un anno di maturazione della miscela in opera.

Ai fini dei controlli del comportamento globale della miscela catalizzata, lo studio della miscela stesa dovrà fornire indicazioni sull'evoluzione dei parametri meccanici minimi utilizzati nella progettazione, con particolare riferimento a quelli ottenibili alle scadenze di sei mesi e un anno di maturazione della miscela in opera.

10.7.4.2 Confezionamento della miscela

L'impianto di miscelazione dovrà essere di tipo continuo, centralizzato, con dosatura a volume e/o a massa degli aggregati, della loppa e dell'acqua; la dosatura del catalizzatore e dell'eventuale filler dovrà essere realizzata con coclea alimentata da sili a velocità opportunamente regolata e di adeguato grado di precisione.

La dosatura effettiva degli aggregati, delle scorie e del catalizzatore dovrà essere realizzata con precisione del 3%.

Le tarature dovranno essere effettuate all'inizio del lavoro e successivamente verificate al termine di ogni settimana di lavoro.

La dosatura effettiva dell'acqua dovrà tenere conto del contenuto di umidità proprio dei componenti la miscela e dovrà essere funzione delle condizioni climatiche che si potranno verificare sul luogo di confezionamento e della posa in opera; tale dosatura dovrà avvenire con la precisione del 2%.

I dispositivi di misura di tutti i componenti la miscela dovranno essere di tipo individuale.

Nel caso in cui lo studio della miscela preveda la loppa macinata, l'impianto sopra descritto dovrà essere corredato da un mulino centrifugo equipaggiato da una tramoggia d'alimentazione e nastro per l'accumulo.

La produzione e la posa in opera della miscela catalizzata dovrà essere sospesa nel caso che la temperatura scenda al di sotto di 5 °C, salvo diverse disposizioni che le FERROVIE potranno dare volta per volta, prescrivendo, in tal caso, le norme e gli accorgimenti cautelativi da adottare.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 78 di 122

Le FERROVIE potranno, ogni qualvolta lo riterranno opportuno e con frequenza prefissata, controllare la dosatura effettiva all'atto della sua confezione; la dosatura dei singoli componenti dovrà risultare conforme a quella indicata nello studio.

10.7.4.3 Controllo delle lavorazioni e delle caratteristiche finali del materiale

L'ESECUTORE sarà tenuto a eseguire il controllo delle caratteristiche fisico-chimiche dei leganti e della granulometria degli aggregati nonché quelle della miscela risultante per ciascuna fornitura in cantiere, verificando la rispondenza con i fusi granulometrici e fisico-chimici forniti nello studio preliminare della miscela. In particolare in corso d'opera si dovrà eseguire una granulometria completa di tutti i componenti e una determinazione delle caratteristiche fisico-chimiche dei leganti almeno ogni 300 colonne realizzate.

L'ESECUTORE dovrà riassumere settimanalmente i controlli effettuati in una relazione da presentare alle FERROVIE, nei tempi e modi che verranno concordati all'atto della presentazione del programma esecutivo dei lavori.

Le FERROVIE controlleranno il comportamento globale della miscela catalizzata dopo sei mesi e dopo un anno dalla posa in opera, mediante misurazione delle caratteristiche meccaniche (resistenza a trazione indiretta, modulo elastico e resistenza a compressione) su campioni prelevati con carotaggio, per ogni diametro, di almeno una colonna ogni 200 realizzate, da confrontare con i parametri di riferimento determinati con lo studio preliminare della miscela.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 79 di 122

10.8 INIEZIONI

10.8.1 DEFINIZIONI

Per quanto non espressamente riportato in questo capitolato si rimanda alla norma UNI EN 12715.

Le iniezioni costituiscono una tecnica idonea al trattamento di terreni porosi e di rocce fessurate, fratturate o che presentino cavità di varie dimensioni. Esse consentono il miglioramento delle caratteristiche meccaniche, in termini di resistenza e deformabilità, e la diminuzione delle caratteristiche di permeabilità, per effetto dell'immissione di idonee miscele attraverso fori di piccolo diametro.

Tali miscele sono costituite da fluidi dotati di proprietà reologiche, evolutive e non evolutive, inizialmente idonee alla penetrazione nel mezzo poroso o fratturato e che successivamente raggiungono le caratteristiche meccaniche e/o idrauliche adeguate agli scopi del trattamento.

I terreni iniettabili comprendono sia i terreni, alluvionali o detritici, che le rocce, da carsiche a microfessurate.

I trattamenti si definiscono di:

- intasamento, quando tendono a riempire fratture o cavità della roccia;
- impregnazione, quando tendono a riempire i vuoti dei terreni sciolti porosi;
- ricompressione, quando tendono a formare, nei terreni fini, un reticolo di lenti resistenti e scarsamente deformabili ottenuto per fratturazione idraulica (claquage);
- impermeabilizzazione, quando tendono a sigillare o in ogni caso ridurre le venute d'acqua.

Di norma le iniezioni vengono effettuate con l'utilizzo di miscele cementizie, generalmente additate con bentonite, o microcementizie. Negli ultimi anni si è tuttavia consolidata la tecnologia di iniezione con resine, nei trattamenti di impermeabilizzazione ed in particolari casistiche di trattamenti di intasamento e di impregnazione; in quest'ultimo caso, in particolare, gli interventi con resine sintetiche trovano impiego per situazioni di terreni a matrice fine e finissima (sabbie e limi), in alternativa ai trattamenti con cementi microfini.

Nella tabella seguente vengono descritti sinteticamente gli ambiti di utilizzo delle principali miscele utilizzate, fermo restando che le prescrizioni relative ai materiali di iniezione saranno oggetto del successivo capitolo 10.4.1.

Tabella 10.8.1

Tipo di miscela	Campo di applicazione in funzione della permeabilità (m/s)							Presenza di acqua	Intasamento	Impregnazione	Ricomprensione	Impermeabiliz.
	Argille	Limi		Sabbie		Ghiaie	Roccia					
	10 ⁻⁸	10 ⁻⁷	10 ⁻⁶	10 ⁻⁵	10 ⁻³	10 ⁻²	10					
Cementizia								•	√	√		
Cementizia con bentonite								•	√	√		
A base di cemento microfine								•	√	√	√	
A base di resina poliuretanic								•••	√	√		√
A base di resina organo-minerali								•••	√	√		√
A base di resina acrilica								••				√

I procedimenti di iniezione dovranno essere sempre definiti e applicati in modo da evitare sollecitazioni ed effetti secondari su opere vicine.

10.8.2 PROVE TECNOLOGICHE PRELIMINARI

L'idoneità delle miscele e delle modalità esecutive, gli effetti indotti nel terreno e l'accertamento dell'uniformità delle caratteristiche meccaniche del terreno consolidato dovranno essere verificate mediante l'esecuzione di prove preliminari.

10.8.3 TOLLERANZE

I fori di iniezione dovranno essere realizzati nella posizione e con le inclinazioni di progetto, con le seguenti tolleranze ammissibili, salvo più rigorose limitazioni indicate in progetto:

- coordinate plano-altimetriche: ±10 cm;
- scostamento dall'asse teorico: ± 1 %;
- lunghezza: ±15 cm.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 81 di 122

10.8.4 MATERIALI

Di seguito sono dettagliate le caratteristiche dei materiali impiegati per i trattamenti di iniezione, sia per scopi di intasamento/impregnazione che per impermeabilizzazione, secondo i campi di utilizzo già descritti nella tabella 10.8.1.

Le schede tecniche dei prodotti commerciali che l'ESECUTORE proporrà di usare dovranno essere consegnate alle FERROVIE per opportuna informazione prima dell'inizio dei lavori.

10.8.4.1 Miscele cementizie normali

Miscela a base di acqua e cemento con l'eventuale aggiunta di bentonite, indicata per l'intasamento e l'impregnazione di terreni granulari e di rocce fessurate.

Il cemento impiegato dovrà essere scelto in relazione alle esigenze di penetrabilità e alle caratteristiche ambientali considerando, in particolare, l'aggressività dell'ambiente esterno in analogia a quanto riportato nel paragrafo 10.6.2.

Si dovrà utilizzare acqua limpida, non inquinata da materiale organico o comunque dannoso per l'idratazione dei leganti utilizzati.

E' ammesso l'uso di additivi acceleranti e/o fluidificanti.

10.8.4.1.1 Dosaggi

Le miscele cementizie da iniezione dovranno essere preparate in accordo con i rapporti in peso acqua/cemento e cemento/bentonite riportati nella tabella seguente:

Tabella 10.8.2

Trattamento	Rapporto acqua/cemento in peso	Rapporto bentonite/cemento in peso
Impregnazione	1÷2	0.01÷0.03
Intasamento	0.6÷1.5	-
Ricomprensione	0.5÷1.0	0.01÷0.03

L'impiego di rapporti di miscelazione diversi da quelli proposti o l'eventuale aggiunta di additivi stabilizzanti e fluidificanti è ammesso previa comunicazione e autorizzazione da parte di FERROVIE.

10.8.4.1.2 Caratteristiche reologiche

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 82 di 122

Le miscele cementizie dovranno soddisfare i seguenti requisiti:

- viscosità Marsh: 35÷45 secondi (ugello di 4,7 mm) per cementi normali;
- viscosità apparente: 1,0 ÷ 2,0 mPa·s;
- rendimento volumetrico (per miscele stabili): superiore al 95%.

10.8.4.2 Miscele con cementi microfini

10.8.4.2.1 Caratteristiche dei cementi e dosaggi

Miscela a base di acqua e cementi microfini di puro clinker di cemento Portland ottenuti a seguito di processi di produzione tali da aumentare la loro finezza fino a valori dell'ordine di 6000 -12000 cm²/g e d₉₈ ≤ 25μm (UNI 10764), indicata per l'intasamento e l'impregnazione di terreni granulari e di rocce fessurate e per la ricomprensione dei terreni coesivi.

I processi di macinazione e separazione dovranno quindi consentire di ottenere un fuso granulometrico delle particelle solide presenti nella sospensione caratterizzato dai seguenti valori:

- D₉₈: minore di 30 micron;
- D₉₄: minore di 15 micron.

La granulometria dovrà essere determinata con porosimetri a mercurio o apparecchiature di equivalente precisione.

Il rapporto acqua/cemento in peso, in relazione ai campi di impiego, potrà variare tra 0.5 e 1.0.

Sarà ammesso l'impiego di eventuali additivi disperdenti e fluidificanti inorganici.

10.8.4.2.2 Caratteristiche reologiche

Le miscele con cementi microfini dovranno soddisfare i seguenti requisiti:

- viscosità Marsh: 28 - 35 secondi (ugello Φ 4,7 mm);
- rendimento volumetrico: superiore al 95%.

10.8.4.2.3 Controlli e documentazione delle miscele cementizie

Le miscele confezionate in cantiere dovranno essere sottoposte giornalmente ai seguenti controlli, relativi a:

- massa volumica;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 83 di 122

- viscosità Marsh;
- decantazione e resa volumetrica;
- viscosità apparente (Rheometer);
- pressofiltrazione;
- tempo di presa;
- prelievo di campioni per prove di permeabilità e di compressione.

I valori misurati dovranno essere regolarmente riportati in un registro, da conservare in cantiere, che le FERROVIE vidimeranno nel corso dei controlli di accettazione.

10.8.4.3 Miscele bicomponenti a base di resina poliuretanic

10.8.4.3.1 Caratteristiche della miscela

Miscela liquida a base di resina poliuretanic ottenuta dalla miscelazione di due componenti di cui il primo (Componente A) a base di polioli e il secondo (Componente B) a base di poli-isocianato, indicata per l'impregnazione di terreni granulari e di rocce fessurate, per l'intasamento di cavità di limitate dimensioni e per l'impermeabilizzazione a tergo di paramenti strutturali.

La reazione miscela dovrà avvenire indipendentemente dall'umidità del terreno o presenza di acqua a tergo delle strutture e in modo che a seguito dell'iniezione, non trovando umidità, la resina possa comunque reagire.

La miscela potrà esibire un comportamento espandente formando una schiuma consolidante con un fattore di espansione libera massimo di 20-25 volte il volume originario e caratterizzata da una struttura a celle chiuse in grado di garantire assoluta impermeabilità e la stabilità chimico-fisica nel tempo.

Nel caso in cui sia necessario garantire anche una resistenza meccanica della miscela occorrerà limitare il fattore di espansione a 7-9 volte il volume originario.

Le dosi, il rapporto di miscelazione dei due componenti e l'eventuale aggiunta di additivi dovranno essere comunicate e autorizzate da FERROVIE e dovranno consentire il controllo dei tempi di gelificazione, il fattore di espansione della miscela e la penetrazione della stessa attraverso fessure e cavità di qualche centinaio di micron di ampiezza.

10.8.4.3.2 Caratteristiche delle componenti

Le componenti della miscela dovranno soddisfare i requisiti riportati nella tabella seguente:

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 84 di 122

Tabella 10.8.3

Componente	Densità (kg/l)	Viscosità a 25°C (mPa·s)
A: a base di polioli	1,00 ± 0,10	220÷420
B: a base di poli-isocianato	1,25 ± 0,05	150÷300

10.8.4.3 *Controlli e documentazione delle miscele bicomponenti a base di resina poliuretanic*

Le miscele confezionate in cantiere ovvero le loro componenti (in caso di miscele reagenti) dovranno essere sottoposte giornalmente ai seguenti controlli, relativi a:

- massa volumica;
- viscosità.

10.8.4.4 Miscele monocomponenti a base di resina poliuretanic

10.8.4.4.1 *Caratteristiche della miscela*

Miscela liquida a base di resina poliuretanic ottenuta dalla miscelazione di acqua e di resina a base di polioli e di poli-isocianato, indicata per l'impregnazione di terreni granulari e di rocce fessurate, per l'intasamento di cavità di limitate dimensioni e per l'impermeabilizzazione a tergo di paramenti strutturali.

La miscela potrà esibire un comportamento espandente formando una schiuma consolidante con un fattore di espansione libera massimo di 20-25 volte il volume originario e caratterizzata da una struttura a celle chiuse o semichiuse in grado di garantire l'impermeabilità e la stabilità chimico-fisica per un periodo di tempo limitato.

Nel caso in cui sia necessario garantire anche una resistenza meccanica della miscela occorrerà limitare il fattore di espansione a 7-9 volte il volume originario.

Le dosi, il rapporto di miscelazione acqua/resina e l'eventuale aggiunta di additivi dovranno essere comunicate e autorizzate da FERROVIE e dovranno consentire il controllo dei tempi di gelificazione, il fattore di espansione della miscela e la penetrazione della stessa attraverso fessure e cavità di qualche centinaio di micron di ampiezza.

10.8.4.4.2 *Caratteristiche della resina*

La resina dovrà essere caratterizzata da:

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 85 di 122

- densità pari a $1,15 \pm 0,10$ kg/l;
- reattività a contatto con acqua (20°C) < 20 secondi.

10.8.4.4.3 *Controlli e documentazione delle miscele monocomponenti a base di resina poliuretanic*

Le miscele confezionate in cantiere ovvero le loro componenti (in caso di miscele reagenti) dovranno essere sottoposte giornalmente ai seguenti controlli, relativi a:

- massa volumica;
- viscosità.

10.8.4.5 **Miscele bicomponenti a base di resina organo minerale**

10.8.4.5.1 *Caratteristiche della miscela*

Miscela liquida a base di resina organo minerale ottenuta dalla miscelazione di due componenti di cui il primo (Componente A) a base di silicato di sodio modificato e il secondo (Componente B) a base di poli-isocianato, indicata per l'impregnazione di terreni granulari e di rocce fessurate, per l'intasamento di cavità e per l'impermeabilizzazione a tergo di paramenti strutturali.

La reazione miscela dovrà avvenire indipendentemente dall'umidità del terreno o presenza di acqua a tergo delle strutture e in modo che a seguito dell'iniezione, non trovando umidità, la resina possa comunque reagire.

La miscela potrà esibire un comportamento espandente formando una schiuma consolidante, autocompattante, con un fattore di espansione libera massimo di 20-25 volte il volume originario. Per ridotti fattori di espansione (fino a 7-8 volte) la schiuma dovrà essere caratterizzata da una struttura a celle chiuse in grado di garantire assoluta impermeabilità e la stabilità chimica nel tempo. Per fattori di espansione superiori (>8 volte) la schiuma potrà presentare una struttura mista a celle chiuse e aperte e potrà essere impiegata esclusivamente per interventi temporanei di intasamento, impregnazione ed impermeabilizzazione.

Le dosi, il rapporto di miscelazione dei due componenti e l'eventuale aggiunta di additivi dovranno essere comunicate e autorizzate da FERROVIE e dovranno consentire il controllo dei tempi di gelificazione, il fattore di espansione della miscela e la penetrazione della stessa attraverso fessure e cavità di qualche centinaio di micron di ampiezza.

10.8.4.5.1 *Caratteristiche delle componenti*

Le componenti della miscela dovranno soddisfare i requisiti riportati nella tabella seguente:

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 86 di 122

Tabella 10.8.4

Componente	Densità (kg/l)	Viscosità a 25°C (mPa·s)
A: a base di silicato di sodio modificato	1,45 ± 0,10	70÷600
B: a base di poli-isocianato	1,20 ± 0,10	150÷250

10.8.4.5.2 *Controlli e documentazione delle miscele organo minerali*

Le miscele confezionate in cantiere ovvero le loro componenti (in caso di miscele reagenti) dovranno essere sottoposte giornalmente ai seguenti controlli, relativi a:

- massa volumica;
- viscosità.

10.8.4.6 Miscele a base di resina acrilica

10.8.4.6.1 *Caratteristiche della miscela*

Miscela liquida a base di resina acrilica ottenuta dalla miscelazione di due o più componenti, a rapida reazione, idrosolubile, priva di solventi, a bassa viscosità e non nociva all'ambiente, indicata per l'impermeabilizzazione a tergo di paramenti strutturali.

La miscela a contatto con l'acqua dovrà rigonfiare fino al 200% del volume iniziale e consentire la sigillatura permanente del terreno/struttura. Il rigonfiamento dovrà essere reversibile per consentire alla miscela, in assenza di acqua, di ripristinare il volume iniziale mantenendo le sue proprietà auto-riparanti.

Dovrà, inoltre, garantire una elevata adesione su differenti tipologie di superficie anche umide o bagnate e assicurare la sua integrità anche in occasione di piccoli assestamenti o movimenti relativi nel terreno/struttura.

Le dosi, il rapporto di miscelazione delle componenti e l'eventuale aggiunta di additivi dovranno essere comunicate e autorizzate da FERROVIE e dovranno consentire il controllo dei tempi di gelificazione e la penetrazione della stessa attraverso fessure e cavità di qualche centinaio di micron di ampiezza.

La miscela a base di resina acrilica dovrà soddisfare i requisiti riportati nella tabella seguente:

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 87 di 122

Tabella 10.8.5

Miscela	Densità a 20°C (kg/l)	Viscosità a 20°C (mPa·s)
A base di resina acrilica	1,20 ± 0,15	2÷25

10.8.4.6.2 *Controlli e documentazione delle miscele cementizie*

Le miscele confezionate in cantiere ovvero le loro componenti (in caso di miscele reagenti) dovranno essere sottoposte giornalmente ai seguenti controlli, relativi a:

- massa volumica;
- viscosità.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 88 di 122

10.8.5 MODALITA' ESECUTIVE

10.8.5.1 Perforazione

La perforazione dovrà essere eseguita mediante sonda a rotazione o rotopercolazione con circolazione inversa di fluidi, fino a raggiungere la profondità di progetto. Il diametro non dovrà essere superiore a 160 mm. Nel caso di fori stabili, come ad esempio in rocce non eccessivamente fratturate, il rivestimento potrà essere in parte o del tutto omesso.

Per la circolazione del fluido di perforazione dovranno essere utilizzate pompe a pistoni con portate e pressioni adeguate.

I fluidi di perforazione potranno essere costituiti da:

- acqua;
- fanghi bentonitici o cementizi;
- aria, nel caso di perforazione a rotopercolazione con martello a fondo foro, o in altri casi proposti dall'ESECUTORE.

10.8.5.2 Allestimento dei fori di iniezione

Completata la perforazione si dovrà provvedere a rimuovere i detriti presenti nel foro o in sospensione nel fluido di perforazione, prolungando la circolazione del fluido stesso fino alla sua completa chiarificazione.

S'insierà quindi la canna di iniezione, in PVC, vetroresina o metallo avente diametro di $1+1/2" \div 2"$, munita di valvole di non ritorno del tipo a "manchettes", fino a raggiungere la profondità di progetto. Numero e passo delle valvole dovranno essere conformi a quanto indicato in progetto.

La canna valvolata dovrà essere prolungata fino a fuoriuscire a boccaforo per un tratto adeguato a consentire le successive operazioni di iniezione. Non appena completata la posa in opera del tubo valvolato di iniezione, si procederà immediatamente alla cementazione del foro (iniezione di "guaina"), iniettando attraverso la valvola più profonda un quantitativo di miscela sufficiente a riempire l'intercapedine tra le pareti del foro e la canna stessa. Contemporaneamente si procederà alla estrazione dei rivestimenti provvisori, quando utilizzati, e si effettueranno i necessari rabbocchi di miscela cementizia. In alternativa, per fori non rivestiti si potrà realizzare dapprima la guaina, facendo circolare miscela attraverso le aste di perforazione, e quindi si dovrà inserire la canna di iniezione.

Per la realizzazione della guaina sarà usualmente utilizzata una miscela cementizia con rapporti acqua/cemento e bentonite/cemento più elevati rispetto alla miscela di iniezione per favorirne la rottura in fase di iniezione.

Completata l'iniezione di guaina si dovrà procedere al lavaggio, con acqua, del cavo interno della canna.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 89 di 122

10.8.5.3 Preparazione delle miscele

Le miscele dovranno essere confezionate utilizzando impianti a funzionamento automatico o semi-automatico, costituiti dai seguenti principali componenti:

- bilance elettroniche per componenti solidi;
- vasca volumetrica per acqua;
- mescolatore primario a elevata turbolenza, min 1500 giri/min.;
- vasca di agitazione secondaria e dosatori volumetrici.

Successivamente all'impianto del cantiere e prima dell'inizio delle lavorazioni dovrà essere eseguita la taratura delle bilance per i componenti solidi.

A valle degli impianti di produzione dovranno essere disposti gli iniettori, in numero sufficiente ad alimentare i vari fori di iniezione contemporaneamente utilizzati.

Gli iniettori dovranno essere costituiti da pompe oleodinamiche a pistoni aventi le seguenti caratteristiche minime:

- pressione di iniezione: maggiore o uguale a 10 MPa;
- portata: $2 \div 4 \text{ m}^3/\text{ora}$;
- n. maxpistonate/minuto maggiore o uguale a 60.

Le caratteristiche delle attrezzature che si prevederà di utilizzare dovranno essere comunicate alle FERROVIE prima dell'inizio dei lavori.

10.8.5.4 Iniezione

Il sistema di iniezione dovrà registrare e controllare in modo automatizzato ed in continuo i parametri principali di iniezione (pressione, volume e portata).

Preventivamente all'iniezione di ogni foro dovranno essere valutate le perdite di carico della linea, misurando la pressione necessaria alla fuoriuscita della miscela con l'iniettore posizionato alla stessa altezza dal suolo del foro. In alternativa in galleria si potrà valutare la perdita di carico ad una quota stabilita e aggiornare la pressione di iniezione sommando alla pressione di progetto la differenza di altezza tra boccaforo e quota di prova. Tale dato dovrà essere riportato nelle schede di iniezione relative ad ogni valvola.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 90 di 122

Si dovrà procedere valvola per valvola, a partire dal fondo, tramite un packer a doppia tenuta collegato al circuito di iniezione.

Ottenuta l'apertura della valvola, si dovrà realizzare l'iniezione a pressione fino a ottenere i valori dei volumi di assorbimento e/o di pressione prescritti in progetto.

Per pressione di iniezione si intende il valore minimo che si stabilisce all'interno del circuito.

Nei trattamenti di impregnazione l'iniezione dovrà essere tassativamente eseguita utilizzando portate non superiori a 30 l/min, e comunque con valori che, in relazione alla effettiva pressione di impiego, siano tali da evitare fenomeni di fratturazione idraulica del terreno (claquage).

Nei trattamenti di ricompressione e impermeabilizzazione l'iniezione dovrà essere tassativamente eseguita utilizzando portate non superiori a 10 l/min.

La distanza minima tra due fori iniettati contemporaneamente dovrà essere determinata in relazione alle pressioni di iniezione in modo da non provocare indesiderati inconvenienti, quali sollevamenti nelle adiacenze o comunicazioni tra fori o colonne vicine, non ancora indurite.

A tal fine l'ESECUTORE sulla base anche delle prove preliminari, dovrà studiare e indicare la corretta sequenza di esecuzione.

Nel caso in cui l'iniezione del previsto volume non comporti il raggiungimento della prescritta pressione, la valvola dovrà essere nuovamente iniettata trascorso un periodo di 12 ÷ 24 ore.

Fino a quando le operazioni di iniezione non saranno concluse, al termine di ogni fase si dovrà procedere al lavaggio interno del tubo d'armatura.

10.8.5.5 Controlli e documentazione

Per ogni foro eseguito e iniettato l'ESECUTORE dovrà fornire una scheda in formato cartaceo e per i dati relativi all'iniezione anche in formato elettronico contenente le seguenti indicazioni:

- n. del foro e data di esecuzione;
- lunghezza della perforazione;
- modalità di esecuzione della perforazione;
- utensile;
- fluido;
- rivestimenti;

- caratteristiche della canna di iniezione (n., passo e posizione delle valvole);
- volume dell'iniezione di guaina;
- tabelle delle iniezioni selettive indicanti per ogni valvola e per ogni fase:
- data;
- pressioni di apertura;
- volumi di assorbimento;
- pressioni raggiunte;
- il valore di perdita di carico della linea di iniezione;
- caratteristiche della miscela utilizzata.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 92 di 122

10.9 DRENI

10.9.1 DEFINIZIONI

I dreni hanno la funzione di realizzare nel terreno dei percorsi preferenziali per la raccolta e il convogliamento delle acque e, di conseguenza, modificare il regime delle pressioni interstiziali.

Gli scopi sono sostanzialmente due:

- favorire nei terreni coesivi normalmente consolidati i processi di consolidamento sotto carico, accelerando il decorso dei relativi cedimenti;
- abbattere il livello piezometrico della falda, per favorire la stabilità di scarpate naturali o artificiali, i fronti di scavo di gallerie, etc..

Le caratteristiche dei dreni per quanto concerne tipologia, interasse, lunghezza, diametro e disposizione dovranno essere definite nella fase progettuale. L'ESECUTORE dovrà realizzare i dreni con le caratteristiche prescritte da progetto., sottoponendo preventivamente alle FERROVIE, per giustificati motivi, eventuali proposte di variazione rispetto alle caratteristiche prefissate, che dovranno comunque essere tali da garantire le medesime capacità e funzionalità di progetto.

I dreni sono identificati dalle seguenti tipologie esecutive:

- a) dreni verticali prefabbricati;
 - b) dreni in sabbia;
 - c) microdreni;
 - d) trincee drenanti;
 - e) pozzi drenanti.
- a) Dreni verticali prefabbricati

Sono dreni prefabbricati industrialmente, costituiti da nastri flessibili e arrotolabili nei quali esiste un involucro filtrante plastico, cartaceo o in materiali simili avvolto intorno a un elemento di irrobustimento centrale, sempre in materiale plastico o affine; il nastro può anche essere semplicemente costituito da un unico corpo filtrante in materiale plastico, senza elemento centrale.

I dreni prefabbricati a nastro permettono il flusso dell'acqua presente nel terreno lungo l'asse di sviluppo principale, longitudinale, dell'elemento filtrante. L'inserimento nel terreno del dreno si esegue mediante l'infissione a pressione di un mandrino che viene successivamente estratto, lasciando in sito il dreno, oppure mediante la penetrazione a vibrazione di un tubo di infissione con elemento vibrante in testa, azionato idraulicamente, che trascina il dreno fino alla profondità richiesta per poi rilasciarlo.

b) Dreni in sabbia

I dreni in sabbia comportano la realizzazione di una perforazione di tipo verticale che viene successivamente riempita da sabbia opportunamente graduata in modo da operare come filtro, secondo modalità analoghe a quelle dei dreni prefabbricati.

c) Microdreni

I microdreni sono costituiti da tubi parzialmente o totalmente filtranti inseriti in fori appositamente realizzati nel terreno mediante sonde di perforazione.

I microdreni possono avere lunghezza variabile ed essere inclinati fino alla quasi orizzontalità, a seconda dello scopo per cui il progetto ne prevede la installazione.

d) Trincee drenanti

Le trincee drenanti consistono in scavi di sezione prestabilita, riempiti con materiale arido permeabile, di granulometria selezionata.

Le trincee vengono di norma eseguite lungo le linee di massima pendenza delle scarpate da proteggere.

La loro profondità può variare da 4-5 m a 10-15 m, per cui le attrezzature di scavo dovranno essere prescelte in base alle esigenze progettuali e alle loro effettive capacità operative.

Il fondo dello scavo dovrà essere adeguatamente impermeabilizzato, mediante posa di canalette in elementi prefabbricati in c.a. oppure impregnando con bitume il corrispondente tratto dei geotessili impiegati per rivestire le pareti dello scavo.

e) Pozzi drenanti

I pozzi drenanti sono utilizzati negli interventi di consolidamento di scarpate instabili, allo scopo di intercettare le acque di falda sino a grande profondità. L'intervento consiste nella realizzazione di batterie di pozzi di diametro generalmente compreso fra 1,2 e 2,0 m, a interasse variabile fra 6 e 10 m circa, filtranti su tutto il mantello, reciprocamente collegati sul fondo con uno o più collettori di raccolta e scarico.

Le acque di drenaggio vengono smaltite per gravità, realizzando i collettori di fondo con una pendenza non inferiore al 2%.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 94 di 122

10.9.2 MODALITA ESECUTIVE

10.9.2.1 Dreni verticali prefabbricati

a) Caratteristiche dei nastri prefabbricati

Il nastro drenante prefabbricato dovrà avere caratteristiche rese note dalla certificazione ufficiale del Produttore, trasmesse alle FERROVIE e approvate dalle medesime prima dell'inizio dei lavori. Saranno ammessi nastri con involucro filtrante in tessuto non tessuto o carta con anima in PVC, polietilene o polipropilene, oppure nastri in cui anima e involucro siano ugualmente costituiti da materiali plastici.

In ogni caso, i nastri prefabbricati dovranno garantire una durata nel tempo adeguata alle necessità di progetto e in ogni caso non inferiore a 3 anni di esercizio, una portata di scarico assiale non inferiore a 100 m³/anno (con gradiente idraulico unitario e con l'applicazione all'involucro filtrante di una pressione normale totale pari a 3 MPa) e un coefficiente di permeabilità trasversale dell'involucro filtrante di almeno 2 x 10⁻²cm/s.

b) Attrezzatura di infissione

Si dovranno utilizzare attrezzature di infissione a pressione o vibrazione montate su torre con guide di scorrimento in grado di raggiungere, con il mandrino od i tubi di infissione, la profondità prescritta dal progetto nel contesto stratigrafico locale.

Le caratteristiche delle attrezzature di infissione dovranno essere comunicate alle FERROVIE prima dell'inizio dei lavori. Qualora motivato dalla necessità di superamento di strati o livelli di particolare resistenza si potrà ricorrere a prefori eseguiti con sonda a rotazione o rotopercolazione.

Il mandrino o la tubazione di infissione dovrà avere sezione trasversale ridotta al minimo indispensabile per garantire la necessaria resistenza.

Il dreno dovrà essere connesso all'utensile di infissione con un elemento a perdere, in grado di garantire il sicuro vincolo del dreno all'utensile durante l'inserimento e l'ancoraggio del dreno al terreno all'atto del ritiro del mandrino o della tubazione a profondità di progetto raggiunta.

c) Lavori preparatori dell'infissione

Prima di procedere all'installazione dei dreni, l'ESECUTORE dovrà provvedere alla completa asportazione del terreno vegetale dall'area di lavoro, regolarizzando la superficie e coprendola con uno strato di sabbia perfettamente pulita, dello spessore di 50÷80 cm, avente fuso granulometrico corrispondente a quello di una sabbia medio - grossa, con percentuale di passante al vaglio da 0,075 mm non superiore al 2%.

I punti di infissione dei dreni dovranno essere materializzati sul terreno mediante picchetti o punti di riferimento riconoscibili.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 95 di 122

Le attrezzature dovranno operare da un piano di lavoro adeguatamente stabile e tale da escludere variazioni di assetto delle stesse durante le operazioni di infissione.

d) Installazione

L'infissione dei dreni dovrà avvenire a pressione o mediante vibrazione con modalità tali, per quanto concerne la massima pressione e la velocità di penetrazione, da prevenire la rottura dei nastri prefabbricati o il mancato raggiungimento della profondità di progetto.

e) Controlli e documentazione

La effettiva lunghezza installata dovrà essere annotata su un'apposita scheda per ciascun dreno con l'indicazione di eventuali difficoltà riscontrate.

La discordanza dalla posizione planimetrica di progetto non dovrà essere superiore a 10 cm.

10.9.2.2 Dreni in sabbia

a) Caratteristiche della sabbia drenante

Il materiale granulare utilizzato per il riempimento del foro dovrà avere granulometria conforme al fuso definito dal progetto.

Qualora non definito espressamente dal progetto, il fuso granulometrico di riferimento dovrà risultare come riportato nella tabella seguente:

Tabella 10.9.1

APERTURA VAGLIO UNI (mm)	PASSANTE%	
	MIN.	MAX.
0,075	0	2
0,40	0	10
2,00	15	45
5,00	35	75
10,00	70	100

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 96 di 122

b) Attrezzatura

L'ESECUTORE dovrà comunicare alle FERROVIE, prima dell'inizio delle attività, le caratteristiche delle attrezzature che intende utilizzare.

Saranno ammesse attrezzature di perforazione nelle quali l'avanzamento dell'utensile e la disgregazione del terreno, che viene asportato dal foro, sono realizzate mediante l'energia dinamica dell'acqua, attrezzature di perforazione a elica o attrezzature con caratteristiche diverse ma preventivamente approvate dalle FERROVIE.

In ogni caso, le attrezzature dovranno garantire il raggiungimento delle profondità prescritte dal progetto relativamente al diametro e dovranno permettere la realizzazione dei dreni senza rischi di interruzione della continuità del fusto in sabbia.

c) Lavori preparatori dell'infissione

Prima di procedere alla perforazione dei dreni, l'ESECUTORE dovrà provvedere alla completa asportazione del terreno vegetale dall'area di lavoro, regolarizzando la superficie e coprendola con uno strato di materiale granulare pulito, dello spessore di 50÷80 cm.

I punti di perforazione dei dreni dovranno essere materializzati sul terreno mediante picchetti o punti di riferimento riconoscibili.

d) Perforazione e riempimento dei fori

Le perforazioni dovranno essere eseguite con modalità tali da garantire profondità, diametro e continuità del foro, che non dovrà subire alcun collasso parziale o chiusura.

Nel caso di impiego di tecniche con disgregazione idraulica del terreno, il foro dovrà essere sempre mantenuto pieno di acqua, per prevenire i danni conseguenti al mancato sostentamento delle pareti del foro per effetto della controspinta idrostatica.

Non è ammesso l'impiego di fluidi di perforazione diversi dall'acqua che dovrà essere priva di additivi, se non perfettamente biodegradabili in 20÷40 ore.

Il riempimento dei fori con sabbia dovrà essere eseguito dal basso a risalire, iniziando da fondo foro, mediante il convogliamento della sabbia con tubazioni che, nel caso di perforazione con elica, potranno essere costituite dallo spazio anulare cavo interno alle stesse eliche, da ritirare progressivamente con il procedere del riempimento.

A riempimento eseguito, il tratto sommitale di materiale granulare inquinato dai materiali provenienti dalla perforazione dovrà essere asportato, condotto a discarica e sostituito con nuovo materiale drenante approvato, fino a realizzare un materasso drenante sommitale di spessore e caratteristiche conformi al progetto.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 97 di 122

e) Controlli e documentazione

L'ESECUTORE annoterà su di un'apposita scheda la profondità raggiunta in ogni foro, il quantitativo di sabbia immessa ed eventuali problemi riscontrati.

La discordanza dalla posizione planimetrica di progetto non dovrà essere superiore a 10 cm.

10.9.2.3 Microdreni - Tubi drenanti microfessurati in galleria

10.9.2.3.1 *Caratteristiche dei tubi filtranti*

Il tubo filtrante dovrà avere caratteristiche (diametro, lunghezza e apertura della fessurazione) definite dal progettista in relazione al tipo di terreno nel quale viene inserito.

Il materiale costituente dovrà essere plastico non alterabile, con spessore e resistenza tali da garantire la corretta posa in opera nelle specifiche condizioni del sito e di ciascuna operazione.

Qualora non diversamente prescritto e motivato dal progettista, lo spessore del tubo non dovrà essere inferiore a 4 mm, l'apertura della finestratura di 0.5- 1.0 mm e il diametro esterno non inferiore a 50 mm.

Il tratto cieco dovrà avere diametro interno uguale a quello del tratto finestrato.

La parte terminale dei tubi di ciascun dreno, per una lunghezza di almeno 5 m, dovrà essere sufficientemente resistente da non subire danni o deformazioni significative, una volta in opera, in conseguenza anche di un eventuale congelamento dell'acqua in esso contenuta.

10.9.2.3.2 *Attrezzatura*

L'attrezzatura di perforazione dovrà essere costituita da una sonda di adeguata potenza, a rotazione o rotopercolazione.

Le tubazioni del rivestimento provvisorio dovranno garantire il sostentamento delle pareti del foro anche nelle condizioni di perforazione più gravose, permettendo in ogni caso l'installazione dei dreni.

Il diametro interno del rivestimento non dovrà superare di oltre 30 mm quello esterno dei tubi drenanti da inserire.

10.9.2.3.3 *Perforazione*

La perforazione dovrà essere condotta con modalità approvate dalle FERROVIE e a diametro costante, non inferiore a 90 mm, per tutto il foro con eventuali maggiorazioni di tale diametro in corrispondenza del tratto

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 98 di 122

equipaggiato con tubazione cieca, qualora ritenuto utile o necessario per il raggiungimento della profondità richiesta.

La perforazione dovrà sempre essere effettuata a secco accompagnata da rivestimento provvisorio senza impiego di fluidi diversi da acqua, eventualmente additivata con polimeri biodegradabili in 20÷40 ore.

E' ammesso uno scostamento massimo dell'asse teorico non superiore al 3%. Al termine della perforazione il foro dovrà essere energicamente lavato con acqua pulita.

Si dovrà evitare, se non altrimenti approvato, di perforare contemporaneamente dreni a interasse inferiore a 10 m.

10.9.2.3.4 *Installazione*

Il dreno dovrà essere inserito nell'interno del rivestimento provvisorio, che dovrà essere solo successivamente estratto.

La bocca del tubo dovrà sporgere di 4÷6 cm dal paramento di boccaforo e dovrà essere protetta da staffe di acciaio sporgenti.

Nel caso di dreni con tratto cieco maggiore di 5 m di lunghezza, il tubo dovrà essere dotato di accessori atti a separare il tratto filtrante da quello cieco mediante cementazione dell'intercapedine tra tubo e parete del foro lungo il tratto cieco.

A questo scopo dovranno essere predisposti:

- valvole a manicotto distanti 100 e 150 cm dal punto di giunzione tra tratto filtrante e tratto cieco;
- un sacco otturatore in tela juta o simili, avente 40 cm di diametro e lunghezza di circa 200 cm, legato alle estremità e disposto a copertura delle valvole, nel tratto più profondo del tubo cieco;
- alcune valvole a manicotto lungo la parte cieca del tubo non occupato dal sacco otturatore.

La cementazione si dovrà eseguire ponendo in opera una miscela cementizia, mediante un condotto di iniezione munito di doppio otturatore, subito dopo l'estrazione del rivestimento provvisorio.

Le modalità esecutive per la cementazione dovranno essere le seguenti:

- posizionamento del sacco otturatore in corrispondenza della valvola inferiore;
- iniezione di un volume di miscela corrispondente al volume del sacco otturatore completamente espanso, con una pressione di iniezione alla quota della valvola compresa tra 0,2 H e un prudenziale margine rispetto alla pressione che procura la lacerazione e la sfilatura del tubolare dalle sue legature alle estremità (H equivale alla differenza di quota tra valvola inferiore e boccaforo);

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 99 di 122

- spostamento del doppio otturatore sulla valvola appena sopra il sacco otturatore iniettato e riempimento con miscela in pressione fino al suo rifluimento a bocca foro.

Il tratto filtrante dovrà di norma essere rivestito con un foglio di geotessile non tessuto avente caratteristiche rispondenti alla norma UNI EN 13252 -2014.

10.9.2.3.5 *Lavaggio e manutenzione dei dreni*

Ultimate le operazioni di installazione e eventuale cementazione dei tubi, il dreno dovrà essere lavato con acqua mediante una lancia con tratto terminale metallico dotato di ugelli per la fuoriuscita radiale del liquido; la lancia dovrà scorrere entro il tubo grazie a dei pallini opportunamente disposti e tali da prevenire ogni danneggiamento del dreno.

Il lavaggio dovrà essere eseguito a partire dal fondo del dreno risalendo a giorno in forma graduale e progressiva dopo aver osservato la fuoriuscita di acqua limpida da bocca foro.

Il lavaggio dovrà essere ripetuto fino a quando non sarà stato realizzato un filtro rovescio naturale nel terreno circostante il dreno, in modo tale da assicurare che nella fase di esercizio il drenaggio delle acque non sia accompagnato da fenomeni di trasporto solido.

A installazione e lavaggio avvenuti, ogni dreno dovrà essere mantenuto in modo da permettere l'accesso alla bocca per periodiche ispezioni e per misure della portata emunta.

10.9.2.3.6 *Documentazione e controlli*

Per ogni dreno installato l'ESECUTORE dovrà compilare un'apposita scheda contenente le seguenti informazioni:

- identificazione;
- caratteristiche dimensionali del foro realizzato e del dreno installato;
- schema geometrico dell'installazione e dell'eventuale cementazione;
- risultati visivi del lavaggio.

La discordanza planimetrica dalla posizione di progetto non dovrà essere superiore a 10 cm.

Con frequenza stabilita dalle FERROVIE si dovrà misurare anche:

- la portata emunta;
- la misura della frazione solida in sospensione.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 100 di 122

10.9.2.4 Trincee drenanti

a) Attrezzature e procedimenti di scavo

Per trincee di modesta profondità è possibile utilizzare degli escavatori a braccio rovescio, con benna a cucchiaio. In tal caso lo scavo procederà con continuità e le operazioni di posa dei geotessili e del materiale di riempimento dovranno essere effettuate a seguire.

Per l'esecuzione di trincee drenanti profonde dovranno essere utilizzate le attrezzature e le tecniche di scavo dei diaframmi.

Lo scavo della trincea dovrà essere necessariamente eseguito a secco provvedendo al suo immediato riempimento con il materiale drenante. Nei casi in cui la coesione del terreno non sia tale da garantire la stabilità dello scavo, potranno essere utilizzati fanghi biodegradabili.

In alternativa si realizzeranno schermi costituiti da pozzi drenanti.

Lo scavo delle trincee drenanti profonde dovrà essere condotto per pannelli successivi, eseguiti utilizzando una benna mordente il cui spessore nominale dovrà corrispondere allo spessore di progetto della trincea.

Per consentire lo scavo di pannelli adiacenti a quelli già riempiti con il materiale drenante, senza che questo frani, dovranno essere utilizzati dei tubi-spalla opportunamente immorsati nel terreno e ancorati in testa.

b) Geotessili

Le pareti dello scavo dovranno essere di norma rivestite con un foglio di geotessile le cui caratteristiche dovranno essere stabilite dal progettista in relazione alla granulometria del terreno naturale e del materiale di riempimento. In ogni caso il geotessile dovrà avere tutte le caratteristiche descritte nella Sezione 5 "Opere in terra e scavi" del presente Capitolato.

I vari fogli di geotessile dovranno essere cuciti tra foro e foro per formare il rivestimento del drenaggio. Qualora la cucitura non venga effettuata, la sovrapposizione dei fogli dovrà essere di almeno 50 cm.

La parte inferiore del geotessile, a contatto con il fondo della trincea e per un'altezza di almeno 30 cm sui fianchi dovrà essere impregnata con bitume a caldo o reso fluido con opportuni solventi che non abbiano effetto negativo sulle caratteristiche del geotessile.

Tale impregnazione potrà essere eseguita prima della posa sul fondo del geotessile o, per trincee poco profonde, anche dopo la sua sistemazione in opera.

Si dovrà prevedere la fuoriuscita di una quantità di geotessile sufficiente a una doppia sovrapposizione dello stesso sulla sommità del drenaggio (2 volte la larghezza della trincea).

c) Riempimento con materiale drenante

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 101 di 122

Il cavo rivestito dovrà essere immediatamente riempito con materiale drenante, curando in particolare che il geotessile aderisca alle pareti dello scavo.

Si dovrà utilizzare materiale lapideo pulito e vagliato, tondo o di frantumazione, con pezzatura massima non eccedente i 70 mm.

In ogni caso la granulometria del materiale drenante dovrà soddisfare le seguenti condizioni:

- $4 d_{15} < D_{15} < d_{85}$;
- $D_{60}/D_{15} < 2$;

dove:

d = diametro dei grani del terreno;

D = diametro dell'aggregato.

Il riempimento dovrà essere interrotto a circa 50 cm dal piano campagna. Si dovrà quindi rivoltare i fogli di geotessile e ricoprire il tutto con argilla compattata.

d) Controlli e documentazione

Per ogni pannello scavato l'ESECUTORE dovrà fornire una scheda con indicati:

- profondità;
- volumi scavati;
- volumi di riempimento;
- curva granulometrica degli aggregati;
- risultati delle prove sui materiali.

10.9.2.5 Pozzi drenanti

a) Attrezzature

Per la realizzazione di schermi di pozzi drenanti dovranno essere utilizzate le attrezzature per l'esecuzione di pali trivellati con impiego di tubi di rivestimento provvisorio.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 102 di 122

E' tassativamente esclusa la possibilità di impiego di fanghi bentonitici. L'impiego di acqua o di fanghi biodegradabili potrà essere utilizzato, in determinate circostanze, solamente se preventivamente autorizzato dalle FERROVIE.

Per la realizzazione dei collettori di fondo dovranno essere utilizzate sonde a rotazione e/o rotopercolazione a manovra corta, montate su telai di forma cilindrica e di diametro compatibile con il diametro dei pozzi.

Le sonde potranno essere a funzionamento automatico, telecomandato o manuale.

Alle sonde dovranno essere asservite attrezzature di servizio integrate, costituite da una gru, motore e centralina idraulica, pompe sommerse per lo svuotamento provvisorio dei pozzi, etc.

Prima dell'inizio dei lavori l'ESECUTORE dovrà trasmettere alle FERROVIE una planimetria con indicati tutti i pozzi drenanti, numerati progressivamente, specificando i previsti allestimenti finali (pozzi drenanti, pozzi ispezionabili, etc.) e la sequenza di esecuzione.

b) Perforazioni

Le batterie di pozzi drenanti con collegamento sul fondo dovranno essere realizzate in due fasi esecutive:

- la prima fase sarà costituita dalla perforazione verticale, da eseguire con modalità e attrezzature convenzionali, con il divieto di utilizzare fanghi bentonitici che, a seguito della formazione del "cake" sulle pareti di scavo, ridurrebbero l'effetto drenante. Dovrà comunque essere limitato anche l'impiego di acqua, allo scopo di non arricchire ulteriormente le falde. In ogni caso, ove possibile, la più corretta procedura esecutiva per la realizzazione dei pozzi consiste nello scavo "a secco" con rivestimento provvisorio del foro;
- la seconda fase di lavoro riguarderà l'esecuzione della trivellazione per il collegamento al fondo mediante una speciale attrezzatura in grado di operare all'interno dei pozzi, impiegando l'utensile più adatto alla natura del terreno da attraversare. Eseguiti i collegamenti, si dovrà procedere all'allestimento definitivo dei pozzi mentre le attrezzature di scavo e perforazione dovranno essere utilizzate per l'esecuzione di un nuovo tratto di batteria. Di norma i lavori dovranno iniziare dal pozzo posto più a valle, in modo da consentire il funzionamento dell'impianto sin dalle prime fasi di lavoro.

c) Esecuzione dei collegamenti tra i pozzi

Prima di effettuare i collegamenti dovranno essere controllati tutti i parametri geometrici delle perforazioni, verticali e orizzontali, allo scopo di assicurare la necessaria precisione plano-altimetrica del collegamento.

L'ESECUTORE dovrà trasmettere alle FERROVIE le modalità di controllo della geometria delle perforazioni.

Completata la trivellazione, si dovrà procedere alla posa in opera del collettore di collegamento che dovrà essere realizzato utilizzando tubi in grado di resistere alle pressioni interne ed esterne e di sopportare elevate deformazioni senza danni.

d) Allestimento definitivo dei pozzi

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 103 di 122

Sono possibili i seguenti allestimenti:

- pozzi drenanti a tutta sezione;
- pozzi drenanti ispezionabili;
- pozzi drenanti con rivestimento strutturale.

d1) Pozzi drenanti a tutta sezione

Dopo aver impermeabilizzato il fondo del pozzo si dovrà realizzare il collegamento dei due tubi (di arrivo e di mandata), tramite un tratto adeguatamente fessurato.

Si dovrà eseguire quindi il riempimento con materiale arido pulito provvedendo contemporaneamente all'estrazione del rivestimento provvisorio.

Si dovrà utilizzare di norma un fuso granulometrico compreso fra 2 e 25 mm circa comunque conforme a quanto specificato in progetto.

Per favorire il corretto assestamento della ghiaia potrà essere opportuno facilitarne la discesa mediante l'ausilio di un limitato deflusso di acqua.

Completato il riempimento, si dovrà provvedere alla realizzazione di un tappo superiore di impermeabilizzazione separato dal materiale drenante per mezzo di un feltro di geotessile o una membrana di PVC.

d2) Pozzi ispezionabili

Si tratta di pozzi rivestiti, aventi diametro interno di circa 1,5 m in modo da realizzare una intercapedine, anche tra rivestimento e parete, dello spessore di circa 15 cm.

La presenza del rivestimento definitivo consente in ogni momento di accedere alla tubazione di collegamento per verificarne il normale funzionamento ed eseguire, se necessario, eventuali manutenzioni.

Il mantello drenante di questi pozzi dovrà essere ottenuto tramite il riempimento di questa corona anulare esterna con il materiale granulare arido 2÷25 mm conforme a quanto specificato in progetto.

Dopo aver eseguito l'impermeabilizzazione del fondo (esterno e interno), si dovrà procedere al riempimento con il materiale drenante posto in opera con opportuni convogliatori.

Realizzato anche il tappo superiore, si dovrà provvedere ad installare all'interno del rivestimento definitivo una scala metallica munita di gabbia di protezione.

Infine dovrà essere posto in opera il chiusino di testa, in cemento armato prefabbricato, munito di botola in ghisa.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 104 di 122

d3) Pozzi drenanti strutturali

Si tratta di pozzi aventi diametro di 2 m, il cui mantello drenante, di spessore medio $s = 10$ cm, è coassiale ed esterno ad un rivestimento in conglomerato cementizio armato di almeno 30 cm di spessore. Esecutivamente il pozzo dovrà essere realizzato inserendo, entro la perforazione di 2 m, due rivestimenti ondulati aventi diametro di 1.2 e 1.8 m, coassiali, al cui interno verrà quindi posizionata l'armatura.

I due rivestimenti ondulati, il cui spessore (comunque maggiore di 2,7 mm) sarà da dimensionare in base alla profondità del getto di conglomerato cementizio, fungeranno da “cassero a perdere”.

Se realizzati in acciaio zincato, essi potranno essere considerati, sotto determinate condizioni stabilite da FERROVIE, collaboranti permanentemente.

Dopo aver posizionato i lamierini e l'armatura si dovrà eseguire il riempimento dell'intercapedine esterna con materiale drenante e quindi il getto di conglomerato cementizio, dopo adeguato puntellamento interno. Le acque di drenaggio dovranno essere raccolte all'interno del pozzo tramite 2÷3 perforazioni radiali nel rivestimento in c.a.. L'allestimento del pozzo dovrà essere infine completato in maniera analoga a quanto previsto per i pozzi ispezionabili (scala, chiusino, botola, etc.).

e) Raccomandazioni particolari

e1) Verifica della profondità ottimale di drenaggio

Dovrà essere attuata mediante l'esecuzione preliminare di alcuni pozzi in posizioni opportunamente prescelte.

Le profondità dei pozzi dovranno infatti essere congrue con l'obiettivo di tenere depressa la falda fino alle profondità previste in progetto e con la necessità di rispettare ovunque le pendenze della condotta di fondo. Sarà opportuno quindi, in via preliminare, verificare localmente la profondità da raggiungere e modificare, se necessario, la posizione della condotta di scarico.

L'ESECUTORE dovrà indicare nella planimetria dell'intervento i pozzi preliminari.

Se approvati dalle FERROVIE, questi pozzi potranno far parte degli schermi drenanti di esercizio.

e2) Esecuzione dei collegamenti

I collegamenti orizzontali dovranno essere eseguiti di norma partendo dai pozzi più in basso, in modo da avere progressivamente attivo il sistema drenante; in caso contrario, si dovranno utilizzare, provvisoriamente, delle pompe di sollevamento.

In genere la pendenza media della condotta di fondo non dovrà essere inferiore al 2%; potrà essere consentita la realizzazione della condotta secondo una disposizione a gradini.

e3) Integrazione del drenaggio

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 105 di 122

Ove previsto dal progetto, si installeranno dall'interno dei pozzi delle raggiere di tubi microfessurati in PVC. L'importanza di questi microdreni è data dalla possibilità che offrono di incrementare la captazione delle acque in terreni poco permeabili o al contrario tra colture e substrato.

e4) Allontanamento definitivo delle acque

Dovrà essere ottenuto mediante il loro recapito dai pozzi terminali a un sistema di canalette superficiali da disporre lungo opportune direttrici.

f) Controlli e documentazione

L'ESECUTORE dovrà provvedere a installare una rete di controllo geotecnico, conforme alle indicazioni di progetto e/o secondo un piano approvato dalle FERROVIE.

Dovrà inoltre provvedere, con le frequenze che saranno concordate con le FERROVIE, al controllo della strumentazione geotecnica integrata con la misurazione periodica delle portate di drenaggio, sia agli scarichi, sia in corrispondenza dei punti nodali più significativi. I misuratori di portata dovranno essere ubicati secondo lo schema previsto in progetto.

Per ogni pozzo eseguito e messo in esercizio l'ESECUTORE dovrà fornire una scheda tecnica indicante:

- n. del pozzo;
- data;
- diametro;
- profondità;
- volumi di acqua emunta per prosciugare il pozzo;
- tipo di allestimento;
- numero, quota, diametro e lunghezza dei collegamenti a indicare i pozzi collegati;
- volumi dei materiali drenanti messi in opera;
- livello idrico a operazioni concluse (solo per i pozzi ispezionabili).

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 106 di 122

10.10 MICROPALI E INFILAGGI

10.10.1 MICROPALI

10.10.1.1 Definizioni e tipologie

Per quanto riguarda le definizioni e l'elencazione delle diverse tipologie di micropali si rimanda alla sezione 7, paragrafo 7.7. "Micropali" del presente Capitolato, dove sono presenti le prescrizioni relative ai micropali utilizzati nelle fondazioni speciali e nelle sottofondazioni. Nella presente Sezione del Capitolato sono trattati i micropali quando sono utilizzati nelle seguenti tipologie di opere:

1. Opere di sostegno, paratie di micropali (berlinesi a sbalzo o tirantate);
2. Interventi di stabilizzazione di pendii o fronti di scavo in genere;
3. Sostegno di reti paramassi o cucitura di rocce fessurate.

I micropali dal punto di vista esecutivo si suddividono in:

- Micropali cementati mediante iniezioni multiple selettive - IRS: Injection Répétitive et Sélective (tipo "Tubfix")
- Micropali a semplice cementazione - IGU: Injection Globale Unique (tipo "Radice")

10.10.1.2 Vincoli geotecnici e ambientali

Le tecniche di perforazione dovranno essere idonee alla natura del terreno attraversato e alle caratteristiche idrogeologiche del sito.

In particolare dovranno essere adottati tutti gli accorgimenti atti a evitare il franamento delle pareti del foro, la contaminazione delle armature, l'interruzione e/o l'inglobamento di terreno nella guaina cementizia che solidarizza l'armatura al terreno circostante.

Di norma le perforazioni dovranno essere eseguite in presenza di rivestimento, con circolazione di fluidi di perforazione per l'allontanamento dei detriti e per il raffreddamento dell'utensile.

I fluidi di perforazione potranno consistere in:

- acqua;
- fanghi bentonitici;
- schiuma;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 107 di 122

- aria, nel caso di perforazione a roto-percussione con martello a fondo foro, o in altri casi approvati preventivamente dalle FERROVIE.

La perforazione dovrà avvenire a secco nel caso di terreni sensibili all'acqua.

La perforazione a rotazione a secco, o con impiego di aria è invece raccomandata in terreni argillosi sovraconsolidati.

Nel caso di impiego della roto-percussione, sia mediante martello a fondo foro che mediante dispositivi di battuta applicati alla testa di rotazione, l'ESECUTORE dovrà eseguire sistematicamente misure di controllo delle vibrazioni indotte, da presentare alla Direzione Lavori unitamente ai documenti delle eventuali prove preliminari.

10.10.1.3 Campo prove e controlli preliminari

Almeno 15 giorni prima dell'inizio della posa in opera dei micropali l'ESECUTORE dovrà consegnare alle FERROVIE la documentazione preliminare comprendente:

- rilievi stratigrafici del terreno;
- una relazione nella quale, in base alle caratteristiche stratigrafiche del terreno attraversato, si specifichino le modalità di perforazione ritenute più adatte;
- l'elenco e la specifica tecnica delle attrezzature da impiegare;
- risultati di eventuali prove preliminari di perforazione eseguite con le stesse modalità e attrezzature proposte.

Se richiesto dalle FERROVIE, in relazione a particolari condizioni stratigrafiche o all'importanza dell'opera, l'idoneità di tali attrezzature e delle modalità di esecuzione dovrà essere verificata mediante l'esecuzione di micropali di prova, portati a rottura con il metodo della trave di contrasto ancorata o zavorrata.

10.10.1.4 Prove di collaudo

10.10.1.4.1 Prove di carico verticale

Relativamente alle prove di collaudo (numero, tipologia e prescrizioni) si rimanda a quanto già riportato nella sezione 7 del presente Capitolato sui pali e micropali di fondazione, che tratta le verifiche del sistema di micropali di progetto ai carichi verticali.

10.10.1.4.2 Prove di carico orizzontale

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 108 di 122

In casi particolari, ove previsto da progetto (soprattutto per le tipologie di opere dei gruppi 1) e 2) devono essere eseguite anche prove di carico orizzontale con le seguenti finalità:

- ottenere indicazioni sulla entità degli spostamenti orizzontali sotto i carichi di esercizio;
- controllare i valori dei parametri geotecnici assunti nel progetto dei micropali, in particolare i valori del modulo di reazione orizzontale del terreno.

Il carico può essere applicato mediante un opportuno martinetto orizzontale interposto tra la testa del palo e un elemento di contrasto. Il sistema di applicazione del carico deve avere capacità non inferiore al carico massimo orizzontale previsto (carico di esercizio+carico dinamico massimo).

Nel corso di tali prove dovranno, almeno, essere effettuate le misure degli spostamenti orizzontali e delle rotazioni in testa. Il grado di precisione delle misure di spostamento deve essere non inferiore a 1/10 di mm. Gli spostamenti vengono rilevati mediante micrometri o strumenti ottici. Il grado di precisione delle misure di rotazione deve essere almeno dell'ordine di 1 mm/m, ciò può ottenersi con apparecchiature di tipo inclinometrico. Il sistema di misura degli spostamenti orizzontali in profondità è di regola basato sull'uso di sonde inclinometriche o di inclinometri fissi. Le misure di inclinazione devono essere eseguite per il tratto in cui sono previsti spostamenti significativi.

La successione dei carichi avviene con modalità analoghe a quelle già indicate per le prove di carico verticale.

10.10.1.5 Tolleranze di costruzione

Le tolleranze di costruzione dei micropali sono definite nel paragrafo 7.9 della Sezione 7 “Pali e micropali” del presente Capitolato.

10.10.1.6 Materiali

10.10.1.6.1 Armature

- a1) Barre in acciaio per c.a.

Le armature dovranno soddisfare le prescrizioni presenti nella Sezione 6 “Opere in conglomerato cementizio” del presente Capitolato.

Le armature metalliche dovranno essere di norma costituite da barre ad aderenza migliorata; le armature trasversali dei micropali dovranno essere costituite da staffe o da una spirale in tondino anche a piatto sagomato, esterne ai ferri longitudinali.

I micropali costruiti in zona sismica dovranno essere armati per tutta la lunghezza.

Le armature verranno pre-assemblate fuori opera in “gabbie”; i collegamenti dovranno essere ottenuti con doppia legatura in filo di ferro e/o morsetti.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 109 di 122

Le gabbie di armatura, all'atto della messa in opera, dovranno essere perfettamente pulite ed esenti da ruggine.

Le armature dovranno essere dotate di opportuni distanziatori atti a garantire la centratura nel foro con un copriferro netto minimo di 4 cm rispetto al diametro nominale del foro.

Per i distanziatori non cementizi al fine di garantire la solidarizzazione con la miscela cementizia, è necessario che la loro superficie sia forata per almeno il 25%.

I centratori dovranno essere posti a gruppi di 3-4 regolarmente distribuiti sul perimetro e con spaziatura verticale di 2-3 m.

a2) Tubi in acciaio

Si dovranno utilizzare tubi aventi caratteristiche geometriche e qualità dell'acciaio conformi a quanto indicato nei disegni di progetto.

I tubi dovranno essere del tipo senza saldature, con giunzioni a mezzo di manicotto filettato dello stesso spessore del tubo e di lunghezza adeguata, da verificare alla flessione in base ai parametri di progetto. Le caratteristiche delle giunzioni (filettatura, lunghezza, sezioni utili) dovranno consentire una trazione ammissibile pari al 100% del carico di progetto a compressione allo SLE (combinazione rara).

Le valvole di iniezione, ove previste, dovranno essere del tipo a "manchette" costituite cioè da una guarnizione in gomma dello spessore minimo di 3,5 mm, tenuta in sede da due anelli metallici, del diametro di almeno 4 mm solidarizzati al tubo. Nel tubo in corrispondenza di ciascuna valvola dovranno essere praticati almeno due fori di 10 mm di diametro.

Anche le armature tubolari dovranno essere dotate di distanziatori non metallici, per assicurare un copriferro minimo di 4 cm, posizionati di preferenza sui manicotti di giunzione.

In particolare per le prove di qualificazione dovrà essere fatto riferimento alle norme richiamate dalle NTC2008 e in particolare:

1. Materiali da impiegare: Norme UNI EN 10210 Parti 1^a e 2^a; UNI EN 10025; UNI EN ISO 148-1:2010;
2. Saldature: Norme UNI 5132; UNI 7278;
3. Bullonature: Norme UNI 5727; UNI 5591, UNI 5592;
4. Collaudi: Norma UNI 10024.

Al fine di garantire l'identificazione e la rintracciabilità dei prodotti approvvigionati, tutto il materiale avente dimensione quadra o tonda superiore a 60 mm dovrà essere marcato, sull'intera lunghezza di ciascun elemento e a intervalli non inferiori a 3.0 m, con i parametri definiti nel paragrafo 10 della Norma EN 10210 - 1. Di ogni partita di materiale consegnato dovranno essere conservate e rese eventualmente disponibili alle FERROVIE le bolle di consegna e i certificati di prova.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 110 di 122

a3) Profilati in acciaio

Le caratteristiche geometriche e meccaniche dei profilati dovranno essere conformi a quanto prescritto nei disegni di progetto.

Di norma i profilati dovranno essere costituiti da elementi unici. Saranno ammesse giunzioni saldate, realizzate con l'impiego di adeguati fazzoletti laterali, nel caso di lunghezze superiori ai valori degli standard commerciali (12÷14m).

Le saldature dovranno essere dimensionate ed eseguite in conformità alle Norme vigenti in materia.

a4) Vetroresine

I tubi in vetroresina dovranno avere caratteristiche conformi a quanto previsto al precedente paragrafo 10.6.4.8.

b) Malte e miscele cementizie di iniezione

Dovranno essere applicate le prescrizioni contenute nella Sezione 6 “Opere in conglomerato cementizio” del presente Capitolato, anche nel caso in cui tali malte risultassero sottoposte ad attacco chimico.

10.10.1.7 Modalità esecutive

La norma di riferimento è la UNIEN 14199 (2005) che stabilisce i principi generali per l'esecuzione dei micropali realizzati con acciaio o altri materiali di armatura, malta per iniezione, malta o calcestruzzo, nonché loro combinazioni.

10.10.1.7.1 Micropali a iniezioni multiple selettive

a) Perforazione

La perforazione dovrà essere eseguita con modalità e utensili tali da consentire la regolarità delle successive operazioni di getto e da minimizzare il disturbo del terreno nell'intorno del foro.

Per la circolazione del fluido di perforazione dovranno essere utilizzate pompe a pistoncini con portate e pressioni adeguate. Di norma i valori minimi dovranno essere di 200 l/min e 2,5 MPa, rispettivamente.

Nel caso di perforazione a roto-percussione con martello a fondo-foro si dovranno utilizzare compressori di adeguata potenza; le caratteristiche minime richieste sono:

- portata maggiore di 10 m³/min;
- pressione non inferiore a 0,8 MPa.

b) Allestimento del micropalo

Al termine della perforazione il foro dovrà essere accuratamente sgombrato dai detriti mediante il fluido di circolazione o l'utensile asportatore, senza operare con l'utensile disgregatore.

L'ordine di esecuzione dei micropali nell'ambito di ciascun gruppo dovrà essere stabilito in modo tale da evitare tassativamente l'interferenza delle perforazioni con le operazioni di iniezione.

Si provvederà quindi a inserire l'armatura tubolare valvolata, munita di centratori, fino a raggiungere la profondità di progetto; sono preferibili i centratori non metallici.

Il tubo dovrà essere prolungato fino a fuoriuscire a bocca foro per un tratto adeguato a consentire le successive operazioni di iniezione.

Di norma si dovrà procedere immediatamente alla cementazione del micropalo (guaina cementizia); la posa in opera delle armature di frettaggio, ove previste, dovrà essere eseguita successivamente all'iniezione.

c) Iniezione

La solidarizzazione dell'armatura al terreno dovrà essere eseguita in due o più fasi come di seguito specificato. Si dovrà utilizzare una miscela cementizia conforme a quanto indicato nei punti precedenti.

c1) Formazione della guaina

Non appena completata la posa in opera del tubo valvolato di armatura, si provvederà immediatamente alla formazione della guaina cementizia, iniettando attraverso la valvola più profonda un quantitativo di miscela sufficiente a riempire l'intercapedine tra le pareti del foro e l'armatura tubolare.

In caso contrario la perforatrice dovrà restare in posizione fino alla successiva ripresa del lavoro.

Contemporaneamente si procederà all'estrazione dei rivestimenti provvisori, quando utilizzati, e si effettueranno i necessari rabbocchi di miscela cementizia.

Completata l'iniezione di guaina, si provvederà a lavare con acqua il cavo interno del tubo di armatura.

c2) Iniezioni selettive a pressioni e volumi controllati

Trascorso un periodo di 12÷24 ore dalla formazione della guaina, si procederà all'esecuzione delle iniezioni selettive per la formazione del bulbo di ancoraggio.

Si procederà valvola per valvola, a partire dal fondo, tramite un pistoncino (packer) a doppia tenuta collegato al circuito di iniezione.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 112 di 122

La massima pressione di apertura delle valvole non dovrà superare il limite di 6 MPa; in caso contrario la valvola dovrà essere abbandonata.

Ottenuta l'apertura della valvola, si dovrà iniziare l'iniezione in pressione fino a ottenere i valori dei volumi di assorbimento e di pressione prescritti in progetto.

Per pressione di iniezione si intende il valore minimo che si stabilisce all'interno del circuito.

L'iniezione dovrà essere eseguita utilizzando portate non superiori a 30 l/min, e comunque con valori che, in relazione alla effettiva pressione di impiego, siano tali da evitare fenomeni di fratturazione idraulica del terreno (claquage).

I volumi di iniezione dovranno essere di norma non inferiori a tre volte il volume teorico del foro, e comunque conformi alle prescrizioni di progetto. Nel caso in cui l'iniezione del previsto volume non comporti il raggiungimento della prescritta pressione di rifiuto, oppure la pressione residua misurata a bocca foro non abbia superato 0,7 MPa, la valvola dovrà essere nuovamente iniettata, trascorso un periodo di 12 ÷ 24 ore.

Fino a quando le operazioni di iniezione non saranno concluse, al termine di ogni fase occorrerà procedere al lavaggio interno del tubo d'armatura.

c3) Caratteristiche degli iniettori

Per eseguire l'iniezione si utilizzeranno delle pompe oleodinamiche a pistoncini, a bassa velocità, aventi le seguenti caratteristiche minime:

- pressione massima di iniezione: ≥ 10 MPa;
- portata massima: 2 m³/ora;
- n° massimo di pistonate/minuto: 60.

Le caratteristiche delle attrezzature utilizzate dovranno essere comunicate alle FERROVIE.

d) Controlli e documentazione

Per ogni micropalo eseguito l'ESECUTORE dovrà fornire una scheda contenente le seguenti indicazioni:

- n° del micropalo e data di esecuzione (con riferimento a una planimetria);
- lunghezza della perforazione;
- modalità di esecuzione della perforazione: utensile, fluido, rivestimenti;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 113 di 122

- caratteristiche dell'armatura;
- volume dell'iniezione di guaina;
- tabelle delle iniezioni selettive indicanti per ogni valvola e per ogni fase:
 - data;
 - pressioni di apertura;
 - volumi di assorbimento;
 - pressioni raggiunte;
- caratteristiche della miscela utilizzata:
 - composizione;
 - viscosità Marsh della miscela cementizia e decantazione;
 - massa volumica della miscela cementizia;
- dati di identificazione dei campioni prelevati per le successive prove di resistenza a compressionemonoassiale;
- risultati delle determinazioni della massa volumica, della decantazione e della resistenza a compressione.

Questi ultimi tre valori dovranno essere confrontati con i valori misurati nel corso delle prove di qualificazione delle miscele di cui al precedente punto paragrafo.

10.10.1.7.2 *Micropali a semplice cementazione*

a) Perforazione

La perforazione dovrà essere eseguita secondo le prescrizioni del punto 10.6.5.1.2.

b) Allestimento del micropalo

Completata la perforazione e rimossi i detriti, secondo le prescrizioni del punto 10.6.5.1.2, l'ESECUTORE dovrà inserire entro il foro l'armatura conforme ai disegni di progetto.

c) Cementazione

c1) Riempimento a gravità

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 114 di 122

Il riempimento del foro, dopo la posa delle armature, dovrà avvenire tramite un tubo di alimentazione posizionato a 10÷15 cm dal fondo, collegato alla pompa di mandata o agli iniettori.

Nel caso si adotti una miscela contenente aggregati sabbiosi, il tubo convogliatore dovrà essere dotato superiormente di un imbuto o tramoggia di carico.

Si potrà anche procedere al getto attraverso l'armatura, se tubolare e di diametro interno maggiore di 80 mm.

Nel caso di miscela cementizia pura, senza aggregati, si potrà usare per il getto l'armatura tubolare solo se il diametro interno sarà inferiore a 80 mm; in caso diverso si dovrà ricorrere a un tubo di convogliamento separato.

Il riempimento dovrà essere proseguito fino a che la malta immessa risalga in superficie senza inclusioni. Si dovrà accertare la necessità o meno di effettuare rabbocchi, da eseguire sempre tramite il tubo di convogliamento.

c2) Riempimento a bassa pressione

Il foro dovrà essere interamente rivestito; il getto della malta o della miscela dovrà avvenire in un primo momento, entro il rivestimento provvisorio, tramite un tubo di convogliamento come descritto punto c1) precedente.

Successivamente si dovrà applicare al rivestimento un'ideale testa a tenuta alla quale si invierà aria in pressione (0.5 ÷ 0.6 MPa) contestualmente al sollevamento graduale del rivestimento fino alla sua prima giunzione.

Dovrà essere smontata quindi la sezione superiore del rivestimento e applicata la testa a tenuta al tratto residuo di rivestimento, previo rabboccamento dall'alto per riportare a livello la malta.

Si dovrà procedere analogamente per le sezioni successive fino a completare l'estrazione del rivestimento.

In relazione alla natura del terreno potrà essere sconsigliabile applicare la pressione d'aria agli ultimi 5÷6 m di rivestimento da estrarre, per evitare la fratturazione idraulica degli strati superficiali.

d) Controlli e documentazione

La profondità dei perfori, da valutare rispetto alla quota del sottopinto o della trave di coronamento nel caso di paratie, dovrà essere misurata in doppio modo:

- in base alla lunghezza delle aste di perforazione nel foro al termine della perforazione, con l'utensile appoggiato sul fondo;
- in base alla lunghezza dell'armatura.
- La differenza fra le due misure dovrà risultare minore di 0,10 m; in caso contrario si dovrà procedere alla pulizia del fondo del foro, asportando i detriti accumulati, dopo aver estratto l'armatura.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 115 di 122

- La massa delle armature dovrà essere determinata:
 - nel caso di armature in barre ad aderenza migliorata, in base alla massa teorica corrispondente ai vari diametri nominali, alla lunghezza di progetto alla massa unitaria;
 - nel caso di armature a tubo di acciaio, in base alla massa effettiva dei tubi posti in opera.

Durante l'iniezione dovrà essere prelevato un campione di miscela per ogni micropalo sul quale si determinerà la massa volumica, la viscosità Marsh e la decantazione.

La massa volumica dovrà risultare pari ad almeno il 98% di quella teorica. Nelle prove di decantazione, l'acqua essudata fino al momento dell'indurimento non dovrà superare lo 0,2% in volume.

Con il campione di miscela verranno inoltre confezionati cubetti di 7 o 10 cm di lato, da sottoporre a prove di resistenza a compressione semplice con frequenza di almeno una prova per ogni 10 micropali o frazione, iniettati nella stessa giornata.

La resistenza dovrà essere conforme a quanto stabilito al precedente paragrafo 10.10.1.6.

Le modalità di prova dovranno essere conformi alle normative vigenti e alle eventuali richieste aggiuntive delle FERROVIE.

Per ogni micropalo eseguito l'ESECUTORE dovrà fornire una scheda contenente le seguenti indicazioni:

- n° del micropalo e data di esecuzione (con riferimento a una planimetria);
- lunghezza della perforazione;
- modalità di esecuzione della perforazione (utensile, fluido, rivestimenti);
- caratteristiche dell'armatura;
- volume della miscela o della malta;
- caratteristiche della miscela o della malta;
- risultati delle determinazioni della massa volumica, della decantazione e della resistenza a compressione semplice.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 116 di 122

10.10.2 INFILAGGI

10.10.2.1 Definizioni

Per gli aspetti generali si rimanda alle prescrizioni contenute nei paragrafi 6.7.1. e 6.9.1. delle NTC2008, integrate dal paragrafo C6.7. della Circolare 617/2009.

Si definiscono infilaggi i tubi portanti iniettati, posti in opera preventivamente dal fronte di scavo sull'estradosso della sezione di avanzamento in calotta. I tubi dovranno essere valvolati; saranno connessi al terreno mediante iniezione a bassa pressione nella cavità anulare tra tubo e pareti del preforo; eventualmente successivamente saranno iniettati in più fasi a pressione e volume controllati attraverso le valvole dall'interno dei tubi.

I tubi dovranno essere disposti in posizione orizzontale o sub orizzontale con geometria tronco conica e divergenza, rispetto all'asse della galleria, non superiore di norma a 60°.

Le caratteristiche dimensionali, la disposizione e le fasi di esecuzione dovranno essere conformi alle presenti prescrizioni e alle eventuali prescrizioni aggiuntive del progettista.

10.10.2.2 Tracciamento e tolleranze costruttive

Prima di iniziare ciascun ciclo di perforazioni l'ESECUTORE dovrà individuare sul fronte di avanzamento le posizioni degli infilaggi, da contrassegnare con marche od altro, in modo da renderle facilmente individuabili.

Le tolleranze di costruzione saranno le seguenti:

- la posizione della testa non dovrà discostarsi da quella di progetto più di 5 cm, salvo diverse prescrizioni delle FERROVIE;
- la deviazione dell'asse dell'infilaggio rispetto all'asse di progetto non dovrà essere maggiore dell'1 %;
- la lunghezza non dovrà differire di ± 15 cm da quella di progetto;
- la sezione dell'armatura metallica non dovrà risultare inferiore a quella di progetto;
- il diametro dell'utensile di perforazione dovrà risultare non inferiore al diametro di perforazione di progetto.

Ogni infilaggio che risultasse non conforme alle tolleranze di cui sopra dovrà essere sostituito a cura e spese dell'ESECUTORE.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 117 di 122

10.10.2.3 Materiali

a) Tubi in acciaio

Le armature metalliche dovranno essere costituite da tubi in acciaio senza saldatura longitudinale, del tipo per costruzioni meccaniche. Dovranno avere lunghezza, diametro e spessore conformi ai disegni di progetto.

Le giunzioni tra i diversi spezzoni di tubi dovranno essere ottenute mediante manicotti filettati o saldati, dello stesso spessore del tubo e di lunghezza adeguata, da verificare alla flessione secondo i valori di progetto. Le caratteristiche delle giunzioni (filettatura, lunghezza, sezioni utili) dovranno consentire una trazione ammissibile pari almeno all'80% del carico ammissibile a compressione.

I tubi valvolati dovranno essere forati in corrispondenza di ciascuna valvola di iniezione e scovolati internamente per asportare eventuali sbavature lasciate dal trapano.

Le valvole di iniezione dovranno essere del tipo “in sezione” oppure a “manchette” costituite cioè da una guarnizione in gomma dello spessore minimo di 3,5 mm, tenuta in sede da due anelli metallici, del diametro di almeno 4 mm solidarizzati al tubo. Nel tubo in corrispondenza di ciascuna valvola dovranno essere praticati almeno due fori di 10 mm di diametro.

In particolare, per le prove di qualificazione dovrà essere fatto riferimento a quanto previsto dalle NTC 2008 e dalle norme tecniche ivi richiamate, in particolare:

- 1) Materiali da impiegare e controlli: Norme UNI EN 10210 Parti 1^a, 2^a e 5^a; UNI EN 10025; UNI EN ISO 148-1:2010 Parte 1^a;
- 2) Saldature: NTC 2008 (parte 4.2.8.2 Unioni saldate; par. 11.3.4.5 Processo di saldatura), Norma EN 1993-1-8;
- 3) Bullonature: NTC 2008 (parte 4.2.8.1 Unioni con bulloni; par. 11.3.4.6 Bulloni e chiodi), Norma EN 1993-1-8.

b) Miscele cementizie di iniezione

Miscele impiegate per l'iniezione dovranno essere conformi alle prescrizioni del precedente paragrafo 10.8.4.1

10.10.2.4 Modalità esecutive

10.10.2.4.1 *Attrezzature e tecniche di perforazione*

Le tecniche di perforazione e le modalità di iniezione dovranno essere definite in relazione alla natura dei materiali da attraversare e alle caratteristiche idrogeologiche locali.

La scelta delle attrezzature e i principali dettagli esecutivi dovranno essere messi a punto mediante l'esecuzione preliminare di infilaggi di prova.

In particolare le attrezzature di perforazione dovranno possedere i seguenti requisiti:

- possibilità di eseguire, senza manovre d'asta, perforazioni con rivestimento provvisorio fino ad almeno 12,0 m di lunghezza;
- possibilità di posizionare le perforazioni secondo la geometria tronco conica o cilindrica definita nel progetto;
- testa di rotazione con foro passante e con ingombro verso l'esterno non eccedente 35 cm rispetto all'asse della perforazione;
- slitta di scorrimento sufficientemente rigida, dispositivi di guida delle aste e apparecchi di stazionamento dell'attrezzatura tali da assicurare il rispetto delle tolleranze geometriche prescritte; la slitta non dovrà comunque subire spostamenti elastici superiori a mm 5 a seguito dell'applicazione, a una qualsiasi delle sue estremità, di una forza di 100 Kg in qualunque direzione nel piano ortogonale dell'asse di perforazione.

La perforazione dovrà essere condotta impiegando utensili atti a ottenere fori del diametro previsto in progetto e a consentire la regolarità delle successive operazioni di infilaggio dei tubi e quelle di iniezione.

Di norma dovrà essere utilizzato il rivestimento provvisorio, da tenere in opera fino ad avvenuto riempimento della cavità anulare tra il tubo e le pareti della perforazione.

Al termine della perforazione e prima dell'inserimento dell'armatura il foro dovrà essere accuratamente sgomberato dai detriti.

L'ordine di esecuzione degli infilaggi nell'ambito di ciascun ciclo dovrà assicurare la non interferenza delle perforazioni e delle iniezioni con perforazioni in corso o in attesa di iniezione.

In ogni caso la successione esecutiva degli infilaggi dovrà essere preventivamente autorizzata dalle FERROVIE.

10.10.2.4.2 *Allestimento dell'infilaggio*

L'introduzione dell'armatura tubolare e l'esecuzione delle iniezioni devono essere iniziate in una fase immediatamente successiva alla perforazione di ciascun infilaggio.

In caso contrario la perforatrice resterà in posizione fino alla successiva ripresa del lavoro e si dovrà provvedere alla pulizia del perforo, subito prima che inizino le operazioni di posa della armatura e di iniezione. In ogni caso non dovrà trascorrere più di un'ora tra il termine della perforazione e l'inizio della iniezione.

L'infilaggio dell'armatura metallica dovrà precedere l'estrazione del rivestimento provvisorio ed essere seguito, immediatamente, dal riempimento della cavità anulare compresa tra tubo e pareti del perforo.

Le fasi dell'iniezione dovranno essere eseguite come riportato ai paragrafi seguenti, fatte salve diverse prescrizioni che le FERROVIE potranno impartire in sede esecutiva.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 10 OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE	
CAPITOLATO-PARTE II- SEZIONE 10	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 008 B</u>	FOGLIO 119 di 122

10.10.2.4.3 Tubi valvolati

Per i tubi valvolati le iniezioni saranno effettuate secondo le seguenti fasi:

- riempimento della cavità anulare compresa tra il tubo e le pareti del foro, ottenuto alimentando con apposito condotto di iniezione e otturatore semplice la valvola più lontana; trattandosi di perfori posti di norma in posizione orizzontale o inclinati verso l'alto, dovranno essere adottati opportuni accorgimenti (tubetti di sfiato, otturatore sulla bocca del perforo, ecc.) per evitare che la miscela cementizia riempi solo parzialmente la cavità o ne fuoriesca;
- lavaggio con acqua dell'interno del tubo;
- avvenuta la presa della miscela precedentemente iniettata, si inietterà in pressione, da ciascuna valvola, la miscela fino al raggiungimento dei volumi e/o delle pressioni previste in progetto.

L'iniezione in pressione dovrà essere ripetuta se previsto in progetto, previo lavaggio con acqua all'interno del tubo.

10.10.2.4.4 Tubi non valvolati (tubi ciechi)

Per i tubi non valvolati le iniezioni saranno effettuate secondo le seguenti fasi:

- riempimento della cavità anulare compresa tra il tubo e le pareti del perforo, ottenuto iniettando con apposito condotto di iniezione e otturatore semplice dalla testa del tubo trattandosi di perfori posti di norma in posizione orizzontale o inclinati verso l'alto, dovranno essere adottati opportuni accorgimenti (tubetti di sfiato, otturatore sulla bocca del perforo o sigillatura della bocca del tubo al terreno, ecc.) per evitare che la miscela cementizia riempi solo parzialmente la cavità o ne fuoriesca.

Qualora nel corso delle iniezioni si riscontrassero assorbimenti anomali di miscela, le FERROVIE ordineranno l'adozione dei provvedimenti e/o cautele che riterrà più idonei tra cui il riempimento di eventuali cavità. Qualora in corso d'opera si rinvenisse la presenza di materiale od ostacoli di qualunque natura che impedisca la costruzione degli infilaggi L'ESECUTORE dovrà provvedere alla rimozione, rottura o attraversamento dei suddetti ostacoli. Al termine delle iniezioni dovrà essere riempito anche l'interno del tubo.

10.10.2.5 Controlli e documentazione dei lavori

Nel corso delle iniezioni dovrà essere prelevato un campione della miscela di iniezione almeno ogni 10 infilaggi. Per quanto riguarda le caratteristiche delle miscele e le modalità di controllo si rimanda al paragrafo 10.6.4.3.

Sul campione si determineranno:

- la massa volumica mediante bilancia portatile, che dovrà essere non inferiore al 97% di quella dichiarata nello studio preliminare;
- l'essudazione che dovrà essere nulla;

L'ESECUTORE dovrà compilare, per ciascun infilaggio, un' apposita scheda, siglata in contraddittorio con le FERROVIE, sulla quale dovranno essere registrati i dati seguenti:

- identificazione dell'infilaggio;
- data di inizio perforazione e termine dell'iniezione;
- profondità di perforazione con inizio e fine del tratto armato;
- assorbimento totale effettivo di miscela di iniezione;
- pressioni residue minime e quantità complessive iniettate per ogni fase di iniezione ripetuta ad alta pressione.

10.11 TOLLERANZE

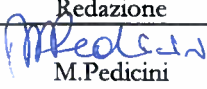

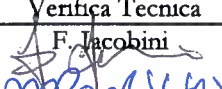



OGGETTO DEL CONTROLLO	DESCRIZIONE PARAMETRO DI CONTROLLO	UNITA' DI MISURA	PRECISIONE	VALORE NOMINALE	TOLLERANZA		
1 - TIRANTI ANCORAGGIO	1. 1	Diametro foro effettivo e teorico	%	1	di progetto	0	+10
	1. 2	Lunghezza di perforazione	mm	10	di progetto	-150	+150
	1. 3	Inclinazione asse perforazione	%	0.5	di progetto	1	
	1. 4	Posizionamento (orizzontale e/o verticale) testa foro	mm	10	di progetto	20	
	1. 5	Lunghezza tratto attivo	mm	10	di progetto	100	
2 - BULLONI ANCORAGGIO	2. 1	Diametro foro effettivo e teorico	%	1	di progetto	0	10
	2. 2	Lunghezza di perforazione	mm	10	di progetto	-150	+150
	2. 3	Inclinazione asse perforazione	%	0.5	di progetto	1	
	2. 4	Posizionamento (orizzontale e/o verticale) testa foro	mm	1	di progetto	50	
3 - CHIODI ANCORAGGIO	3. 1	Diametro foro effettivo e teorico	%	1	di progetto	0	10
	3. 2	Lunghezza di perforazione	mm	10	di progetto	-150	+150
	3. 3	Inclinazione asse perforazione	%	0.5	di progetto	1	
	3. 4	Posizionamento (orizzontale e/o verticale) testa foro	mm	1	di progetto	50	
4 - JET GROUTING	4. 1	Diametro colonna	mm	50	di progetto	100	
	4. 2	Posizionamento planimetrico Jet grouting	mm	10	di progetto	50	
	4. 3	Quota della testa trattamento	mm	10	di progetto	100	
	4. 4	Quota piede trattamento	mm	50	di progetto	200	
	4. 5	Verticalità asse jet grouting	%	0.5	di progetto	1.5	


OGGETTO DEL CONTROLLO	DESCRIZIONE PARAMETRO DI CONTROLLO	UNITA' DI MISURA	PRECISIONE	VALORE NOMINALE	TOLLERANZA		
5 - INIEZIONI	5.1	Posizionamento planimetrico foro di iniezione	mm	10	di progetto	10	
	5.2	Posizionamento altimetrico imposta foro di iniezione	mm	10	di progetto	10	
	5.3	Lunghezza foro	mm	10	di progetto	150	
	5.4	Inclinazione asse foro	%	0.5	di progetto	1	
6 - DRENI VERTICALI PREFAB.	6.1	Inclinazione asse foro	G°	1	di progetto	3	
7 - DRENI IN SABBIA	7.1	Posizionam. planimetrico foro	mm	50	di progetto	100	
	7.2	Profondità foro	mm	100	di progetto	300	
	7.3	Altezza di riempimento perforazione	mm	100	di progetto	100	
	7.4	Inclinazione asse foro	G°	1	di progetto	3	
8 - MICRODRENI	8.1	Interasse "i" teste tubo drenante	mm	10	di progetto	3% i	
	8.2	Posizionamento altimetrico testa tubo drenante	mm	10	di progetto	50	
	8.3	Inclinazione asse tubo drenante	%	0.5	di progetto	1	
	8.4	Lunghezza tubo drenante	mm	10	di progetto	-150	+150
9 - TRINCEA DRENANTE	9.1	Profondità "H" fondo scavo trincea	mm	100	di progetto	5% H	
	9.2	Larghezza trincea	mm	50	di progetto	100	
	9.3	Posizionamento planimetrico trincea	mm	50	di progetto	100	
	9.4	Spessore materiale drenante	mm	10	di progetto	50	
10 - POZZO DRENANTE	10.1	Posizionamento planimetrico asse pozzo	mm	10	di progetto	100	
	10.2	Diametro pozzo	mm	50	di progetto	0	+50
	10.4	Verticalità asse pozzo	G°	1	di progetto	3	
11 - INFILAGGI	11.1	Posizionamento testa infilaggio	mm	10	di progetto	50	
	11.2	Inclinazione asse infilaggio	%	0.5	di progetto	1	
	11.3	Lunghezza perforazione	mm	10	di progetto	150	
	11.4	Differenza tra diametro utensile / diametro "D" di perforazione di progetto	mm	1	0	-0	+10%D

**CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE
OPERE CIVILI**

**PARTE II - SEZIONE 11
GALLERIE**

- 11.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE
- 11.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO
- 11.3 DEFINIZIONI
- 11.4 ABBREVIAZIONI
- 11.5 GALLERIE NATURALI CON AVANZAMENTO TRADIZIONALE
- 11.6 GALLERIE NATURALI CON SCAVO MECCANIZZATO
- 11.7 GALLERIE ARTIFICIALI

Rev.	Data	Descrizione	Redazione	Verifica Tecnica	Autorizzazione
A	30/12/2016	Emissione per applicazione	 M. Pedicini  A. Pranno	 F. Jacobini  M. Pedicini  A. Pranno	 F. Jacobini

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: RFI DTC SI GA SP IFS 001 A	FOGLIO2 di 133

INDICE

11.1	SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE.....	8
11.1.1	SCOPO.....	8
11.1.2	CAMPO DI APPLICAZIONE.....	8
11.1.3	ONERI GENERALI.....	9
11.2	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO.....	10
11.2.1	NORMATIVA NAZIONALE.....	10
11.2.2	NORMATIVA EUROPEA.....	10
11.2.3	NORMATIVA FERROVIARIA.....	11
11.2.4	DOCUMENTAZIONE TECNICA.....	11
11.3	DEFINIZIONI.....	13
11.4	ABREVIAZIONI.....	18
11.5	GALLERIE NATURALI CON AVANZAMENTO TRADIZIONALE.....	19
11.5.1	SCAVO IN TRADIZIONALE.....	20
11.5.1.1	<i>Scavo con esplosivo.....</i>	<i>20</i>
11.5.1.2	<i>Scavo in presenza di limitazione dei sistemi di produzione.....</i>	<i>21</i>
11.5.1.3	<i>Scavo in presenza d'acqua.....</i>	<i>21</i>
11.5.1.4	<i>Scavo in presenza di gas (nocivo ed esplosivo).....</i>	<i>22</i>
11.5.1.5	<i>Prescrizioni per la sicurezza.....</i>	<i>23</i>
11.5.2	INTERVENTI DI STABILIZZAZIONE DEI TERRENI.....	24
11.5.2.1	<i>Premessa.....</i>	<i>24</i>
11.5.2.2	<i>Attività propedeutiche.....</i>	<i>24</i>
11.5.2.3	<i>Definizioni.....</i>	<i>24</i>
11.5.2.4	<i>Interventi di miglioramento.....</i>	<i>24</i>
11.5.2.4.1	<i>Iniezioni.....</i>	<i>25</i>
11.5.2.4.2	<i>Jet grouting.....</i>	<i>25</i>
11.5.2.4.3	<i>Congelamento.....</i>	<i>25</i>
11.5.2.4.4	<i>Drenaggi.....</i>	<i>26</i>
11.5.2.5	<i>Interventi di precontenimento e presostegno.....</i>	<i>26</i>
11.5.2.5.1	<i>Infilaggi.....</i>	<i>26</i>
11.5.2.5.2	<i>Colonne di jet grouting sub orizzontale.....</i>	<i>27</i>
11.5.2.5.3	<i>Chiodatura longitudinale con tubi o elementi strutturali in VTR.....</i>	<i>27</i>
11.5.3	PRERIVESTIMENTO.....	28
11.5.3.1	<i>Scopo e campo di applicazione.....</i>	<i>28</i>
11.5.3.2	<i>Centine metalliche.....</i>	<i>28</i>
11.5.3.2.1	<i>Materiali e controlli.....</i>	<i>29</i>


11.5.3.3	<i>Bulloni di ancoraggio</i>	29
11.5.3.3.1	<i>Materiali e controlli</i>	29
11.5.3.4	<i>Calcestruzzo proiettato (Spritzbeton)</i>	30
11.5.4	RIEMPIMENTO DI VUOTI O CAVITÀ.....	31
11.5.4.1	<i>Controlli</i>	31
11.5.5	IMPERMEABILIZZAZIONE	32
11.5.5.1	<i>SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE</i>	32
11.5.5.2	<i>CARATTERISTICHE DEI COMPONENTI DELL'IMPERMEABILIZZAZIONE</i>	34
11.5.5.2.1	<i>Strato di protezione</i>	34
11.5.5.2.2	<i>Geotessile non tessuto</i>	34
11.5.5.2.3	<i>Geocomposito ad alto potere filtrante</i>	34
11.5.5.2.4	<i>Lastre semirigide ad alta capacità drenante</i>	35
11.5.5.2.4.1	<i>Lastre grecate in PVC semirigido autoestinguente</i>	35
11.5.5.2.4.2	<i>Lastre alveolari di polietilene ad alta densità (HDPE)</i>	36
11.5.5.2.5	<i>Membrana impermeabile in PVC</i>	36
11.5.5.2.6	<i>Membrana impermeabile polimerica a spruzzo</i>	37
11.5.5.2.7	<i>Tube di drenaggio longitudinale a tergo dell'impermeabilizzazione</i>	38
11.5.5.2.8	<i>Waterstop idroespansivo</i>	38
11.5.5.2.9	<i>Giunto iniettato a tenuta idraulica per riprese di getto</i>	39
11.5.5.3	<i>CONFEZIONAMENTO, TRASPORTO E STOCCAGGIO DEI MATERIALI</i>	40
11.5.5.3.1	<i>Confezionamento e Trasporto</i>	40
11.5.5.3.2	<i>Stoccaggio</i>	40
11.5.5.4	<i>DOCUMENTAZIONE E CONTROLLI DI CONFORMITÀ</i>	40
11.5.5.5	<i>MODALITÀ ESECUTIVE</i>	41
11.5.5.5.1	<i>Preparazione della superficie di posa</i>	42
11.5.5.5.2	<i>Sistema drenante al piede dei piedritti</i>	43
11.5.5.5.3	<i>Applicazione del geotessile</i>	44
11.5.5.5.4	<i>Applicazione della membrana impermeabile in PVC</i>	44
11.5.5.5.5	<i>Protezioni particolari del rivestimento impermeabile</i>	45
11.5.5.5.6	<i>Applicazione della membrana impermeabile polimerica a spruzzo</i>	46
11.5.5.6	<i>IMPERMEABILIZZAZIONE DELL'ARCO ROVESCIO</i>	46
11.5.5.7	<i>CONTROLLI E PROVE</i>	47
11.5.5.7.1	<i>Prove per la verifica delle caratteristiche dei materiali</i>	47
11.5.5.7.2	<i>Prova di verifica delle termosaldature per pressione</i>	47
11.5.5.7.3	<i>Prova per depressione mediante campana Vacuum</i>	48

11.5.5.7.4	Prova delle saldature manuali con sondino ricurvo	48
11.5.6	RIVESTIMENTO DEFINITIVO.....	49
11.5.6.1	CASSEFORME.....	49
11.5.6.2	ARMATURA.....	49
11.5.6.3	GETTO DEL RIVESTIMENTO DEFINITIVO	49
11.5.6.3.1	Verifiche e operazioni preliminari dell'arco rovescio	49
11.5.6.3.2	Getto dell' arco rovescio	50
11.5.6.3.3	Verifiche e operazioni preliminari piedritti/ calotta.....	50
11.5.6.3.4	Getto di piedritti e calotta.....	51
11.5.6.4	RIVESTIMENTO DEFINITIVO IN SPRITZBETON.....	52
11.5.6.5	IMPERMEABILIZZAZIONE DEI GIUNTI.....	52
11.5.6.6	INTASAMENTO IN CHLAVE DI CALOTTA	52
11.5.6.7	MATURAZIONE	53
11.5.7	NICCHIE E NICCHIONI.....	54
11.5.8	OPERE DI FINITURA	55
11.5.8.1	PREMESSA.....	55
11.5.8.2	CANALETTE PORTA CAVI.....	55
11.5.8.3	COPERTURE TUBAZIONE ANTINCENDIO, CUNICOLI E CANALETTE DI DRENAGGIO.....	55
11.5.8.4	SEGNALETICA.....	55
11.5.8.4.1	Strisce segnaletiche di sicurezza.....	55
11.5.8.4.2	Tabelle segnaletiche.....	56
11.5.8.5	ALLOGGIAMENTI PER CONTRAPPESI	57
11.5.8.6	CORRIMANO.....	57
11.5.9	MONITORAGGIO.....	58
11.5.9.1	PRESCRIZIONI.....	58
11.5.9.2	SPECIFICHE RELATIVE AGLI STRUMENTI DI MISURA	59
11.5.9.2.1	Prescrizioni generali.....	59
11.5.9.2.2	Prescrizioni particolari	59
11.5.10	TOLLERANZE DI COSTRUZIONE.....	60
11.5.10.1	DEFINIZIONI.....	60
11.5.10.2	MODALITÀ DI LETTURA	60
11.5.10.3	SCHEDA DELLE TOLLERANZE.....	60
11.6	GALLERIE NATURALI CON SCAVO MECCANIZZATO.....	62
11.6.1	PRINCIPALI TIPOLOGIE DI MACCHINE PER LO SCAVO DI GALLERIE.....	62
11.6.1.1	Tunnelling Machines (TM)	62

11.6.1.2	<i>Principali suddivisioni delle TM</i>	63
11.6.1.3	<i>Descrizione sintetica delle tipologie di Macchine</i>	63
11.6.2	TBM SCUDATE	67
11.6.2.1	<i>Descrizione generale</i>	68
11.6.2.2	<i>Principali requisiti e prescrizioni</i>	70
11.6.2.3	<i>Monitoraggio dei parametri della macchina e sistema di acquisizione e gestione dati</i>	76
11.6.2.4	<i>TBM scudata da roccia (B1)</i>	81
11.6.2.4.1	<i>Rappresentazione schematica</i>	81
11.6.2.5	<i>Sistema di scavo Hydroshield (B3)</i>	83
11.6.2.5.1	<i>Principio di funzionamento</i>	83
11.6.2.5.2	<i>Principali caratteristiche della miscela bentonitica</i>	85
11.6.2.5.3	<i>Descrizione generale del sistema Hydroshield</i>	85
11.6.2.6	<i>Sistema di scavo EPB - Earth Pressure Balance Shield (B4)</i>	92
11.6.2.6.1	<i>Principio di funzionamento</i>	92
11.6.2.6.2	<i>Descrizione generale</i>	94
11.6.3	RIVESTIMENTO	100
11.6.3.1	<i>Caratteristiche e requisiti</i>	100
11.6.3.2	<i>Descrizione dei conci</i>	100
11.6.3.3	<i>Modalità esecutive di montaggio</i>	102
11.6.3.4	<i>Trasporto e montaggio dei conci</i>	102
11.6.3.5	<i>Caratteristiche dei materiali</i>	102
11.6.3.6	<i>Accessori per conci</i>	104
11.6.4	RIEMPIMENTO A TERGO DEL RIVESTIMENTO	107
11.6.4.1	<i>Miscela d'intasamento per TBM-EPB e TBM-HDS</i>	107
11.6.4.1.1	<i>Modalità esecutive</i>	107
11.6.4.1.2	<i>Monitoraggio</i>	107
11.6.4.1.3	<i>Miscela d'iniezione</i>	107
11.6.4.1.3.1	<i>Malta d'iniezione</i>	107
11.6.4.1.3.2	<i>Malta Bicomponente</i>	108
11.6.4.1.4	<i>Miscela di intasamento a tergo per le TBMs da roccia</i>	109
11.6.4.1.4.1	<i>Modalità esecutive</i>	109
11.6.4.1.4.2	<i>Caratteristiche e requisiti del ghiaietto</i>	109
11.6.5	CONTROLLI E PROVE	110
11.6.5.1	<i>Procedure di scavo</i>	110
11.6.5.1.1	<i>Procedura di scavo con TBM-EPB in condizioni normali</i>	110

11.6.5.1.2	<i>Mezzi operativi (componenti TBM).....</i>	110
11.6.5.1.3	<i>Parametri di controllo dello scavo.....</i>	112
11.6.5.1.4	<i>Piano dei controlli.....</i>	113
11.6.5.1.5	<i>Fermi macchina.....</i>	117
11.6.5.2	<i>Attrezzature speciali di perforazione.....</i>	118
11.6.5.3	<i>Prove di laboratorio della miscela bentonitica.....</i>	118
11.6.5.4	<i>Prove sui connettori.....</i>	119
11.6.5.4.1	<i>Tipo di prova.....</i>	119
11.6.5.4.2	<i>Scopo della prova.....</i>	119
11.6.5.4.3	<i>Campioni di prova.....</i>	119
11.6.5.4.4	<i>Certificazione.....</i>	119
11.6.5.5	<i>Malta di iniezione a tergo del rivestimento.....</i>	119
11.6.5.5.1	<i>Prove di laboratorio sulla miscela cementizia.....</i>	119
11.6.5.5.2	<i>Controlli di laboratorio sulle sabbie.....</i>	119
11.6.5.5.3	<i>Controlli in corso d'opera.....</i>	120
11.6.6	TOLLERANZE DI COSTRUZIONE.....	120
11.6.6.1	<i>Tracciato - Spostamenti ammissibili plano-altimetrici.....</i>	120
11.6.6.2	<i>Regolazione dell'aria compressa nell'Hydroshield.....</i>	120
11.6.6.3	<i>Rivestimento.....</i>	120
11.6.6.3.1	<i>Casseforme e precisione dei conci.....</i>	120
11.6.6.3.2	<i>Controllo della precisione dei conci e dei casseri.....</i>	121
	ALLEGATO 11.6-1 - RAPPRESENTAZIONI SCHEMATICHE DELLE PRINCIPALI TM.....	122
11.7	GALLERIE ARTIFICIALI.....	126
11.7.1	PREMESSA.....	126
11.7.2	GALLERIE ARTIFICIALI REALIZZATE TRA PARATIE.....	127
11.7.3	CONGLOMERATO CEMENTIZIO.....	127
11.7.4	IMPERMEABILIZZAZIONE.....	128
11.7.4.1	<i>Descrizione.....</i>	128
11.7.4.2	<i>Caratteristiche dei componenti dell'impermeabilizzazione.....</i>	129
11.7.4.3	<i>Confezionamento, trasporto e stoccaggio dei materiali.....</i>	129
11.7.4.4	<i>Documentazione e controlli di conformità.....</i>	129
11.7.4.5	<i>Modalità esecutive.....</i>	129
11.7.4.6	<i>Preparazione della superficie di posa.....</i>	130
11.7.4.7	<i>Drenaggio delle venute d'acqua.....</i>	130
11.7.4.8	<i>Sistema drenante al piede dei piedritti.....</i>	130

11.7.4.9	<i>Applicazione della membrana impermeabile in PVC</i>	131
11.7.4.10	<i>Applicazione della membrana impermeabile in guaina bituminosa</i>	132
11.7.4.11	<i>Protezioni particolari del rivestimento impermeabile</i>	132
11.7.4.12	<i>Applicazione del geotessile</i>	132
11.7.4.13	<i>Controlli e prove</i>	133
11.7.5	RINTERRI	133

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 8 di 133

11.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

11.1.1 SCOPO

Le presenti prescrizioni si intendono integrative, ove non in contrasto, delle Norme di Legge vigenti in materia di esecuzione e collaudo di gallerie.

11.1.2 CAMPO DI APPLICAZIONE

Le prescrizioni si applicano alle gallerie naturali di nuova costruzione - realizzate con scavo tradizionale o meccanizzato - alle gallerie artificiali ed alle relative opere ad esse connesse (nicchie, nicchioni, cameroni, cunicoli, etc).

Le gallerie naturali sono quelle realizzate a "foro cieco" in sotterraneo, mentre le artificiali sono i manufatti realizzati totalmente o parzialmente dall'esterno e successivamente ritombati.

Lo scavo a foro cieco delle gallerie naturali può essere suddiviso nelle seguenti categorie di lavoro:

1) *Scavo a foro cieco con sistema tradizionale:*

- con mezzi meccanici (martellone, ripper, escavatore, etc);
- con esplosivo;
- con fresa ad attacco puntuale.

2) *Scavo a foro cieco con sistema meccanizzato:*

- con TBM (Tunneling Boring Machines)

Il sistema tradizionale è trattato nel capitolo 11.5, il sistema di scavo meccanizzato è trattato nel cap. 11.6 e le gallerie artificiali sono oggetto del capitolo 11.7.

Nel Capitolato sono riportate le prescrizioni relative ai materiali, alle opere, ed alle modalità esecutive generalmente impiegati per la realizzazione di una galleria naturale o artificiale.


Per tutto ciò che non è indicato nel presente Capitolato è necessario fare riferimento al progetto e, qualora allegato al contratto, al Capitolato Speciale.

In relazione all'interazione delle strutture col terreno, le modalità esecutive sono definite nel progetto e ne rappresentano parte integrante. È quindi attività tipicamente progettuale la definizione delle sezioni di scavo, delle caratteristiche del priverestimento e dei sostegni del cavo, nonché delle fasi e dei vincoli di realizzazione dei diversi componenti del rivestimento definitivo (calotta, piedritti, murette, arco rovescio).

L'ESECUTORE deve rispettare tutte le indicazioni contenute nei documenti progettuali in particolare per quanto attiene alle geometrie degli interventi di consolidamento e rivestimento, alle caratteristiche dei materiali da impiegare, alla sequenza ed alla successione delle fasi.

Preventivamente alla realizzazione degli interventi, è necessario verificare il comportamento tenso-deformativo dell'ammasso durante lo scavo, con particolare riferimento al comportamento del fronte. Tale valutazione viene effettuata attraverso il confronto tra le previsioni progettuali e le informazioni ricavate dall'attività di monitoraggio che l'ESECUTORE eseguirà in corso d'opera in modo aderente al progetto, organizzando i dati raccolti in un quadro sintetico.

Nel corso della realizzazione dell'opera si dovrà inoltre tener conto, quando necessario, che l'adeguamento del progetto alle reali condizioni del terreno riscontrate durante lo scavo è di competenza del progettista.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 9 di 133

11.1.3 ONERI GENERALI

L'ESECUTORE dovrà provvedere all'esecuzione di tutte le prove ed i rilievi previsti dal progetto o dalle prescrizioni del Capitolato ed eventualmente richieste dalla Direzione Lavori. Avrà inoltre l'onere di provvedere alla registrazione e archiviazione di tutti i dati e alla segnalazione tempestiva, alla Direzione Lavori, di tutte le anomalie riscontrate.

Per gli interventi di miglioramento, rinforzo e stabilizzazione la Direzione Lavori potrà richiedere la realizzazione di adeguati campi prova per tarare i parametri esecutivi al fine di garantire i requisiti di progetto. Le prove preliminari, ove previste, non costituiscono certificazione di qualità dei lavori, ma hanno soltanto lo scopo di provare la fattibilità e l'efficacia degli interventi previsti in progetto. Gli oneri diretti e indiretti connessi con la realizzazione dei campi prova sono compresi e compensati nei prezzi delle opere. Solo nel caso in cui, a seguito delle risultanze delle prove eseguite, si ritenesse di non adottare gli interventi di progetto, saranno compensati all'ESECUTORE, a misura, i soli interventi eseguiti e sottoposti a verifica.

Sono a carico dell'ESECUTORE l'installazione e la gestione dei cantieri necessari a realizzare l'opera per la parte di sua competenza. L'ESECUTORE è, inoltre, tenuto al controllo delle aree di cantiere ed alla regolamentazione degli accessi.


L'ESECUTORE dovrà provvedere alla realizzazione e manutenzione di strade di accesso alle opere in costruzione adeguate al transito dei mezzi di lavoro e dei mezzi di locomozione per il personale.

L'ESECUTORE dovrà garantire la presenza continua del personale necessario alla conduzione, manutenzione e guardiania degli impianti di servizio necessari per la sicurezza e operabilità dei cantieri in sotterraneo.

E' onere dell'ESECUTORE mettere a disposizione tutte le attrezzature ed il personale richieste dalla Direzione Lavori per l'esecuzione di prove o controlli in opera, inclusa l'adeguata illuminazione e ventilazione dei luoghi.

L'ESECUTORE dovrà adottare tutti gli accorgimenti necessari, sia definitivi che provvisori, atti ad evitare il prosciugamento di pozzi e sorgenti, nonché danni ai fabbricati, alle sedi stradali e alle opere e sottoservizi interferenti con i lavori.

È a carico dell'ESECUTORE, quando necessario, il trattamento delle acque provenienti dalla galleria prima del loro scarico all'esterno.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 10 di 133

11.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

I lavori saranno eseguiti in accordo alle norme di legge, istruzioni e normative tecniche applicabili, nonché a tutte quelle indicate nel presente documento e nelle sezioni di Capitolato richiamate nel testo.


Si elencano di seguito la principale normativa e documentazione di riferimento.

11.2.1 NORMATIVA NAZIONALE

- Circolare esplicativa del 2 febbraio 2009 n.617/C.S.LL.PP;
- Nuove norme tecniche per le costruzioni DM Infrastrutture 14/1/2008;
- Decreto Ministeriale 28/10/2005. Sicurezza nelle gallerie ferroviarie.
- DPR 380/2001 "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia"
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3431 del 3/05/05. Ulteriori modifiche ed integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274.
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20/03/2003. Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3316 del 2/10/2003. Modifiche ed integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20/03/2003.
- Decreto Ministeriale LL.PP. 16/01/1996. Norme tecniche relative ai "Criteri generali per la verifica della sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi".
- Decreto Ministeriale LL.PP. 16/01/1996. Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche.
- Decreto Ministeriale LL.PP. 9/01/1996. Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- Decreto Ministeriale LL.PP. 11/03/1988. Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- Legge 5/11/1071 n.1086 "Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica."

11.2.2 NORMATIVA EUROPEA

- UNI EN 13252:2014 - Geotessili e prodotti affini - Caratteristiche richieste per l'impiego nei sistemi drenanti.
- UNI EN 13256:2014 - Geotextiles and geotextile-related products - Characteristics required for use in the construction of tunnels and underground structures.
- UNI EN 1537 (2013). Esecuzione di lavori geotecnici speciali - Tiranti di ancoraggio
- Regolamento (UE) n. 1299/2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema infrastruttura del sistema ferroviario dell'Unione Europea

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 11 di 133

- Regolamento (UE) n. 1303/2014 relativo alla specifica tecnica di interoperabilità concernente la sicurezza nelle gallerie ferroviarie deò sistema ferroviario dell'Unione europea.
- UNI EN 1992-1 (2005). Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo
- UNI EN 1997-1 (2005). Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica - Parte1: Regole generali.
- UNI EN 1998-5 (2005). Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica. Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.

Avanzamento con scavo meccanizzato

- UNI EN 12110:2008 : Macchine per scavo meccanizzato di gallerie – Accesso alla zona in pressione - Requisiti di sicurezza.
- UNI EN 12111:2010 : Macchine per scavo meccanizzato di gallerie – Frese, minatori continui e impacts rippers - Requisiti di sicurezza.
- UNI EN 12336:2009 : Macchine per scavo meccanizzato di gallerie – Scudo meccanizzato, spingitubo meccanizzato, spingitubo meccanizzato con estrattore a coclea, erettori di conci – Requisiti di sicurezza.
- EVS-EN 815:1999+A2:2008: Safety of unshield Tunnel Boring Machines and rodless Shaft Boring Machines for rock (Specifies the essential safety requirements for design, construction and maintenance when used in non-explosive atmospheres, together with methods of verification).
- DIN EN 12021:1998 (già DIN EN 3188). Respiratory protective devices - Compressed air for breathing apparatus.


11.2.3 NORMATIVA FERROVIARIA

- Manuale di Progettazione delle OO.CC RFI STC SI MA IFS 001 A.
- COP 307/2013 - La Direzione Lavori negli appalti gestiti da RFI.
- Specifica per la progettazione geotecnica delle opere ferroviarie. RFI DTC INC CS SP IFS 001A del 21/12/11.
- RFI Direzione Investimenti Ingegneria Civile (2003). Manuale di progettazione gallerie RFI DINIC MA GA GN 00 001 B.

11.2.4 DOCUMENTAZIONE TECNICA

Avanzamento con scavo tradizionale


- AICAP-AGI (2012). Ancoraggi nei terreni e nelle rocce. Raccomandazioni
- AGI (2012). Jet Grouting. Raccomandazioni.
- SIG (1997). Linee guida per la progettazione, l'appalto e la costruzione di opere in sotterraneo.
- AGI (1994). Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio.
- AFTES - Groupe de travail n°7, Tunnel support and lining. Recommendations for use of convergence – confinement method.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 12 di 133

- ITA (1988). Guidelines for the design of tunnels.
- AGI (1977). Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche.

Avanzamento con scavo meccanizzato

- ITA/AITES – International Tunnelling Association: Recommendations and Guidelines for Tunnel Boring Machines (TBMs) Year 2000 - Working Group : WG 14 « Mechanized Tunnelling »
- SIG – Linee guida per la scelta delle TBM (5/1997)
- DAUB - German Tunnelling Committee (ITA/AITES): Recommendations for selecting tunnel boring machines (10/2010)
- DAUB - German Tunnelling Committee (ITA/AITES): Recommendations for Design and Operation of Shield Machines (6/2000)
- DAUB - German Tunnelling Committee (ITA/AITES): Recommendations for selecting and evaluating tunnel boring machines (5/1997)
- STUVA - (Germany - Studiengesellschaft für unterirdische Verkehrsanlagen – Società per lo studio infrastrutture sotterranee) : Recommendations for the Use of Gaskets for sealing segmental Linings (2/2006)
- STUVA - (Germany - Studiengesellschaft für unterirdische Verkehrsanlagen - Società per lo studio infrastrutture sotterranee): Recommendations for Testing and Application of sealing Gaskets in segmental Linings (8/2005).

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 13 di 133

11.3 DEFINIZIONI

FERROVIE: RFI S.p.A. o chi agisce in nome e per conto di RFI S.p.A. (Direzione lavori, Alta sorveglianza).

ESECUTORE: Soggetto incaricato dell'esecuzione dei lavori (Appaltatore, General Contractor, Contraente Generale).

Additional Face Support System (AFSS): Sistema addizionale di regolazione e controllo, automatico e manuale, della contropressione al fronte nel sistema di scavo con l'EPBs, mediante iniezione di bentonite o polimero nella camera di scavo per compensare il rilassamento delle pressioni del materiale nonché del livello all'interno della camera di scavo.

Ammasso roccioso: roccia in sito, considerata assieme alle discontinuità strutturali proprie delle condizioni naturali.

Arco rovescio: arco in calcestruzzo semplice o armato che chiude l'anello di rivestimento definitivo.

Avanzamento: scavo al fronte con eventuali interventi di stabilizzazione eseguiti sul contorno del cavo o davanti al fronte.

Back-up: sistema di carri posto dietro lo scudo su cui sono alloggiati tutte le attrezzature del sistema di scavo ed avanzamento, come i motori dei vari componenti della TM, i trasformatori, i quadri elettrici, il sistema di ventilazione, la cabina comando, il sistema di allontanamento del materiale di scavo (con nastro trasportatore o per via idraulica), il sistema di traslazione dei conci prefabbricati, l'impianto di iniezione a tergo ed altri impianti supplementari in relazione alla tipologia di macchina.

Bentonite: materiale impiegato per rendere il fronte di scavo impermeabile all'aria compressa, per sopperire alle eventuali carenze di frazione granulometrica fine del terreno, per lubrificare gli utensili di scavo.

Bicomponente: miscela liquida a presa rapida per l'iniezione a tergo del rivestimento. È composta da due componenti A e B, il primo consiste in una miscela di materiale solidificante a base di cemento, bentonite e acqua, il secondo costituito da un accelerante.

Bullone di ancoraggio: tipico ancoraggio da roccia. È caratterizzato da un elemento resistente a trazione (armatura) costituito da barre in acciaio o vetroresina, non connesso strutturalmente al terreno nel tratto libero, posto generalmente in opera in senso radiale alla sezione di scavo.


Campo di variazione di un parametro: intervallo di valori entro il quale varia un parametro geotecnico riferibile ad una zona geotecnicamente omogenea. Entro tale campo sono compresi il valore atteso ed i valori limite, superiore ed inferiore.

Caratterizzazione geotecnica: individuazione, lungo il tracciato della galleria, delle zone geotecnicamente omogenee e dei parametri geotecnici significativi che si prevede di utilizzare per il progetto e per il controllo dell'opera nel suo insieme ed in rapporto al terreno.

Chiodo di ancoraggio: ancoraggio costituito da barre integralmente connesse al terreno ed operanti in un dominio di trazione e taglio; le barre sono in acciaio o in altri idonei materiali (ad esempio, vetroresina, fibre di carbonio o similari); la connessione al terreno può essere ottenuta con cementazione mediante miscele cementizie o chimiche o con mezzi meccanici.

Circuito fanghi: impianto idraulico costituito da due tubazioni e relative pompe per il trasporto dei fanghi di entrata e di uscita nel sistema Slurry/Hydroshield.

Classe di scavo: classificazione secondo i parametri geomeccanici di riferimento dei terreni/rocce incontrati durante lo scavo.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 14 di 133

Coclea di estrazione: vite senza fine per l'estrazione del materiale dalla camera di scavo sino al nastro trasportatore.

Coda scudo: parte terminale del mantello dello scudo dove avviene la posa del rivestimento.

Concentration Factor (CF: fattore di concentrazione): nel sistema EPBs è la concentrazione dell'additivo schiumogeno. È il rapporto tra la quantità di agente schiumogeno e la quantità di liquido o soluzione schiumogena espresso in %. Tale rapporto varia normalmente da 0,5% a 5%.

Conci: segmenti prefabbricati in calcestruzzo armato che assemblati costituiscono l'anello di rivestimento.

Concio di chiave: elemento a forma trapezoidale dell'anello che viene montato per ultimo.

Conci di controchiave: sono i due elementi dell'anello direttamente a contatto della chiave.

Consolidamento : insieme degli interventi di stabilizzazione dei terreni.

Convergenza: deformazione del terreno a seguito dello scavo, in senso radiale, verso l'interno della galleria; esprime la variazione di distanza tra due punti sulle pareti opposte del cavo.

Cunicolo: galleria di piccola sezione. Il termine è in utilizzato genere riferito al cunicolo pilota, quando questo precede l'allargamento alla sezione di scavo della galleria in progetto.

Cutter: disco tagliente per lo scavo in rocce molto dure.

Dente: utensile di scavo per rocce tenere o per terreni.

Doppioscudata (DSM): Scudo telescopico dotato di un doppio sistema di spinta, costituito dai grippers posti all'interno della parte anteriore dello scudo e dai martinetti idraulici longitudinali posti all'interno della parte centrale dello scudo, che permette l'avanzamento continuo. La macchina offre la possibilità di effettuare il ciclo di lavoro continuo grazie alla capacità di scavare simultaneamente al montaggio del rivestimento in conci prefabbricati, il che permette di abbassare notevolmente il ciclo di scavo ed aumentare l'avanzamento.

Drenaggio: intervento volto a modificare il regime delle pressioni neutre nel terreno intorno alla sezione di scavo; è da attuare rispettivamente in direzione radiale rispetto alla sezione di scavo o in avanzamento davanti al fronte.


Durabilità (della galleria): requisito della struttura che, per il periodo di vita richiesto, esplica le sue funzioni risultando resistente e stabile, quindi idonea all'esercizio.

Earth Pressure Balance Shield (EPBs): macchina che realizza una contropressione attiva nella camera di scavo attraverso lo stesso materiale scavato che è mantenuto in pressione attraverso i martinetti di spinta dello scudo che trasferiscono la pressione al diaframma di separazione tra scudo e camera di scavo e quindi al terreno scavato. Durante lo scavo vengono iniettati attraverso degli ugelli posti sul diaframma e sulla testa fresante degli additivi quali bentonite o schiume per realizzare una membrana impermeabile sul fronte di scavo e rendere plastico il terreno scavato. L'estrazione del terreno avviene per mezzo di una coclea. Il campo di impiego è costituito dai terreni con un'alta percentuale di argilla o limo e bassa permeabilità all'acqua.

Erettore: braccio meccanico solitamente ad anello per la movimentazione e montaggio dei singoli conci costituenti l'anello.

Estrusione: fenomeno di deformazione del fronte di avanzamento, caratterizzato da un movimento del fronte di scavo, in senso longitudinale verso l'interno dello scavo.

Foam Expansion Rate (FER: rapporto espansione schiume): nel sistema EPBs è il rapporto tra il volume delle schiume (costituito da liquido schiumogeno e aria) iniettate e volume del liquido schiumogeno (acqua + agente schiumogeno). Il range di variabilità del rapporto è compreso tra 5 e 30

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 15 di 133

Foam Injection Rate (FIR: rapporto iniezione schiuma): nel sistema EPBs è il volume di schiuma iniettata per metro cubo di terreno abbattuto espresso in percentuale. Dipende dalla porosità del terreno.

Frantoio: dispositivo eventuale collocato nella parte bassa della camera di scavo degli Slurry/Hydroshield utilizzato per frantumare blocchi di dimensioni tali da non passare attraverso la tubazione di aspirazione dello smarino.

Grasso coda: lubrificante che si inietta continuamente in pressione e volume controllato tra le file di spazzole in modo da costituire delle camere di grasso in pressione che impediscono l'entrata di acqua e solido dall'esterno.

Gripper: organi di propulsione e contrasto costituiti da una o più coppie di piastre, le quali vengono spinte dai rispettivi martinetti idraulici (facenti parte del corpo della macchina) contro le pareti della galleria (che ovviamente risulta di sezione circolare). Sono applicate alle TBM aperte da roccia.

Guarnizione antiriflusso: lamiere metalliche sovrapposte disposte sul bordo esterno della coda per impedire il riflusso nell'intercapedine tra estradosso scudo e profilo di scavo della miscela cementizia e/o del ghiaietto di riempimento nella camera di scavo.

Guarnizione di tenuta di coda: sistema di tenuta idraulica costituita da più file di spazzole in fili di acciaio armonico, fissata sull'intradosso della parte terminale dello scudo ("coda") per impedire l'entrata di acqua e di solido nell'intercapedine tra l'estradosso del rivestimento e l'intradosso del mantello.

Hydroshield (HS): macchina che realizza nella camera di scavo una contropressione attiva mediante un fluido viscosizzante e impermeabilizzante (bentonite). L'evacuazione del materiale avviene per via idraulica attraverso una tubazione di "ritorno o d'aspirazione" che trasporta il materiale ad un impianto di separazione collocato all'esterno e che provvede a separare la parte solida da quella liquida, quest'ultima in parte è recuperata e inviata al fronte tramite una tubazione di "mandata". È particolarmente adatta per terreni sciolti, dai banchi di sabbia fine alle ghiaie a grana grossa con alta permeabilità all'acqua.

Indagini geognostiche: metodologie di acquisizione dei dati geologici e geotecnici necessari per integrare le conoscenze acquisite preliminarmente e volte alla ricostruzione del modello geologico e geotecnico.

Infilaggio: intervento di presostegno del cavo realizzato in avanzamento, con tubi metallici o in vetroresina, a partire da fronte di scavo.

Jet-grouting sub-orizzontale: intervento di stabilizzazione da attuare in avanzamento davanti al fronte; le colonne di jet-grouting possono essere eseguite: (a) al contorno della sezione di scavo, a costituire un arco di terreno consolidato a geometria tronco-conica; (b) isolate, a consolidare il terreno al fronte; (c) subverticali, al piede delle murette o al di sotto dell'arco rovescio. L'intervento non è utilizzato in terreni francamente argillosi e/o a comportamento rigonfiante.


Luce libera di scavo: massima lunghezza, non sostenuta, di scavo in avanzamento.

Macchine combinate speciali (CSM): macchine che si possono adattare alle variabilità geologiche dell'ammasso modificando opportunamente alcuni sistemi principali (ad es. il sistema di supporto del fronte, gli utensili di scavo, il sistema di estrazione del marino).

Metodo di scavo: tecnologia esecutiva finalizzata all'esecuzione di scavi a foro cieco in terreni e rocce.

Miglioramento: modificazione della costituzione e delle caratteristiche fisico-meccaniche del terreno ottenibile con o senza materiale di apporto.

Modello geotecnico: schema rappresentativo delle condizioni stratigrafiche, del regime delle pressioni interstiziali e della caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni e delle rocce comprese nel volume significativo finalizzato all'analisi quantitativa di uno specifico problema geotecnico.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 16 di 133

Monitoraggio: attività di controllo e misurazione del comportamento tensio-deformativo del terreno e dei rivestimenti, a seguito dello scavo. Comporta l'installazione di strumenti di misura sia in fase di scavo che di esercizio della galleria, tanto al suo interno che esternamente; sono comprese la lettura, l'interpretazione dei dati e l'archiviazione informatica dei dati stessi.

Overcutter: sistema per realizzare un sovrascavo variabile mediante utensile di scavo azionato idraulicamente a controllo continuo dalla cabina di comando e controllo della TBM.

Polimero: agente stabilizzante della miscela bentonitica e delle schiume.

Portelloni di brandaggio: piastre metalliche attivate tramite pistoni solo a scudo fermo montate o sui bracci della testa fresante o sul diaframma di tenuta e spinti in avanti sino a contatto del fronte per contrastare la spinta del terreno.

Precontenimento (intervento di): intervento di stabilizzazione eseguito davanti al fronte di scavo; esempio tipico di intervento di precontenimento è quello effettuato con tubi o elementi strutturali in VTR (semplicemente cementati o iniettati) o con colonne di jet grouting sub orizzontali.

Prerivestimento: insieme degli elementi resistenti (bulloni, centine e calcestruzzo proiettato, di regola armato con rete elettrosaldata o fibre metalliche) posto in opera subito dopo lo scavo. Ha funzioni strutturali e inibisce l'alterazione dell'ammasso roccioso contribuendo a preservarne le caratteristiche meccaniche.

Presostegno (intervento di): intervento di sostegno eseguito davanti al fronte di scavo; esempio tipico di intervento di presostegno è quello degli infilaggi davanti al fronte di avanzamento.

Profilo geotecnico/geomeccanico: elaborato che sintetizza le determinazioni progettuali a partire dalla fase di caratterizzazione geotecnico/geomeccanica fino alla definizione delle sezioni tipo di avanzamento per tratta omogenea di galleria.

Programmable Logic Controller (PLC): computer specializzato nella gestione e/o controllo dei processi industriali. **Raggio plastico:** distanza dal centro della galleria, in senso radiale, del confine fra zona a comportamento plastico e zona in condizioni elastiche.

Rivestimento definitivo: anello di rivestimento in conglomerato cementizio, armato o non armato, gettato in opera o eseguito in conci prefabbricati, in ragione della funzione strutturale prevista in sede di progetto.

Rock Quality Designation (RQD): indice che misura l'integrità della roccia, previa esecuzione di carotaggi. È definito dalla percentuale di recupero del carotaggio, riferita alla somma degli spezzoni di carota che presentano lunghezza $l \geq 10$ cm.


Scavi: insieme delle tecnologie esecutive finalizzate alla effettuazione di scavi foro cieco in terreni, rocce o materiali di qualsiasi natura.

Scavo meccanizzato con fresa a piena sezione: scavo a foro cieco con attrezzatura completamente meccanizzata a piena sezione con sostegno delle pareti mediante scudo metallico, eventuale presostegno del fronte e posa del rivestimento in segmenti prefabbricati in c.a.

Scavo in modalità aperta: scavo che avviene senza realizzare nella camera di lavoro una contropressione attiva sul fronte.

Scavo in modalità chiusa: scavo che avviene realizzando nella camera di lavoro una contropressione attiva sul fronte.

Schiuma (Foam): prodotto che, nel sistema EPBs, si inietta sul fronte, nella camera di scavo e nella coclea per condizionare, plasticizzare e impermeabilizzare il terreno scavato. È ottenuto per miscelazione di acqua, tensioattivo ed aria in misura variabile in ragione del tipo di terreno e del tipo di schiuma utilizzata.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 17 di 133

Scudo articolato: scudo dotato di pistoni longitudinali attivi o passivi installati tra la parte anteriore e quella centrale del mantello per migliorare la guidabilità della macchina e per affrontare curve strette.

Shield Machines: macchine scudate in cui l'abbattimento del fronte e lo scavo avvengono con l'impiego di uno o più mezzi puntuali.

Sezione tipo: insieme degli interventi che definiscono la modalità di avanzamento della galleria (preconsolidamenti, scavo, rivestimenti).

Smarino: materiale di risulta proveniente dallo scavo della galleria.

Sostegno (intervento di): insieme degli interventi eseguiti sul contorno del cavo in modo "passivo", che impediscono lo sviluppo di una risposta deformativa non controllata.

Sostegno attivo del fronte: realizzazione nella camera di scavo di una contropressione attiva allo scopo di contrastare la pressione del terreno e dell'acqua di falda ottenuta con aria compressa, o con un fluido viscosizzante (bentonite) con proprietà impermeabilizzanti o con una pasta di terra ottenuta dallo stesso materiale di scavo opportunamente condizionato con additivi che riempie la camera di lavoro.

Sostegno meccanico del fronte: ottenuta con portelloni di brandaggio che vengono attivati con un sistema automatico di comando e controllo dalla cabina di comando, o manuale dalla camera di scavo, durante i fermi della macchina per contrastare la pressione del terreno e consentire gli eventuali interventi in camera di scavo in sicurezza.

Spritzbeton: conglomerato cementizio proiettato.

Stabilità del fronte di scavo: condizione individuata in relazione allo sviluppo di possibili fenomeni di instabilità per estrusione o scivolamento lungo superfici di geometria più o meno complessa.

Stabilizzazione dei terreni (intervento di): insieme degli interventi di precontenimento e di miglioramento.

Terreno: terra o roccia nella sua sede naturale, entro cui viene scavata la galleria.

Tirante di ancoraggio: elemento strutturale in barre o trefoli operante in trazione. **Tunnel Boring Machines:** macchine scudate o non scudate dotate di una testa rotante di scavo a piena sezione.

Tunnelling Machines: tutte le macchine per lo scavo a piena sezione di gallerie.

Vita di esercizio: periodo di tempo entro il quale non dovranno manifestarsi riduzioni significative della funzionalità dell'opera, in termini di integrità o tali da comportare il ricorso a eccessive manutenzioni.

Vuoto anulare: spazio che si crea tra l'estradosso del rivestimento ed il profilo dello scavo della galleria realizzato dalla testa fresante.

Zone geotecnicamente omogenee: tratti di galleria con caratteristiche considerate omogenee in termini di copertura, caratteristiche geolitologiche, stratigrafiche e tettoniche, stato di sollecitazione naturale e modello geotecnico.

11.4 ABREVIAZIONI

AFSS: *Additional Face Support System*

CF: *Concentration Factor*

Chiodi: *tiranti passivi*

CLS: *calcestruzzo*

CSM: *Convertible Shield Machine*

DL: *Direzione Lavori*

DSM: *Double Shield Machine*

EPBs: *Earth Pressure Balance Support*

ETBM: *Extension Tunnel Boring Machine*

FER: *Foam Expansion Rate*

FIR: *Foam Injection Rate*

HS: *Hydroshield*

PVC: *Polivinilcloruro*

RQD: *Rock Quality Designation*

SM-C: *Shield Machine partial excavation*

TBM: *Tunnel Boring Machine*


TM: *Tunnelling Machines*

VTR: *vetroresina*

VP: *velocita' onde sismiche primarie*

RQD: *Rock Quality Designation*

RD: *RQD medio tra due sondaggi*

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 19 di 133

11.5 GALLERIE NATURALI CON AVANZAMENTO TRADIZIONALE

Con il termine 'avanzamento tradizionale' si intende l'insieme delle tecnologie esecutive finalizzate alla esecuzione di scavi a foro cieco con avanzamento discontinuo, ovvero con esplosivo o con mezzo meccanico (escavatore, martellone, fresa puntuale), senza l'impiego di macchine di scavo continuo ed integrale.

Gli scavi potranno essere effettuati in terreni di qualsiasi natura, durezza e consistenza costituiti anche da materiali eterogenei e comunque sciolti.


Lo scavo potrà essere effettuato solo a seguito della messa in sicurezza dell'imbocco della galleria.

Sarà in ogni caso cura dell'ESECUTORE provvedere, in accordo al progetto, ai lavori di consolidamento e sostegno delle pareti dello scavo, allo smaltimento delle acque (qualunque ne sia l'importanza, la portata e la pressione), all'adozione di tutte le cautele necessarie ad evitare danni di qualsiasi natura.

L'ESECUTORE al termine dello scavo del campo di avanzamento e della sua messa in sicurezza è tenuto a verificare che il profilo di intradosso coincida con il profilo di progetto; in caso contrario, dovrà procedere alle eventuali ribattiture o al riempimento dei vuoti o delle cavità come indicato nei paragrafi seguenti.

A tal proposito si precisa che non è ammessa alcuna riduzione di spessore del rivestimento definitivo.

Rientrano fra gli oneri dell'ESECUTORE i ritardi e in generale i condizionamenti di qualsiasi natura legati alla posa in opera dell'impermeabilizzazione dell'arco rovescio, prevista in progetto o richiesta dalla Direzione Lavori, sulla base di quanto riportato nel paragrafo 11.5.5.6.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 20 di 133

11.5.1 SCAVO IN TRADIZIONALE

11.5.1.1 Scavo con esplosivo

Quando si affronta lo scavo in una formazione lapidea non convenientemente scavabile con mezzi meccanici si può rendere necessario l'abbattimento con esplosivo.

Convenzionalmente per determinare se una formazione rocciosa sia da abbattere con esplosivo (roccia da mina) si dovrà procedere con la seguente metodologia:

- a) sul fronte di avanzamento dovranno essere eseguiti due fori a carotaggio continuo, aventi diametro non inferiore a 80 mm e lunghezza di 10 metri, in direzione sub-orizzontale, paralleli fra loro e a un interasse di 5 metri. L'interasse tra i due fori dovrà essere accuratamente accertato per tenere conto del possibile sghebo.
- b) Tra i due fori dovranno essere rilevate delle serie di misure sismiche in foro secondo la tecnica del "Cross-hole". L'energizzazione dovrà avvenire all'interno di uno dei due fori ogni 50 cm mentre nel foro adiacente verrà rilevato il corrispondente tempo di arrivo dell'onda di compressione. Saranno disponibili, pertanto, almeno 20 valori di velocità di propagazione delle onde dirette e da questi verrà ricavata la velocità media di propagazione, indicata con VP ed espressa in metri al secondo.
- c) Sul materiale estratto dai due sondaggi a carotaggio continuo si dovrà rilevare l'indice RQD riferito all'intera lunghezza di ciascun sondaggio

La media dei due valori di RQD ricavati, espressa in decimali, verrà indicata con RD.

Un ammasso roccioso lapideo verrà considerato "da mina" quando il valore dell'indice $M = VP \times RD$ sarà maggiore o uguale a 2000.

Le prove dovranno essere eseguite in contraddittorio con la Direzione Lavori e i risultati dovranno essere verbalizzati. Sul verbale dovranno essere anche indicati i presunti tratti da scavare con caratteristiche analoghe.

Tutti gli oneri, diretti e indiretti, connessi con l'esecuzione di dette prove saranno a carico dell'ESECUTORE.

L'utilizzo dello scavo con esplosivo non è consentito in tutti i casi in cui in progetto sono previsti interventi di preconsolidamento in avanzamento del fronte e/o del contorno.


È onere e responsabilità dell'ESECUTORE la richiesta di tutte le autorizzazioni di legge per l'acquisto, trasporto, custodia e l'impiego dell'esplosivo.

Tutte le operazioni di caricamento e sparo devono essere condotte da personale in possesso delle abilitazioni prescritte dalla legge.

Negli scavi eseguiti con impiego di esplosivo dovrà essere adottato il sistema di sparo a profilatura controllata, con adeguata perforazione sul profilo ed uso di microritardi, così da ottenere sezioni di scavo regolari e ridurre al tempo stesso il disturbo ai materiali circostanti.

L'ESECUTORE dovrà predisporre un elaborato con gli schemi di volata previsti per ciascuna sezione tipo e per ciascuna fase di abbattimento nel quale vengano descritti:

- metodo di perforazione, diametro dei fori, lunghezza e inclinazione di ciascun foro;
- tipo, energia, quantità in termini di massa e numero di cartucce dell'esplosivo inserito in ciascun foro, in relazione a ciascun tempo di ritardo e complessivo nella volata;
- distribuzione della carica nel foro e sequenza di caricamento tipo, sequenza e numero dei ritardi, schema dei collegamenti elettrici per gli inneschi con le caratteristiche delle linee elettriche, tipo dell'apparecchiatura di innesco;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 21 di 133

- intasamento dei fori e protezione della zona di sparo;
- la qualificazione, adeguatamente dimostrata e certificata, di tutti gli addetti alle operazioni di caricamento, collegamento, innesco e sparo della volata.

L'ESECUTORE è responsabile di qualunque danno, a cose e persone ed all'ambiente circostante, causato direttamente e indirettamente dall'impiego dell'esplosivo.

L'accettazione degli schemi di volata e degli eventuali provvedimenti di sicurezza, non comporta una condivisione di responsabilità da parte della Direzione Lavori.

Tra gli oneri dell'ESECUTORE ricade anche il monitoraggio dei livelli di rumore e vibrazione prodotti dallo sparo. Le attrezzature per il monitoraggio devono essere poste in opera in accordo al progetto e comunque, anche se non previste, in tutti i casi in cui nei pressi della galleria vi siano preesistenze.

Il responsabile delle operazioni di "sparo", a termine di ogni volata, deve compilare una scheda di registrazione dei materiali impiegati, delle variazioni apportate allo schema di volata presentato e degli eventuali effetti anomali sullo scavo, come cavità, rilasci e fuori sagoma.

La scheda sarà registrata e conservata a cura dell'ESECUTORE e ne sarà trasmessa una copia alla Direzione Lavori.

Contemporaneamente alla rimozione dello smarino al fronte l'ESECUTORE dovrà procedere all'accurato disaggio dei blocchi instabili, sia in prossimità del fronte di scavo che a distanza da esso, e alla posa dei sostegni di prima fase previsti nel progetto.

Qualora la sezione di scavo risultasse inferiore a quella di progetto, l'ESECUTORE dovrà riprendere lo scavo a sua cura e spese con fori e cariche di esplosivo rapportate all'ottenimento della sezione di progetto, o con qualsiasi altro mezzo ritenuto idoneo.

Eccezionalmente e previo accordo con la Direzione Lavori, solo in presenza di roccia consistente e non alterabile e quando è previsto un rivestimento di prima fase, potranno essere ammesse protuberanze puntuali all'interno della sezione di scavo. Queste non dovranno superare lo spessore del calcestruzzo spruzzato e non dovranno, di conseguenza, comportare alcuna riduzione dello spessore del rivestimento definitivo e dovranno permettere una corretta posa in opera dell'impermeabilizzazione.

Tali protuberanze non sono ammesse laddove sia prevista la posa in opera di centine più calcestruzzo proiettato come rivestimento definitivo.


11.5.1.2 Scavo in presenza di limitazione dei sistemi di produzione

Si definisce come scavo con "limitazione dei sistemi di produzione" quello in cui per la compattezza e resistenza della roccia, si dovrebbe operare con l'abbattimento del materiale roccioso mediante esplosivo ma al contrario si utilizzano metodologie di scavo alternative quali ad esempio microcariche o la fresa ad attacco puntuale. La Direzione Lavori può richiedere una limitazione ai sistemi di abbattimento della roccia, allorché si manifestino particolari situazioni, non previste in progetto, in cui debbano essere controllate le vibrazioni ed il rumore.

11.5.1.3 Scavo in presenza d'acqua

Le acque, che si raccolgono negli scavi in galleria, dovranno essere convenientemente raccolte e completamente estratte, a cura e onere dell'ESECUTORE, mettendo in opera tutti i mezzi necessari al fine di mantenere i cantieri perfettamente liberi dall'acqua, così che non ne derivi nessun intralcio al normale svolgimento dei lavori e nessun danno alle opere.

In particolare, dovrà essere evitata la formazione di ristagni d'acqua, di qualunque provenienza, al piede degli scavi ed in corrispondenza delle zone di appoggio del prerinvestimento o di parte dei rivestimenti definitivi per evitare

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 22 di 133

rammollimenti del terreno che possono innescare instabilità degli scavi o cedimenti delle strutture.

Per i tratti in discesa o quando sia necessario allontanare l'acqua proveniente da tratti in discesa, l'ESECUTORE dovrà installare tutti gli impianti elettrici e le postazioni fisse e mobili necessarie per la sua eduazione all'esterno prevedendo:

- stazioni di pompaggio anche se da ubicare in appositi nicchie;
- gruppi elettrogeni di adeguata potenza e tali da garantire, nel caso di interruzioni di energia elettrica dovute a qualsiasi causa anche di forza maggiore, il funzionamento immediato e contemporaneo degli impianti di pompaggio;
- un adeguato numero di pompe mobili del tipo sommerso al fronte di avanzamento;
- tubazioni e impianti idraulici necessari per l'eduazione dell'acqua dall'interno della galleria e/o dagli eventuali attacchi intermedi in discenderia o a pozzo e per lo smaltimento all'esterno;
- la continua vigilanza diurna e notturna delle pompe e degli impianti in genere e quant'altro occorra per garantire, in ogni momento, il regolare funzionamento degli impianti stessi.

La capacità totale delle pompe per ciascun attacco in discesa dovrà garantire lo smaltimento di una volta e mezzo la quantità di acqua di infiltrazione più quella utilizzata per il funzionamento delle attrezzature di perforazione al fronte.

Se necessario l'ESECUTORE dovrà mettere in opera (o avere la disponibilità di) uno o più apparecchi, per misurare la quantità di acqua edotta e smaltita all'esterno, sia all'inizio dei tratti da eseguire in discesa, che all'inizio di ciascun tratto servito da attacco intermedio in discenderia o a pozzo.

Per ogni giorno di funzionamento l'ESECUTORE dovrà redigere un rapporto di constatazione con la Direzione Lavori, nel quale riportare:

- la quantità di acqua edotta (l/sec);
- la temperatura;
- la progressiva di avanzamento del fronte;
- estremi dell'eventuale prelievo per la determinazione delle caratteristiche chimico- fisiche dell'acqua;

In presenza di venute d'acqua, l'ESECUTORE è tenuto a eseguire prelievi sistematici al fronte di scavo per analizzare l'eventuale aggressività delle acque stesse comunicandone tempestivamente l'esito alla Direzione Lavori.


La valutazione dei provvedimenti da adottare dovrà tenere conto sia dell'esito delle suddette analisi sia della situazione idrogeologica della zona interessata dagli scavi con particolare riguardo alla permeabilità dei terreni e alle possibili modifiche dei flussi idrici sotterranei conseguenti alla costruzione della galleria.

L'ESECUTORE dovrà installare appositi impianti di depurazione delle acque provenienti dalla galleria prima dello scarico all'esterno.

Per venute d'acque cospicue, inoltre, la Direzione Lavori potrà richiedere all'ESECUTORE di prendere adeguati provvedimenti per irregimentare l'acqua e scaricarla all'esterno evitando che questa venga a contatto con il piano di lavoro caricandosi di impurità.

11.5.1.4 Scavo in presenza di gas (nocivo ed esplosivo)

Qualora, in base alle preventive indagini geologiche, alle caratteristiche genetiche stratigrafiche e tettoniche, alle esperienze maturate nel corso di precedenti scavi di gallerie prossime a quella da eseguire venga prevista la possibile presenza di gas, diffusa o concentrata, nell'ammasso interessato dagli scavi, l'ESECUTORE dovrà

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 23 di 133

adottare durante lo scavo tutti i provvedimenti per assolvere agli obblighi di legge in merito alla sicurezza dei lavori ed alla incolumità delle persone.


11.5.1.5 Prescrizioni per la sicurezza

Per l'effettuazione dei lavori in sotterraneo l' ESECUTORE dovrà adottare tutti gli accorgimenti e le cautele atte a garantire la sicurezza del personale addetto ai lavori. A tal fine dovrà osservare e far osservare scrupolosamente le prescrizioni delle leggi vigenti e, in particolare, le prescrizioni del piano di sicurezza.

Il progetto garantisce la stabilità in condizioni statiche e pertanto L' ESECUTORE nelle fasi dinamiche di lavoro al fronte (scavo di avanzamento, perforazioni, consolidamento, posa centine), dovrà perseguire quanto di seguito riportato:

- utilizzare sempre mezzi di lavoro e macchinari non solo pienamente rispondenti alle norme di prevenzione, ma anche idonei ed adeguati allo specifico lavoro da effettuare in concreto;
- preallertare ed istituire le maestranze riguardo le norme di sicurezza da rispettare;
- istituire delle zone di rispetto al fine di mantenere il personale non indispensabile lontano dal fronte e comunque evitare che vi sostì per periodi di tempo eccessivamente lunghi;
- tenere sempre sotto controllo visivo diretto il fronte di scavo, prevedendo in tal senso la presenza di un responsabile durante la permanenza del personale presso il fronte stesso;
- provvedere, qualora il fronte presentasse fenomeni di instabilità con locali distacchi, alla sua stabilizzazione temporanea con uno strato di spritzbeton fibrorinforzato di spessore pari o superiore a 5cm, prima che il personale si avvicini;
- Porre in opera, qualora le operazioni di scavo vengano interrotte per un tempo di circa 24 ore, uno strato di spritzbeton di 10 cm al fronte. Se il fermo delle lavorazioni risultasse superiore alle 72 ore, il ciclo delle lavorazioni dovrà necessariamente terminare con i consolidamenti (qualora presenti) appena eseguiti ed eventualmente incrementati, se necessario, con il fronte protetto da uno strato di spritz-beton di spessore non inferiore a 15 cm e la posa di centine e spritzbeton a ridosso del fronte stesso.

Di norma l'ESECUTORE, per non interrompere la continuità delle lavorazioni, dovrà sviluppare le lavorazioni su 3 turni prevedendo anche sabato e domenica.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 24 di 133

11.5.2 INTERVENTI DI STABILIZZAZIONE DEI TERRENI

11.5.2.1 Premessa

Il fronte e le pareti dello scavo possono presentare caratteristiche di autosostegno non adeguate, con la possibilità di innesco di fenomeni deformativi che, se non immediatamente controllati, potrebbero condurre a rotture locali o generalizzate estese al fronte ed alla calotta. Si rende quindi spesso necessario ricorrere ad interventi di stabilizzazione dei terreni per prevenire l'insorgenza di tali fenomeni.

11.5.2.2 Attività propedeutiche

Le modalità di controllo dei fenomeni deformativi sono di norma rappresentate nel progetto esecutivo, pertanto prima dell'inizio dei lavori l'ESECUTORE dovrà inviare alla Direzione Lavori:

- la descrizione dei materiali e dei macchinari che verranno impiegati nell'esecuzione degli interventi comprendente anche tutte le prescritte certificazioni di controllo e di qualità dei fornitori e dei prodotti;
- la descrizione dei metodi di posa degli interventi di stabilizzazioni con le eventuali prescrizioni del fornitore.

Durante la realizzazione l'ESECUTORE dovrà redigere e mantenere aggiornato giornalmente un registro, a disposizione anche della Direzione Lavori, nel quale indicare;

- tipo, quantità e progressiva dei sostegni installati;
- eventuali anomalie riscontrate durante la posa in opera;
- verifica delle deformazioni o lesioni anomale nei sostegni che dovranno essere immediatamente comunicate alla Direzione Lavori.

11.5.2.3 Definizioni

Gli interventi di stabilizzazione dei terreni si suddividono in :

1) *Interventi di miglioramento*

- iniezioni;
- jet grouting sub orizzontale;
- congelamento;
- drenaggi.


2) *Interventi di precontenimento e presostegno*

- infilaggi metallici;
- colonne di jet grouting al contorno della galleria semplici od armate;
- tubi e/o elementi strutturali eseguiti al fronte e al contorno della galleria (semplicemente cementati o iniettati).

3) *Interventi di contenimento (prerivestimento)*

- centine metalliche;
- conglomerato cementizio proiettato (spritzbeton);
- bulloni ad ancoraggio puntuale;
- bulloni ad ancoraggio continuo (ad espansione meccanica , cementati, autopercoranti, ecc);

11.5.2.4 Interventi di miglioramento

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 25 di 133

Si definiscono metodi di miglioramento tutti quegli interventi atti a migliorare le caratteristiche di resistenza meccanica, di rigidità o di permeabilità dell'ammasso roccioso. Appartengono a tale categoria:

- le iniezioni;
- il jet grouting;
- il congelamento;
- i drenaggi.

11.5.2.4.1 Iniezioni

Le iniezioni per permeazione modificano le caratteristiche meccaniche e le caratteristiche idrauliche di terreni porosi e di rocce fessurate o fratturate, per effetto dell'immissione attraverso fori di piccolo diametro, di idonee miscele di fluidi (sospensioni, soluzioni, emulsioni) dotate di proprietà reologiche inizialmente idonee alla penetrazione nel mezzo poroso o fratturato, e che raggiungono in seguito le caratteristiche meccaniche adeguate agli scopi del trattamento.

Le modalità di realizzazione, in aggiunta alle prescrizioni di progetto, sono descritte nella sezione 10 del Capitolato di costruzione "Opere di miglioramento, rinforzo e stabilizzazione".

11.5.2.4.2 Jet grouting

Con il Jet grouting si intendono gli interventi di consolidamento e miglioramento dei terreni, mediante mescolazione in sito con leganti cementizi, iniettati a pressioni elevate (40 - 60 MPa) con l'impiego dei sistemi jetting (ad uno o più fluidi). Dopo la perforazione del terreno, l'iniezione jetting viene eseguita di norma in risalita, utilizzando quale circuito di iniezione la batteria di aste di perforazione e l'utensile di disaggregazione opportunamente corredato di ugelli di iniezione.

Per effetto della rotazione dell'asta durante l'estrazione, l'iniezione jetting realizza una colonna il cui diametro medio nominale dipende dalle modalità e dai parametri di iniezione utilizzati (n. dei fluidi, pressioni, velocità di rotazione e di risalita, etc.).

Gli elementi ottenuti, qualora previsto dal progetto, possono essere successivamente armati, utilizzando barre in acciaio ad aderenza migliorata o tubi metallici. L'inserimento dell'armatura può avvenire a miscela cementizia fresca, per infissione a pressione, oppure riperforando le colonne con miscele cementizie aventi la stessa composizione della miscela di iniezione.

I trattamenti colonnari jetting, in funzione delle modalità di iniezione della miscela, si distinguono in:

- A** - Sistemi jetting monofluido;
- B** - Sistemi jetting a due fluidi;
- C** - Sistemi jetting a tre fluidi.


Le modalità di realizzazione, in aggiunta alle prescrizioni di progetto, sono descritte nella sezione 10 del Capitolato di costruzione "Opere di miglioramento, rinforzo e stabilizzazione".

11.5.2.4.3 Congelamento

Il congelamento è una tecnica solitamente utilizzata durante l'esecuzione di scavi superficiali o di aperture sotterranee, in terreni granulari al di sotto del livello di falda.

Il congelamento del terreno è ottenuto utilizzando un fluido frigorifero asperso nel terreno mediante sonde congelatrici collocate in apposite perforazioni.

Il metodo di congelamento del terreno può essere del tipo:

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 26 di 133

- diretto, che utilizza un liquido a bassissima temperatura che vaporizza nelle sonde congelatrici e viene successivamente disperso nell'atmosfera;
- indiretto, che utilizza un liquido frigorifero che percorre senza interruzione un circuito frigorifero chiuso;
- misto, che utilizza in fasi diverse o complementari, i due procedimenti sopra descritti.

Nel metodo diretto il liquido utilizzato è l'azoto allo stato liquido ottenuto per mezzo della distillazione frazionata dell'aria, ed è trasportato in cantiere in apposite cisterne in cui è mantenuto ad una temperatura di -196 °C. L'immissione nel circuito avviene attraverso un tubo di distribuzione collegato alle sonde congelatrici disposte tra loro in serie, in modo diretto utilizzando come spinta la pressione stessa formata all'interno delle cisterne. L'ultima sonda di ogni serie è dotata di uno scarico attraverso il quale l'azoto viene liberato nell'atmosfera. Ogni sonda congelatrice è costituita da due tubi in acciaio coassiali, collegati tra loro da una testa speciale, che consente il passaggio del fluido proveniente dal circuito di distribuzione al tubo interno più piccolo. L'azoto risale successivamente nell'intercapedine tra i due tubi per raggiungere la sonda successiva.

Nel metodo indiretto il liquido refrigerante generalmente utilizzato è una soluzione satura di cloruro di calcio in acqua utilizzato ad una temperatura variabile fra -25 °C e -30 °C che è garantita da un circuito frigorifero primario. Le sonde congelatrici sono della stessa tipologia utilizzate per il metodo diretto. Ogni gruppo di sonde è, invece, alimentato in parallelo da un collettore di distribuzione.

Le modalità di realizzazione, in aggiunta alle prescrizioni di progetto, sono riportate nel capitolato speciale di appalto.

11.5.2.4.4 Drenaggi

Sono tecnologie il cui obiettivo è quello di asportare, anche solo parzialmente, l'acqua degli ammassi convogliandola, in modo controllato, verso il cavo.

La tecnologia utilizzata è quella dei **microdreni** o **tubi drenanti microfessurati**.

I **microdreni** sono costituiti da fori appositamente realizzati nel terreno mediante sonde di perforazione ed attrezzati con tubi parzialmente o totalmente filtranti.

I **tubi microfessurati** dovranno essere in pvc rigido con unioni a manicotti, avere un diametro interno non inferiore a 50 millimetri e spessore non inferiore a 4 millimetri ed essere rivestiti esternamente con idoneo materiale filtrante.

Le modalità di realizzazione, in aggiunta alle prescrizioni di progetto, sono descritte nella sezione 10 del Capitolato di costruzione "Opere di miglioramento, rinforzo e stabilizzazione".


11.5.2.5 Interventi di precontenimento e presostegno

Si definiscono interventi di presostegno tutte quelle opere che prevedono l'inserimento nell'ammasso roccioso di elementi strutturali resistenti sul profilo della galleria e in avanzamento rispetto al fronte così da creare una struttura di presostegno del cavo. Appartengono a tale categoria:

- infilaggi metallici (presostegno);
- colonne di jet grouting al contorno dello scavo (precontenimento);
- chiodatura longitudinale con tubi o elementi strutturali in VTR (precontenimento).

11.5.2.5.1 Infilaggi

Gli infilaggi sono tubi portanti iniettati, posti in opera preventivamente dal fronte di scavo sull'estradosso della sezione di avanzamento in calotta.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 27 di 133

I tubi dovranno essere di tipo valvolato e verranno connessi al terreno mediante iniezione a bassa pressione nella cavità anulare tra il tubo e le pareti del preforo; successivamente, saranno iniettati in più fasi in pressione attraverso le valvole dall'interno dei tubi.

Le modalità di realizzazione, in aggiunta alle prescrizioni di progetto, sono descritte nella sezione 10 del Capitolato di costruzione "Opere di miglioramento, rinforzo e stabilizzazione".

11.5.2.5.2 Colonne di jet grouting sub orizzontale

Questo intervento consiste nella realizzazione in calotta di un ombrello tronco conico di colonne di jet grouting, armate, generalmente di diametro nominale pari a 600 mm, realizzate con gettoiniezione monofluida. Tale tecnica di presostegno è solitamente utilizzata nel caso di scavi in terreni con caratteristiche geomeccaniche scadenti che necessitano di interventi massivi di presostegno durante la fase di scavo.


Le modalità di realizzazione, in aggiunta alle prescrizioni di progetto, sono descritte nella sezione 10 del Capitolato di costruzione "Opere di miglioramento, rinforzo e stabilizzazione".

11.5.2.5.3 Chiodatura longitudinale con tubi o elementi strutturali in VTR

La chiodatura longitudinale è realizzata mediante tubi in vetroresina forniti e posti in opera entro prefori eseguiti in avanzamento compreso il loro inghisaggio con iniezione di miscela cementizia a bassa pressione.

Con il termine vetroresina si indica un materiale composito i cui componenti di base sono tessuti in fibre di vetro e/o fibre di vetro o aramidiche, legati fra loro da una matrice di resine termoindurenti opportunamente polimerizzate. Il materiale è fortemente anisotropo e quindi si dovrà tener conto, per il corretto impiego, della disposizione delle fibre di rinforzo.

La distribuzione dei tubi sul fronte di scavo, il loro orientamento e la loro lunghezza dovranno essere conformi alle previsioni di progetto ed alle prescrizioni della Direzione Lavori.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 28 di 133

11.5.3 PRERIVESTIMENTO

11.5.3.1 Scopo e campo di applicazione

La fase realizzativa del prerivestimento, immediatamente successiva allo scavo, è necessaria per sostenere temporaneamente lo scavo in attesa del getto del rivestimento definitivo ed evitare problemi di rilascio di materiale della calotta.

A seconda della tipologia dei terreni interessati dallo scavo, il prerivestimento viene generalmente realizzato con la posa in opera di

- centine metalliche;
- bulloni di ancoraggio;
- calcestruzzo proiettato – spritzbeton – (eventualmente armato con rete elettrosaldata o fibre).

11.5.3.2 Centine metalliche

Le centine, sia in acciaio profilato sia reticolari, dovranno avere caratteristiche geometriche, meccaniche ed interasse di messa in opera conformi alle sezioni tipo del progetto previste per le varie tratte o a quanto ordinato dalla Direzione Lavori.

Le centine in acciaio dovranno essere sagomate e collegate nei punti di giunzione tramite piastre saldate e bullonate, essere dotate di elementi di unione, catene distanziatrici, piastre di base, collegamenti e quanto altro occorrente per assicurare una perfetta continuità strutturale. Quando sono presenti giunzioni bullonate, dovrà essere curato il perfetto collegamento tra le piastre ed il serraggio di tutti i bulloni.

Tutte le centine dovranno essere attrezzate con attacchi per il montaggio dei distanziatori posti ad interasse non superiore ad 1 m.

Salvo diverse prescrizioni di progetto, le centine devono essere montate in posizione verticale e collegate con i distanziatori alle centine adiacenti con la frequenza indicata nel progetto; questa dovrà essere integrata, a cura dell'ESECUTORE o secondo le indicazioni della Direzione Lavori, per mantenere il cavo in sicurezza in tutte le condizioni in cui ciò si dovesse rendere necessario.


Inoltre, al fine di assicurare l'appoggio e la messa in carico della centina dovranno essere particolarmente curati la realizzazione ed il posizionamento della piastra di appoggio al piede, l'allettamento e le stabilità della superficie d'appoggio e il contatto delle centine alla superficie di scavo.

Quando le centine metalliche sottendono l'armatura troncoconica costituita da infilaggi o trattamenti colonnari armati dovranno essere posizionate a contatto delle armature e pertanto dovranno essere calandrate a profilo variabile, anche a gruppi, per assicurare una adeguata trasmissione dei carichi. Prima del getto dello spritzbeton dovrà essere verificato il corretto montaggio delle centine.

I vuoti presenti a tergo delle centine, dovuti ad irregolarità del profilo di scavo, dovranno essere riempiti con conglomerato cementizio lanciato a pressione o con idonei spessori o cunei di calcestruzzo, di acciaio o di altro materiale idoneo e non degradabile al fine di garantire che le centine stesse aderiscano completamente alle pareti dello scavo.

Quando lo spessore di eventuali vuoti a tergo delle centine supera i 20 cm e la loro estensione è tale da interessare più di una centina, la Direzione Lavori può richiedere che l'ESECUTORE, dopo la messa in sicurezza del cavo predisponga, all'estradosso delle centine stesse, un cassero a perdere a delimitazione delle cavità per poi procedere al successivo intasamento mediante tubi predisposti.

Qualora venisse adottata un'armatura centinata reticolare costituita da barre in acciaio elettrosaldate o tralicciate, queste dovranno essere opportunamente sagomate e collegate tra loro mediante distanziatori in acciaio saldati alle

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 29 di 133

barre.

11.5.3.2.1 Materiali e controlli

Le centine in acciaio profilato a doppio T dovranno essere in acciaio di qualità almeno di tipo S235.

Le centine in acciaio reticolare dovranno essere costituite, qualora non indicato diversamente nel progetto, da barre d'acciaio del tipo B450 C.

Le lamiere dovranno essere in acciaio di qualità almeno di tipo S235 (UNI EN 10025/05)

I bulloni dovranno essere di classe non inferiore alla 8.8 della UNI EN ISO 898-1/01.

Prima dell'inizio dei lavori l'ESECUTORE dovrà fornire:

- i dettagli completi di fabbricazione, le caratteristiche degli acciai e le caratteristiche geometriche;
- le modalità di installazione;
- i dettagli delle giunzioni, collegamenti saldature ecc.;
- i certificati di conformità dei materiali.

11.5.3.3 Bulloni di ancoraggio

Si tratta di elementi strutturali che, in esercizio, sono sollecitati a trazione, e che sono in grado di assorbire anche eventuali sollecitazioni taglianti; sono caratterizzati dall'assenza di guaine e da una lunghezza generalmente non superiore a 12 m.


Possono essere generalmente suddivisi in:

- **bulloni ad aderenza continua in barre d'acciaio**, realizzati mediante barre in acciaio di diametro non inferiore a 24 mm; la cementazione dovrà essere effettuata mediante iniezioni di boiaccia di cemento antiritiro ovvero con fialoidi di resina epossidica, con tutti gli accorgimenti e i materiali necessari per assicurare il completo riempimento dei fori e l'aderenza del bullone al terreno per tutta la sua lunghezza.
- **bulloni ad espansione meccanica con tubo di acciaio sagomato ad "omega"**; i bulloni ad espansione meccanica sono realizzati con un tubo di acciaio espandibile, preresinato e sagomato ad omega. La preresinatura sarà eseguita mediante immersione, dopo opportuna pulizia e sgrassatura, in una vernice gommosa monocomponente a base di bitume modificato (ciclizzato) e componenti attivi allo zinco. Il foro di alloggiamento del tubo avrà diametro opportuno per ottenere la massima resistenza allo sfilamento, e l'espansione del tubo avverrà tramite acqua iniettata a pressione.
- **bulloni ad espansione meccanica con barra di acciaio e testa di ancoraggio espandibile**; i bulloni ad espansione meccanica con testa di ancoraggio espandibile saranno realizzati con barre di acciaio. Qualora fosse ritenuto necessario, l'intasamento del foro dovrà essere fatto con iniezioni di malte cementizie o altre miscele idonee.
- **bulloni costituiti da lamiere, barre o profilati infissi a pressione senza perforazione preventiva**; le lamiere, barre o profilati, di acciaio o di vetroresina, saranno infisse a pressione senza perforazione preventiva mediante spinta con macchinario idoneo. In particolare, il macchinario dovrà applicare una spinta continua all'elemento ed impedire lo svergolamento dello stesso, e sarà dotato di un sistema per la registrazione continua della spinta applicata per l'infissione.

Le modalità di realizzazione, in aggiunta alle prescrizioni di progetto, sono descritte nella sezione 10 del Capitolato di costruzione "Opere di miglioramento, rinforzo e stabilizzazione".

11.5.3.3.1 Materiali e controlli

I materiali e le prove da eseguire sui bulloni di ancoraggio, in aggiunta alle prescrizioni di progetto, sono descritte nella sezione 10 del Capitolato di costruzione "Opere di miglioramento, rinforzo e stabilizzazione".


	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 30 di 133

11.5.3.4 Calcestruzzo proiettato (Spritzbeton)

La tecnica dello Spritzbeton, o calcestruzzo proiettato, è utilizzata per la formazione del guscio di pririvestimento delle gallerie, al fine di aumentare artificialmente la coesione superficiale degli ammassi rocciosi, evitando l'allentamento, il rilascio e la caduta di cunei, o per il contenimento di formazioni scarsamente coese e spingenti, prevenendo l'ossidazione delle superficie scavate e esposte all'aria.

La composizione della miscela dovrà essere studiata dall'ESECUTORE ed essere sottoposta alla preventiva accettazione delle FERROVIE. La distanza fra le armature del conglomerato cementizio lanciato a pressione dovrà essere uguale o superiore a 15 cm (barre o rete elettrosaldata). Dovrà essere particolarmente curato il fissaggio delle armature, con almeno 2 punti di fissaggio a metro quadrato, su un primo strato di conglomerato proiettato dello spessore di almeno 2-3 cm, per evitare movimenti o distacchi durante la successiva proiezione.

Le modalità di realizzazione, in aggiunta alle prescrizioni di progetto, sono descritte nella sezione 6 del Capitolato di costruzione "Opere in conglomerato cementizio".

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 31 di 133

11.5.4 RIEMPIMENTO DI VUOTI O CAVITÀ

È onere dell'ESECUTORE provvedere al riempimento dei vuoti e cavità che si rinvenissero sia in fase di scavo all'estradosso del profilo di scavo stesso sia dopo l'inizio dei lavori.

Fermo restando quanto specificato al paragrafo 11.5.3.2 relativamente al contatto centine terreno, le modalità di riempimento e le caratteristiche dei calcestruzzi o delle miscele da utilizzare devono essere proposte dall'ESECUTORE e approvate dalla Direzione Lavori. In questa fase l'ESECUTORE dovrà anche specificare se, compatibilmente con le prescrizioni di progetto, il riempimento sia da eseguire prima, dopo o contestualmente all'esecuzione del rivestimento definitivo.

Non è ammesso il riempimento dei vuoti o delle cavità contestualmente al getto del rivestimento definitivo quando il loro spessore massimo, misurato nel piano della sezione trasversale della galleria, supera il 50% di quello del rivestimento definitivo stesso.

Il progetto di riempimento dovrà essere predisposto dal progettista quando i vuoti o le cavità presentassero una superficie superiore a un quarto della sezione di scavo (misurata nel piano della sezione trasversale della galleria) o comunque a giudizio della Direzione Lavori.

I progetti di riempimento dovranno, in ogni caso, rispettare le seguenti prescrizioni:


- in primo luogo dovrà essere eseguito un riempimento parziale con miscele cementizie, pompate e additate con fluidificanti per favorire il perfetto spandimento della miscela e il riempimento di vuoti anche di piccole dimensioni;
- successivamente sarà eseguito il riempimento di intasamento tramite perforazioni e iniezioni in pressione di miscele cementizie a ritiro compensato. Le iniezioni dovranno essere continuate, per qualsiasi assorbimento, se non altrimenti disposto dal progettista, fino a ottenere il completo rifiuto del foro.

Gli oneri del riempimento ricadranno sull'ESECUTORE salvo che nel caso di differenti ed impreviste caratteristiche del terreno o cavità preesistenti di dimensioni superiori a quelle indicate come possibili dai vari documenti di progetto in quanto caratteristiche della formazione o della zona (imprevisto geologico). Quando la cavità si sia formata durante lo scavo a seguito di un fornello o di un rilascio accidentale connesso a responsabilità dell'ESECUTORE, rientreranno tra gli oneri dell'ESECUTORE stesso anche il consolidamento del terreno o della roccia nelle aree adiacenti e l'eventuale ripristino superficiale.

11.5.4.1 Controlli

Per quanto riguarda i controlli in corso d'opera, dovranno essere effettuati almeno i seguenti controlli sulle iniezioni di intasamento:

- corretta ubicazione planimetrica dei fori, in accordo ai progetto,
- controllo delle dimensioni minime della perforazione (75 mm). Questo controllo sarà eseguito a campione, in funzione delle condizioni di lavoro e comunque, almeno uno ogni 50 fori effettuati,
- corretto dosaggio in cemento della miscela, e in additivi, secondo le indicazioni del progettista. Tale controllo avverrà per ogni partita di miscela cementizia preparata.
- verifica, prima di ogni iniezione, che la pressione di iniezione sia quella specificata dal progettista.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 32 di 133

11.5.5 IMPERMEABILIZZAZIONE

11.5.5.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

Per l'impermeabilizzazione delle gallerie si può operare una distinzione tra sistemi di protezione idraulica senza pressione idrostatica e sistemi che devono resistere a pressioni idrostatiche significative. Nel primo caso è in genere sufficiente una protezione con un 'sistema ad ombrello'; in presenza di acqua in pressione o in terreni che presentino all'atto dello scavo venute d'acqua nella zona dei piedritti o dell'arco rovescio, sarà necessario eseguire un'impermeabilizzazione dell'opera con un sistema di impermeabilizzazione completo, cioè chiuso ad anello intorno al rivestimento.

Nel caso di sistemi ad ombrello le acque di falda o d'infiltrazione devono essere convogliate nel punto più basso della sezione, raccolte per mezzo di elementi di drenaggio e di smaltimento delle acque e quindi scaricate.

Nel caso del sistema completo, l'acqua di falda o d'infiltrazione non vengono in genere drenate e la sezione strutturale è dimensionata per sostenere la piena pressione idrostatica.

Qualora, in sistemi progettati ad ombrello, emergesse la necessità di una chiusura dell'impermeabilizzazione sull'intero anello, la Direzione Lavori dovrà coinvolgere il progettista per valutare la necessità di collegare l'impermeabilizzazione al sistema di drenaggio e definire i dettagli di tale collegamento, ovvero per valutare le conseguenze dal punto di vista statico in relazione ai possibili aumenti di carico legati alla risalita della falda.

Di norma, in linea con le previsioni progettuali, la calotta sarà impermeabilizzata sistematicamente.

L'impermeabilizzazione dovrà essere disposta all'intradosso del rivestimento di prima fase in modo da risultare compresa, a opera finita, tra il prerinvolgimento e il rivestimento definitivo e dovrà essere estesa fino alla quota indicata dal progetto.

In questi casi il Direzione Lavori dovrà coinvolgere il progettista per valutare la necessità di collegare l'impermeabilizzazione al sistema di drenaggio e definire i dettagli di tale collegamento, ovvero per valutare le conseguenze, dal punto di vista statico, in relazione ai possibili aumenti di carico legati alla risalita della falda.

La Direzione Lavori potrà richiedere la realizzazione di sondaggi in avanzamento per indagare l'eventuale presenza di falda acquifera

La struttura di impermeabilizzazione dovrà essere costituita da una membrana termoplastica impermeabile dello spessore non inferiore a 2 mm in cloruro di polivinile (PVC) e da uno strato di protezione, applicato in aderenza al conglomerato cementizio proiettato, costituito da un geotessile non tessuto avente le caratteristiche riportate successivamente.


In alternativa al geotessile potrà essere utilizzata una struttura ad alto potere filtrante che dovrà, comunque, essere approvata dalla Direzione Lavori.

Lo strato di protezione dovrà essere scelto per assolvere alle funzioni di:

- captazione e drenaggio delle acque di infiltrazione;
- protezione meccanica della membrana contro il punzonamento statico esercitato dal supporto durante il getto del rivestimento finale.

L'ESECUTORE, 60 giorni prima dell'inizio della realizzazione dei sistemi d'impermeabilizzazione, deve consegnare alla Direzione Lavori per approvazione, un'istruzione operativa che descriva dettagliatamente:

- tipo dell'impermeabilizzazione;
- materiali impiegati e loro certificazione;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 33 di 133

- macchinario impiegato e modalità d'impiego;
- qualifiche professionali del personale operativo;
- modalità di qualifica del processo operativo.

Successivamente all'approvazione, da parte della Direzione Lavori, dell'istruzione operativa, l'ESECUTORE dovrà eseguire la qualifica del processo di "posa della impermeabilizzazione" secondo quanto indicato nell'istruzione approvata.

L'ESECUTORE redigerà un Dossier di qualificazione con l'esito dei controlli e loro certificazione, che consegnerà alla Direzione Lavori per approvazione.


La posa dell'impermeabilizzazione non potrà iniziare prima dell'approvazione del Dossier di qualifica del processo.

La posa in opera dell'impermeabilizzazione potrà essere eseguita solo dopo che l'ESECUTORE avrà verificato che il profilo di intradosso del rivestimento di prima fase sia conforme al progetto e garantisca la possibilità di gettare il rivestimento definitivo senza sottospessori. A tal fine verranno eseguiti rilievi in continuo tramite scanner ottico dopo il completamento del prerinvestimento. In ogni caso prima delle operazioni di posa dell'impermeabilizzazione deve essere verificato che le convergenze si siano stabilizzate. A tale proposito si precisa che, su richiesta della Direzione Lavori o se previsto in progetto, il sistema di monitoraggio delle convergenze dovrà essere ripristinato, a cura dell'ESECUTORE, dopo l'installazione dell'impermeabilizzazione.

La documentazione relativa a tali controlli deve essere consegnata alla Direzione Lavori prima dell'inizio della posa.

Per ridurre il rischio di danneggiamento accidentale, l'installazione dell'impermeabilizzazione dovrà essere programmata in modo tale che il rivestimento definitivo venga gettato entro 20 giorni dalla posa dell'impermeabilizzazione stessa. In ogni caso, prima del getto deve essere eseguito un controllo delle sue condizioni e, a cura dell'ESECUTORE, dovranno essere eseguite tutte le eventuali riparazioni fino ad arrivare, se richiesto dalla Direzione Lavori, alla sua completa sostituzione.

Di norma un numero di difetti pari o superiore a 5 ogni 200 m² deve comportare la completa sostituzione dell'impermeabilizzazione.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 34 di 133

11.5.5.2 CARATTERISTICHE DEI COMPONENTI DELL'IMPERMEABILIZZAZIONE

11.5.5.2.1 Strato di protezione

Lo strato di protezione potrà essere costituito da un geotessile o da una struttura ad alto potere filtrante integrati, localmente o sull'intera superficie impermeabilizzata, da lastre semirigide ad alta capacità drenante.

11.5.5.2.2 Geotessile non tessuto

Il foglio di geotessile non tessuto, in polipropilene 100%, dovrà essere non rigenerato, coesionato meccanicamente mediante agugliatura, esente da trattamenti chimici o termici, rispondente ai requisiti delle norme UNI EN 13256:2014 ed UNI EN 13252:2014, ed avente le caratteristiche minime riportate in tabella 11.5.5-1.

Tabella 11.5.5-1 - Caratteristiche minime e limiti di accettabilità dei geotessili per drenaggi

CARATTERISTICHE	VALORI LIMITE	NORME DI RIF.
Massa areica	$\geq 500 \text{ g}/\mu^2$	EN ISO 9864
Spessore a 2 KPa a 20 kPa	$\geq 4 \text{ }\mu\text{m}$ $\geq 3 \text{ }\mu\text{m}$	EN ISO 9863-1
Resistenza a trazione longitudinale e trasversale	$\geq 30 \text{ KN}/\mu$	EN ISO 10319
Allungamento a rottura longitudinale e trasversale	30 KN/m	EN ISO 10319
Resistenza al punzonamento statico	5 KN	EN ISO 12236
Permeabilità all'acqua nel piano a 2 KPa a 100 KPa	$5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{sec}$ $1.5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{sec}$	EN ISO 12958
Apertura caratteristica	$\leq 80 \text{ }\mu\text{m}$	EN ISO 12956


I rotoli di geotessile dovranno essere opportunamente protetti durante il periodo di stoccaggio del materiale ed i tempi di copertura dopo la posa in opera dovranno essere inferiori a quelli indicati dal produttore; in caso di stoccaggio non conforme o di posa in opera successiva alla data indicata, l'ESECUTORE dovrà effettuare tutte le prove e i controlli atti a garantire i requisiti richiesti dal presente Capitolato.

Le prove per la verifica delle caratteristiche sopracitate dovranno essere eseguite ogni 15.000 mq di tessuto non tessuto posto in opera.

11.5.5.2.3 Geocomposito ad alto potere filtrante

Il tipo di geocomposito da utilizzare sarà definito negli elaborati progettuali.

Nel seguito si riporta un esempio di tipologia utilizzabile: geocomposito costituito da un membrana cuspidata

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 35 di 133

prodotta per estrusione di polietilene ad alta densità (HDPE) senza aggiunta di additivi espandenti. Alla struttura così ottenuta viene termosaldato un geotessile non tessuto in polipropilene (PP) da 180 g/m².

Tabella 11.5.5-2 - Caratteristiche del geocomposito ad alto potere filtrante

CARATTERISTICHE	VALORI LIMITE	NORME DI RIF
Peso unitario	≥ 1380 (180 Kg/m ³ geotessile) Kg/m ³	
Spessore a 20 Kpa a 200 Kpa	≥ 8 mm ≥ 5.7 mm	EN ISO 9863
Resistenza a trazione longitudinale e trasversale	≥ 15 KN/m	EN ISO 10319
Allungamento a rottura longitudinale e trasversale	≥ 60%	EN ISO 10319
Resistenza al punzonamento statico	≥ 5 KN	EN ISO 12236
Portata idraulica (1- 100 Kpa)	3.90 l/s/m	EN ISO 12958
Resistenza chimica	Tutte le sostanze	

11.5.5.2.4 Lastre semirigide ad alta capacità drenante

11.5.5.2.4.1 Lastre grecate in PVC semirigido autoestinguente

Le lastre grecate in PVC semirigido autoestinguente, del tipo bi-orientato, dovranno avere spessore minimo di 1.2 mm, larghezza di 1.0 m circa con profilo grecato di almeno 70 mm di larghezza e 18 mm di profondità ed essere costituite da materiale avente le caratteristiche riportate nella tabella seguente:


	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
	CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 36 di 133

Tabella 11.5.5-3 - Caratteristiche delle lastre grecate

CARATTERISTICHE	VALORI LIMITE	NORME RIFER.
Massa volumica (gr/cm ³)	1.40 ± 0.05	ISO R 11/83
Durezza Shore – D	≥ 80	ISO R 868
Modulo di elasticità (N/mm ²)	3200 ± 200	ISO R 527
Resilienza in trazione a 0 °C (KJ/m ²)	≤ 1500	DIN-53488
Resistenza a trazione a rottura (N/mm ²)	≥ 80	ISO R 527
Allungamento a rottura (%)	≥ 80	

11.5.5.2.4.2 Lastre alveolari di polietilene ad alta densità (HDPE)

Le lastre alveolari di polietilene a alta densità aventi spessore minimo di 1.0 mm in elementi bugnati con rilievi troncoconici d'altezza non inferiore a 18 mm, dovranno avere le caratteristiche riportate nella tabella seguente:

Tabella 11.5.5-4 - Caratteristiche delle lastre alveolari

CARATTERISTICHE	VALORI LIMITE	NORME RIFER.
Resistenza alla compressione	≥ 150 KN/m ²	
Capacità di drenaggio	≥ 10 l/m/s	EN ISO 12958
Volume d'aria occlusa dalla lastra	≥ 14 l/m ²	

Sia le lastre grecate che quelle alveolari dovranno essere sormontate tra loro e fissate al supporto con tasselli a espansione in nylon e anima in acciaio.

I fissaggi dovranno essere applicati, in corrispondenza delle sovrapposizioni, con interasse non superiore a 85 cm.


11.5.5.2.5 Membrana impermeabile in PVC

La membrana impermeabile dovrà essere costituita da cloruro di polivinile (PVC) e dovrà soddisfare le caratteristiche indicate nella tabella 11.5.5-5.

La membrana dovrà essere a doppio strato o signal layer, composta da due strati di colore contrastante ma costituenti un corpo omogeneo. Lo strato sulla superficie in vista dovrà essere di colore contrastante con quello dello strato inferiore, al fine di consentire una più agevole individuazione di eventuali strappi o danni arrecati in fase di produzione, trasporto, installazione, oppure dalle attività di cantiere successive alla posa in opera e antecedenti o concomitanti con la fase di getto del rivestimento.

Le termosaldature per la giunzione dei fogli non dovranno provocare fenomeni di distacco fra gli strati componenti.

Prima dell'inizio della posa dovranno essere eseguite saldature campione al fine di verificare la regolare esecuzione delle stesse (planarità, tenuta, uniformità della saldatura, uniformità del colore, assenza di bruciate, ecc.) ed il perfetto funzionamento delle attrezzature.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 37 di 133

Salvo casi eccezionali e sporadici, provocati dalla presenza di vistosi fuori - sagoma o di riprese dovute a esigenze costruttive quali nicchie, nicchioni, cameroni, fori passanti, ecc., la lunghezza di ogni rotolo dovrà essere almeno uguale o superiore allo sviluppo della sezione trasversale da rivestire. Il produttore dovrà fornire dimostrazione che nessun componente della membrana in PVC, migrando dalla massa, nel lungo termine, provochi effetti degradanti su:

- membrana in PVC stessa;
- geotessile di drenaggio ed eventuali strati protettivi;
- altri materiali plastici o in PVC quali waterstop, ecc.

Tabella 11.5.5-5 – *Caratteristiche minime della membrana impermeabile in PVC*


CARATTERISTICHE	REQUISITO MINIMO	NORME RIFERIM.
Spessore (mm)	≥ 2.0 (escluso strato di segnalazione)	EN 1849 - 2
Spessore strato di segnalazione (mm)	≤ 0.2	EN 1849 - 2
Resistenza a trazione nelle due direzioni (longitudinale e trasversale) (N/mm ²)	≥ 15	EN ISO 527 – 3 EN 12311-2
Allungamento a rottura nelle due direzioni (%)	≥ 250	EN ISO 527 – 3 EN 12311-2
Resistenza alla lacerazione (N/mm)	≥ 50	EN 12310-2
Permeabilità all'acqua (24 ore 0.5 MPa)	Impermeabile	EN 1928 met b
Resistenza della giunzione	≥ 10.5	EN 12317-2
Flessibilità a freddo	≥ -20	EN 495/5
Stabilità a caldo a + 70C per 2 ore	stabile	EN 1110
Resistenza a soluzioni acide ed alcaline per 28 gg a 23° (variazione allungamento)	≤ ±20%	DIN 16726
Comportamento al fuoco	Classe E	EN 13501-1

Nella prova riguardante la perdita dei plastificanti della membrana, per immersione in acqua calda a 60°C per un periodo di dieci giorni, la perdita in peso non dovrà essere maggiore dell'uno per cento.

11.5.5.2.6 Membrana impermeabile polimerica a spruzzo

Quando problematiche costruttive rendono difficoltosa la realizzazione dello strato impermeabilizzante in PVC è possibile realizzare l'impermeabilizzazione con l'applicazione spray-on a freddo di una membrana polimerica elastica.

Questa tipologia di impermeabilizzazione deve essere utilizzata, di norma, su indicazione del progettista. La realizzazione avviene come strato sandwich, di spessore minimo pari a 3 mm, all'interno di strati di calcestruzzo

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 38 di 133

proiettato, sia senza che con fibre di armatura, in modo da ottenere uno strato complessivo collaborante del tipo 'single shell'.

Per evitare battenti d'acqua elevati, in genere l'adozione è limitata a sistemi impermeabilizzati 'ad ombrello'; è buona norma prevedere l'adozione di una griglia di membrane bugnate o di materassini drenanti per deviare le acque e per evitare pressioni idriche locali troppo elevate.

Nel caso fossero previste zone di interfacciamento tra teli (PVC o drenanti) e membrana spruzzabile, nella zona di sovrapposizione potrà essere prevista una malta di livellamento sotto il telo in PVC (che andrà steso accuratamente), con lo scopo di regolarizzare la superficie di sovrapposizione dei due sistemi. Successivamente potrà essere applicata la membrana a spruzzo sopra il telo e sopra la testa d'ancoraggio di quest'ultimo, il tutto per una larghezza d'intervento di 40-50 cm. L'area di ricoprimento dovrà essere asciutta ed il telo ben pulito.

La membrana applicata dovrà soddisfare i requisiti definiti nella tabella seguente:

Tabella 11.5.5-6 – *Caratteristiche minime della membrana impermeabilizzante polimerica a spruzzo*

CARATTERISTICHE	REQUISITO MINIMO	NORME RIFERIM.
Spessore (mm)	≥ 3 mm	EN ISO 9864
Resistenza a pressione idraulica (bar)	15	EN ISO 14150
Resistenza a trazione nelle due direzioni (longitudinale e trasversale) (N/mm ²)	≥ 15	EN ISO 527 – 3
Allungamento di rottura (a 20°C, 28 gg.)	>100%	EN ISO 527
Adesione su calcestruzzo minima (MPa)	1.0	EN ISO 9532

11.5.5.2.7 Tubo di drenaggio longitudinale a tergo dell'impermeabilizzazione


I tubi dovranno essere in PVC rigido del diametro nominale non inferiore a 110 mm, uno spessore non inferiore a 3 mm e avere le pareti corrugate e forate e la suola di base liscia e stagna ed essere ispezionabili. Nel caso si sia riscontrata la presenza di acqua incrostante, la Direzione Lavori dovrà coinvolgere il progettista per verificare il rischio di ostruzione a lungo termine.

11.5.5.2.8 Waterstop idroespansivo

Sarà costituito da cordoli di forma quadrata di dimensioni di 25x25 mm o rettangolare. Dietro esplicita approvazione della Direzione Lavori, potranno essere utilizzati anche elementi composti da bentonite di sodio preidratata estrusa sotto vuoto additivata con polimeri stabilizzanti e antisale. I cordoli dovranno essere fissati con chiodatura in acciaio almeno ogni 25 cm alla struttura già gettata che dovrà presentare la superficie di ripresa del getto, preventivamente sottoposta a idropulizia, perfettamente liscia, pulita, esente da impurità, alveoli, nidi di ghiaia, parti staccate o staccabili che possano impedire la regolare espansione ed adesione a tenuta in presenza d'acqua. Il waterstop quando disposto in corrispondenza della smorza di calotta dovrà essere dotato di apposita retina per il fissaggio.

Il materiale dovrà possedere le seguenti caratteristiche fisico-meccaniche:

- espansione libera in acqua distillata pari ad almeno sei volte il volume iniziale senza perdita di coesione di massa;
- massa maggiore di 1.10 kg/m;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 39 di 133

- pressione di rigonfiamento dopo 48 ore maggiore di 600 KPa;
- pressione di rigonfiamento dopo 6 ore minore di 100 KPa;
- stabilità alle soluzioni saline ed aggressive e resistenza all'azione inibente degli ioni calcio e magnesio

La giunzione fra due cordoli deve essere effettuata mediante l'accostamento delle estremità per almeno 30 cm. L'utilizzo dovrà essere preventivamente autorizzato dalla Direzione Lavori a valle dell'esecuzione di prove preliminari eseguite in cantiere o presso il laboratorio di cantiere, volte a verificare la rispondenza ai requisiti qui indicati.

11.5.5.2.9 Giunto iniettato a tenuta idraulica per riprese di getto

Si tratta di un giunto a tenuta idraulica tra le superfici di ripresa di getto in calcestruzzo, che prevede la posa in opera, in mezzera della ripresa tra due cordolini idroespansivi, di un tubo flessibile che permette l'iniezione dopo l'esecuzione del getto di resine idroespandenti fino a pressione di 6.0 MPa.

Il tubo flessibile dovrà essere costituito da:

- un anima in polietilene avente diametro interno superiore a 6 mm, a doppia spirale, in modo da consentire, alla pressione di iniezione, la fuoriuscita della resina in modo uniforme e continuo sia radialmente che longitudinalmente;
- un rivestimento in foglio di gomma neoprenica, anch'esso spiralato, con funzione di valvola di non ritorno, atto a impedire il riflusso della resina, all'interno dell'anima, in caso di pressione negativa (dall'esterno verso l'interno), che può verificarsi, a esempio, durante le operazioni di lavaggio e svuotamento del tubo con la pompa da vuoto;
- una calza esterna realizzata in treccia di rayon, avente funzione protettiva e di contenimento, atta a consentire il deflusso del materiale in modo uniforme.

Il tubo flessibile sarà posato sulla superficie di calcestruzzo già indurito, contro il quale dovrà avvenire il getto di ripresa, in corrispondenza della mezzera del giunto e per tratti di lunghezza non maggiore di 6 metri, fissato con apposite staffe semicircolari almeno ogni 20 cm, in modo da realizzare la massima aderenza alla superficie del getto.


La superficie indurita, preparata con idropulizia in pressione, dovrà essere perfettamente liscia, pulita, asciutta, esente da impurità, alveoli, nidi di ghiaia, parti staccate o staccabili.

Per i tratti di lunghezza maggiore a 6 metri si dovrà garantire la sovrapposizione dei tubi per almeno 20 cm. Non dovranno essere sovrapposti tratti di tubo di iniezione ma le estremità realizzate con tronchetti di tubo di alimentazione collegati al tubo principale con manicotti termorestringenti. Detti collegamenti dovranno essere posizionati a distanza maggiore di 15 cm dalle superfici del calcestruzzo.

Per l'iniezione dovrà essere utilizzata resina acrilica bicomponente avente viscosità non maggiore di 100 Pa*s e Massa Volumica maggiore di 1.08 g/cm³, idroespandente dopo il consolidamento, atossica.

La miscelazione dei componenti, in rapporto 1:1, con un agitatore di almeno 1500 giri al minuto, dovrà avvenire al momento dell'inizio dell'iniezione al fine di prevenire fenomeni di alterazione delle caratteristiche del composto. Lo stesso composto dovrà comunque avere un tempo di latenza, prima del consolidamento, di almeno 60 minuti a 20 °C.

L'iniezione della resina, da effettuare non prima di 20 giorni dal getto, dovrà avvenire lentamente fino alla fuoriuscita dall'altra estremità del tubo. A quel punto, chiusa ermeticamente la suddetta estremità, si dovrà portare il circuito a una pressione costante compresa tra i 3.0 e 4.0 MPa da mantenere per almeno 5 minuti.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 40 di 133

Al fine di garantire eventuali iniezioni in tempi successivi, si dovrà procedere all'immediato lavaggio e aspirazione della resina rimasta all'interno del tubo.

11.5.5.3 CONFEZIONAMENTO, TRASPORTO E STOCCAGGIO DEI MATERIALI

11.5.5.3.1 Confezionamento e Trasporto

Ciascun carico pervenuto in cantiere dovrà essere accompagnato dal certificato di origine del produttore sul quale saranno riportate le caratteristiche tecniche e dimensionali del prodotto.

Tutti i materiali dovranno essere adeguatamente imballati nello stabilimento di produzione e protetti in modo da non venire danneggiati o deteriorati durante il trasporto.

Ciascun rotolo dovrà pertanto essere imballato con polietilene scuro o nero per evitare l'esposizione prolungata ai raggi ultravioletti e garantire una tenuta ermetica durante il trasporto.

Su ciascun imballaggio dovranno essere chiaramente leggibili i seguenti dati:

- il nome del produttore;
- le dimensioni caratteristiche;
- il numero del tipo o la sigla;
- la data di fabbricazione.

I materiali dovranno riportare stampigliata sul bordo, almeno ogni 3 (tre) metri, la sigla identificativa del prodotto, come risultante dai cataloghi di produzione.

I materiali non rispondenti alle prescrizioni suddette dovranno essere identificati, segregati e tempestivamente rimossi dal luogo di stoccaggio a totale carico dell'ESECUTORE.

11.5.5.3.2 Stoccaggio

Tutti i materiali dovranno essere immagazzinati in luogo asciutto e ben ventilato.

Il magazzino e le modalità di stoccaggio dovranno essere conformi alle indicazioni del produttore e approvati dalla Direzione Lavori.

Nel caso i materiali dovessero sostare temporaneamente all'esterno, dovranno essere adeguatamente coperti e protetti in modo di evitare qualsiasi deterioramento.


I materiali deteriorati non potranno essere utilizzati e dovranno essere identificati, segregati e tempestivamente rimossi dal luogo di stoccaggio a totale carico dell'ESECUTORE.

11.5.5.4 DOCUMENTAZIONE E CONTROLLI DI CONFORMITÀ

L'ESECUTORE dovrà inviare almeno 60 (sessanta) giorni prima dell'inizio dei lavori di posa dell'impermeabilizzazione i seguenti documenti ed elaborati che dovranno essere approvati dalla Direzione Lavori:

a) Elementi sulla produzione dei materiali:

- cataloghi dei prodotti, numero del modello e loro idoneità per l'impiego previsto (in lingua originale con eventuale traduzione in italiano);

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 41 di 133

- caratteristiche dei materiali e metodi di prova per la relativa verifica;
 - caratteristiche di resistenza delle giunzioni a seguito di termosaldatura.
- I valori dichiarati dovranno essere omologati da organismi di controllo autorizzati.

b) Dichiarazioni dell'ESECUTORE sull'utilizzo del materiale proposto:

L'ESECUTORE dovrà fornire una chiara relazione descrittiva riguardante:

- le modalità produttive e le procedure di installazione del geotessile non tessuto e della membrana impermeabile che dovranno comprendere anche la metodologia utilizzata per l'esecuzione delle giunzioni, delle riparazioni e delle prove di collaudo;
- le modalità di collegamento tra il rivestimento della galleria artificiale e quella a foro cieco con allegate le tavole illustrative del sistema;
- i sistemi di fissaggio del geotessile e di sostegno della struttura d'impermeabilizzazione;
- i particolari costruttivi per il raccordo dell'impermeabilizzazione con tubazioni, pezzi speciali od altri elementi passanti del sistema di drenaggio.

c) Campionature

Prima dell'inizio dei lavori l'ESECUTORE dovrà fornire alla Direzione Lavori i campioni dei materiali proposti sui quali far eseguire le prove previste al precedente paragrafo 11.10.2 e/o altre prove che verranno indicate dalla Direzione Lavori medesima in base a motivate richieste.

Tali campioni consisteranno almeno in:

- n° 1 campione di geotessile non tessuto di 4 m²;
- n° 1 campione di membrana impermeabile di 4 m²;
- n° 1 campione di lastra semirigida a elevata capacità drenante (se utilizzata);
- n° 1 campione di rondella di fissaggio in PVC con risega centrale per l'alloggiamento a scomparsa del relativo chiodo (antipunzonamento della membrana);
- n° 1 campione di saldatura fra due membrane in PVC della lunghezza di un metro;
- n° 1 campione completo della struttura completa costituente l'impermeabilizzazione;
- n° 1 campione di waterstop (se utilizzato).

I campioni dovranno essere inviati ad un laboratorio ufficiale o autorizzato.


I materiali potranno essere impiegati solo dopo che i risultati delle prove sui campioni avranno dimostrato la conformità degli stessi alle prescrizioni.

I materiali forniti che non saranno conformi, anche solo in parte, alle presenti prescrizioni non potranno essere utilizzati e dovranno essere identificati, segregati e tempestivamente rimossi dal luogo di stoccaggio a totale carico dell'ESECUTORE.

11.5.5.5 MODALITÀ ESECUTIVE

L'applicazione della membrana impermeabile dovrà avvenire solo in presenza di atmosfera non tossica, in condizioni di buona visibilità ed in assenza di fumi in calotta.

L'ESECUTORE dovrà mantenere il luogo di lavoro pulito, privo d'acqua, fango, residui oleosi, ecc.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 42 di 133

Tutte le operazioni di montaggio dei componenti dell'impermeabilizzazione dovranno essere eseguite da personale altamente specializzato sotto la guida di assistenti tecnici qualificati che opereranno anche in base alle raccomandazioni dei produttori dei materiali utilizzati e secondo le procedure preventivamente approvate dalla Direzione Lavori.

Gli operai che eseguono l'applicazione dovranno essere muniti di abilitazione all'esecuzione di termosaldatura manuale rilasciata da un organismo riconosciuto o da attestati rilasciati che dimostrino l'organizzazione sistematica di corsi di abilitazione del personale.

L'applicazione dei componenti dell'impermeabilizzazione dovrà avvenire esclusivamente mediante attrezzature specifiche progettate per questo scopo.

Al fine d'assicurare le massime condizioni di sicurezza al personale preposto all'applicazione, anche in caso d'urto da parte di mezzi in transito, i ponteggi, dovranno essere del tipo a portale, semoventi, dotati di dispositivo estensibile a navetta che consentirà lo svolgimento e l'applicazione controvolta della struttura impermeabile per tutto lo sviluppo della sezione trasversale.

L'attrezzatura di posa dovrà essere preventivamente accettata dalla Direzione Lavori.

La documentazione dovrà essere corredata dai certificati di controllo emessi da un organismo riconosciuto.

11.5.5.1 Preparazione della superficie di posa

La struttura impermeabile dovrà essere applicata su una superficie regolare, con asperità superficiali minori di 10 mm, pulita, priva di materiali inconsistenti e di corpi estranei quali chiodi, elementi sporgenti, fibre metalliche ecc.

Bulloni, teste dei tiranti, piastre di ripartizione, tubi e altri elementi in acciaio dovranno essere regolarizzati mediante riporto di malta cementizia ad alta adesione, previo eventuale taglio.

Quando si impiega calcestruzzo proiettato rinforzato con fibre metalliche, con lo scopo di evitare che queste danneggino il telo in PVC, potrà essere necessario applicare tra questo e lo spritz un doppio strato di geotessile avente le caratteristiche di cui al punto 11.5.5.2.2.

L'impiego di questo geotessile è soggetto alla preventiva approvazione della Direzione Lavori a valle dell'esecuzione, a carico dell'ESECUTORE, di prove preliminari eseguite in cantiere o presso il laboratorio di cantiere volte a verificare che le caratteristiche meccaniche del geotessile siano tali da impedire l'accidentale foratura del telo impermeabilizzante da parte delle fibre stesse.


Le prove consistiranno nell'applicare su una cassetta nella quale sia stato spruzzato il cls proiettato impiegato per la galleria e sulla quale siano stati applicati, nel corretto ordine, i teli di geotessile e ed il telo impermeabilizzante, un carico paragonabile a quello che, secondo il progetto, agirà sul rivestimento verificando, dopo un opportuno tempo di applicazione, che il telo impermeabilizzante non risulti danneggiato.

I dettagli della prova devono essere definiti con la Direzione Lavori alla quale spetta l'approvazione delle modalità esecutive. Devono essere eseguite 3 prove in fase di qualifica, quindi prima della prima applicazione. Le stesse prove devono essere eseguite ogni volta che vengono modificate le caratteristiche dello spritz o del geotessile stesso.

Un'altra modalità, applicabile solo dietro esplicita approvazione della Direzione Lavori, consiste nel ricoprire lo spritzbeton contenente fibre metalliche con uno strato di 1 - 2 cm di calcestruzzo proiettato senza fibre ma con i medesimi requisiti di base di quello sottostante.

Tutte le eventuali protuberanze o cavità del supporto dovranno avere un raggio di curvatura non inferiore a 0.30 m e un rapporto saetta/corda pari a 0.10 (1/10).

Qualora la Direzione Lavori riscontri il mancato rispetto di quanto sopra indicato l'ESECUTORE dovrà

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 43 di 133

procedere all'applicazione di uno strato di regolarizzazione di calcestruzzo proiettato al fine di garantire il rispetto delle suddette prescrizioni.

Prima dell'applicazione dell'impermeabilizzazione l'ESECUTORE, avvisando la Direzione Lavori per la sua eventuale partecipazione, dovrà redigere un verbale in contraddittorio con il responsabile delegato dell'ESECUTORE nel quale riportare lo stato della superficie del supporto ed eventualmente descrivere i provvedimenti da adottare per eliminare i difetti.

Nei punti o zone in cui vi siano infiltrazioni d'acqua di particolare intensità si dovrà applicare sul conglomerato cementizio proiettato uno strato drenante, con le caratteristiche indicate al precedente punto 11.5.5.2.3 o 11.5.5.2.4

Lo strato drenante dovrà essere collegato al sistema di drenaggio situato alla base dei piedritti o direttamente ai condotti principali di smaltimento, con tubi in PVC non fessurati.

La scelta del materiale da utilizzare sarà subordinata all'entità dell'infiltrazione.

In caso di forti infiltrazioni d'acqua lo strato drenante dovrà essere ricoperto da conglomerato cementizio proiettato armato con rete elettrosaldata opportunamente ancorata al supporto.

L'ESECUTORE dovrà comunque motivare formalmente la scelta alla Direzione Lavori.

11.5.5.2 Sistema drenante al piede dei piedritti

La captazione parziale o totale delle acque a tergo dell'impermeabilizzazione sarà realizzata in modo da garantire il loro smaltimento controllato, evitando, cioè, il versamento sulla piattaforma.

Pertanto, la circolazione d'acqua dai drenaggi alla piattaforma e da questi alla canaletta centrale è consentita solo per le percolazioni limitate e/o saltuarie.

Il tubo drenante posto alla base dei piedritti dovrà essere contenuto nella impermeabilizzazione e collegato con derivazioni ai condotti principali di smaltimento.


Tutto il sistema drenante dovrà essere ispezionabile in modo agevole dalle nicchie di ricovero o, in mancanza di queste, da tubi ispezionabili dal marciapiede.

I fori praticati nelle membrane per il passaggio delle tubazioni di raccordo dovranno essere sigillati con appositi elementi in PVC termosaldati alla membrana stessa e ai tubi di raccordo in conformità ai particolari costruttivi sottoposti alla approvazione della Direzione Lavori.

Il tubo drenante microfessurato alla base dell'impermeabilizzazione dovrà essere realizzato con le seguenti caratteristiche:

- curve con raggio non inferiore a 50 cm;
- andamento longitudinale che non dovrà discostarsi in alcun tratto da quello di progetto;
- piano di appoggio o di applicazione predisposto topograficamente, mediante realizzazione di livellette ben visibili, tracciate sul supporto;
- assenza di corde molli tali da dar luogo a frecce maggiori di 3 cm su un tratto di 2.0 m.

Inoltre, dopo il getto e la maturazione di ogni concio o, a giudizio della Direzione Lavori, di gruppi di conci, l'ESECUTORE, a suo carico ed alla presenza della Direzione Lavori che redigerà un verbale in contraddittorio, dovrà verificare la piena funzionalità del drenaggio attraverso una prova idraulica o pneumatica. L'ESECUTORE potrà sottoporre alla Direzione Lavori soluzioni alternative che comunque dovranno tenere conto della necessità di dotare il sistema, di regolari ed equidistanti pozzetti di ispezione e pulizia per l'eliminazione di eventuali

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 44 di 133

sedimenti o depositi di acque incrostanti.

L'ESECUTORE dovrà garantire che il sistema di drenaggio non subisca variazioni dell'assetto e delle pendenze previste durante le operazioni di getto e che il sistema di fissaggio dell'impermeabilizzazione non consenta la penetrazione di malte cementizie che potrebbero otturare o impedire il deflusso delle acque.

Per migliorare le capacità di convogliamento al piede, il sistema dovrà essere completato con applicazione, sotto il geotessile a partire dal tubo di drenaggio longitudinale per uno sviluppo non inferiore a 100 cm di cui almeno 50 di risolto in parete, di un materiale di elevata capacità drenante, rispondente alle caratteristiche riportate nelle Tabelle 11.5.5-2, 11.5.5-3 e 11.5.5-4.

11.5.5.3 Applicazione del geotessile

Il geotessile non tessuto dovrà essere applicato sulla superficie in conglomerato cementizio proiettato e fissato, in via preliminare, mediante chiodi e rondelle in acciaio.

Il geotessile dovrà essere installato in aderenza al supporto in conglomerato cementizio proiettato; ciascun elemento applicato trasversalmente e adeguatamente sovrapposto non dovrà presentare più di una saldatura trasversale.

Il geotessile dovrà avvolgere completamente il tubo drenante alla base della membrana in PVC.

Tutti i fissaggi del geotessile, indipendenti dal sistema di ancoraggio della membrana in PVC, dovranno essere protetti o ricoperti dallo stesso geotessile al fine d'evitare eventuali fenomeni di punzonamento che potrebbero interessare la membrana impermeabile

11.5.5.4 Applicazione della membrana impermeabile in PVC

La membrana impermeabile dovrà essere fissata al supporto ed accoppiata al geotessile secondo il procedimento di fissaggio puntuale eseguito mediante speciali rondelle in PVC compatibile del tipo a frattura preferenziale, oppure mediante listoni in PVC.

Le rondelle o i listoni in PVC dovranno avere un diametro (o larghezza) non inferiore a 100 mm e dovranno essere dotati di un alloggiamento per la scomparsa della testa del chiodo e rondella in acciaio utilizzati per il fissaggio alla superficie di calcestruzzo proiettato al fine d'impedire eventuali fenomeni di punzonamento.

I chiodi non perfettamente infissi e/o mobili, che potrebbero danneggiare la membrana durante la fase del getto, dovranno essere rimossi.

Le rondelle (o i listoni) dovranno essere collocate in prossimità del fondo di eventuali cavità del supporto e dovranno essere disposte in numero variabile in funzione della loro posizione rispetto alla verticale.

Nella zona centrale della calotta per una larghezza di 6÷8 m circa dovranno essere posizionate almeno 4 (quattro) rondelle per ciascun metro quadrato e/o un listone ogni 75 cm;


In corrispondenza delle reni e dei piedritti dovranno essere posizionate almeno 2 (due) rondelle per metro quadrato e/o un listone ogni 1,5 m.

La membrana impermeabile dovrà essere applicata in aderenza al geotessile e ancorata mediante termosaldatura alle rondelle fissate in precedenza.

Il fissaggio dovrà essere più debole della resistenza allo strappo fornita dalla membrana.

La sovrapposizione delle membrane, prima della giunzione, dovrà essere non minore di 100 mm.

Le giunzioni saranno di tipo piano, ottenute per semplice sovrapposizione delle membrane, e dovranno essere realizzate mediante speciali apparecchiature funzionanti a cuneo caldo o ad aria calda, dotate di rulli

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 45 di 133

opportunamente frizionati atti ad assicurare una doppia saldatura piana e parallela con interposto canale per la prova in pressione.

Nell'eseguire la saldatura dovrà essere posta particolare cura affinché il geotessile non subisca danneggiamenti tali da comprometterne la rispondenza ai requisiti richiesti dal presente Capitolato.

Ciascuna saldatura dovrà avere una larghezza non inferiore a 10 mm e lo spazio fra le saldature dovrà risultare minore di 15 mm.

Tutte le saldature dovranno essere sistematicamente sottoposte, per la loro intera estensione, alla prova di tenuta pneumatica. Queste prove dovranno essere eseguite dall'ESECUTORE che dovrà riportarne gli esiti sia sulla giunzione stessa (data, ora, esito), in modo indelebile, sia nell'apposito verbale.

Durante l'esecuzione, ogni 5.000 m² di impermeabilizzazione posata, si dovrà prelevare un campione della giunzione stessa che verrà sottoposta a prova di trazione a rottura secondo la Norma DIN 16726. Nel caso di presenza di acque aggressive, il 30% delle prove sarà eseguito in contraddittorio.

Nel caso di presenza di riparazioni per interruzioni del canale di prova provocate da cadute di tensione delle apparecchiature o da errori di saldatura, il canale di prova, ostruito in corrispondenza della riparazione, dovrà essere collaudato nei due tratti. La zona riparata dovrà essere evidenziata in sito e il tutto riportato nell'apposito verbale.

Tutte le saldature, prive del canale di prova, eseguite mediante speciale dispositivo erogatore di aria calda, verranno accettate solo per le riparazioni o per eventuali interventi particolari che dovranno essere registrati sul verbale delle prove di controllo della tenuta.

Le giunzioni dovranno essere realizzate in modo da ottenere ai margini della saldatura, per azione combinata dell'aria calda e della pressione manuale di uno speciale rullino in gomma siliconica, un cordolo di collegamento per fuoriuscita del PVC allo stato pastoso.

La verifica della continuità della saldatura manuale per l'applicazione della membrana sovrastante dovrà essere effettuata mediante apposito sondino secondo la procedura descritta nel seguito. La membrana non dovrà presentare giunzioni incrociate; in caso contrario l'ESECUTORE dovrà termosaldare sulle intersezioni un elemento quadrato di PVC, avente lato non inferiore a 20 cm, la cui tenuta dovrà essere verificata mediante l'apposito sondino.

Ogni lacerazione passante o foro dovrà essere riparato mediante applicazione di una nuova membrana che dovrà avere una sovrapposizione perimetrale non inferiore a 10 cm. La verifica della continuità della saldatura manuale dovrà essere effettuata mediante apposito sondino o mediante campana Vacuum.

La membrana non potrà essere applicata e termosaldata a temperature inferiori a +5 °C.


Infine dovranno essere predisposti i tubi per le iniezioni di intasamento di eventuali vuoti residui tra l'impermeabilizzazione e il rivestimento finale dopo l'esecuzione del getto.

11.5.5.5 Protezioni particolari del rivestimento impermeabile

In corrispondenza delle testate di ciascun anello del rivestimento definitivo, nel punto di applicazione della smorza, l'impermeabilizzazione dovrà essere protetta dalle azioni di punzonamento e/o danni accidentali dovuti al contatto con gli elementi della smorza stessa.

Tale protezione dovrà essere realizzata mediante preventiva applicazione sulla membrana in PVC di una speciale banda in PVC, della larghezza di 500 mm, resistente alla perforazione o mediante applicazione di altri dispositivi che dovranno essere approvati dalla Direzione Lavori.

La membrana dovrà essere accuratamente protetta fino al termine del getto del rivestimento definitivo e durante

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 46 di 133

le operazioni di rimozione degli elementi della smorza.

Prima della chiusura della cassaforma di getto l'ESECUTORE dovrà redigere, un verbale in contraddittorio con la Direzione Lavori sulle condizioni dell'impermeabilizzazione.

In corrispondenza delle zone in cui la membrana sia stata installata dovranno essere rimossi o adeguatamente protetti eventuali ferri emergenti o altri elementi che potrebbero danneggiarla.

Nel caso in cui il rivestimento definitivo debba essere armato con barre o rete elettrosaldata, l'armatura dovrà essere mantenuta in posizione mediante speciali distanziatori plastici o elementi metallici pre-piegati idonei ad assicurare l'integrità dell'impermeabilizzazione.

11.5.5.6 Applicazione della membrana impermeabile polimerica a spruzzo

La distanza di proiezione dovrà rimanere entro i 2.00 ÷ 2.50 m dalla parete di applicazione.

La superficie dovrà consentire un'adeguata aderenza della membrana spruzzata e la continuità di spruzzaggio della stessa. A tale scopo dal supporto andranno rimosse cavità, punti angolosi, asperità, ecc. mediante bocciardatura meccanica e/o manuale, idrodemolizione o, preferibilmente, mediante l'applicazione di uno strato di malta spruzzata o calcestruzzo proiettato. In tale caso la malta o il calcestruzzo proiettato non necessiteranno di frattazzatura prima della applicazione della membrana, ma attenzione andrà posta dall'esecutore nella definizione del mix design con preferenza a un diametro massimo dell'inerte compreso tra 4 e 8 mm.

Il grado di finitura della superficie su cui verrà spruzzata la membrana impermeabile dovrà risultare quindi quello più idoneo a ridurre il consumo di materiale (maggiore sarà il diametro del materiale proiettato, maggiore sarà il consumo) e a consentire la migliore aderenza (sufficiente grado di ruvidità).

Prima dell'applicazione della membrana la superficie del supporto dovrà essere omogeneamente pulita e pre-umidita mediante uso di aria compressa e acqua.

Nel caso in cui la superficie presentasse polvere indurita, presenza di residui di gas di scarico, calcestruzzo degradato e/o incoerente, tracce di agenti disarmanti, di stagionanti, ecc., si procederà con una pulizia con acqua ad alta pressione.

Al momento dell'applicazione della membrana non vi dovrà essere acqua stagnante né percolante né in pressione. Eventuali venute d'acqua possono essere trattate in diversi modi per rendere possibile l'applicazione e la perfetta polimerizzazione della membrana, mediante drenaggi, iniezione di resine o sigillatura rapida superficiale (primering).


In ogni caso, prima dell'applicazione, la superficie andrà inumidita. L'applicazione della membrana deve cominciare dalla parte bassa della parete di supporto e continuare progressivamente verso l'alto, verso la calotta della galleria.

L'applicazione del calcestruzzo proiettato sulla membrana dovrà avvenire non appena possibile onde evitare danni alla membrana stessa data l'attività di cantiere. La membrana dovrà essere assolutamente protetta in caso di gelo.

Durante l'applicazione si procederà a campione alla valutazione dello spessore applicato mediante un misuratore di profondità; solo in caso di dubbi sullo spessore applicato potrà essere calcolato il peso di prodotto applicato su un'area preventivamente definita mediante il taglio della membrana applicata su aree di 5 x 5 cm, dopo che la membrana stessa avrà raggiunto una sufficiente stagionatura. Le zone ispezionate saranno ripristinate con una nuova applicazione a mano della membrana.

11.5.5.6 IMPERMEABILIZZAZIONE DELL'ARCO ROVESCIO

Il telo impermeabile in arco rovescio deve essere sempre collegato a quello applicato in calotta in modo da

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 47 di 133

formare un anello impermeabile chiuso e, salvo diverse prescrizioni progettuali, deve essere collegato allo stesso sistema di drenaggio.

Prima dell'installazione dell'impermeabilizzazione deve essere realizzato un piano di posa in spritzbeton o magrone che risponda ai requisiti riportati nel paragrafo relativo.

L'impermeabilizzazione deve essere protetta all'estradosso con uno strato di geotessile o geocomposito di spessore non inferiore a 10 mm il quale ha lo scopo di impedire il contatto diretto con il piano di posa.

Se l'arco rovescio è armato, prima del montaggio dell'armatura, deve essere anche posto in opera uno strato superiore di geotessile e, successivamente, deve essere realizzato uno strato protettivo di magrone dello spessore non inferiore a 10 cm.

In ogni caso, invece, sia per arco rovescio armato che non armato, quando, per qualunque motivo, si prevede il transito di mezzi sull'arco rovescio prima del getto del calcestruzzo, il "pacchetto" formato dai due strati di geotessile e dall'impermeabilizzazione deve essere protetto da uno strato di magrone spesso almeno 30 cm.

Gli starti protettivi di magrone, quando previsti, devono essere gettati immediatamente dopo la posa del secondo strato di geotessile e non devono in nessun caso comportare una riduzione delle spessore dell'arco rovescio richiedendo, quindi, l'esecuzione di un apposito sovrascavo.

Il traffico su questo strato sarà consentito quando il conglomerato cementizio avrà raggiunto una resistenza di 10 N/mm².

Per consentire la giunzione dell'impermeabilizzazione della calotta e quella dell'arco rovescio, in corrispondenza dell'attacco muretta-arco rovescio la membrana e la sua protezione (geotessile o geocomposito) dovranno debordare di almeno 1 m rispetto al getto di prima fase o ai ferri d'attesa.

In caso di sospensione dei getti dell'arco rovescio per una durata superiore a sette giorni il bordo della membrana dovrà essere protetto con un'altra membrana di PVC, della larghezza di 40 cm, ripiegata e saldata a tenuta in corrispondenza dei due lati della membrana da proteggere.

Nei tratti di arco rovescio ove sono presenti infiltrazioni di acqua in pressione dovrà essere posizionato sotto il geotessile, in corrispondenza della generatrice inferiore, un drenaggio di servizio ad alta capacità drenante.

Il drenaggio di servizio dovrà essere compartimentato almeno ogni 200 m e collegato al sistema di convogliamento e deflusso principale della galleria.

Per le caratteristiche dei materiali, le modalità di installazione, le protezioni e le modalità di raccordo e saldatura valgono le specifiche riportate nei paragrafi precedenti.

11.5.5.7 CONTROLLI E PROVE


11.5.5.7.1 Prove per la verifica delle caratteristiche dei materiali

Ogni 20.000 m² in opera dovranno essere prelevati, almeno 4 (quattro) m² di geotessile, di membrana impermeabile ed eventualmente degli altri materiali utilizzati, al fine di verificare la conformità delle caratteristiche indicate nei precedenti paragrafi.

11.5.5.7.2 Prova di verifica delle termosaldature per pressione

Il canale compreso fra le due saldature parallele della giunzione delle membrane in PVC dovrà essere provato mediante immissione di aria in pressione da una estremità, dopo aver proceduto alla occlusione dell'altra estremità. La pressione di prova dovrà essere registrata con idoneo dispositivo dotato di manometro.

Dovrà essere raggiunta la pressione stabilizzata di 200 kPa che verrà mantenuta per un tempo di 10 (dieci) minuti.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 48 di 133

Il collaudo risulterà favorevole nel caso in cui il valore non subisca una caduta superiore al 20%.

Al termine della prova il manometro dovrà essere azzerato procedendo all'apertura dell'occlusione sul lato opposto.

Nel caso che una prova di tenuta della saldatura dia esito negativo e non possa essere ripristinata l'ESECUTORE dovrà provvedere a suo carico o alla sostituzione del materiale adiacente alla saldatura o al completo ricoprimento di tutta la saldatura stessa con una banda della larghezza di 15 cm che dovrà essere sottoposta a prova VACUUM.

11.5.5.7.3 Prova per depressione mediante campana Vacuum

La campana Vacuum dovrà essere posizionata su parte del tratto da controllare i cui contorni verranno visibilmente delimitati.

La depressione dovrà essere portata fino al valore di 20 kPa e rimanere stabile per 5 (cinque) minuti. La prova successiva dovrà sovrapporre la precedente di almeno 20 mm.


In caso di risultato negativo il punto di infiltrazione dovrà essere individuato applicando acqua saponata sulla zona sottoposta a prova.

11.5.5.7.4 Prova delle saldature manuali con sondino ricurvo.

La prova deve essere eseguita in corrispondenza del perimetro delle giunzioni che sono state realizzate manualmente con l'impiego del dispositivo erogatore di aria calda (riparazioni, raccordi a tubi passanti, ecc.).

La prova si esegue con un apposito sondino (punteruolo con parte terminale della lunghezza di circa 2 cm piegata di 90° e punta arrotondata) il quale viene utilizzato per esercitare manualmente una pressione costante in corrispondenza del cordolino di PVC presente ai margini della giunzione.

L'assenza del cordolino, o la penetrazione del sondino fra i lembi della giunzione, implicano la necessità di procedere al completo ripristino della saldatura.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 49 di 133

11.5.6 RIVESTIMENTO DEFINITIVO

Le prescrizioni di seguito riportate si intendono integrative a quelle contenute nella sez. 6 (Opere in conglomerato cementizio) del presente Capitolato.

A queste ultime si rimanda, quindi, per tutti gli aspetti non trattati nel seguito ed in particolare per ciò che riguarda le caratteristiche delle miscele in funzione dell'aggressività dell'ambiente e le problematiche connesse con i getti massivi e con i tempi di maturazione.

11.5.6.1 CASSEFORME

Le casseforme devono essere soggette all'approvazione della Direzione Lavori all'inizio dei lavori. È inoltre onere dell'ESECUTORE mantenere in buono stato di manutenzione l'attrezzatura per il getto ed il cassero. La Direzione Lavori, a seguito di verifiche periodiche, potrà richiedere la sostituzione degli elementi che non riterrà più idonei a garantire gli standard di qualità richiesti.

In ogni caso, qualunque modifica al sistema di getto o alle casseforme deve essere preventivamente sottoposta all'approvazione della Direzione Lavori.

Per i getti del rivestimento di calotta dovranno essere impiegate casseforme metalliche montate su carro portaforme, munite di sistema di movimentazione autonoma.

La struttura dovrà essere opportunamente irrigidita e controventata, dimensionata per non subire deformazioni sotto il carico del conglomerato cementizio qualunque sia la sua consistenza.

La superficie a contatto con il conglomerato cementizio dovrà assicurare ai getti una rifinitura perfettamente regolare e conforme al profilo di progetto.

Il cassero per il getto della calotta deve essere provvisto di adeguate bocchette di ispezione e di manicotti per il pompaggio del calcestruzzo ad altezze intermedie.

Il cassero deve essere attrezzato con almeno un vibratore a parete ogni 4 m².

Le smorze potranno essere anche in legno e dovranno essere rimosse a maturazione avvenuta prima del getto del concio successivo.

Le casseforme a sostegno del getto del rivestimento non dovranno interferire con i sostegni dello scavo.

11.5.6.2 ARMATURA

Per quanto riguarda le prescrizioni relative all'armatura, si rimanda alle prescrizioni riportate nella sezione 6 del Capitolato (Opere in conglomerato cementizio) che si intendono interamente applicabili.

11.5.6.3 GETTO DEL RIVESTIMENTO DEFINITIVO


11.5.6.3.1 Verifiche e operazioni preliminari dell'arco rovescio

Prima del getto e della posa delle armature l'ESECUTORE dovrà procedere alla preparazione e alla pulizia delle superfici con le quali il rivestimento dovrà venire a contatto ed alla irragimentazione di tutte le venute d'acqua.

Dovrà inoltre redigere, in contraddittorio con la Direzione Lavori, un verbale che riporti la verifica dello spessore del getto e la verifica delle armature, se previste. Il verbale dovrà riportare i riferimenti alle verifiche delle superfici di intradosso della galleria, eseguite di norma con rilievo con scanner ottico.

Se la sezione è armata, la verifica deve essere eseguita prima della applicazione dell'armatura.

Dopo il posizionamento del cassero dovranno essere inoltre eseguite misure di spessore in corrispondenza delle

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 50 di 133

sue estremità ed in corrispondenza delle bocchette di ispezione.

La verifica delle armature sarà eseguita secondo le indicazioni riportate nella sez. 6 del capitolato (Opere in conglomerato cementizio).

Deve inoltre essere controllato che siano stati predisposti i giunti impermeabili secondo le prescrizioni del capitolo 11.5.6.5.

Nell'esecuzione del getto dell'arco rovescio si dovrà garantire che:

- le superfici di contatto con i piedritti siano poste su piani radiali e simmetrici rispetto all'asse della galleria;
- venga assicurata la continuità strutturale con i piedritti stessi secondo le prescrizioni indicate nel seguito.

Quando l'arco rovescio non è armato, il getto può essere eseguito sul materiale in posto verificando, però, che sia stato asportato tutto il materiale mosso.

Fatto salvo quanto previsto al paragrafo 11.5.5.6 per il caso in cui sia prevista l'impermeabilizzazione in arco rovescio, prima del getto l'ESECUTORE dovrà procedere, a suo onere, alla rimozione del materiale smosso ed al getto di un piano di posa e di lavoro costituito da uno strato di magrone di spessore non inferiore a 10 cm.

La presenza di questo strato non deve comportare alcuna riduzione dello spessore dell'arco rovescio; per la sua realizzazione è quindi necessario provvedere preliminarmente all'esecuzione di un apposito sovrascavo. Eventuali maggiori sovrascavi dovranno essere riempiti con magrone.

Salvo diversa prescrizione del progetto approvato il getto dell'arco rovescio dovrà avvenire in anticipo a quello dei piedritti/calotta e comprendere la muretta.

I giunti tra elementi successivi di calotta, muretta e arco rovescio devono essere sfalsati a quinconce salvo diverse prescrizioni progettuali.

11.5.6.3.2 Getto dell' arco rovescio

Il calcestruzzo deve essere sempre vibrato.

Quando, in accordo alle prescrizioni del progetto, l'arco rovescio viene realizzato successivamente alle murette, le operazioni di getto devono essere eseguite in modo da realizzare un perfetto contatto tra i due elementi.

Il calcestruzzo, in assenza di armatura passante in corrispondenza di tutti i giunti di costruzione, deve essere sagomato in modo da disporsi su di un piano radiale rispetto all'asse galleria.


Per i getti da eseguirsi in presenza d'acqua, l'ESECUTORE dovrà provvedere ad attuare idonei sistemi di smaltimento.

Il transito dei mezzi sull'arco rovescio e sul riempimento potrà essere autorizzato quando la resistenza a compressione del conglomerato cementizio avrà raggiunto almeno 10 N/mm². Qualora, per esigenze connesse con lo sviluppo dei lavori, non fosse possibile sospendere il transito dei mezzi per il tempo necessario a raggiungere la prescritta resistenza l'ESECUTORE dovrà provvedere all'installazione di opportune strutture che consentano ai mezzi di scavalcare i getti dell'arco rovescio appena conclusi senza danneggiare la maturazione del calcestruzzo.

11.5.6.3.3 Verifiche e operazioni preliminari piedritti/calotta

Prima del getto e della posa delle armature l'ESECUTORE dovrà procedere alla preparazione e alla pulizia delle superfici con le quali il rivestimento dovrà venire a contatto ed alla irregimentazione di tutte le venute d'acqua.

Dovrà inoltre redigere, in contraddittorio con la Direzione Lavori, un verbale che riporti la verifica dello spessore del getto e la verifica delle armature, se previste.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 51 di 133

La verifica dello spessore del getto deve essere eseguita con sistemi ottici o facendo transitare per il tratto in cui sarà gettato il concio una dima metallica i cui profili di intradosso e di estradosso seguano i corrispondenti profili di progetto del rivestimento definitivo.

La dima può essere attrezzata con aste estensibili regolabili in modo da ricostruire il profilo di estradosso del rivestimento al variare del suo spessore.

Se la sezione è armata, la verifica deve essere eseguita prima della applicazione dell'armatura.

Per ciò che riguarda i conci di calotta, inoltre, si prescrive che il volume del calcestruzzo da gettare venga determinato attraverso misurazioni in campo e non sulla base della sezione teorica della galleria.

Dopo il posizionamento del cassero dovranno essere inoltre eseguite misure di spessore in corrispondenza delle sue estremità ed in corrispondenza delle bocchette di ispezione.

La verifica delle armature sarà eseguita secondo le indicazioni riportate nella sez. 6 del capitolato (Opere in conglomerato cementizio).

Deve inoltre essere controllato che siano stati predisposti i giunti impermeabili e che siano stati installati i tubi per le iniezioni del calottino.

11.5.6.3.4 Getto di piedritti e calotta

Il conglomerato cementizio per il rivestimento totale, eventualmente armato, dovrà essere gettato e vibrato in opera secondo le fasi stabilite dal progetto approvato. Tutti i rivestimenti in conglomerato cementizio dovranno essere eseguiti mediante pompa con esclusione dell'impiego di pompe ad aria compressa.

Il getto del conglomerato cementizio nelle casseforme dovrà avvenire in strati non superiori a 50 cm, simmetricamente sui due lati, onde evitare qualsiasi deformazione all'apparato di centinatura della cassaforma, per mezzo di tubi muniti all'estremità di appositi elementi retraibili in modo da permettere l'adduzione del conglomerato a bocca sommersa.

Il getto dovrà avvenire senza soluzione di continuità, rialzando gradualmente le bocche del tubo adduttore utilizzando i manicotti predisposti nella cassaforma, fino alla zona del calottino.

Il conglomerato cementizio, durante le prime fasi del getto dovrà essere vibrato sia con vibrator a parete che con vibrator a immersione attraverso apposite finestre lasciate nei pannelli delle casseforme. Nelle fasi conclusive, quando il getto raggiunge la chiave di calotta, non essendo possibile l'impiego di vibrator a immersione, dovranno essere utilizzati vibrator a parete.

All'atto dell'esecuzione del rivestimento si dovrà procedere al completo recupero delle eventuali armature provvisorie in legno.


Ciascun concio del rivestimento dovrà essere gettato durante una ininterrotta fase di lavoro con un intervallo massimo di 45 minuti tra un getto ed il successivo. Nel caso di interruzioni forzate od accidentali, dovute a guasti o ad altra causa, le superfici dei getti prima della ripresa, dovranno essere riportate su piani radiali e simmetrici rispetto all'asse della galleria.

Dopo lo scasseramento, la superficie finita del calcestruzzo dovrà essere esente da qualsiasi danno o difetto.

In particolare, per l'accettazione del concio, le superfici dovranno essere prive di vespai e di irregolarità nelle riprese di getto.

La superficie del concio dovrà inoltre essere regolare e con profilatura secondo progetto.

Nessun ripristino o stuccatura potrà essere eseguito dopo il disarmo del concio senza il preventivo controllo del Direttore dei Lavori, che dovrà autorizzare i materiali e la metodologia, proposti dal Progettista, da utilizzare per

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 52 di 133

l'intervento.

A seguito di tali interventi, il Direzione Lavori potrà richiedere, per motivi estetici, la ripulitura o la verniciatura con idonei prodotti delle superfici del concio.

11.5.6.4 RIVESTIMENTO DEFINITIVO IN SPRITZBETON

Quando esplicitamente previsto dal progetto, il rivestimento definitivo può essere realizzato con spritzbeton.

Per le prescrizioni esecutive si rimanda alla sezione 6 del presente Capitolato (Opere in conglomerato cementizio) sottolineando che, anche in questo caso, deve essere posta particolare attenzione alle prescrizioni relative alla "durabilità" del calcestruzzo.

11.5.6.5 IMPERMEABILIZZAZIONE DEI GIUNTI

Tutti i giunti di costruzione dovranno essere impermeabilizzati con un cordolo bentonitico o un giunto iniettato a tenuta idraulica che rispondano alle prescrizioni contenute nel capitolo "Impermeabilizzazione".

Il cordolo deve essere fissato sulla superficie di calcestruzzo indurito contro la quale sarà eseguito il nuovo getto prima della sua esecuzione e dovrà essere posto ad una distanza dalla superficie libera del manufatto tale da non indurre rotture legate alla sua pressione di rigonfiamento

Il raccordo tra due cordoli deve essere realizzato con una sovrapposizione di almeno 30 cm.

11.5.6.6 INTASAMENTO IN CHIAVE DI CALOTTA

Per i primi campi di getto si dovrà procedere alla verifica sistematica dell'assenza di vuoti in chiave di calotta. Nel caso in cui si dovesse riscontrare l'assenza del completo intasamento tra rivestimento e impermeabilizzazione si opererà come di seguito indicato.

Prima dell'inizio delle operazioni di getto di ciascun concio del rivestimento definitivo, dovranno essere posizionati in chiave di calotta, attraverso opportuni fori predisposti nella smorza o nella cassaforma, tubi in PVC o altro materiale idoneo e di adeguata resistenza meccanica aventi diametro non inferiore a 40 mm, dotati di sfiato, fessurati se disposti orizzontali e con l'estremità superiore sigillata e distanziata di qualche centimetro dall'impermeabilizzazione se verticali.

Dovrà essere realizzato il completo intasamento tra rivestimento e impermeabilizzazione, dopo la verifica della resistenza raggiunta dal conglomerato cementizio a 28 giorni. La miscela o malta cementizia, iniettata con pressione non superiore a 400 KPa, dovrà avere altissima fluidità e rapporto a/c non superiore a 0.45.

Perché sia possibile eseguire le iniezioni anche dopo il getto dei conci successivi, il tubo deve essere posizionato in modo che la sua estremità scenda al disotto dell'intradosso del concio stesso o di quello adiacente.


Le iniezioni possono essere eseguite solo in presenza della Direzione Lavori.

L'ESECUTORE dovrà presentare alla Direzione Lavori, 30 giorni prima dell'inizio delle operazioni di getto, una relazione che descriva:

- lo schema d'intasamento
- le caratteristiche delle miscele, allo stato fluido e indurito
- il macchinario impiegato


Le operazioni di getto non potranno iniziare senza l'approvazione, in forma scritta, delle modalità d'intasamento.

Questa relazione può essere inclusa nell'istruzione o rapporto sulle modalità di posa del calcestruzzo del rivestimento definitivo.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 53 di 133

11.5.6.7 MATURAZIONE


Per le prescrizioni relative alla maturazione del calcestruzzo, si rimanda a quanto riportato nella sezione 6 del Capitolato.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 54 di 133

11.5.7 NICCHIE E NICCHIONI

Lo scavo per la eventuale realizzazione di nicchie o nicchioni sarà eseguito prima della realizzazione del rivestimento definitivo; qualora per giustificati motivi tecnici o di programmazione lavori ciò non fosse possibile, nel rivestimento della galleria verranno lasciati appositi spazi delle dimensioni della sagoma dell'estradosso del rivestimento della nicchia. Nel progetto saranno indicati gli eventuali provvedimenti per garantire la continuità dell'impermeabilizzazione e del rivestimento.

Lo scavo della cavità per costruire la nicchia sarà effettuato con mezzi meccanici, è assolutamente vietato l'impiego d'esplosivo, indipendentemente dallo stato di maturazione del calcestruzzo del rivestimento dell'opera principale.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 55 di 133

11.5.8 OPERE DI FINITURA

11.5.8.1 PREMESSA

Tutte le prescrizione riportate nel seguito sono da considerarsi ad integrazione di quelle riportate nella sezione “Opere in conglomerato cementizio” che si intendono interamente applicabili.

11.5.8.2 CANALETTE PORTA CAVI

All'interno delle gallerie, sia naturali che artificiali, dovranno essere posate canalette prefabbricate portacavi in calcestruzzo armato, dalla forma e con le caratteristiche dei componenti definite negli elaborati di progetto. Le canalette dovranno essere complete di coperchio calpestabile e conforme ai disegni di progetto.

La posa del coperchio, quando questo è calpestabile, deve essere realizzata con particolare accuratezza in modo che le superficie risultante sia regolare e che non vi sia, tra spigoli adiacenti, una differenza di livello superiore a 2 mm.

11.5.8.3 COPERTURE TUBAZIONE ANTINCENDIO, CUNICOLI E CANALETTE DI DRENAGGIO

Le cunette, i cunicoli o simili dovranno essere adeguatamente coperti con lastre o lastroni in conglomerato cementizio armato prefabbricato carrabili.

Nel caso la canaletta sia destinata ad accogliere la tubazione antincendio, se la condotta di alimentazione dell'impianto idrico antincendio è realizzata in PEAD, in alternativa all'acciaio zincato, la stessa dovrà essere inglobata, per protezione meccanica, all'interno di un getto di calcestruzzo dello spessore minimo di 20 cm. Tale spessore, puramente indicativo, deve essere verificato al fine di garantire una resistenza al fuoco della condotta posata a terra pari a R60.

Nel caso in cui la condotta debba essere ancorata alle pareti della galleria (gallerie esistenti), essa dovrà essere realizzata in acciaio zincato e protetta in modo da garantire una resistenza al fuoco pari a R120. La predetta resistenza al fuoco dovrà essere garantita anche per gli elementi di protezione e di sostegno della condotta. La condotta idrica, soprattutto nel caso che sia aerea e riempita d'acqua (acqua morta), dovrà essere adeguatamente protetta contro le fuoriuscite d'acqua che possono raggiungere la T.E. e causare il suo tensionamento.

Per le canalette di drenaggio devono, inoltre, essere rispettate le seguenti prescrizioni:

- il sormonto laterale del coperchio deve essere di almeno 5 cm;
- il varco tra due canalette successive deve essere al massimo pari a 2 cm e comunque tale da evitare la caduta di elementi del ballast nella canaletta.

In caso di elementi calpestabili da porre sul marciapiede, gli spigoli adiacenti di due elementi successivi non dovranno presentare una differenza di quota superiore a 2 mm.


11.5.8.4 SEGNALETICA

11.5.8.4.1 Strisce segnaletiche di sicurezza

La segnaletica di sicurezza in galleria potrà essere realizzata:

- mediante applicazione a pennello o a rullo di vernice bianca a base di resine sintetiche, da porre in opera con più mani sovrapposte.

Dovrà essere realizzata una fascia di 20 cm di larghezza, longitudinalmente inclinata, con vertici alternativamente in alto e in basso. Questi ultimi individueranno le nicchie per il ricovero del personale il cui

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 56 di 133

contorno dovrà essere analogamente verniciato con una fascia di pari larghezza. Prima dell'applicazione della vernice la superficie sarà lavata, raschiata, preferibilmente con idropulitrice, e trattata con un primer.

- mediante applicazione di strisce segnaletiche in vetroresina di colore bianco latte.

Queste dovranno avere altezza di 20 cm e lunghezza non inferiore a 300 cm, fissate al rivestimento con chiodi e rondelle di acciaio zinco-cromato almeno ogni 50 cm. Le sovrapposizioni tra due strisce adiacenti non dovranno essere inferiori a 20 cm. Sulle strisce dovranno essere applicati elementi rifrangenti bifacciali, con supporto di alluminio di 20/10 di mm, fissati con 4 viti e completi di 2 catadiottri bianchi in metacrilato, applicati ogni 3 metri nelle strisce correnti e ogni 60 cm ai lati delle nicchie.

11.5.8.4.2 Tabelle segnaletiche

Le tabelle segnaletiche in alluminio dovranno avere lo spessore di 20/10 di mm e essere predisposte per qualsiasi tipo di fissaggio compreso l'eventuale incollaggio su superfici metalliche.

Le tabelle dovranno essere del tipo fotoluminescente, cioè ricoperti di una pellicola che consenta la visibilità del cartello, oltre che nelle normali condizioni di illuminazione, anche in condizioni di oscurità secondo la DIN 67510.


Le tabelle poste all'interno delle nicchie dovranno risultare aderenti ai rivestimenti di qualsiasi natura essi siano anche se con superfici irregolari. Dovranno essere preforate per evitare danneggiamenti alla pellicola catadiottrica in fase di fissaggio alla parete.

Il fissaggio alla parete dovrà essere realizzato mediante tasselli a espansione rapida, con corpo in Polyamide PA-6 e anima in acciaio zincato galvanicamente.

I tasselli, provvisti anche di una rondella aggiuntiva in acciaio inox di mm 20, dovranno avere le seguenti caratteristiche:

- lunghezza minima mm 50;
- spessore massimo fissabile mm 5;
- profondità minima di posa mm 45;
- diametro del colletto-rondella mm 10.

I tasselli dovranno essere posti in opera in quantità minima di n° 4 (quattro) per ogni tabella e comunque in numero tale da garantire il perfetto ancoraggio della tabella alla parete in presenza delle azioni indotte dal transito dei treni (effetti aerodinamici).

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 57 di 133

11.5.8.5 ALLOGGIAMENTI PER CONTRAPPESI

L'alloggiamento dei contrappesi per la regolazione automatica della tensione della linea T.E dovrà essere ricavato in apposite scanalature che devono essere ottenute in fase di getto del rivestimento mediante l'inserimento nel cassero di apposite sagome.

La realizzazione di eventuali scanalature e nicchie con demolizione del rivestimento non è ammesso se non in lavori di ripristino di gallerie già realizzate. In quel caso, la demolizione dovrà essere eseguita con modalità e mezzi idonei per evitare il danneggiamento del rivestimento stesso e dovrà comprendere anche il ripristino delle pareti laterali e di fondo con malte a ritiro compensato ad altissima aderenza.

11.5.8.6 CORRIMANO

Il corrimano dovrà essere di forma rotondeggiante e priva di spigoli taglienti, essere facilmente afferrabile e di facile pulizia. Le parti terminali dovranno essere arrotondate per non costituire pericolo per le persone.


Il corrimano, fissato a parete con ancoraggi almeno ogni 2 m, deve essere installato ad un'altezza compresa tra 90 cm ed un metro dal piano di calpestio del marciapiede ed a una distanza dal piedritto della galleria almeno pari a 4 cm. In pianta, l'ingombro sul marciapiede non deve eccedere gli 8 cm. Deve svilupparsi longitudinalmente in modo tale da essere il più possibile parallelo al binario.

Il corrimano dovrà essere realizzato anche in corrispondenza delle nicchie, evitando soluzioni di discontinuità nelle zone di transizione tra sezione corrente e nicchia.

Il montaggio dovrà essere diretto a parete e realizzato mediante supporti aventi superfici arrotondate, idonei a permettere al corrimano di sopportare un carico orizzontale di 1,5 KN/m ed un carico verticale non concomitante di 0,7 KN/m. I supporti dovranno essere posizionati nella parte inferiore del corrimano in modo da non creare ostruzioni quando questo viene scorso con la mano.

Di norma il sistema sarà costituito da:

- 1) tubolare realizzato con materiale resistente, isolante, non metallico di lunghezza non inferiore a 6m, avente le seguenti caratteristiche:
 - classe di reazione al fuoco di cui al D.M. 26/06/84 "Classificazione di reazione al fuoco ed omologazione dei materiali ai fini della prevenzione incendi" non superiore a 1,
 - classe di reazione al fuoco di cui all'EN 13501-1:2002 "Classificazione al fuoco dei prodotti e degli elementi da costruzione - Parte 1: Classificazione in base ai risultati delle prove di reazione al fuoco" pari a (A2-s1,d0) o (A2-s2,d0) o (A2-s1,d1) o (B-s1,d0) o (B-s2,d0) o (B-s1,d1);
- 2) sistema di ancoraggio a muro dei suddetti tubi, costituito da:
 - staffa di ancoraggio del tubolare a muro,
 - barre filettate in acciaio inossidabile (almeno M16) della lunghezza minima di 200 mm e relativi accessori,
 - resina bicomponente in cartucce, per il bloccaggio delle barre filettate a muro;
- 3) tappi di chiusura alle estremità del corrimano.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 58 di 133

11.5.9 MONITORAGGIO

Durante lo scavo di una galleria deve essere sempre eseguito un monitoraggio con lo scopo di:

- verificare la validità delle previsioni progettuali e adeguare gli interventi attraverso un confronto sistematico, in corso d'opera, tra le stesse previsioni e le prestazioni/comportamento del terreno nell'intorno della galleria e delle strutture di rivestimento;
- assicurare che l'opera sia in grado di esplicare le sue funzioni nel tempo, risultando idonea all'esercizio, resistente e stabile senza riduzioni significative della sua integrità o necessità di interventi di manutenzione straordinaria;
- verificare che lo stato di sollecitazione del rivestimento rimanga entro i limiti fissati dal progetto anche nella fase di esercizio.

Le verifiche vengono eseguite dalla Direzione Lavori insieme ai progettisti sulla base dei dati forniti dall'ESECUTORE. Quest'ultimo è comunque tenuto all'esame dei risultati sulla base della sua esperienza in modo da essere in grado di individuare per tempo eventuali situazioni potenzialmente pericolose e porvi rimedio.


Il sistema di monitoraggio deve essere installato e gestito secondo le indicazioni progettuali.

La Direzione Lavori può, comunque, richiedere che l'ESECUTORE integri il sistema con l'installazione di ulteriori sezioni strumentate e/o di strumentazione aggiuntiva. In questi casi la Direzione Lavori può anche chiedere che venga modificata la distribuzione o la composizione delle sezioni previste in progetto in modo da posizionarle nelle zone risultate di maggiore interesse senza aumentare il loro numero.

11.5.9.1 PRESCRIZIONI

Sono a carico dell'ESECUTORE:

- la predisposizione, nei tempi previsti dal contratto, degli elaborati di dettaglio del progetto di monitoraggio che devono riportare:
 - l'ubicazione delle sezioni strumentate secondo la distribuzione prevista dal progetto;
 - l'elenco completo e le caratteristiche di tutti gli strumenti e di tutta l'attrezzatura prevista;
 - le schede tecniche relative a ciascuno strumento che attestino la conformità alle specifiche di progetto;
 - i dettagli delle modalità di installazione e collegamento;
 - la frequenza delle letture;
 - la modalità di presentazione dei dati;
- la fornitura della strumentazione, che deve essere preventivamente approvata dalla Direzione Lavori, e la sua custodia in modo idoneo fino all'installazione;
- l'installazione e il collaudo di ogni strumento e la verifica della sua funzionalità prima e dopo l'installazione;
- il mantenimento in efficienza del sistema e degli strumenti fino al collaudo o per la durata indicata dal progetto;
- la lettura e la presentazione dei dati secondo le specifiche riportate negli elaborati di dettaglio;
- la restituzione dei dati di monitoraggio che dovrà essere fornita in relazione al tempo ed alla distanza dal fronte;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 59 di 133

- l'esame tecnico dei risultati e la redazione di una nota di commento da consegnare, assieme ai risultati, o entro breve termine dalla loro consegna, alla Direzione Lavori.

Tutti gli elaborati sopra descritti devono essere approvati dalla Direzione Lavori insieme agli strumenti ed alla attrezzatura prevista.

Prima dell'installazione degli strumenti, l'ESECUTORE deve predisporre un'Istruzione Tecnica Operativa nella quale vengano descritte la modalità di installazione, lettura, gestione e manutenzione di ogni strumento. Tale Istruzione deve essere trasmessa, per conoscenza, alla Direzione Lavori.

Tutte le operazioni devono essere eseguite da personale qualificato.

L'ESECUTORE prima dell'inizio delle attività comunicherà alla Direzione Lavori il nome del tecnico Responsabile delle attività di monitoraggio.

L'ESECUTORE deve inoltre disporre di un laboratorio ufficiale o autorizzato presso il quale eseguire le prove geotecniche richieste dal progetto di monitoraggio.

11.5.9.2 SPECIFICHE RELATIVE AGLI STRUMENTI DI MISURA

Queste specifiche sono da intendersi valide salvo più dettagliate prescrizioni progettuali

11.5.9.2.1 Prescrizioni generali

Tutti gli strumenti devono essere tarati prima dell'installazione.

Il corretto funzionamento di ogni strumento deve essere verificato prima dell'installazione ed a montaggio avvenuto.


Gli strumenti che nel corso del collaudo svolto dopo l'installazione risultassero non perfettamente funzionanti dovranno essere tempestivamente sostituiti a cura dell'ESECUTORE anche attraverso l'installazione di nuovi strumenti in posizione prossima a quelli difettosi.

Le sezioni previste per il monitoraggio in esercizio devono essere consegnate perfettamente funzionanti. La Direzione Lavori potrà quindi richiedere di sostituire gli strumenti non funzionanti (o, se non accessibili, di installarne di nuovi) o potrà richiedere che l'ESECUTORE proceda all'installazione di una nuova sezione se sono difettosi più del 20% degli strumenti in essa installati.

Per tutti gli strumenti, il fondo scala deve essere adeguato alle grandezze previste.

11.5.9.2.2 Prescrizioni particolari

L'installazione delle stazioni di convergenza dovrà avvenire a ridosso del fronte di scavo e comunque non oltre i 3 m dal fronte di scavo e la lettura di zero dovrà essere effettuata immediatamente dopo la loro posa in opera e comunque prima della ripresa delle operazioni di scavo.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 60 di 133

11.5.10 TOLLERANZE DI COSTRUZIONE

Il presente capitolo indica i valori delle tolleranze di costruzione ritenute significative per stabilire l'accettazione di opere/parti d'opera realizzate dall'ESECUTORE.

Il rispetto delle tolleranze indicate significa conformità dell'opera al progetto.

11.5.10.1 DEFINIZIONI

Precisione: Minima entità della misura che si deve essere in grado di rilevare, ovvero livello di apprezzamento strumentale.

Tolleranza: Intervallo entro il quale deve essere compreso il valore effettivo di un certo parametro per ritenere il manufatto conforme e remunerabile secondo contratto;

Valore effettivo: Il valore del parametro richiesto misurato sul manufatto costruito;

Valore nominale: prescrizione contrattuale (progetto, capitolato)

Valore teorico: Il valore di un parametro indicato in progetto;

11.5.10.2 MODALITÀ DI LETTURA

Le tolleranze non sono cumulative.

In caso più di una indicazione, è sempre vincolante quella più restrittiva.

Con la precisione della misura viene indicato il livello di apprezzamento (strumentale) della grandezza

Una tolleranza positiva (+) aumenta il valore o la dimensione alla quale essa è applicata o alza la quota di un livello.

Una tolleranza negativa (-) diminuisce il valore o la dimensione alla quale essa è applicata o abbassa la quota di un livello.

Una tolleranza priva di segno è da intendersi positiva (+) e negativa (-).

Ove è precisata una tolleranza con un singolo segno positivo (+) o negativo (-) non esiste limite nel campo restante.

Nella colonna "ulteriori limitazioni" viene indicato il limite massimo della tolleranza ammessa in valore assoluto.

11.5.10.3 SCHEDA DELLE TOLLERANZE

La tabella riportata di seguito indica le tolleranze costruttive.



	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
	CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>
		FOGLIO 61 di 133

Tabella 11.5.10-1 - Tolleranze costruttive gallerie in tradizionale

OGGETTO CONTROLLO		Parametri controllo	U.M.	precisione	Riferimento normativo	Tolleranza	Limitazioni ulteriori	
1. POSA MEMBRANA PVC	1.1	Altezza massima asperità della superficie	mm	1	10	RFI	+0	
	1.2	Sovrapposizione della membrana sul giunto	mm	5	100		-0	+100
	1.3	Spessore saldatura	mm	1	10		-0	
	1.4	Larghezza canale tra saldature	mm	1	15		-0	+20
2. CANALETTA	2.1	Sormonto laterale del coperchio	mm	5	50	RFI	-0	
	2.2	Varco tra canalette successive	mm	1	20		-20	+0
3. GETTO CLS (+)	3.1	Raggio esterno calotta (irregolarità superfici)	mm	10	di progetto	RFI	-0	+100
	3.2	Spessore rivestimento definitivo (piedritti - calotta)	mm	10	di progetto		-0	+100
	3.3	Spessore arco rovescio (non armato)	mm	10	di progetto		-0	+100
	3.4	Spessore arco rovescio (armato)	mm	10	di progetto		-0	+50
	3.5	Pendenza trasversale piattaforma convogliamento acque	%	0,1	di progetto		-0.5	+1
4. PRERIVESTIMENTO	4.1	Quota centina	mm	10	di progetto	RFI	50	
	4.2	Posizionamento longitudinale centina	mm	10	di progetto		50	
	4.3	Posizionamento trasversale centina	mm	10	di progetto		50	
5. RIVESTIMENTO DEFINITIVO	5.1	Posizionamento planimetrico / altimetrico cassero muretta	mm	1	di progetto	RFI	20	
	5.2	Posizionamento planimetrico / altimetrico calotta	mm	1	di progetto		30	
	5.3	Quota altimetrica intradosso solettone di regolamento	mm	1	di progetto		30	

(+) PER TOLLERANZE POSA ARMATURA si faccia riferimento alla sez. 6 "Opere Conglomerato Cementizio".

(*) PER TOLLERANZE PRECONSOLIDAMENTI si faccia riferimento alla sez. 10 "Opere di miglioramento di rinforzo e stabilizzazione"

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 62 di 133

11.6 GALLERIE NATURALI CON SCAVO MECCANIZZATO

Nel seguito si riportano i principali requisiti e le specifiche tecniche per le gallerie naturali realizzate in scavo meccanizzato a piena sezione. In particolare saranno analizzate le macchine di scavo monoscudate a piena sezione, con o senza contropressione attiva sul fronte. Sono escluse dall'approfondimento le macchine aperte, scudate e non, le frese puntuali e le macchine per il microtunneling.

Con il termine Tunneling Machines (TM) s'intende l'insieme di tutte le macchine per lo scavo a piena sezione di gallerie.

11.6.1 PRINCIPALI TIPOLOGIE DI MACCHINE PER LO SCAVO DI GALLERIE

11.6.1.1 Tunneling Machines (TM)

In linea di principio le Tunneling Machines sono costituite dalle seguenti parti essenziali:

1. Un sistema di abbattimento meccanico del fronte di scavo;
2. Un sistema di propulsione e guida per fare avanzare la macchina;
3. Un sistema per lo sgombero e allontanamento del materiale di scavo;
4. Un sistema per realizzare il sostegno immediato dello scavo (rivestimento) che tuttavia può non essere adottato se le buone caratteristiche geomeccaniche dell'ammasso da attraversare lo permettono e la macchina è in grado di avanzare indipendentemente dalla costituzione del rivestimento (macchine aperte per rocce dure).

Le TM si distinguono essenzialmente in TBM (Tunnel Boring Machines) e in SM (Shield Machines).

A) TBM (Tunnel Boring Machines)

Sono macchine dotate di una testa rotante di scavo a piena sezione, in cui l'avanzamento avviene con un sistema che può essere costituito da grippers espansi contro la parete di scavo o da martinetti longitudinali che si appoggiano sul rivestimento appena montato, spingendo la macchina in avanti per contrasto.

Nel primo caso le TBM sono sprovviste di scudo oppure dotate di tettuccio protettivo di alcune parti della macchina e quindi non è prevista l'immediata posa del rivestimento.


Nel secondo caso invece sono dotate di scudo cilindrico protettivo e necessitano per l'avanzamento del rivestimento; a seconda della tipologia possono scavare in roccia o in terreno soffice.

In presenza di terreno scadente e falda esistono tipologie di TBM scudate configurate per contrastare il fronte con una contropressione attiva (aria compressa, fanghi o terra).

B) SM (Shield Machines)

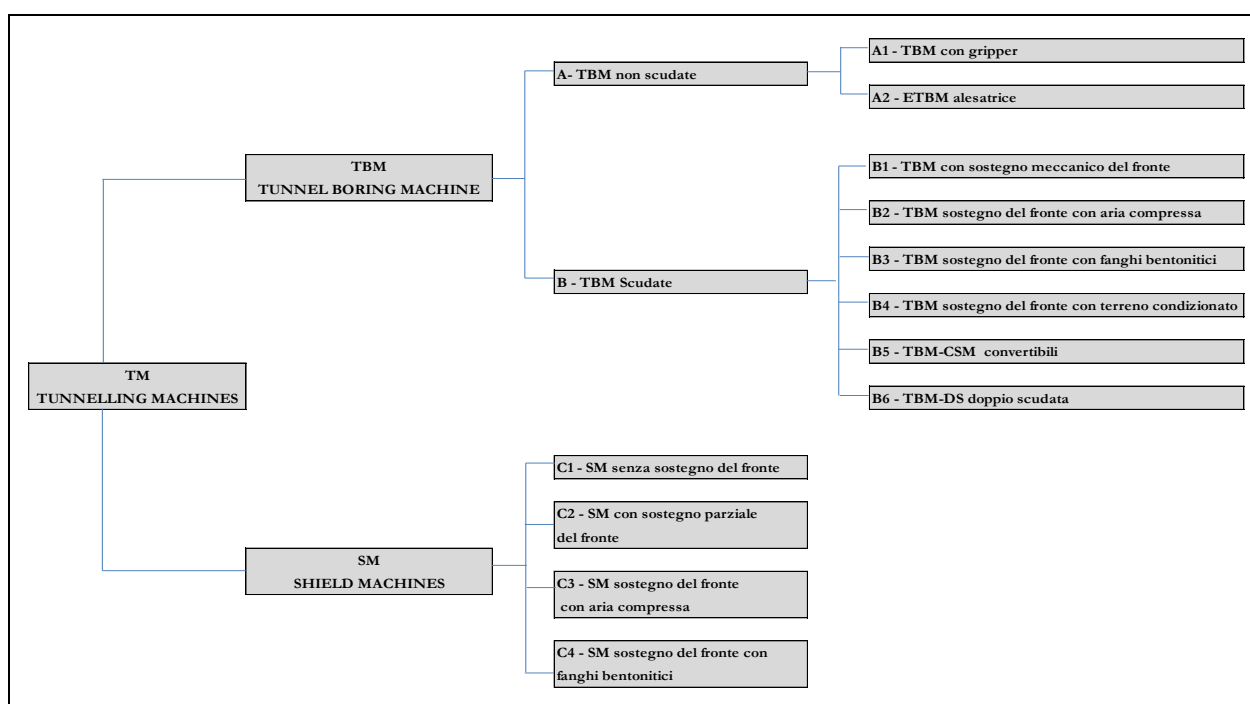
Le SM sono macchine scudate in cui l'abbattimento del fronte e lo scavo avviene con l'impiego di uno o più mezzi puntuali, operano in rocce tenere, in terreni coerenti e parzialmente coerenti in assenza di falda. L'avanzamento in questo caso è consentito con i martinetti longitudinali che si poggiano sul rivestimento posto in opera dalla macchina stessa e per contrasto la spingono in avanti.

Per terreni scadenti con limitata capacità di autosostegno e falda esistono tipologie di SM configurate per realizzare un sostegno attivo del fronte (con aria compressa o fanghi).

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 63 di 133

11.6.1.2 Principali suddivisioni delle TM

Lo schema seguente riporta, sinteticamente, le varie tipologie di TM suddividendole per famiglie tipologiche in relazione al campo d'impiego previsto (condizioni geologiche e caratteristiche geotecniche-geomeccaniche, condizioni progettuali). In seguito si descrivono sinteticamente la loro costituzione ed i principi operativi di funzionamento.



11.6.1-1 - Schema di classificazione delle TM

In fondo al capitolo sono riportate le rappresentazioni schematiche delle principali TM (Allegato 11.6-1)

11.6.1.3 Descrizione sintetica delle tipologie di Macchine


Sulla base dello schema di classificazione riportato in fig. 11.6.1.1 si descrivono sinteticamente le principali caratteristiche di alcune TM.

Nel successivo paragrafo 11.6.2 sono approfondite alcune classi (B1, B3 e B4) delle TBM scudate, in quanto di utilizzo più comune nelle esperienze consolidate nello scavo di gallerie ferroviarie.

A) TBM non scudate

A1) TBM con gripper non scudate

Sono macchine aperte, cioè sprovviste di scudo o mantello di protezione, quindi non richiedono l'installazione continua di un rivestimento in elementi prefabbricati a cui appoggiarsi per la spinta e la coppia occorrenti per lo scavo. **Principio operativo:** l'avanzamento avviene in ammassi rocciosi con buone caratteristiche meccaniche utilizzando la reazione di grippers espansi contro le pareti dello scavo. All'occorrenza in presenza di locali instabilità possono montare sostegni di tipo tradizionale (centine, bulloni, spritzbeton) a pochi metri dal fronte per realizzare un sufficiente contrasto ai grippers. In presenza di ammassi instabili e acqua possono entrare in crisi venendo a mancare un contrasto laterale efficace per i grippers e per l'inidoneità della testa allo scavo in tali terreni. La testa fresante è normalmente armata con taglienti a disco in grado di affrontare rocce con resistenza

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 64 di 133

alla compressione monoassiale sino a 250 MPa. Le prestazioni, in termini di velocità di avanzamento, in condizioni ideali (rocce dure e stabili, assenza di acqua), possono essere elevate. Le TBM aperte, a seconda dei modelli, possono essere dotate di una coppia o due coppie di grippers.

A2) Alesatrici (Extension Tunnel Boring Machine – ETBM)

Sono macchine che permettono l'allargo (alesaggio) di un foro realizzato in precedenza con una piccola TBM. **Principio operativo:** è identico al principio operativo di una TBM non scudata dotata di grippers di fissaggio.

Costituzione della macchina: il dispositivo d'allargo è essenzialmente costituito da:

- L'elemento di lavoro traslante costituito dalla testa di alesaggio, sulla quale sono localizzati gli utensili di scavo (dischi, denti, picchi, coltelli), e dal sistema di smarino costituito da un nastro trasportatore;
- Un elemento stazionario localizzato all'interno del foro da allargare in posizione antistante la testa di alesaggio, che contrasta i martinetti di tiro della testa attraverso due coppie di grippers; tale elemento oltre a supportare l'intero peso della macchina costituisce l'elemento di reazione alla spinta ed alla coppia necessaria allo scavo;
- Un corpo posteriore contenente i motori, gli organi di guida e gli elementi di servizio.

Direttamente dietro l'alesatrice segue il dispositivo per il montaggio del nuovo rivestimento in elementi prefabbricati. Tale dispositivo è essenzialmente costituito da uno scudo aperto dotato di:

- Camicia metallica, di diametro pari al diametro dell'alesatore, all'interno della quale viene montato l'anello in conci prefabbricati e sono alloggiati i martinetti di spinta;
- Erettore per il montaggio degli elementi prefabbricati;
- Back-up costituito da una serie di carri dove sono alloggiati i motori del sistema di spinta, gli organi di guida, il sistema di traslazione dei conci, le pompe per l'iniezione a tergo e gli elementi di servizio.

Alesatrice e scudo con back-up avanzano parallelamente. Mano a mano che il dispositivo di scavo compie una sezione di avanzamento nella galleria esistente, pari alla corsa dei martinetti dell'elemento stazionario, lo scudo avanza della stessa lunghezza nel tratto già allargato e monta l'anello di rivestimento.

Lo spazio tra l'estradosso del rivestimento e il profilo di scavo viene riempito con idonee miscele attive o inerti attraverso i conci o tramite un sistema integrato nello scudo, in modo da solidarizzare definitivamente l'anello di rivestimento al terreno.


B) TBM scudate (TBM)

B1) TBM da roccia monoscudate

Hanno un campo di applicazione superiore a quello delle TBM aperte, potendo operare anche in rocce tenere e/o fessurate oltre che in rocce dure. La necessità tuttavia di montare un rivestimento in conci prefabbricati, che avviene in fase alterna allo scavo, riduce la produttività rispetto alle TBM aperte.

Principio operativo: come quello delle macchine scudate.

Costituzione della macchina: testa di scavo rotante armata con cutters, scudo che può essere monolitico (guida della macchina attraverso il sistema di spinta e/o la testa porta utensili), oppure articolato (guida della macchina attraverso il sistema di spinta e/o l'articolazione dello scudo);

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 65 di 133

B2-B3-B4) TBM monoscudate per lo scavo di gallerie in terreni sciolti

Sono macchine adatte a lavorare in terreni soffici in falda. Tuttavia possono anche operare in ammassi rocciosi in falda, nel qual caso la testa fresante deve essere configurata per installare cutters da roccia.

Principio operativo: come quello delle macchine scudate. Creano una contropressione attiva sul fronte. Per ottenere ciò un setto d'acciaio isola ermeticamente la camera di scavo dal resto dello scudo. L'accesso nella camera di lavoro per ispezioni, riparazioni e sostituzione degli utensili di scavo, avviene attraverso una camera iperbarica.

Costituzione delle macchine: scudate, testa rotante portautensili. Gli utensili sono generalmente costituiti da denti, all'occorrenza anche da cutters, è possibile una configurazione mista denti e cutters in funzione delle caratteristiche geomeccaniche dell'ammasso roccioso. La configurazione della testa rotante può presentarsi molto aperta, oppure parzialmente chiusa o completamente chiusa.

Tipologie di macchine:


- ***TBM ad aria compressa (B2):*** La tecnica di scavo sotto falda consiste nel tenere l'aria nella camera di scavo ad una pressione che sia superiore a quella idrostatica in modo da impedire che l'acqua invada la camera stessa. Il materiale fresato viene estratto dalla camera di scavo pressurizzata attraverso una valvola sferica rotativa e da qui convogliato verso il sistema di smarino primario. È una tecnica, adoperata in passato anche nelle gallerie in scavo tradizionale, che oggi è sempre meno utilizzata.
- ***TBM-HS o Hydroshield (B3):*** si basa sull'uso di una sospensione di bentonite o argilla in acqua che riempie una camera di lavoro pressurizzata garantendo il trasferimento della contropressione al fronte di scavo.
- ***TBM-EPBs (B4):*** il sostegno del fronte avviene per mezzo dello stesso terreno scavato che è mantenuto in pressione all'interno della camera di scavo attraverso i martinetti di spinta dello scudo che trasferiscono la pressione al diaframma di separazione tra scudo e camera di scavo e quindi al terreno scavato.

Nella figura 11.6.2.1-2 è riportato il grafico della curva granulometrica per l'individuazione dei campi di applicazione per le macchine con fronte in pressione, in particolare dell'Hydroshield e dell'EPB.

B5) TBM-CSM combinate

Sono macchine che si possono adattare alle variabilità geologiche dell'ammasso, che peraltro devono essere già note in fase di progettazione, modificando opportunamente alcuni sistemi principali (ad es. il sistema di supporto del fronte, gli utensili di scavo, il sistema di estrazione del marino).

Nella seguente schema sono riportate le diverse combinazioni possibili:

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 66 di 133

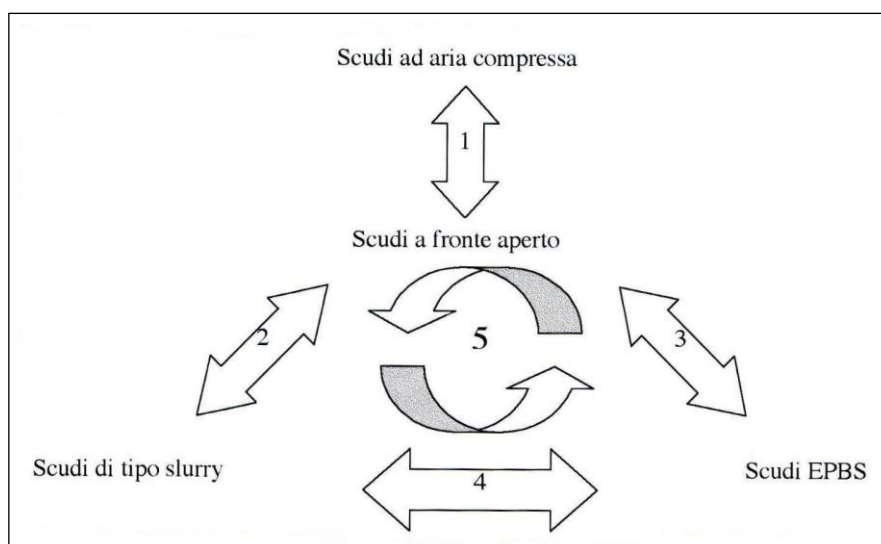


Figura 11.6.1-2 - Schema di possibili TBM combinate

B6) TBM doppio scudate (TBM-DS)

Hanno un campo di applicazione analogo a quello delle macchine monoscudate da roccia.

Principio operativo e costituzione della macchina: testa di scavo rotante armata con cutters. Scudo telescopico dotato di un doppio sistema di spinta, costituito dai grippers posti all'interno della parte anteriore dello scudo e dai martinetti idraulici longitudinali posti all'interno della parte centrale dello scudo, che permette l'avanzamento continuo. In relazione alle caratteristiche geomeccaniche dell'ammasso roccioso attraversato può essere usato uno o l'altro dei sistemi di spinta e conseguentemente può essere o meno applicato il rivestimento prefabbricato. In presenza di roccia con caratteristiche meccaniche da ottime a discrete l'avanzamento può avvenire solo con i grippers mentre nel frattempo viene montato il rivestimento in conci prefabbricato utilizzando i martinetti di spinta orizzontali solo per accostare il nuovo anello a quello precedente. Oppure può essere prevista solo una chiodatura radiale e la successiva posa di prerivestimento in spritzbeton ed eventualmente con centine. In presenza invece di terreno scadente, dove i grippers non troverebbero impiego, l'avanzamento avviene in fase alterna al montaggio del rivestimento, come nella monoscudo. Back-up con tutte le attrezzature ausiliarie

C) Scudi aperti

C1) SM Scudi aperti senza sostegno del fronte

Sono adatte per l'avanzamento in ammassi rocciosi di caratteristiche scadenti o anche in terreni coerenti o autoportanti in genere.

Costituzione delle macchine: come le macchine scudate.

Principio operativo: lo scavo avviene con mezzi puntuali come escavatori o frese puntuali montati anche su più livelli e con un sistema di scarico e smarino automatico.

C2) SM Scudi aperti a supporto meccanico del fronte

Sono adatte per l'avanzamento in rocce deboli, terreni coerenti o parzialmente coerenti, terreni autoportanti in genere, assenza di falda idrica.

Sono analoghi agli scudi aperti, ma sono dotati di piastre metalliche, collocate nella parte superiore del tagliante dello scudo, per sostenere il fronte.

C3) SM Scudi aperti sostegno del fronte con aria compressa

Hanno un'applicazione analoga a quello degli scudi chiusi ad aria compressa

Principio operativo: come gli scudi chiusi ad aria compressa.

Lo scavo avviene con mezzi puntuali come escavatori o frese puntuali. Il marino viene estratto dalla camera di scavo pressurizzata per mezzo di una valvola sferica rotativa.

C4) SM Scudi aperti a contropressione di fango

Hanno un campo di applicazione analogo a quello degli scudi chiusi a fanghi.

Principio operativo: come quello degli scudi chiusi a fanghi. L'abbattimento però è eseguito con mezzi puntuali (scavatori o frese puntuali). L'evacuazione dello smarino è analogo a quello degli scudi chiusi a fanghi. Necessita di impianto di separazione collocato all'esterno.

11.6.2 TBM SCUDATE

In questo capitolo sono analizzate le TBM monoscudate da roccia (B1) e le macchine che invece possono operare anche nei terreni, esercitando una contropressione attiva sul fronte, cioè le TBM-HS (B3) e le TBM-EPBs (B4).

Per quanto riguarda queste ultime, la scelta del tipo di TBM è influenzato soprattutto dalla granulometria dei terreni attraversati. Nel grafico seguente sono riportati i campi di applicazione delle macchine HS e EPB in funzione della curva granulometrica dei terreni.

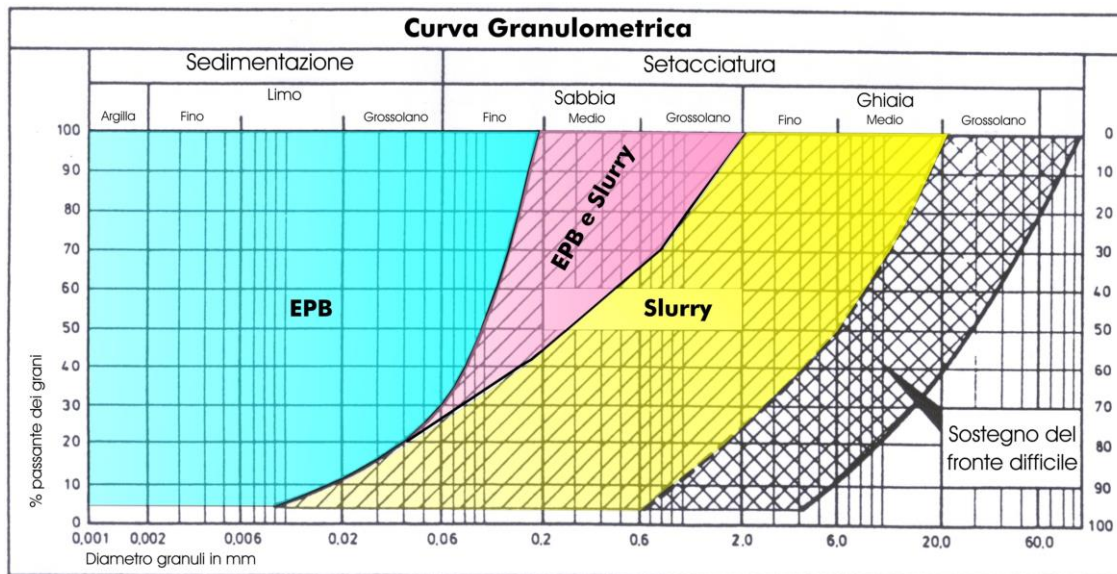



Figura 11.6.2-1 – Campo di applicazione dell'EPB e dell'Slurry/HS

Lo Slurry/HS è particolarmente adatta per terreni sciolti, dai banchi di sabbia fine alle ghiaie a grana grossa con alta permeabilità all'acqua. I limiti di applicazione si raggiungono in terreni argillosi, con comportamento coesivo, dove la tendenza al riaddensamento crea un incremento della coppia necessaria alla rotazione della testa.

Il campo di impiego dell'EPB è costituito dai terreni con un'alta percentuale di argilla o limo e bassa permeabilità all'acqua.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 68 di 133

Confronto EPB - Slurry/HS

L'EPB dovendo impastare materiale più solido rispetto allo Slurry/Hydroshield ha una maggiore potenza installata sulla testa fresante e questo comporta:

- maggior peso;
- maggiori consumi;
- maggiori dimensioni del cuscinetto;
- maggiori difficoltà di accesso al fronte.

Per contro è una macchina più robusta e può affrontare più facilmente terreni più consistenti eventualmente intercettati.

Lo Slurry/Hydroshield offre i seguenti vantaggi rispetto all'EPB:

- più rapido ed efficace mantenimento della pressione al fronte tramite il cuscinetto di aria compressa;
- possibilità di pulizia rapida del fronte tramite la pompa di smarino per permettere l'accesso al personale.

Lo Slurry/HS presenta lo svantaggio di dover lavorare con un impianto di trattamento dei fanghi bentonitici che condiziona la capacità produttiva dello scudo soprattutto in presenza di terreno coesivo (argille) e richiede una superficie di ingombro abbastanza ampia.

11.6.2.1 Descrizione generale


Le TBM monoscudate (B) sono costituite da un cilindro di acciaio (scudo o mantello) collegato ad una serie di carri di servizio (back-up).

Lo scudo può essere monolitico, a forma leggermente tronco-conica, o articolato per affrontare meglio le curve di tracciato.

Il diametro dello scudo è leggermente inferiore a quello dello scavo ed ha la funzione di sostegno e tenuta idraulica nel tratto di galleria dove non è ancora in opera il rivestimento in conci prefabbricati. Può considerarsi diviso in tre parti che differiscono per rigidità e funzioni:

- La parte anteriore che deve garantire una distribuzione uniforme delle pressioni esercitate per la spinta in avanti. Qui è ubicata la camera di "lavoro o scavo" e il sistema di scavo e abbattimento costituito da una testa fresante a piena sezione e raccolta del materiale scavato.
- La parte intermedia, denominata "tronco", dove sono alloggiati: il sistema di propulsione per l'avanzamento dello scudo, costituito da martinetti idraulici longitudinali che, poggiandosi sull'ultimo anello di rivestimento messo in opera, per contrasto lo spingono in avanti, il riduttore principale della fresa ed eventuali altri equipaggiamenti come motorizzazioni idrauliche e/o elettriche della fresa, cabina di guida o macchinari speciali (per es. per il sostegno del fronte per le macchine che esercitano una pressione attiva sul fronte).
- La parte terminale, denominata "coda", dove avviene la posa del rivestimento, costituito da elementi prefabbricati realizzati in calcestruzzo armato, tramite un braccio meccanico, chiamato erettore, azionato con radiocomando che scorre su un ponte longitudinale.

L'intercapedine tra il profilo di scavo realizzato dallo scudo e l'estradosso del rivestimento viene riempito con materiale drenante e/o con malta cementizia, secondo modalità di iniezione che variano in relazione alla tipologia di macchina utilizzata ed all'ammasso da attraversare, allo scopo di fissare definitivamente l'anello al terreno e ripristinare le condizioni di equilibrio precedenti lo scavo.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 69 di 133

La coda è la parte meno spessa dell'involucro in quanto, proprio per la funzione a cui è destinata, non può essere adeguatamente rinforzata come le altre parti. La lunghezza della coda è determinata dalla larghezza degli anelli di rivestimento prefabbricati, in genere all'interno della coda trovano posto un anello e mezzo.

La coda è dotata di una speciale guarnizione di tenuta a più file di spazzole di acciaio armonico, confinanti le camere di grasso per contenere la miscela di intasamento a tergo, iniettata durante l'avanzamento dello scudo, e, nel caso dell'*HS* (B3) e dell'*EPB* (B4) le possibili eventuali venute di fango bentonitico o di schiume qualora si creasse una via di comunicazione tra la camera di scavo e la coda.


La tendenza attuale è quella di limitare il più possibile la lunghezza dello scudo, compatibilmente con gli spazi occorrenti per l'equipaggiamento, non superando la dimensione del diametro dello scudo deriva dalla necessità di ridurre al minimo gli attriti del terreno sul mantello.

Il mantello dello scudo è anche provvisto di feritoie con tubi guida per il passaggio delle aste di perforazione al contorno del fronte di scavo per effettuare sia sondaggi esplorativi che iniezioni di consolidamento oltre il fronte medesimo qualora, in quest'ultimo caso, le condizioni instabili del terreno le rendessero necessarie.

Dietro lo scudo è agganciato il treno del back-up costituito da più carri su cui sono alloggiare tutte le attrezzature del sistema di scavo ed avanzamento, come i motori dei vari componenti dello scudo, i trasformatori e i quadri elettrici, il sistema di ventilazione, la cabina comando, il sistema di allontanamento del materiale di scavo (con nastro trasportatore o per via idraulica), il sistema di traslazione dei conci prefabbricati, l'impianto di riempimento a tergo ed altri impianti supplementari in relazione alla tipologia di macchina.

Il ciclo di lavoro è discontinuo e comprende:

- scavo e avanzamento per una lunghezza pari alla corsa effettiva dei martinetti di spinta; contemporaneamente si effettua il riempimento dell'intercapedine a tergo dell'anello e l'allontanamento del materiale abbattuto;
- posa dell'anello di rivestimento;
- ripresa dell'avanzamento.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>SP</u> <u>GA</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 70 di 133

11.6.2.2 Principali requisiti e prescrizioni

11.6.2.2.1 *Corpo dello scudo*

Costruzione saldata in acciaio, le cui singole sezioni sono imbullonate e/o saldate per facilitare il trasporto, il montaggio e lo smontaggio delle singole parti dello scudo all'inizio e alla fine dello scavo.

a) *Lunghezza e forma geometrica*

La lunghezza del mantello deve, possibilmente, non essere superiore al diametro dello scudo al fine di ridurre l'attrito con il terreno. Lo scudo deve essere di forma troncoconica, ed eventualmente, se ritenuto necessario, anche dotato di martinetti di articolazione per consentire una migliore manovrabilità della macchina in curva, soprattutto per raggi di curvatura ridotta.

b) *Irrigidimenti (ovalizzazione, spinte longitudinali).*

Carichi ovalizzanti e possibili fenomeni di instabilità dovranno essere considerati dal fornitore dello scudo secondo consuetudine e in funzione delle possibili situazioni di utilizzo della TBM (blocco, curva etc.).

c) *Lubrificazione del mantello*

Deve essere dotato di fori per iniettare liquidi lubrificanti al fine di diminuire l'attrito tra mantello e terreno in situazioni critiche (per es. materiale rigonfiante).

d) *Feritoie di passaggio*

Devono essere previste feritoie e tubi di guida, per il passaggio delle aste di perforazione (per sondaggi in avanzamento e trattamenti di consolidamento al contorno del fronte di scavo) disposte sulla semicirconferenza superiore del mantello.

e) *Camera di scavo*

Nelle TBM che esercitano una pressione attiva sul fronte deve essere presente una parete divisoria della camera di carico della testa con il resto dello scudo dove lavorano gli operatori. Tale parete deve essere munita di finestre per il passaggio dell'attrezzatura di perforazione per eseguire fori in avanzamento attraverso il fronte.


f) *Frantoio*

All'occorrenza negli Slurry/Hydroshiled può essere previsto un frantoio per la frantumazione di blocchi di roccia sino alle dimensioni massime di 50 cm di diametro e con resistenza alla compressione di almeno 20MPa. La pezzatura massima di lavoro del frantoio deve essere determinata dal fabbricante in funzione delle aperture di carico e delle caratteristiche di lavoro della macchina. La pezzatura massima di uscita dal frantoio deve essere determinata dal fabbricante in funzione delle caratteristiche del sistema di carico e di allontanamento del marino (tubo di aspirazione).

g) *Coda dello scudo*

La coda deve includere le guarnizioni di tenuta realizzate da una serie di spazzole (costituite da fili di acciaio armonico) il cui numero è stabilito in fase di progettazione della macchina, le linee di ingrassaggio delle suddette guarnizioni, le linee di iniezioni per l'intasamento a tergo.

Devono essere previste finestre per facilitare l'operazione di pulizia delle tubazioni di iniezione a tergo in caso di otturazione delle medesime, fornite di portelli chiusi ma facilmente apribili.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 71 di 133

Deve essere dotata di guarnizioni antiriflusso alloggiato sul bordo d'uscita per evitare il passaggio della miscela d'iniezione nella camera di scavo.

11.6.2.2.2 Sistema di scavo

a) Testa o ruota fresante

Deve essere dotata di idonei utensili di scavo (dischi, denti) per affrontare i tipi di terreno e/o roccia previsti in progetto.

Deve essere prevista la sostituzione degli utensili di scavo solo da dietro la ruota fresante, senza dover accedere al fronte.

In relazione al tipo di macchina e dei terreni da scavare deve avere la possibilità di intercambiare i picchi o dischi o scalpelli nelle sedi di fissaggio senza dover procedere ad alcuna modifica della testa.

La ruota deve avere la possibilità di eseguire un sovrascavo variabile mediante l'installazione di almeno due "overcutter", sia per terreno tenero, sia per roccia. La posizione dei denti extrascavo deve essere regolata mediante un sistema idraulico a controllo continuo assistito dall'esterno, senza impiego di personale nella camera di scavo. Lo stato di estensione deve essere segnalato o registrato sul monitor posto in cabina di comando e controllo. Il sistema deve essere in grado di funzionare anche per considerevoli tratte di avanzamento dello scavo.

La testa deve essere equipaggiata di un sistema idraulico che permette lo spostamento verticale e orizzontale del sistema di scavo completo per aumentare l'extrascavo qualora ciò si dovesse rendere necessario, per es. per eventuali correzioni di rotta rispetto al tracciato di progetto.

La superficie e i bordi dei bracci ("razze") della ruota devono essere dotate di protezione antiusura.

La testa deve essere movimentata con motori a variazione continua, elettrici o idraulici. I motori devono fornire la coppia richiesta. Il sistema di trasmissione della rotazione e di controllo di potenza dei motori deve assorbire gli shock generati da un eventuale blocco della rotazione.

Per le macchine tipo EPB e HDS, la testa fresante deve avere la possibilità di ruotare in entrambi i sensi (dx-sx) per correggere il rollio della macchina.

b) Cuscinetto principale

Deve essere permanentemente lubrificato con sistema automatico in pressione e trafilatura continua di grassi e oli lubrificanti. Per evitare l'introduzione, in presenza di liquido in pressione, di materiali contaminanti il cuscinetto dovrà risultare un organo perfettamente stagno attraverso più stadi di guarnizioni a pressione differenziale.

Deve essere garantito per un numero di ore (durata di vita utile) che copra ampiamente il periodo di scavo previsto, tenendo conto delle massime sollecitazioni e delle condizioni di scavo più gravose previste.


Deve essere possibile la sostituzione all'interno dello scudo delle guarnizioni di tenuta in caso di danneggiamento delle medesime. Dovrà pertanto essere messa a punto una corretta procedura di sostituzione delle guarnizioni da parte del costruttore.

11.6.2.2.3 Sistema di spinta

La macchina dovrà disporre di una spinta adeguata per superare gli attriti tra terreno e mantello e avere una riserva di potenza sufficiente a superare situazioni critiche (per es. nel caso di fermi tecnici prolungati in terreni rigonfiati).

I martinetti di spinta devono essere posizionati in modo uniforme attorno al corpo dello scudo per permettere il posizionamento del numero dei conci di rivestimento e del concio di chiave previsti in progetto.

La corsa di avanzamento deve essere dipendente dalla forma e lunghezza del concio di progetto.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 72 di 133

Per ciascun martinetto deve essere consentita la regolazione manuale del livello di pressione mediante potenziometri posizionati sul pannello di controllo installato nella cabina di comando.

La spinta deve essere distribuita su un numero adeguato di settori per consentire la migliore manovrabilità dello scudo.

Almeno un martinetto di ciascun settore deve essere equipaggiato con un misuratore di corsa elettronico collegato direttamente al quadro comandi. La velocità di allungamento deve essere espressa in mm/sec.

L'estremità di ogni martinetto deve essere equipaggiata con un cuscinio ammortizzatore montato su un manicotto a sfera e di collegamento e coperto con poliuretano per assicurare un contatto soffice e uniforme con l'anello di rivestimento.

11.6.2.2.4 Sistema per la movimentazione e la posa del rivestimento prefabbricato in cls armato

a) Movimentazione conci

Il trasporto dei conci all'interno della galleria avviene con mezzi di trasporto su rotaia o su gomma sino al punto di scarico e carico su apposito convogliatore.

Il sistema per la movimentazione e posa del rivestimento prefabbricato può variare a seconda della configurazione adottata dal costruttore. Il sistema può essere composto da una gru, omologata, che solleva ciascun concio e lo deposita su un convogliatore che immagazzina un set completo di anello, collocato sopra un carro del back-up a ridosso dello scudo. Da qui ogni concio viene traslato ad una tavola di trasferimento che trasferisce ciascun segmento alla posizione di presa dell'erettore.

Un altro sistema può essere costituito da un alimentatore conci posto all'altezza dei binari di servizio, a ridosso della coda dello scudo, sul quale, tramite un ponte gru, vengono posati tutti i segmenti dell'anello. Da qui con un movimento di traslazione i conci vengono posti uno a uno sotto la posizione di presa dell'erettore.

b) Erettore

Deve avere la capacità di movimentare conci di dimensioni e peso previsti in progetto.


I sistemi di movimento dell'erettore devono essere comandati idraulicamente e devono permettere diverse possibilità: movimento assiale per lo smontaggio degli ultimi due anelli (di cui il primo lato fronte completamente risulta dentro la coda, il secondo invece solo per una parte), erezione, rotazione del concio attorno al suo asse maggiore e lenti movimenti finali in qualsiasi direzione. La trave di scorrimento dell'erettore deve essere di lunghezza tale che possa permettere la rimozione del penultimo anello posato in caso di rottura dell'anello stesso o di problemi alle guarnizioni di tenuta della coda.

Il sistema di aggancio è legato alle modalità costruttive del concio può essere realizzato secondo diversi schemi: con pinze che stringono verso l'interno o verso l'esterno di una maschera metallica preventivamente imbullonata sulla superficie interna del concio, o con accoppiamento a vite su una femmina inglobata nel calcestruzzo, realizzata, a sua volta, in materiale plastico o con sistema a vuoto d'aria omologato. L'erettore deve essere dotato di sistema automatico di sicurezza che impedisce il sollevamento del concio nel caso di imperfetto aggancio.

Il controllo dell'erettore deve essere consentito sia tramite una stazione radio comandata sia da una stazione fissa con controllo a distanza.

11.6.2.2.5 Guarnizione di tenuta sul giunto di coda

La guarnizione di coda consiste in più file di spazzole in acciaio, stabilite dal costruttore in relazione alle caratteristiche idrogeologiche dei terreni attraversati, fissate sulla coda e protette su ogni lato da piastre in metallo.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 73 di 133

Lo spazio ad anello che si crea tra le file delle spazzole deve essere permanentemente riempito con uno speciale grasso ad effetto stagno iniettato tramite delle pompe a flusso regolabile montate su un carro del back-up.

Ogni anello (spazio) deve essere rifornito da tubi montati nella coda attraverso i quali viene distribuito il grasso.

L'iniezione del grasso deve essere continua e controllata da rilevatori di pressioni su ognuno dei punti d'iniezione. La portata deve essere controllata dalla cabina di comando e controllo.

11.6.2.2.6 Sistema di riempimento a tergo dei concii

Il sistema è costituito principalmente da un serbatoio, dalle pompe per iniezione e dalle linee di alimentazione, queste ultime installate nella coda dello scudo.

Il serbatoio, provvisto di agitatore, e le pompe sono installate su un carro del back-up.

La miscela d'iniezione viene solitamente fornita da un serbatoio mobile che viaggia su rotaia o su gomma, in relazione al sistema di trasporto adottato in galleria, anche questo provvisto di agitatore che deve stare continuamente in movimento.

Il riempimento del serbatoio fisso si ottiene con tubature installate tra quest'ultimo e il serbatoio mobile.

La miscela d'iniezione può essere costituita da una malta cementizia o da una miscela liquida a presa rapida detta "bicomponente".

Deve essere previsto un numero adeguato di pompe per l'iniezione, complete di centraline idrauliche, quadri elettrici etc. Ciascuna pompa deve assicurare una portata oraria dimensionata alla velocità massima teorica di avanzamento dello scudo.

Nel caso di utilizzo di una malta cementizia le pompe devono essere installate il più vicino ai punti d'iniezione per evitare l'eventuale ma possibile otturazione sia delle tubazioni flessibili di collegamento sia delle canne di iniezione integrate nella coda.

Deve eventualmente essere previsto un serbatoio supplementare, con agitatore, montato sul back-up e riempito mediante tubature flessibili che lo collegano al serbatoio mobile.

Ciascun punto d'iniezione deve essere previsto con doppio foro (se circolari di diametro interno di almeno 50 mm, ellittici di sezione equivalente), per ottenere una doppia linea di alimentazione (di cui una di riserva) realizzata nella coda. Le linee d'iniezione devono essere equamente distribuite lungo tutta la circonferenza.

Deve essere previsto un sistema di controllo continuo in fase di pompaggio di volumi di miscela iniettati e monitoraggio della pressione d'iniezione (v. III.1.21.5).

Ciascun punto d'immissione della miscela nella coda della macchina deve essere dotato di un trasduttore di pressione per misurare la pressione d'iniezione.

Le linee di alimentazione devono essere dotate di portelli per facilitare l'operazione di pulizia delle tubazioni in caso d'otturazione delle medesime.

Il sistema d'iniezione deve essere sincronizzato con la velocità di scavo della macchina, di modo che in caso di improvviso arresto di quest'ultima anche le pompe si interrompono al raggiungimento del valore di massima pressione impostato secondo progetto.

Per le TBM (B1) da roccia, il riempimento a tergo viene, di solito, realizzato con ghiaietto monogranulare ("pea gravel") e miscela cementizia o boiaccia.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 74 di 133

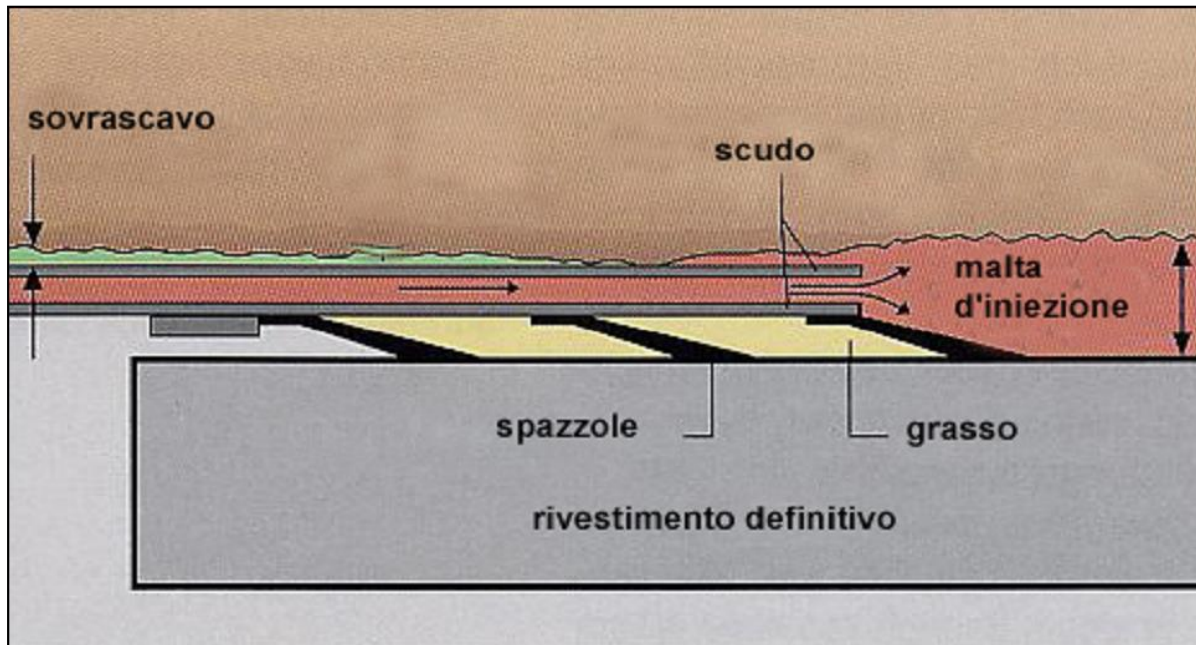


Figura 11.6.2-2 – Schema illustrativo dell’iniezione longitudinale dalla coda dello scudo TBM

11.6.2.2.7 Attrezzature speciali di perforazione

La TBM deve essere attrezzata con una macchina di perforazione polivalente, in grado di eseguire fori in avanzamento per sondaggi esplorativi e per iniezioni di consolidamento attraverso elementi strutturali in VTR/PVC valvolati, dalle feritoie e tubi di guida predisposti nel mantello.

In presenza di carichi idraulici i tubi guida devono essere muniti di speciali valvole tipo “Preventer” per evitare entrate incontrollate di materiale e acqua.


11.6.2.2.8 Cabina di comando e controllo TBM

La cabina di comando e controllo deve essere climatizzata e deve alloggiare:

- Posto di guida con tutta la strumentazione di controllo e visualizzazione dei dati della TBM. Nel caso dell’HS, anche dei dati dell’impianto di separazione, del circuito fanghi e i relativi quadri sinottici. Nel caso dell’EPB anche i dati del sistema di iniezione delle schiume e relativo quadro sinottico.
- I computer di registrazione dei dati di avanzamento e dei parametri fondamentali del sistema, compresi i dati degli impianti dell’HS (densità e portate dei fanghi), e degli impianti dell’EPB (schiume).
- Sistema di monitoraggio video dei punti nevralgici della TBM, del back-up (scarico del materiale dalla coclea sul nastro e dal nastro nei vagoni), e per l’HS del circuito fanghi e dell’impianto di separazione.

11.6.2.2.9 Back-up

I carri che compongono il back-up devono essere strutture metalliche con robustezza e rigidità necessaria richiesta per le sollecitazioni trasmesse dai diversi componenti presenti sullo stesso.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 75 di 133

I carri sono montati su ruote e possono correre su binari fissati su una piattaforma o su una sezione speciale. Queste strutture consistono in un telaio e piattaforme, queste ultime sostengono l'equipaggiamento necessario per il funzionamento della macchina.

L'intera struttura deve essere progettata per essere smontabile e trasportabile, in particolare modo all'interno di strutture realizzate a pozzo.

La geometria dei carri deve essere idonea per affrontare le curve plano-altimetriche di progetto.

Il Back-up deve essere attrezzato con tutti i dispositivi adeguati per la movimentazione, trasporto e stoccaggio dei materiali e macchinari necessari per la costruzione della galleria (attrezzature per la movimentazione e posa delle rotaie di servizio dei treni di servizio se è previsto questo sistema di trasporto, attrezzatura per lo scarico o sollevamento movimentazione ed alimentazione dei conci sino all'erettore, eventuale serbatoio per lo stoccaggio della malta d'iniezione, pompe d'iniezione, eventuale serbatoio per lo stoccaggio di fanghi speciali, additivati con polimeri o con segatura, completo di impianto di pompaggio, trasformatori, quadri elettrici, avvolgicavi per la M.T. e B.T., sistema di lubrificazione della coda, sistema di allungamento dei tubi, officine, attrezzatura per la movimentazione, stoccaggio e posa della linea di ventilazione etc.).

Le piattaforme devono essere provviste di passaggi pedonali, guardavia e scale che assicurano un movimento sicuro e facile del personale di bordo.

Le piattaforme devono consentire adeguati spazi per i condotti di ventilazione.

11.6.2.2.10 Impianto di ventilazione

Il sistema di ventilazione deve essere costituito da un impianto principale, collocato in prossimità dell'imbocco, e da un impianto secondario installato sul back-up.

L'impianto esterno deve essere costituito da due ventilatori, di cui uno di emergenza, che interviene in caso di guasto di quello in esercizio, dimensionati per assicurare una ventilazione igienica, secondo la normativa vigente, e di sicurezza o antitossica, per annullare o ridurre gli effetti tossici di sostanze gassose, polveri eventualmente contenute nell'atmosfera. La quantità minima di aria fresca da immettere in galleria, durante il normale svolgimento delle attività, dovrà tenere conto del fabbisogno di ciascun addetto ai lavori che opera in sotterraneo e della necessità di diluizione dei gas prodotti dai motori Diesel secondo valutazioni che saranno fornite dall'ESECUTORE. In galleria, soprattutto in corrispondenza delle zone più calde (scudo e back-up), deve essere garantita una temperatura non superiore a 25° C. L'impianto deve essere insonorizzato per annullare o ridurre l'inquinamento acustico entro i limiti di tolleranza richiesti secondo la normativa vigente.


L'aria sarà inviata sino alla coda dello scudo con una tubazione circolare flessibile di diametro determinato in base alle portate necessarie.

In coda al back-up dello scudo deve essere posizionato un ventilatore elettrico, a portata variabile e registrabile, per fornire la portata d'aria necessaria sino in prossimità dello scudo. Il ventilatore dovrà avere la portata necessaria per mantenere pressione e velocità dell'aria richiesta secondo la normativa vigente per i lavori in sotterraneo. In particolare modo deve essere garantita una temperatura non superiore a 25°. Tale ventilatore deve essere silenziato e deve presentare una griglia di protezione sull'aspirazione.

11.6.2.2.11 Sistema di guida e controllo della TBM

Il computer di bordo deve consentire la gestione della guida, dei controlli, degli allarmi e dei difetti della macchina e del sistema di scavo in genere.

I dati del monitoraggio devono essere registrati in tempo reale con una frequenza idonea per ogni tipologia di dato.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 76 di 133

11.6.2.3 Monitoraggio dei parametri della macchina e sistema di acquisizione e gestione dati.

Nel seguito per ogni componente della macchina sono individuati i principali parametri da verificare e registrare.

Il sistema di registrazione ed elaborazione dei dati deve permettere la rappresentazione dei risultati mediante grafici immediatamente comprensibili con unità di misura e scala dei tempi opportuna.

Il software di gestione dei dati deve permettere ulteriori operazioni matematiche sulla serie di misure per agevolarne l'interpretazione.

Nel caso dell'Hydroshield il sistema deve permettere il monitoraggio continuo della portata effettiva scavata, mediante la misurazione e registrazione automatica delle densità e portate dei fanghi in entrata ed uscita e il volume teorico scavato dedotto dagli allungamenti dei pistoni. Il dato relativo al peso specifico del materiale scavato sarà imputato di volta in volta in relazione alle tratte geotecniche omogenee attraversate.

A - Scudo

Lo scudo deve essere fornito di un sistema di controllo a guida laser e di registrazione dei parametri spaziali della macchina in rapporto all'asse teorico della galleria, basato sull'impiego di raggio laser, di sistemi di rilevamento del punto laser sulla sezione di scavo, di un sistema inclinometrico dell'assetto assiale e trasversale del corpo macchina, di un elaboratore dei dati strumentali, di uno schermo di lettura degli scostamenti attuali e previsti dell'asse plano-altimetrico reale dello scavo rispetto all'asse teorico.

Devono essere fornite almeno le seguenti informazioni sotto forma grafica direttamente leggibile dall'operatore su apposito monitor:

- Posizione altimetrica rispetto all'asse teorico
- Posizione planimetrica rispetto a quella teorica
- Inclinazione verticale ed orizzontale rispetto all'asse teorico
- Tendenza (sia verticale sia orizzontale) rispetto all'asse teorico
- Rullaggio dello scudo (rotazione intorno al proprio asse)
- Rilevamento in coordinate della posizione dello scudo
- Rilevamento della progressiva d'avanzamento riferita al bordo anteriore dello scudo

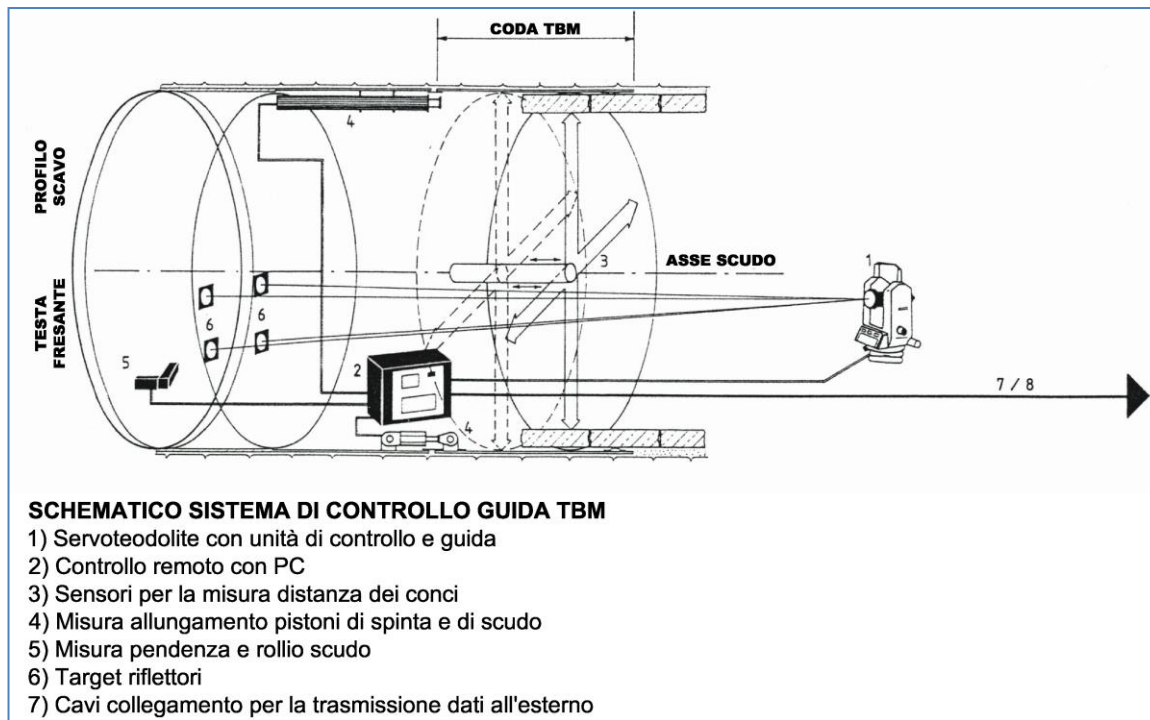


Figura 11.6.2-3 – Schematico sistema di controllo guida TBM


Di seguito si riportano gli ulteriori parametri da registrare:

B - Testa fresante e camera di scavo

- Momento torcente della ruota di scavo;
- Pressione di spinta della ruota di scavo;
- Velocità di rotazione della ruota di scavo;
- Penetrazione testa fresante
- Direzione di rotazione della testa fresante
- Consumo corrente testa fresante
- Profilo della sezione di extrascavo
- Posizione degli eventuali portelloni di brandaggio

B1) per l'HS:

- Pressione e portata dell'aria compressa applicata al fronte e in fase di manutenzione.
- Pressione del fango misurata in camera di scavo su almeno tre livelli: in calotta, in asse scudo e a livello dell'arco rovescio. Le misurazioni delle pressioni devono essere registrate graficamente con una frequenza variabile da secondi a minuti.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 78 di 133

- Livello dei fanghi al fronte per mezzo di due sonde applicate sul primo diaframma con lettura per mezzo di LED sul quadro sinottico della cabina di guida.

B2) per l'EPB:

- Pressione dei sensori nella camera di scavo
- Pressione e portata aria compressa in fase di manutenzione
- Pressione e portata bentonite in fase di macchina ferma con camera piena

C - Sistema di spinta

- Pressione dei martinetti di spinta
- Corsa martinetti di spinta per gruppi e singolo
- Velocità d'avanzamento
- Forza totale di avanzamento

D - Sistema estrazione materiali (per l'EPB)

- Velocità di rotazione della coclea
- Pressione di lavoro coclea
- Coppia impegnata
- Pressione di terra all'entrata, all'uscita e in un punto intermedio della coclea
- Misura della corsa portello della coclea
- Misura pressione portello coclea
- Peso del materiale scaricato, attraverso due bilance installate sul nastro
- Volume del materiale scaricato, attraverso scanner installato sul nastro
- Pressione telescopismo coclea
- Misura gas metano all'uscita della coclea
- Forza di tiro

E - Sistema iniezioni additivi (per l'EPB)

- Quantità, pressione e tipologia additivi iniettati per ogni linea della testa fresante;
- Quantità, pressione e tipologia additivi iniettati per ogni linea della camera di scavo;
- Quantità, pressione e tipologia additivi iniettati per ogni linea della coclea;
- Per ogni tipologia di additivo le sue caratteristiche fisiche/meccaniche principali;
- Per ogni generatore di schiuma: FIR (Foam Injection Rate), FER (Foam Expansion Rate), Cf (Concentrazione agente schiumogeno), Q (portata schiuma prodotta).

F - Sistema iniezione malta (per EPB e HS)

- Pressione linee d'iniezione misurata nel punto d'iniezione
- Volume miscela nelle linee d'iniezione

G - Sistema iniezione grasso

- Pressione grasso coda scudo
- Quantità grasso coda scudo

H - Sistema circolazione fanghi (per l'HS)

- Densità di fango inviata nella camera di scavo
- Densità di fango inviata all'impianto di separazione
- Portata di fango inviata nella camera di scavo
- Portata di fango inviata all'impianto di separazione
- Pressioni pompe per invio fango in camera di scavo e all'impianto di separazione
- Intensità di corrente e differenza di potenziale delle stazioni di pompaggio per l'invio dei fanghi al fronte e all'impianto di separazione


I - Altre misure

- Temperature e livelli degli oli relativi ai singoli sistemi oleodinamici della macchina (sistema di scavo, sistema di spinta, erettore, coclea, nastro trasportatore, convogliatore conci, etc.) evidenziando i valori di soglia d'attenzione e d'allarme;
- Pressione sistema aria compressa (per l'EPB e l'HS);
- Monitoraggio condizioni ambientali in galleria (temperatura, umidità, ...);
- Portata sistema di ventilazione;
- Dati relativi all'eventuale perforazione al contorno/in avanzamento, in particolare spinta, la velocità d'avanzamento, l'energia assorbita.

J - Registrazione dati PC

Devono essere registrati almeno i seguenti dati:

- Coppia testa fresante coppia coclea forza totale avanzamento
- Forza totale contatto
- Messaggi errore
- Numero anello
- Penetrazione della testa fresante
- Tempo data di completamento anello

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 80 di 133

- Tempo totale di assemblaggio concio
- Tempo totale di fermo
- Tempo totale in avanzamento
- Tempo totale per anello
- Tempo/data d'inizio anello
- Velocità di avanzamento
- Volume scavato

Tutti i dati sopra elencati devono essere messi in relazione con i dati provenienti dal monitoraggio in superficie, in modo da modificare i parametri della lavorazione per minimizzare i cedimenti in superficie.

Tutti i dati relativi ai parametri di scavo, ai parametri operativi della macchina nel suo complesso, alle deformazioni indotte sia in profondità che in superficie, dovranno essere messi a disposizione della Direzione Lavori e del Progettista, in modo assolutamente trasparente. Tali dati dovranno essere disponibili in continuo o con la periodicità indicata, sia in cantiere che in ogni altra sede, compreso all'interno della macchina stessa, sotto forma di grafici immediatamente leggibili, strutturati ed elaborati secondo quanto indicato dalla Direzioni Lavori o dal Progettista.

11.6.2.4 TBM scudata da roccia (B1)

11.6.2.4.1 Rappresentazione schematica

Nella fig. 11.6.2-4 è rappresentata schematicamente una TBM-S da roccia.

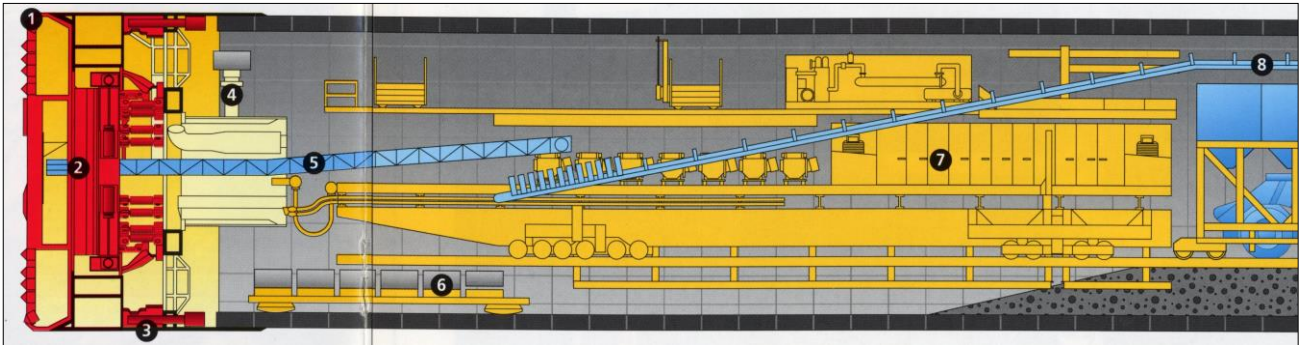


Figura 11.6.2-4 – Schema di una TBM-S da roccia

Si possono distinguere le seguenti parti principali:

- 1) la ruota fresante che porta gli utensili di scavo
- 2) il corpo motore (cuscinetto e motori)
- 3) il corpo dello scudo (mantello, camera di scavo, alloggiamento dei martinetti di spinta, coda etc.)
- 4) l'erettore per il montaggio del rivestimento
- 5) l'apparato di raccolta dello smarino dalla camera di scavo, tramite nastro primario, che scarica sul nastro trasportatore secondario (8)
- 6) il posizionatore dei conchi prefabbricati
- 7) una serie di carri (treno back-up) che seguono lo scudo sui quali sono installate le apparecchiature elettriche, idrauliche ed ausiliarie per il funzionamento del sistema
- 8) il nastro trasportatore secondario che scarica il materiale su vagoni o autocarri oppure prosegue sul paramento della galleria trasportando il materiale sino all'imbocco

a) Corpo dello scudo

Come riportato al paragrafo 11.6.2.2.1


b) Sistema di scavo

Come riportato al paragrafo 11.6.2.2.2

c) Sistema di spinta

Come riportato al paragrafo 11.6.2.2.3

d) Sistema di allontanamento del materiale

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 82 di 133

Il carico del marino sui nastri deve avvenire dalla testa per il tramite di un a tramoggia, che deve essere fornita di sistema di chiusura attivabile in ogni momento e in ogni condizione di lavoro senza manovre di arretramento del nastro dalla testa.

Il nastro di scarico della testa deve essere retrattile per procedere rapidamente ad ogni manutenzione o intervento necessario.

Deve essere predisposto un sistema di sollevamento dalla zona dell'arco rovescio al nastro di smarino per evacuare detriti o scarti vari.

La portata del nastro deve essere monitorata tanto in peso quanto in volume. Il rapporto tra quantità scavata (trasportata dal nastro) e avanzamento deve essere permanentemente sotto controllo. In caso di marcato incremento del fattore d'aumento tra volume del marino trasportato e volume di roccia in posto (volume teorico scavato dedotto dagli allungamenti dei pistoni), è richiesto l'arresto immediato della rotazione della testa e la ricognizione sullo stato del fronte. Deve essere evitato lo sviluppo di cavità al fronte a causa dell'asportazione eccessiva di materiale.

e) Sistema per la movimentazione e la posa del rivestimento prefabbricato

Come riportato al paragrafo 11.6.2.2.4

f) Guarnizione di tenuta sui giunti di coda

Come riportato al paragrafo 11.6.2.2.5

g) Sistema per il riempimento a tergo del rivestimento

Nello scavo in modalità "aperta" è previsto l'intasamento a tergo con malta cementizia per l'arco-rovescio e di ghiaietto sul resto dell'anello.

Deve pertanto essere previsto un doppio sistema di riempimento:

- un sistema per l'iniezione di malta cementizia e boiaccia costituito da pompe a doppia mandata, tubazioni integrate nella coda in corrispondenza dell'arco-rovescio e per la boiaccia tubazioni flessibili collegate ai fori di iniezione predisposti nei conci;
- un sistema per l'insufflamento del ghiaietto è costituito da pompe pneumatiche e tubazioni flessibili collegate ai fori predisposti nei conci.

h) Attrezzature speciali di perforazione

Come riportato al paragrafo 11.6.2.2.7

i) Cabina di comando e controllo

Come riportato al paragrafo 11.6.2.2.8

j) Back-up

Come riportato al paragrafo 11.6.2.2.9

k) Impianto di ventilazione

Come riportato al paragrafo 11.6.2.2.10

11.6.2.5 Sistema di scavo Hydroschild (B3)

11.6.2.5.1 Principio di funzionamento

Il sistema si basa sull'uso di una sospensione di bentonite o argilla in acqua che riempie una camera di scavo pressurizzata penetrando nel terreno a formare il "filter cake", ovvero la membrana impermeabile che garantisce il trasferimento della contropressione al fronte di scavo (v. fig. 11.6.2-5).

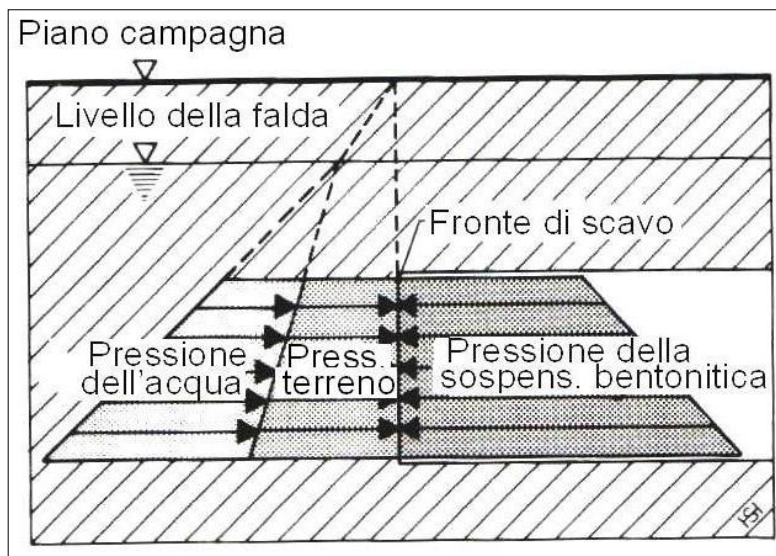


Figura 11.6.2-5 - Principio della contropressione al fronte con fanghi bentonitici

Un diaframma metallico stagno (denominato "setto di tenuta") divide la zona in pressione da quella non pressurizzata dove lavorano gli operatori. Nella camera di scavo è presente un secondo diaframma, detto "sommerso", posto davanti a quello stagno, con un'apertura nella parte inferiore (v. fig. 11.6.2.-6).

La funzione di questo secondo diaframma è quella di permettere il principio dei vasi comunicanti per l'applicazione della pressione al fango bentonitico (v. fig. 11.6.2-6).

Tra i due diaframmi infatti si crea, nella parte superiore, una camera parzialmente riempita d'aria, collegata ad un compressore, che esercita la pressione sui fanghi ("cuscino d'aria compressa") e quindi sul fronte (v. fig. 11.6.2-6).

Ogni fluttuazione di pressione al fronte derivante da oscillazioni di volume dei fanghi è controbilanciata dal cuscino d'aria compressa tramite l'immediata immissione di altra aria.

La presenza del cuscino d'aria per il mantenimento della pressione al fronte durante lo scavo migliora la sensibilità e la rapidità d'intervento soprattutto nei casi di cambiamento di condizioni al fronte.

La ruota fresante, che lavora completamente immersa in fango bentonitico in pressione, fresa il terreno e mischia simultaneamente il materiale fresato con la sospensione di bentonite che viene pompato tramite una condotta di aspirazione fino ad un impianto di separazione posto all'esterno del tunnel.

Qui viene separato dalla sospensione che poi viene immessa nuovamente nel circuito tramite una condotta di alimentazione.

La sospensione di bentonite quindi oltre a svolgere la funzione stabilizzante è anche un mezzo di convogliamento del materiale scavato.

Davanti al tubo di aspirazione dello smarino, collocato nella parte inferiore della camera di scavo, può essere necessaria l'installazione di una griglia metallica, per escludere i blocchi fuori misura, e di un frantumatore idraulico per ridurre le dimensioni dei massi a misure idonee per passare attraverso la condotta.

Per permettere l'accesso al fronte tramite la camera iperbarico il fango bentonitico viene estratto mediante la pompa di smarino mentre il fronte stesso, impermeabilizzato da uno strato di bentonite, viene sostenuto dall'aria compressa.

Sistemi di gestione e controllo automatico provvedono a regolare sia le pressioni applicate sul fronte di scavo sia a bilanciare le quantità di fango bentonitico immerso ed aspirato (*"fluido di veicolazione"*).

I principi di funzionamento del sistema *"Hydroshield"* sono rappresentati nella seguente figura 11.6.2-6.

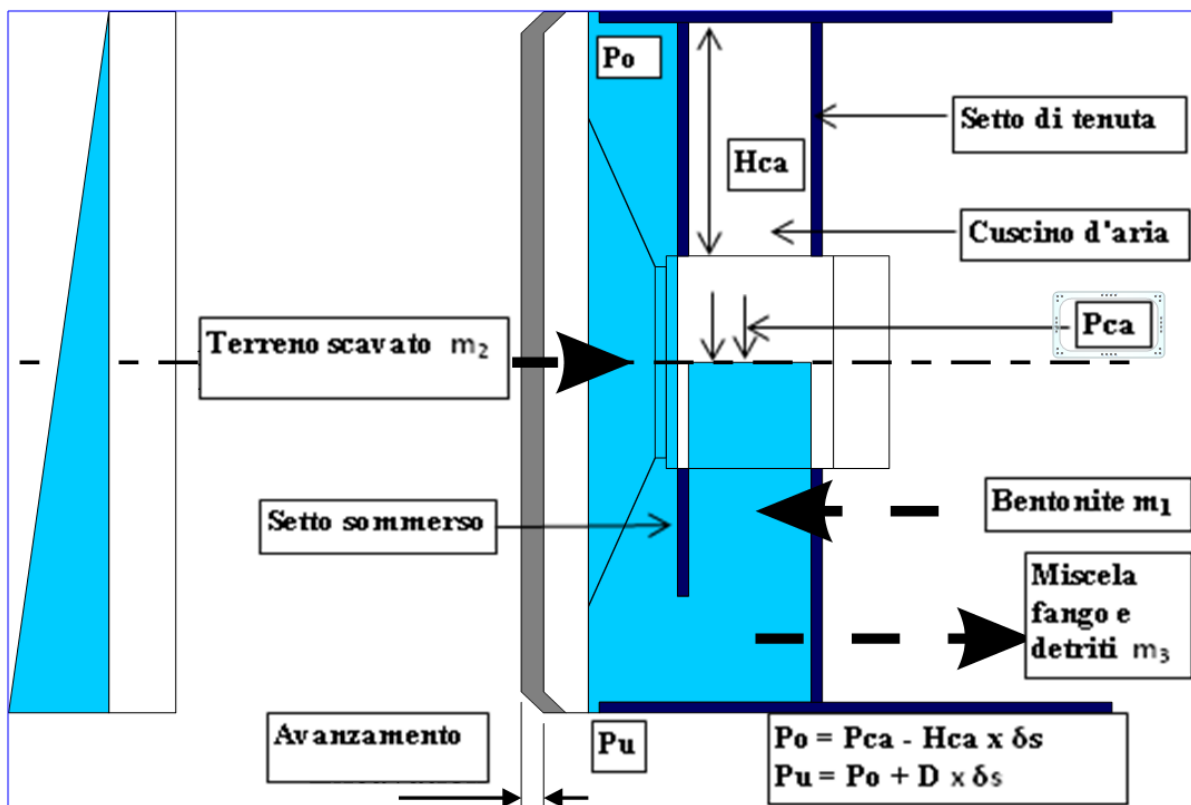


Figura 11.6.2-6 – Principio funzionamento sistema Hydroshield

P_u = pressione al piede

P_{ca} = pressione cuscino d'aria

H_{ca} = altezza camera cuscino d'aria

D = diametro di scavo

δ_s = densità fango estratto

Volume bentonite : $m_1 = q_1 \times \delta_1$

Volume terreno estratto:	$m_2 = q_2 \times \delta_2$
Volume fango estratto:	$m_3 = q_3 \times \delta_3 =$ $q_1 \times \delta_1 + q_2 \times \delta_2$
Portata fango estratto	$q_3 = q_3 + q_1$
Densità fanghi estratti	$\delta_3 = \frac{(q_1 \times \delta_1) + (q_2 \times \delta_2)}{q_1 + q_2}$
Volume dei fanghi in entrata	$q_1 = q_2 \times \frac{(\delta_2 - \delta_3)}{\delta_3 - \delta_1}$

11.6.2.5.2 Principali caratteristiche della miscela bentonitica

Le caratteristiche fisico-meccaniche della miscela bentonitica da utilizzare devono essere regolate in funzione della permeabilità e della granulometria dei terreni da attraversare.

L'impiego della bentonite deve consentire di dare al fluido di veicolazione le seguenti principali caratteristiche:

- viscosità, deve cioè presentare un "potere coesivo" che leghi le particelle del terreno (sabbia, limo, argille);
- capacità lubrificante per evitare impastamenti e deve essere facilmente trattabile (tramite vagli e cicloni) per facilitare il suo riutilizzo;
- capacità impermeabilizzante del fronte;
- capacità sospensivante per evitare sedimentazioni di detrito durante le operazioni di smarino.

La composizione del fluido deve quindi essere studiata appositamente rispetto alle caratteristiche sia della fresa sia del terreno da attraversare.

11.6.2.5.3 Descrizione generale del sistema Hydroshield

Il sistema "Hydroshield" comprende i seguenti principali componenti:

- 1) Macchina di scavo
- 2) Impianto circolazione fanghi
- 3) Impianto di separazione e trattamento fanghi

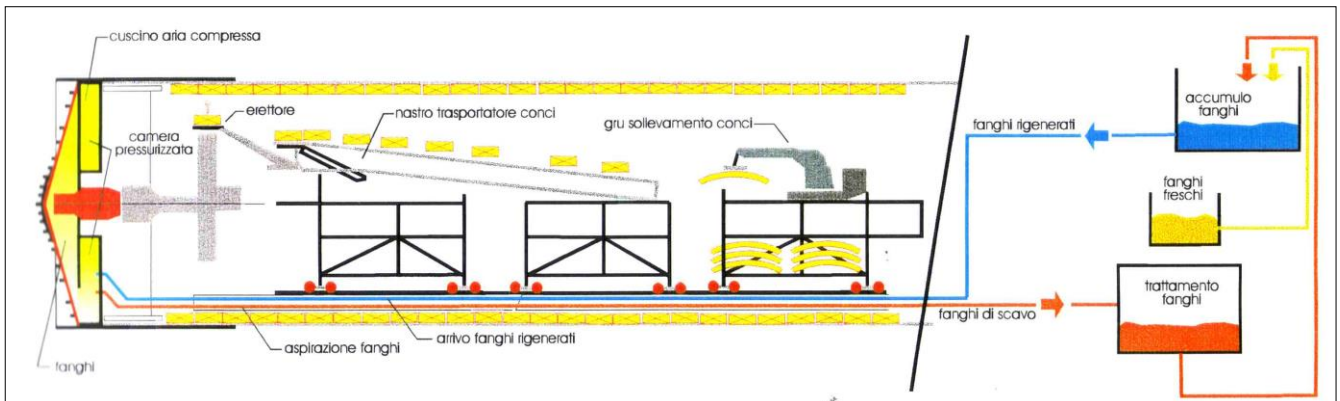


Figura 11.6.2-7 – Schema sistema Hydroshield

1) Macchina di scavo

È composta dai seguenti principali elementi:

- a) Corpo dello scudo (mantello, camera di scavo alloggiamenti dei martinetti di spinta, coda etc.)
- b) Sistema di scavo (testa fresante)
- c) Sistema di spinta (avanzamento)
- d) Erettore concii
- e) Sistema di trasporto concii
- f) Sistema di supporto del fronte e svuotamento dei fanghi
- g) Camera iperbarica, impianto e sistema di regolazione dell'aria compressa
- h) Sistema d'iniezione a tergo dei concii
- i) Attrezzature speciali di perforazione
- j) Cabina di comando e controllo
- k) Back-up
- l) Impianto di ventilazione

a) Corpo dello scudo


Come riportato al paragrafo 11.6.2.2.1

a1) Camera di scavo

Il diaframma metallico di tenuta stagna che separa la camera di scavo dal resto della macchina deve comprendere tutte le prese necessarie per: le camere di decompressione, il cuscinetto principale, le tubazioni di alimentazione e scarico, gli ugelli per l'iniezione della bentonite, il frantoio, i dispositivi di misura e di controllo del livello e della pressione dei fanghi, i passaggi per acqua, i cavi elettrici, i punti luce, i collegamenti telefonici con la cabina di comando e controllo, etc.

Tale diaframma dovrà essere dimensionato per pressioni pari ad almeno 1,5 volte la massima pressione prevista in progetto, e in ogni caso per una pressione non inferiore a 3,5 bar.

Il secondo diaframma metallico, detto "sommerso", con un'apertura nella parte inferiore per permettere la comunicazione del fango bentonico in pressione, deve comprendere finestre in numero adeguato per la visione del fronte e l'accesso alla camera di scavo, scale e appigli per scendere sul fondo. L'ampiezza delle aperture deve consentire il passaggio di un uomo e delle attrezzature leggere per gli interventi di manutenzione e/o riparazione. Le finestre devono essere munite di portelli stagni che rimangono chiusi durante le operazioni di scavo, ma facilmente accessibili e apribili secondo necessità.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 87 di 133

a2) Portelloni di brandaggio

In presenza di terreni fortemente instabili lo scudo deve poter disporre di portelloni di brandaggio azionati attraverso un sistema idraulico, sia dall'esterno (cabina di comando e controllo), che dall'interno della camera di scavo, con registrazione della posizione di apertura o chiusura dei medesimi sul monitor della cabina comando.

Tali portelloni possono essere applicati sulle razze, per permettere sia una maggiore chiusura parziale della testa in fase di avanzamento o totale a scudo fermo, o fissati sul setto anteriore e, mediante pistoni idraulici, traslarli sino a contatto del fronte. Tale configurazione si adotta solo a macchina ferma per consentire al personale di effettuare in sicurezza le operazioni di controllo, manutenzione e/o riparazioni all'interno della camera di scavo.

b) Sistema di scavo

Come riportato al paragrafo 11.6.2.2.2

c) Sistema di spinta

Come riportato al paragrafo 11.6.2.2.3

e) Sistema per la movimentazione e la posa del rivestimento prefabbricato

Come riportato al paragrafo 11.6.2.2.4

f) Sistema di supporto del fronte e di svuotamento dei fanghi

Il sistema di supporto del fronte deve essere costante ed immediato e deve essere garantito dalla sospensione pressurizzata di fanghi che riempie la camera di scavo.

Il livello di sospensione dei fanghi dietro il diaframma deve essere costantemente controllato da un dispositivo ultrasonico con una sonda di minimo e una di massimo che trasmettono i segnali per la regolazione della pompa di alimentazione in modo da assicurare, in caso di eventuale perdita di bentonite nel terreno, l'immediato reintegro dei fanghi senza interessare il bilanciamento della pressione al fronte.


L'operazione di svuotamento dei fanghi dal fronte e la contemporanea sostituzione del liquido con l'aria compressa, per continuare a mantenere la contropressione sul fronte, deve essere eseguita tramite un sistema di regolazione pneumatico azionato dall'operatore direttamente dalla cabina di comando e controllo dello scudo. Su apposito quadro sinottico presente nella cabina si rilevano i livelli del fango misurati da sonde ultrasoniche poste nella camera di scavo. Il sistema di azionamento manuale, comunque previsto e presente nella zona del cuscinio d'aria, deve essere utilizzato solo in caso di guasto del sistema precedente non immediatamente riparabile e nella necessità di dover assolutamente entrare in camera di scavo.

In presenza di materiale di scavo ad elevata permeabilità si deve ricorrere, a volte, a miscele di densità più elevata, miste per es. a segatura, per creare lo strato impermeabile sul fronte e mantenere la stabilità del medesimo a scudo fermo, sia durante le normali interruzioni per il montaggio dell'anello, sia per le eventuali ispezioni e/o manutenzioni e riparazioni nella camera di scavo previo svuotamento dei fanghi e immissione di aria compressa. In tal caso è necessario prevedere in galleria un serbatoio per i fanghi speciali e di un idoneo impianto di pompaggio per consentire l'intervento in tempi ridotti. Poiché tali fanghi hanno una notevole resistenza al pompaggio, e quindi difficilmente può essere utilizzato l'impianto di circolazione fanghi, essi devono essere trasportati in galleria con idonee cisterne per alimentare il serbatoio fisso posto sul back-up.

g) Camera iperbarica, impianto e sistema di regolazione dell'aria compressa

g1) Camera iperbarica

La camera iperbarica per il personale dovrà essere omologata secondo le leggi vigenti in materia e deve consentire l'accesso al fronte nel modo più sicuro, agevole e rapido. Dovrà prevedere le seguenti principali caratteristiche:

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 88 di 133

- Camera principale per almeno 3 persone
- Camera di soccorso per almeno 2 persone
- Pressione: deve essere dimensionata per valori di almeno 1,5 volte la pressione massima prevista in progetto e in ogni caso per una pressione non inferiore a 3,5 bar.

Tali camere, collocate nella parte superiore della struttura intermedia (“tronco”) dello scudo, devono essere completamente equipaggiate con porte, oblò ed equipaggiamento interno. Le porte d’accesso devono permettere il passaggio di una lettiga per il trasporto delle persone. Ogni scomparto deve essere dotato di tutte le attrezzature necessarie e regolamentari per l’aria compressa, l’illuminazione comunicazione ed i meccanismi di compressione e decompressione, sistema antincendio a pioggia d’acqua, sistema d’emergenza per decompressione con ossigeno e finestre fisse per guardare all’interno.

Deve inoltre essere prevista una camera iperbarica terapeutica installata nell’infermeria di cantiere con gli stessi accorgimenti progettuali sopra indicati.

Infine deve essere prevista una camera iperbarica per la movimentazione di materiali ed utensili collocata nella parte inferiore del diaframma di tenuta.

g2) Impianto e sistema di regolazione dell’aria compressa

Il sistema di regolazione dell’aria compressa nella camera di scavo deve essere costituito, per motivi di sicurezza, da due impianti di regolazione, inseriti nel circuito dell’aria compressa, completi di stazioni di misura, sensori di pressione, riduttori di pressione, valvole di carico e scarico con regolazione di sicurezza elettronica a sovrappressione.

Una linea di alimentazione dovrà stare sempre in esercizio, mentre la seconda rimarrà in “stand-by” pronta ad entrare in funzione, attraverso un commutatore, in caso di guasto della prima conduttura.

Le due linee dovranno essere collegate tra di loro attraverso una condotta dotata di valvola di ritegno per impedire il travaso da una linea all’altra.

Le indicazioni di pressione per i due condotti di alimentazioni devono trovarsi nella cabina di comando e controllo.

La pressione dell’aria deve essere regolata con una pressione di $\pm 0,05$ bar.

La qualità dell’aria compressa generata dai compressori deve essere trattata e filtrata per assicurare aria respirabile e deve corrispondere ai requisiti indicati dalla normativa europea DIN EN 12021 (già DIN EN 3188).

L’impianto di produzione di aria compressa deve garantire il mantenimento costante della pressione dei fanghi nella camera di scavo. Deve essere composto da almeno due elettrocompressori, uno per ciascuna linea di alimentazione, installati all’esterno, dotati di potenza e capacità adeguata a fornire il volume d’aria richiesto. Tali compressori dovranno essere tutti collegati in automatico in modo da intervenire immediatamente a qualsiasi calo di pressione. Inoltre sul back-up deve essere prevista l’installazione di un elettrocompressore d’emergenza per eventuali utilizzi collegati all’accesso del personale in ambiente iperbarico.


h) Guarnizioni di tenuta sul giunto di coda

Come riportato al paragrafo 11.6.2.2.5

i) Sistema di iniezione a tergo dei conci

Come riportato al paragrafo 11.6.2.2.6

j) Attrezzature speciali di perforazione

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 89 di 133

Come riportato al paragrafo 11.6.2.2.7

k) Cabina di comando e controllo

Come riportato al paragrafo 11.6.2.2.8

l) Back-up

Come riportato al paragrafo 11.6.2.2.9

m) Impianto di ventilazione

Come riportato al paragrafo 11.6.2.2.10

2) Impianto di circolazione fanghi

È costituito principalmente da:

- due tubazioni per il trasporto idraulico, rispettivamente per l'invio del fluido di veicolazione al fronte di scavo (acqua o acqua + bentonite) e per l'evacuazione della miscela fluido-detriti di scavo dal fronte all'impianto di separazione. Il diametro di tali tubazioni viene determinato in funzione del dimensionamento (portata oraria) dell'impianto di separazione.
- stazioni di pompaggio per l'invio del fluido al fronte e per l'evacuazione del fluido con il materiale di scavo dal fronte all'impianto di separazione;
- misuratori di portata e di densità del fluido montati su entrambe le tubazioni che inviano le informazioni in tempo reale alla cabina di comando e controllo del sistema installato sulla TBM.

Il sistema "Hydroshield" si può considerare, in teoria, come un sistema a circuito chiuso dove il fluido utilizzato segue il seguente ciclo: accumulo-pompaggio alla camera di scavo, smarino-separazione-accumulo.

Tuttavia la mancanza di correzioni della densità di fluido di veicolazione nel processo di scavo porterebbe a un aumento della densità del fluido medesimo (fango estratto), a causa dello scioglimento della particelle più fini del materiale estratto, fino a valori intollerabili per il sistema.

La buona pratica indica che la densità del fluido in uscita non deve superare 12,5 kN/m³ considerando in entrata una densità del fluido di 10,2-10,5 kN/m³. La proporzione tipica di bentonite varia da 30 a 60 kg/m³ di miscela bentonitica.

La regolazione della densità del fluido di veicolazione risulta pertanto l'operazione più importante di tutto il processo di separazione dei materiali.

Occorre pertanto eliminare dal circuito chiuso una parte di fluido e reintegrarlo con acqua e bentonite.


La quantità di fluido da reintegrare è funzione delle caratteristiche geotecniche del materiale interessato dagli scavi. In pratica nei terreni granulari dove la porzione di materiale fino (limi e argille) è molto limitata la quantità d'acqua da reintegrare è minima.

Viceversa in terreni con una consistente percentuale di materiale fino (limi, argille) comportano un notevole consumo di acqua di reintegro, a fronte di un minore consumo di bentonite, soprattutto in presenza di argilla.

In definitiva quando si utilizza il sistema di scavo "Hydroshield" occorre prevedere un adeguato sistema per l'approvvigionamento idrico dell'acqua di reintegro per consentire il corretto funzionamento del sistema stesso.

3) Impianto di separazione e trattamento fanghi

È composto da un impianto di separazione fisica dei fanghi e da un impianto di trattamento dei fanghi. Viene di

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 90 di 133

seguito descritto il funzionamento con riferimento allo schema a blocchi riportato nella figura seguente.

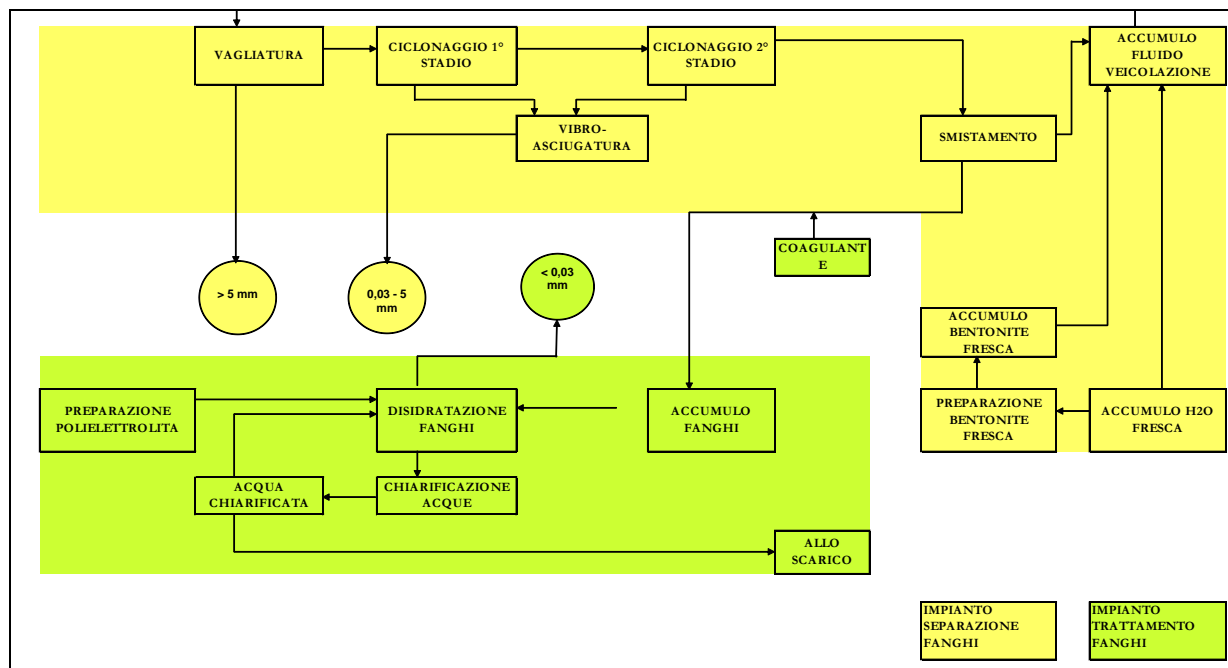


Figura 11.6.2-8 – Schema a blocchi impianto di separazione e trattamento fanghi

3.1 Impianto di separazione fisica dei fanghi


È costituito da un vaglio primario e da un sistema di ciclonaggio, a semplice o a doppio stadio (in relazione alla minore o maggiore percentuale del materiale fino presente nel terreno) con vaglio vibroasciugatore.

Il fango bentonitico misto al materiale scavato viene pompato dalla camera di scavo sino al vaglio primario che consente di separare la frazione grossolana di dimensioni maggiori, normalmente di 5 mm, che viene scaricata in un deposito per essere successivamente caricato su autocarri e allontanato.

Il fluido, contenente materiale detritico di dimensioni inferiori, viene scaricato in una tramoggia, posta sotto il vaglio primario, e da qui viene pompato ad un doppio stadio di ciclonaggio che separa le sabbie fino ai limiti di progetto, che normalmente si spingono fino alla granulometria di 30-40 micron. Prima di essere scaricate a deposito tali sabbie sono asciugate attraverso un vaglio vibrante (vibroasciugatore). Termina qui la separazione fisica.

La parte di terreno rimasto nel fluido di veicolazione è costituito da particelle di dimensioni inferiori al diametro di taglio del ciclonaggio di secondo stadio, materiale che tende a sciogliersi (limi ed argille) nel fluido medesimo. Questo fenomeno porta ad un continuo aumento del peso specifico del fluido di veicolazione fino a valori incompatibili per il corretto funzionamento del sistema, potendo generare otturazioni della camera di scavo e/o della tubazione dello smarino.

Per evitare tale fenomeno e correggere la densità del fluido di veicolazione occorre pertanto sottrarre al circuito del fluido di veicolazione una porzione di portata di fango di densità maggiore di quella normalmente utilizzata per lo scavo e inviarla alla sezione di disidratazione (linea fanghi). Il fluido restante invece viene rinviato nel circuito di veicolazione e quindi ripompato allo scudo previa opportuna integrazione di acqua e bentonite per conferirgli i corretti parametri di progetto (peso specifico, viscosità e capacità impermeabilizzante).

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 91 di 133

3.2 Impianto di trattamento dei fanghi

Consiste nella disidratazione per via meccanica dei fanghi e nella successiva chiarificazione delle acque di filtrazione.

I fanghi in eccesso sono inviati all'impianto di disidratazione costituito da centrifughe o filtropresse a nastro. Queste ultime funzionano in base al principio della filtrazione meccanica continua. Preliminarmente all'invio alle nastropresse i fanghi sono condizionati, mediante passaggi successivi, con un coagulante inorganico, calce idrata e polielettrolita organico.

I reattivi chimici adoperati non presentano problematiche legate all'inquinamento ambientale e sono comunemente utilizzati nei processi di potabilizzazione delle acque.

All'uscita delle nastropresse si ottiene un materiale sufficientemente asciutto, palabile e trasportabile al sito di destinazione finale.

Le acque di risulta della disidratazione dei fanghi vengono inviate ad un chiarificatore per il processo di abbattimento e sedimentazione dei solidi rimasti ancora sospesi al fine di poterle scaricare in un corpo idrico ricettore nel rispetto delle vigenti leggi.

3.3 Dimensionamento

Il dimensionamento dell'impianto di separazione deve partire innanzitutto dall'attento esame delle caratteristiche geotecniche dei terreni attraversati, con particolare riguardo alla granulometria: infatti quest'ultima determina l'accentuazione particolare dell'impianto stesso, ossia la minore o maggiore importanza da attribuirsi alla disidratazione fanghi, che risulta essere la fase più delicata di tutto il processo.

In terreni granulari incoerenti si avrà una separazione per via fisica in percentuale elevata, mentre in presenza di limi e/o argille aumenterà, anche in maniera considerevole, la quantità di terreno destinata a sciogliersi in acqua e in definitiva ad arricchire sempre più il peso specifico del fluido di veicolazione.

3.4 Descrizione dei principali elementi dell'impianto

a) Separazione fisica

Vaglio primario

Funzione: separare dal fluido di veicolazione i detriti di scavo con dimensioni maggiori di 5 mm.

Gruppo di ciclonaggio di 1° e 2° stadio

Funzione: separazione del materiale grossolano e sabbie sino a 30-40 micron.


Vibroasciugatore costituito da un vaglio piano a vibrazioni unidirezionali

Funzione: asciugare la sabbia separata dai ciclonaggi 1° e 2° stadio.

Serbatoio di smistamento con agitatore meccanico fanghi per omogeneizzazione impedire la sedimentazione dei solidi, misuratore di densità, pompa di spillamento per il trasferimento dei fanghi di densità maggiore all'accumulo vasche fanghi destinati alla disidratazione.

Funzione: crocevia tecnico fra le portate:

- ingresso dai ciclonaggi
- uscita allo spillamento
- uscita all'accumulo fluido di veicolazione

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 92 di 133

Serbatoi di accumulo fluido di veicolazione, completi di agitatore, misuratore di livello.

Funzione: vasca polmone per fluido di veicolazione

Impianto per la preparazione della bentonite completo di serbatoio di accumulo con agitatore, silos per la bentonite in polvere, impianto di fluidificazione, coclea di estrazione, pompa di miscelazione, turbomescolatore, etc.

Funzione: preparare la miscela di bentonite fresca

Serbatoio di accumulo bentonite fresca

Funzione: vasca polmone per la sospensione colloidale di bentonite. Da tale serbatoio si preleva per correggere il fluido di veicolazione.

Serbatoi per l'acqua di reintegro

Funzione: riserva idrica per il reintegro di acqua fresca nell'accumulo fluido di veicolazione per correggere la densità nelle vasche di accumulo fluido di veicolazione.

b) Trattamento dei fanghi

Serbatoi di accumulo fanghi spillati, completi di agitatore, misuratori di livelli, pompe.

Funzione: accumulare i fanghi spillati in attesa di esser inviati alla disidratazione.

Nastropresse a doppio telo filtrante per la disidratazione in continuo dei fanghi, complete di reattori fanghi.

Funzione: disidratare i fanghi spillati sino alla palabilità.

Serbatoio di raccolta acque di filtrazione

Funzione: raccolta delle torbide di filtrazione fanghi e lavaggio teli delle nastropresse

Chiarificatore

Funzione: depurare le acque torbide di filtrazione entro i limiti previsti dalla legge vigente per lo scarico di acque industriali attraverso il sistema fognante.

Serbatoio per l'acqua chiarificata

Funzione: serbatoio di raccolta acque chiarificate, funziona da riserva idrica per le pompe di lavaggio teli delle nastropresse.

Stazione di preparazione e dosaggio del polielettrolita completo di dosatori, pompe, misuratori di livello etc:

Funzione: per la flocculazione dei fanghi

Stazione lo stoccaggio del coagulante (regolatore del ph) completo di serbatoi, pompe dosatrici etc

Gruppo autoclave completo di pompe, tubazioni, valvole, quadri elettrici, compressori, pressostati etc;

Impianto per la preparazione della calce idrata, necessaria per il trattamento chimico dei fanghi, completo di serbatoio, agitatore, pompe, misuratore di portata, silos;

L'intero impianto deve essere completato del capannone di insonorizzazione, della carpenteria, dei macchinari (pompe, motori, quadri elettrici, strumentazioni di misura e controllo), valvole, tubazioni etc.

11.6.2.6 Sistema di scavo EPB - Earth Pressure Balance Shield (B4)

11.6.2.6.1 Principio di funzionamento

Il campo di impiego è costituito dai terreni con un'alta percentuale di argilla o limo e bassa permeabilità all'acqua.

Il sistema si basa sugli stessi terreni scavati per produrre una pressione di terra in camera di scavo in grado di contrastare la spinta del terreno davanti al fronte e la pressione dell'acqua di falda. Il terreno scavato è mantenuto in pressione all'interno della camera di scavo attraverso i martinetti di spinta dello scudo che trasferiscono la pressione al diaframma di separazione tra scudo e camera di scavo e quindi al terreno scavato. Durante lo scavo vengono iniettati attraverso degli ugelli posti sul diaframma e sulla testa fresante degli additivi quali bentonite o schiume per realizzare una membrana impermeabile sul fronte di scavo e rendere plastico il terreno scavato. L'estrazione del terreno avviene per mezzo di una coclea (pompa a vite) che permette lo "spillamento" controllato del materiale dalla camera di scavo e al mantenimento della pressione in camera di scavo, quindi prosegue su nastri trasportatori, vagoncini su rotaia o camion.

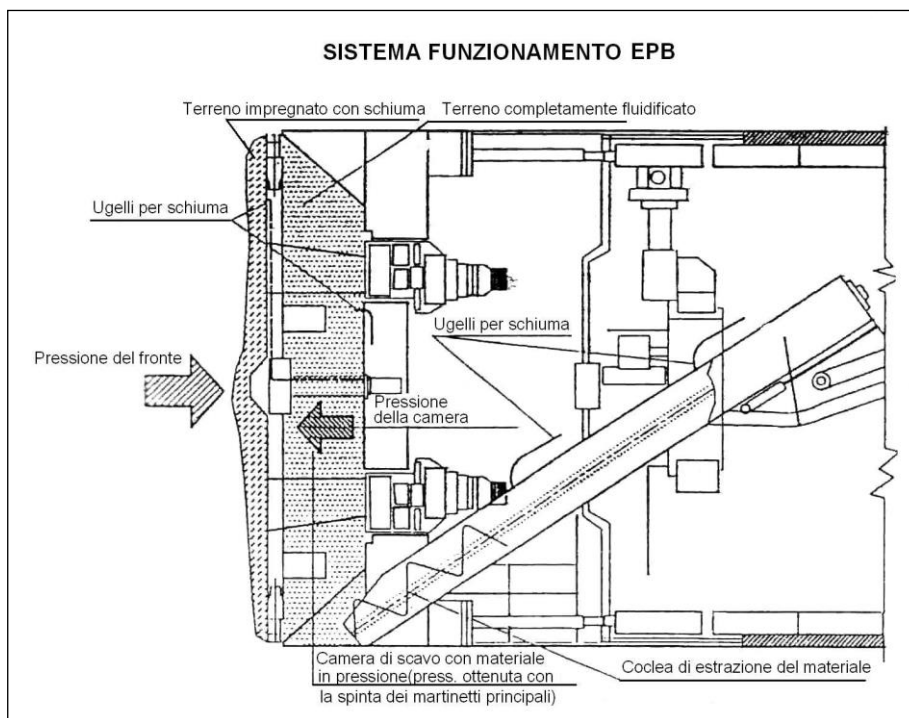


Figura 11.6.2-9 – Schema funzionamento EPB

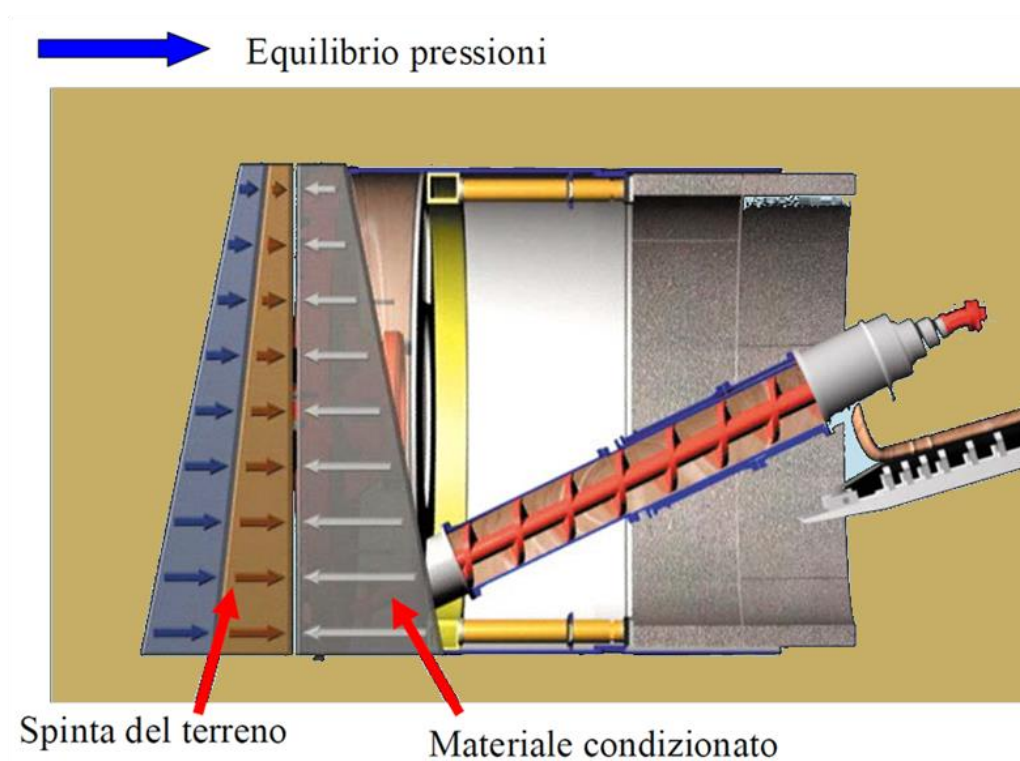



Figura 11.6.2-10 - Principio della contropressione di terra con l'EPB

11.6.2.6.2 Descrizione generale

La macchina è composta dai seguenti principali elementi:

- a) Corpo dello scudo (mantello, camera di scavo alloggiamenti dei martinetti di spinta, coda etc.)
- b) Sistema di scavo (testa fresante)
- c) Sistema di estrazione ed allontanamento del materiale
- d) sistema di iniezione additivi
- e) Sistema di spinta (avanzamento)
- f) Erettore conci
- g) Sistema di trasporto conci
- h) Camera iperbarica, impianto e sistema di regolazione dell'aria compressa
- i) Sistema di iniezione a tergo dei conci
- j) Sistema AFSS
- k) Attrezzature speciali di perforazione
- l) Cabina di comando e controllo
- m) Back-up
- n) Impianto di ventilazione
- o) Impianto idraulico (serbatoi fluido idraulico, refrigeratori del fluido idraulico, filtri del circuito, centraline idrauliche, dispositivi di controllo etc.)
- p) Impianto elettrico, sistema di controllo, illuminazione scudo, luci di emergenza etc.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 95 di 133

a) Corpo dello scudo

Come riportato al paragrafo 11.6.2.2.1

a1) Camera di scavo

La camera di scavo deve essere dotata di un diaframma metallico a tenuta stagna che separa la camera stessa dal resto della macchina dove lavorano gli operatori. Deve comprendere tutte le prese necessarie per:

- le camere iperbariche;
- il cuscinetto principale;
- l'apertura per l'alimentazione della vite della coclea, con porte azionate idraulicamente per la chiusura ermetica della camera in caso di ritiro della vite all'interno del corpo dello scudo;
- dispositivi di misura della pressione all'interno della camera di scavo, collegati al sistema automatico d'operazione e controllo dello scudo, con un numero di sensori adeguato disposti ad intervalli di quota regolari, con due sensori quanto più possibile posizionati in chiave calotta, in modo da poter valutare correttamente lo stato di riempimento della camera di scavo e la densità del materiale;
- ugelli per l'iniezione di prodotti specifici per migliorare le condizioni del terreno all'interno della camera stessa (schiume, polimeri, fanghi bentonitici, acqua, etc.), in numero adeguato, opportunamente distribuiti;
- valvola di sfiato in calotta per lo spurgo di eventuale accumulo di schiume o bolle d'aria;
- ugelli per l'iniezione di bentonite per il mantenimento della pressione nella camera di scavo in caso di macchina ferma e camera piena;
- barre rimovibili per il mescolamento del terreno fissate sul diaframma metallico;
- fori per consentire il passaggio delle aste di perforazione per i sondaggi e gli eventuali interventi al fronte;
- passaggi per tubazioni dell'acqua e cavi elettrici, agganci ed alloggiamenti specifici per scale, piattaforme, etc;
- punti di collegamento per comunicare all'esterno, punti di collegamento illuminazione a bassa tensione (24V), punti per l'approvvigionamento dell'aria compressa ad uso industriale, sistema per l'ingresso dell'aria compressa respirabile, etc.
- Il diaframma metallico dovrà essere dimensionato per valori di pressione pari ad almeno 1,5 volte la pressione massima prevista in progetto ed in ogni caso per una pressione non inferiore a 3,5 bar.

b) Sistema di scavo


Come riportato al paragrafo 11.6.2.2.2

c) Sistema di estrazione e allontanamento del materiale

Il materiale è estratto con una coclea e allontanato con un nastro trasportatore.

c1) Estrazione con coclea

Tale sistema è costituito da una coclea posizionata sull'asse della macchina di scavo che dal fondo della camera di scavo in pressione, per mezzo delle eliche, obbliga il materiale a passare lungo tutta la struttura sino a raggiungere il punto di scarico a pressione ambiente.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 96 di 133

La coclea deve poter essere ritirata idraulicamente per effettuare le operazioni di controllo e manutenzioni sulla medesima. Sul diaframma in pressione, in corrispondenza dell'apertura per il passaggio della coclea, devono essere predisposte due porte stagne azionate idraulicamente per chiudere tale apertura ed evitare perdite di pressione nella camera di scavo. Lo stesso sistema può essere utilizzato in caso di soste prolungate per evitare fughe di pressione.

La coclea deve possedere un dispositivo per invertire il senso di rotazione in caso di bloccaggio per evitare danni sulla struttura della stessa.

La velocità di rotazione deve essere regolabile, in modalità sia manuale che automatica, in funzione della velocità d'avanzamento dello scudo, delle pressioni nella camera di scavo e della coppia della testa fresante.

La regolazione della velocità di rotazione della coclea deve essere associata con l'apertura del vano di scarico del materiale per consentire di controllarne la fuoriuscita e per creare un'azione di confinamento e pressurizzazione del fronte.

L'uscita del materiale dalla coclea è consentita da una porta a ghigliottina con apertura regolabile.

Lungo la coclea devono essere installati ugelli (almeno 3 unità) per permettere l'iniezione di prodotti specifici per il trattamento del materiale (schiume, fanghi bentonitici, etc.) e almeno 3 sensori per il controllo della pressione.

L'elica e l'interno della camicia devono essere rivestite con materiale antiusura.

Sia l'elica che la coclea, in caso di grave danneggiamento, devono poter essere sostituite dall'interno della galleria.

La coclea deve essere dimensionata (portata oraria) per garantire le prestazioni di avanzamento della TBM prevista in progetto.

Il tratto iniziale della coclea, in prossimità della camera di scavo, deve essere attrezzato con una pompa a pistoni per l'evacuazione di eventuale materiale liquido fino al nastro trasportatore secondario ad andamento altimetrico sub-orizzontale.


c2) Nastro trasportatore

Il materiale estratto dalla coclea deve essere scaricato su un nastro trasportatore primario inclinato e uno secondario sub-orizzontale, che deve assicurare il trasferimento e lo scarico nei vagoni del treno di servizio o nei camion in sosta sotto il back-up, oppure su un altro nastro trasportatore installato su un paramento lungo tutta la galleria.

La struttura del nastro deve essere progettata per affrontare le curve e le pendenze di progetto e dimensionata per garantire le rese produttive richieste in progetto. Deve essere dotato di tutti i sistemi di pulizia necessari in relazione ai terreni che si incontreranno nello scavo.

Il nastro deve essere fornito di una bilancia per la pesatura del materiale di scavo per il controllo del peso estratto, installate quanto più vicino possibile al fronte e in modo che risentano il meno possibile di effetti dinamici. La misura deve essere costantemente relazionata all'avanzamento della fresa per il controllo immediato di eventuali flussi di terreno in camera, ed evitare così l'innescò di pericolosi fornelli o la formazione di cavità. Le bilance dovranno essere sottoposte a taratura periodicamente, secondo una chiara procedura illustrata e condivisa dalla Direzione Lavori.

Il nastro trasportatore deve essere fornito di uno scanner volumetrico per rilevare in continuo il volume del materiale estratto, installato quanto più possibile vicino al fronte. La misura deve essere costantemente relazionata all'avanzamento della fresa per il controllo immediato di eventuali flussi di terreno in camera non provenienti dal fronte, ed evitare così l'innescò di pericolosi fornelli o la formazione di cavità. Lo scanner dovrà essere sottoposto a taratura periodicamente, secondo una chiara procedura illustrata e condivisa dalla D.L.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 97 di 133

d) Sistema di iniezione additivi

Lo scudo deve essere dotato di un impianto completo per l'iniezione di diversi prodotti (schiume, polimeri, fanghi bentonitici) per il condizionamento del terreno scavato. Questi additivi sono necessari per migliorare la stabilità del fronte di scavo, ridurre la coppia necessaria alla testa fresante, ridurre l'abrasività del terreno, migliorare la fluidità e ridurre la permeabilità del materiale scavato, facilitare l'evacuazione del materiale scavato ed evitare possibili intasamenti del materiale plastico.

L'iniezione avviene attraverso ugelli installati sulla testa fresante, nella camera di scavo e nella coclea.

Il sistema deve essere progettato specificamente per le caratteristiche geotecniche del materiale interessato dallo scavo. Per valutare il reale effetto dei vari prodotti di iniezione, e quindi mettere a punto le miscele e le quantità da utilizzare nei vari tratti dello scavo, si deve procedere ad una serie di prove in laboratorio o direttamente in sito con il materiale direttamente proveniente dallo scavo.

Tutti gli additivi utilizzati devono essere biodegradabili, non devono essere classificabili come "rifiuti tossici o pericolosi" e comunque devono condizionare il terreno in modo tale che sia possibile trasportarlo a discarica senza particolari accorgimenti.

L'impianto deve comprendere sistemi per la generazione di schiuma, di rifornimento di acqua e di aria compressa completi degli apparati di regolazione, consolle di comando, tubazioni e cavi elettrici.

I generatori devono essere installati il più vicino possibile ai punti d'iniezione, in modo da evitare il deterioramento dell'additivo nella fase di trasporto. Deve essere garantito un controllo visivo del processo di generazione della schiuma.

Le linee d'iniezione devono alimentare: la testa, la camera di scavo e la coclea. Tutte le linee devono essere indipendenti, in modo da poter diversificare a seconda delle esigenze la tipologia di additivo nelle varie posizioni.

La portata totale d'iniezione della soluzione schiumosa, la portata massima per ogni linea e gli altri parametri del sistema d'iniezione vengono definite nelle fasi di progettazione.

L'insieme di stoccaggio/trasferimento/miscelazione deve essere installato sul back-up.

d1) Descrizione dell'impianto

Di seguito è descritto il funzionamento di un impianto di miscelazione e di iniezione schiume con riferimento allo schema a blocchi riportato nella figura seguente:

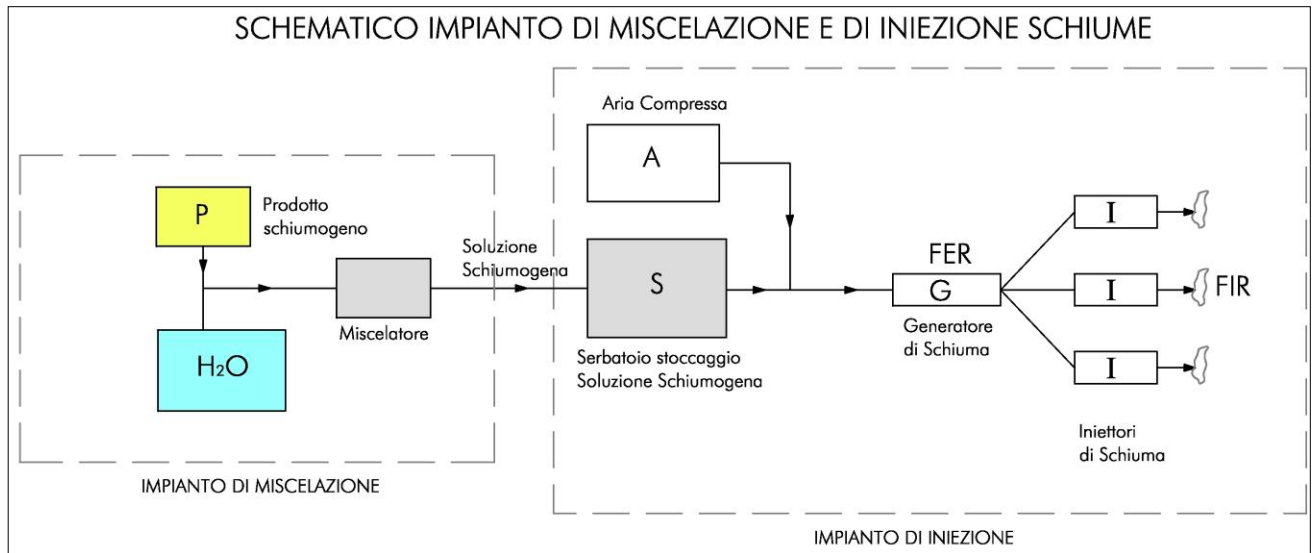


Figura 11.6.2-11 – Schema impianto iniezione schiume

Le schiume sono normalmente confezionate utilizzando un agente schiumogeno (tensioattivo) ed un agente stabilizzante (polimero) che compongono il prodotto schiumogeno (P).

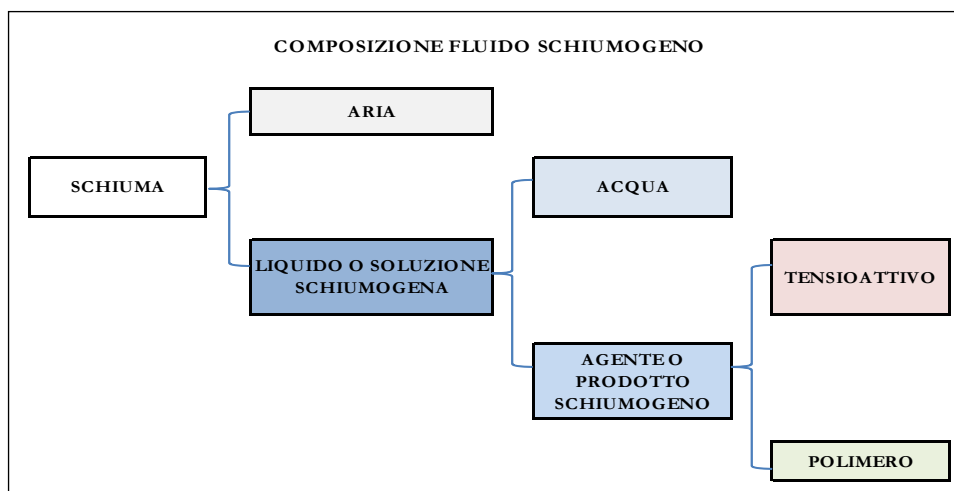
Questi due additivi vengono disciolti in acqua a dei dosaggi calcolati in base alle prestazioni da ottenere.

La soluzione ottenuta (soluzione schiumogena) viene stoccata in un serbatoio S e poi pompata in un sistema di generatori di schiuma (G) dove incontra l'aria compressa (A).

Infine la schiuma viene iniettata tramite degli iniettori posizionati in punti particolari della TBM (coclea, camera di pressione, testa di scavo).

d2) Composizione schiuma

Nel seguente schema a blocchi è riportata la composizione del fluido schiumogeno




	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 99 di 133

Figura 11.6.2-12 – schema composizione fluido schiumogeno

d3) Parametri principali per determinare la quantità di schiuma

Si considerano i seguenti parametri:

$$1) \text{ FIR (Foam Injection Rate) } = \frac{\text{Volume di schiume iniettate (} Q_{\text{foam}} \text{)}}{\text{Volume di terreno abbattuto (} Q_{\text{soil}} \text{)}} \cdot 100 (\%)$$

$$(Q_{\text{foam}}) = \text{FIR} \times Q_{\text{soil}}$$

$$(Q_{\text{soil}}) = A_{\text{face}} \times V_{\text{TBM}}$$

La percentuale si aggira normalmente sul 30-60%

$$2) \text{ FER (Foam Expansion Rate) } = \frac{\text{Volume di schiume iniettate (} Q_{\text{foam}} \text{)}}{\text{Volume liquido schiumogeno (} Q_{\text{liquid}} \text{)}}$$

Il range di variabilità del rapporto è compreso tra 10 e 30

$$3) \text{ CF (Concentration Factor) } = \frac{\text{Quantità in peso dell'agente schiumogeno}}{\text{Quantità in peso della soluzione schiumogena}} \cdot 100 (\%)$$

La percentuale di additivo nella soluzione acquosa varia normalmente da 0,5 a 5.

La scelta del prodotto specifico, l'individuazione dei vari parametri d'applicazione (concentrazione dell'additivo nella soluzione acquosa, FER e FIR) dipendono dalle caratteristiche geomeccaniche del terreno attraversato durante lo scavo.

La messa a punto del sistema viene raggiunto dopo una serie di prove sia in laboratorio che sul campo.

Come dato di partenza si considera la % di vuoti nel terreno (considerando anche quella parte che potrebbe essere riempita d'acqua di falda) da riempire con le schiume per raggiungere dopo una serie di prove i parametri principali.

e) Sistema di spinta

Come riportato al paragrafo 11.6.2.2.3

f) Sistema per la movimentazione e la posa del rivestimento prefabbricato

Come riportato al paragrafo 11.6.2.2.4

h) Camera iperbarica e sistema di regolazione aria compressa

Come riportato al punto g) del paragrafo 11.6.2.5.3

i) guarnizione di tenuta sul giunto di coda


Come riportato al paragrafo 11.6.2.2.5

j) Sistema iniezione a tergo dei conci

Come riportato al paragrafo 11.6.2.2.6

k) Sistema AFSS

La macchina deve essere equipaggiata con un sistema addizionale di regolazione e controllo AFSS (*“Additional Face Support System”*), automatico e manuale, che prevede l'iniezione di bentonite nella camera di scavo per

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 100 di 133

compensare il rilassamento delle pressioni del materiale nonché del livello all'interno della camera di scavo. Tale sistema deve operare nel seguente modo:

- Durante lo scavo: se dalla camera di scavo viene estratto per errore una quantità di materiale superiore a quella preventivata, riducendo conseguentemente la pressione, non appena questa raggiunge un valore di allarme, deve essere immediatamente iniettata all'interno della camera bentonite, fino a ristabilire il valore di pressione corretta. Contemporaneamente la TBM dovrà avanzare senza estrarre materiale dalla camera di scavo.
- Durante i periodi di fermo (fine settimana, manutenzione, imprevisti): se il materiale condizionato all'interno della camera di scavo si assesta riducendo il proprio volume e quindi anche la pressione esercitata sul fronte, appena il valore di quest'ultima scende sotto un valore di allarme deve essere immediatamente iniettata bentonite fino a ristabilire valori di pressione superiori al valore critico.

l) Attrezzature speciali di perforazione

Come riportato al paragrafo 11.6.2.2.7

m) Cabina di comando e controllo

Come riportato al paragrafo 11.6.2.2.8

n) Back-up

Come riportato al paragrafo 11.6.2.2.9

o) Impianto di ventilazione

Come riportato al paragrafo 11.6.2.2.10

11.6.3 RIVESTIMENTO

11.6.3.1 Caratteristiche e requisiti

Il rivestimento della galleria deve creare un sostegno stagno che deve essere messo in opera all'interno del mantello dello scudo immediatamente a seguito della macchina di scavo.

Per sopportare gli sforzi d'avanzamento dello scudo, gli elementi in calcestruzzo devono avere un'elevata resistenza meccanica e una precisione geometrica indispensabili per evitare lo sviluppo di sforzi che possono portare fino allo schiacciamento ed alla rottura.

La tenuta idraulica del rivestimento deve essere garantita da guarnizioni impermeabili montate sul perimetro esterno dei conci.

11.6.3.2 Descrizione dei conci

Il rivestimento definitivo consiste in anelli prefabbricati in calcestruzzo armato della lunghezza e spessore indicati in progetto.

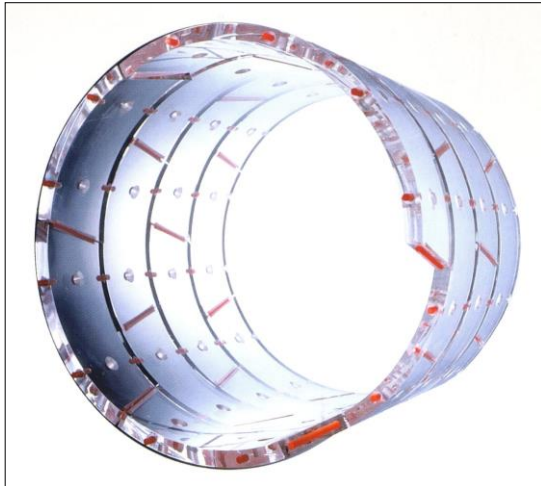


Figura 11.6.3-1 – Schema anello

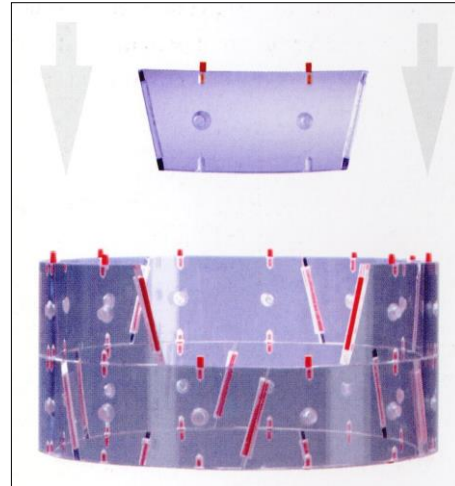


Figura 11.6.3-2 - Schema anello

Ogni anello è costituito da un set di elementi (conci) comprendenti:

- il concio di chiave (K)
- due concii di controchiave (B)
- concii generici (A)

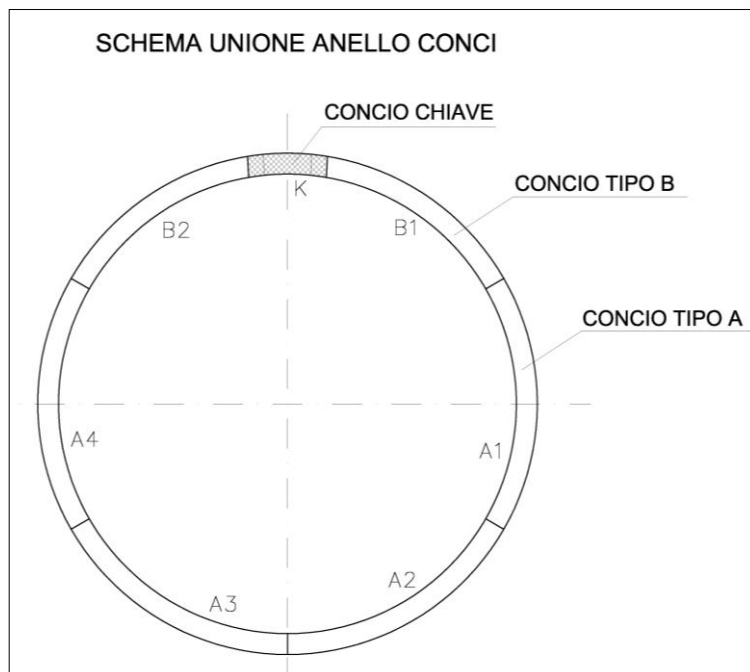



Figura 11.6.3-3 – Schema anello

I concii devono presentare una scanalatura sulle facce laterali, secondo le dimensioni indicate in progetto, per l'inserimento delle guarnizioni impermeabili in neoprene per la tenuta idraulica del rivestimento.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 102 di 133

La geometria del concio e quindi dell'anello devono tenere conto dell'andamento plano-altimetrico di tracciato previsto in progetto.

Ogni concio, esclusa la chiave, deve essere munito di una valvola per l'eventuale iniezione supplementare della miscela di riempimento a tergo del rivestimento.

11.6.3.3 Modalità esecutive di montaggio

I singoli conci vengono montati tra loro e collegati all'ultimo anello, già in opera, all'interno del mantello.

Nel montare un nuovo anello bisognerà assicurarsi che non ci siano giunti longitudinali allineati con l'anello precedente già montato. Bisognerà per ogni anello tenere nota della posizione del concio di chiave.

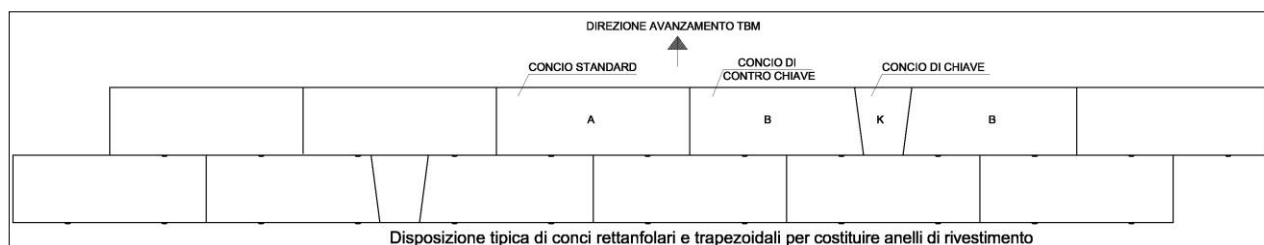


Figura 11.6.3-4 - Disposizione dei conci per costituire anelli di rivestimento

L'anello di tipo universale, consente, mediante la semplice rotazione attorno al proprio asse di un anello rispetto al precedente, di sfalsare i giunti longitudinali e di seguire l'andamento plano-altimetrico del tracciato e di apportare le eventuali necessarie correzioni in corso d'opera, senza ricorrere ad elementi speciali.

I conci devono essere assemblati, sia in senso circonferenziale che longitudinale, o mediante bulloni d'acciaio zincato che possono essere recuperati dopo 50-100 m circa dal fronte, oppure mediante perni longitudinali, tra conci di anelli contigui, e barre guida posizionate sulle facce di contatto dello stesso anello montati prima del posizionamento del concio.

11.6.3.4 Trasporto e montaggio dei conci

I conci saranno trasportati in galleria su appositi carrelli su binario o idonei dumper e scaricati sul convogliatore, installato sul back-up, che a sua volta provvederà ad avvicinarli all'area di montaggio.

La movimentazione all'interno della galleria avverrà con un erettore ad anello munito d'idoneo sistema di aggancio dotato di tutte le sicurezze necessarie.

11.6.3.5 Caratteristiche dei materiali


a) Calcestruzzo

Il calcestruzzo deve soddisfare la classe di resistenza minima C25/30 per le classi di comportamento al fronte tipo A e rivestimenti gettati in opera, e C35/45 per le classi di comportamento al fronte B e C per i rivestimenti prefabbricati in genere, e comunque come disciplinato nel progetto.

Il calcestruzzo deve essere confezionato in un impianto di produzione con controlli automatici degli inerti, del cemento, dell'acqua e degli additivi.

La composizione e le caratteristiche fisico-meccaniche del calcestruzzo devono essere individuate mediante idonee prove approvate e controllate dalla D.L.

b) Armatura

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 103 di 133

Deve essere del tipo B 450 C.

Il copriferro minimo deve essere di 40 mm.

c) Sistema di impermeabilizzazione

La tenuta stagna tra i giunti dovrà essere garantita da una guarnizione di neoprene precaricata dal serraggio dei bulloni.

Deve essere garantita la piena tenuta sotto la pressione indicata in progetto. Le guarnizioni devono essere resistenti agli agenti atmosferici (raggi solari UV e calore) cui sono soggette durante lo stoccaggio dei conci all'aperto.

Le guarnizioni dovranno essere montate con grande cura ricorrendo ad adeguati collanti per evitare in ogni modo il distacco dal suo alloggiamento in fase di stoccaggio, di movimentazione e di posa in opera.

Le dimensioni e il profilo della guarnizione, come anche l'elastomero da utilizzare e le caratteristiche fisico-meccaniche della gomma, vengono definite in fase di progetto in base alle condizioni più gravose a cui verrà posta la guarnizione.

Devono essere valutate la pressione idrostatica, il tipo di aggressione chimica, la temperatura, la dielettricità, la tipologia dell'anello, la forza di spinta dei pistoni della fresa sull'anello, il sistema di connessione dei conci, le tolleranze dei conci e degli anelli, la presenza o meno di cuscini di ripartizione del carico e altri dati relativi all'utilizzo finale.

Per quanto riguarda i tests da eseguire sulle guarnizioni e la modalità di applicazione delle medesime sui conci si rinvia alle raccomandazioni redatte da STUVA (Germania), citate nella documentazione correlata e allegate al presente capitolato, che al momento rappresentano il principale riferimento tecnico sull'argomento.



Figura 11.6.3-5 - Magazzino conci con le guarnizioni di tenuta idraulica montate

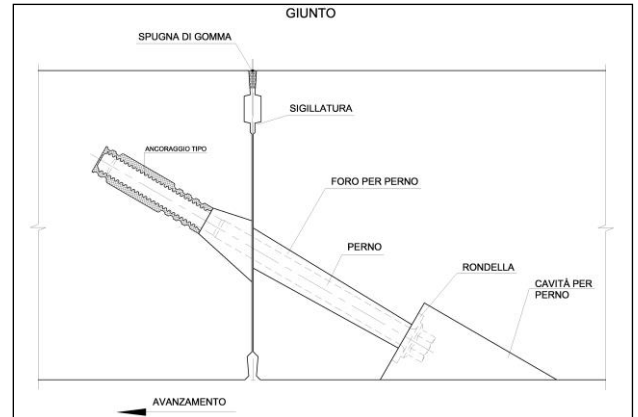
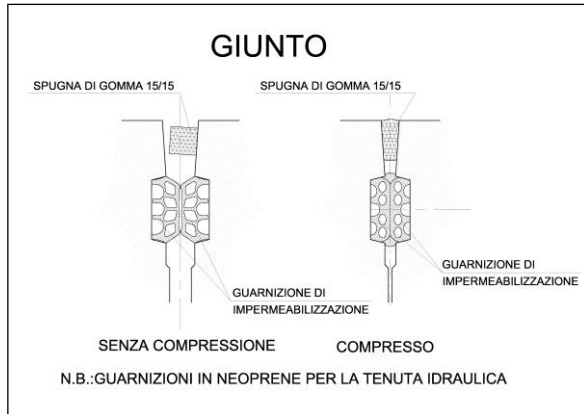


Figura 11.6.3-6 – Particolari giunti

Figura 11.6.3-7 – Particolare connessione

11.6.3.6 Accessori per conci

a) Connessione tra i conci

Il collegamento tra conci dello stesso anello e tra un anello e il successivo, montati in corrispondenza dei giunti, devono:

- garantire l'allineamento dei conci
- assicurare la compressione delle guarnizioni di tenuta idraulica all'atto del montaggio dell'anello
- resistere agli sforzi dovuti alla reazione di decompressione della guarnizione, restando in campo elastico.

Il collegamento può essere ottenuto mediante:

1) **bullonature**, che possono essere di diverso tipo: rette, curve, inclinate (v. figura seguente)

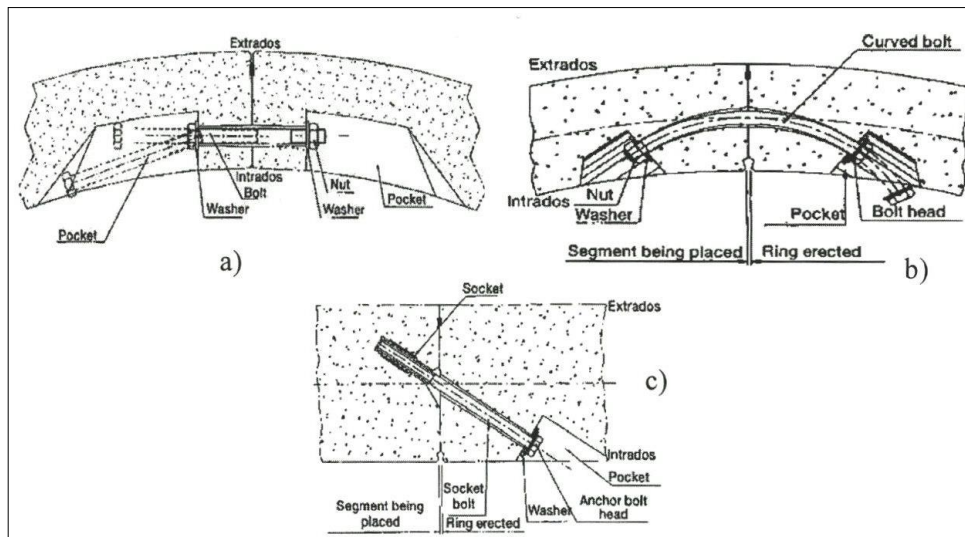



Figura 11.6.3-8 - Sistemi di bullonatura

Usualmente vengono utilizzate le bullonature inclinate che sono costituite da bulloni filettati ancorati su tassello in polietilene. Vengono inseriti in fori praticati sull'intradosso del rivestimento che attraverso delle "tasche" collegano i due conci. Fori e tasche sono realizzati in fase di fabbricazione del conccio. Una volta inseriti, i bulloni devono

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 105 di 133

essere serrati correttamente mediante apposite avvitatrici sino al valore della coppia di serraggio prevista in progetto. I bulloni possono essere eventualmente recuperati quando il fronte di scavo risulta sufficientemente lontano (di solito a fine back-up).

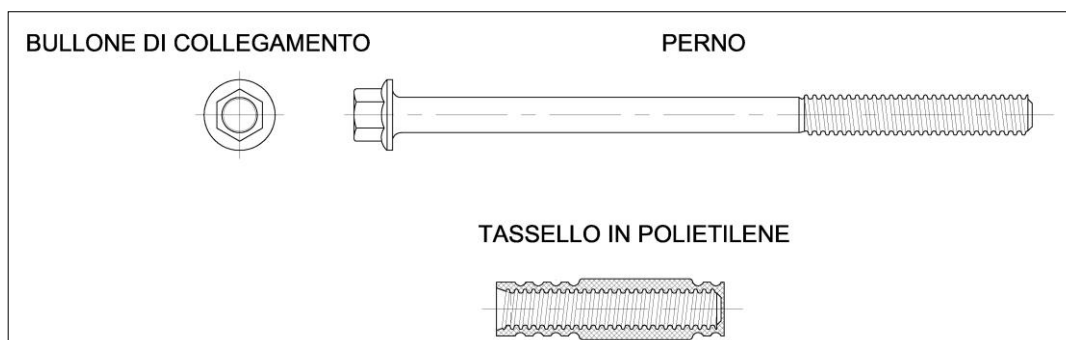


Figura 11.6.3-9 – Bullone di collegamento in acciaio

2) **perni o spinotti** “a perdere”:

Sono realizzati con speciali materie plastiche ad alta resistenza, con eventuale anima d'acciaio. Tali perni vengono inseriti in appositi alloggiamenti (cuffie costituite da materiali plastici resistenti agli urti e all'abrasione che vengono annegate nel calcestruzzo) disposti sulla faccia libera del concio in fase di montaggio e trovano riscontro nell'ultimo anello posato in identici alloggiamenti. I pistoni di spinta provvedono poi all'inserimento forzato.

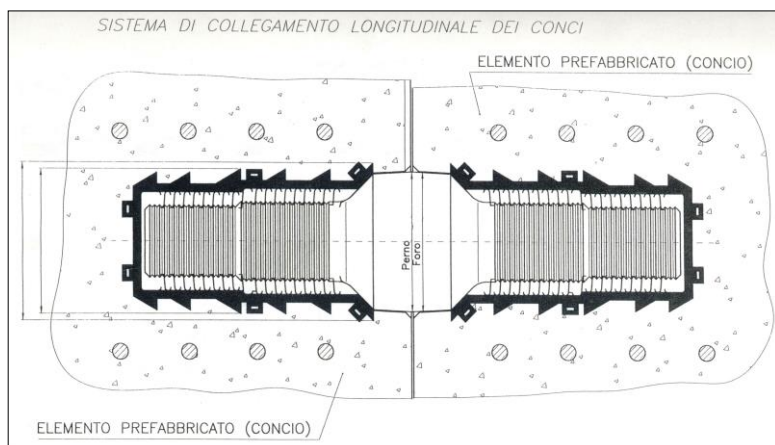


Figura 11.6.3-10 – Perno longitudinale

b) Barre guida

Il sistema di connessione con i perni prevede l'impiego di barre guida incollate tra concio e concio di uno stesso anello, per garantire il corretto posizionamento e il centraggio circonferenziale dei conci. Le barre guida sono prodotte in speciali materie plastiche infrangibili ad alto snervamento e sono perciò in grado di sopportare elevati sforzi di taglio.

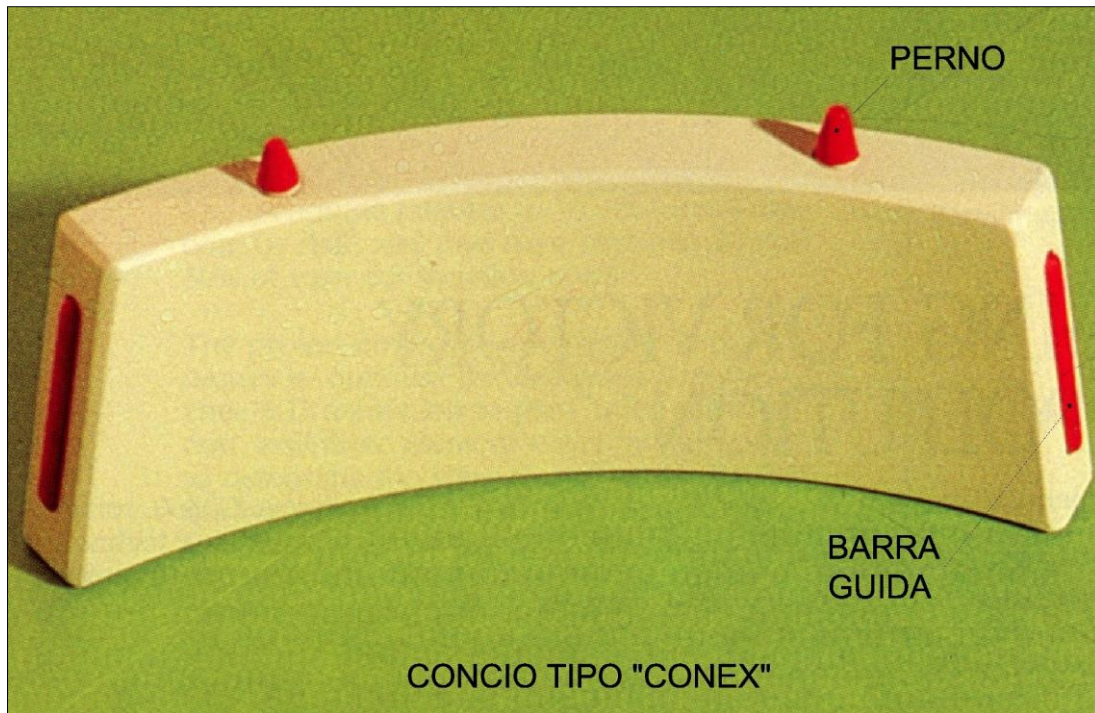


Figura 11.6.3-11 – Concio con perni longitudinali e barra guida

c) Guarnizioni per la ripartizione delle pressioni

Nella sezione di contatto dei giunti deve essere presente una striscia di elastomero al fine di assicurare la corretta ripartizione delle pressioni.

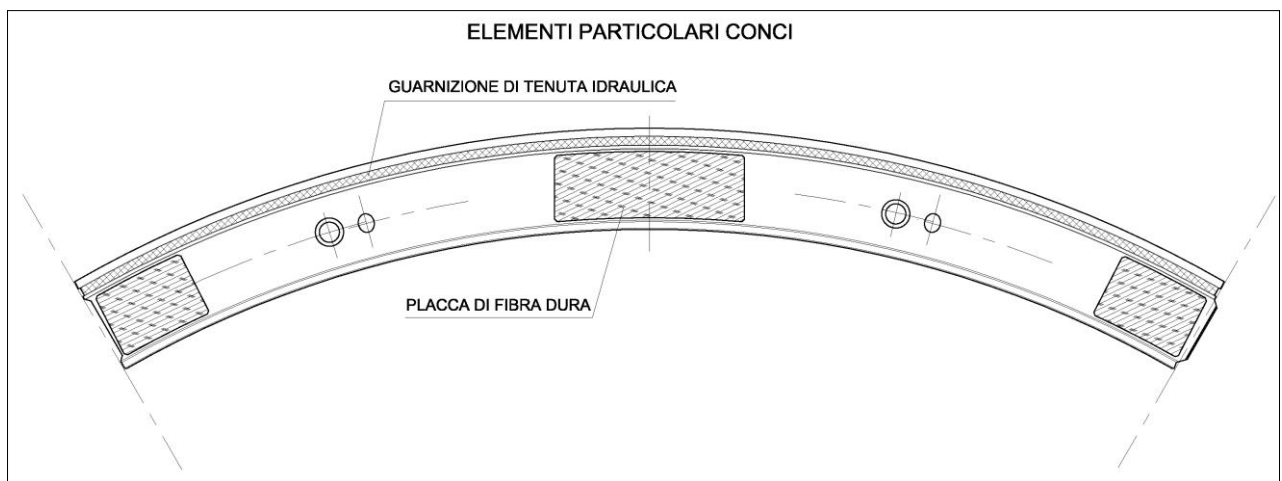



Figura 11.6.3-12 – Guarnizioni per ripartizione conci

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 107 di 133

d) Guarnizioni di gomma piuma

Lungo i bordi dell'estradosso del concio devono essere montate strisce di gommapiuma che hanno lo scopo di impedire l'entrata della miscela d'intasamento nei giunti fra i singoli elementi.

11.6.4 RIEMPIMENTO A TERGO DEL RIVESTIMENTO

11.6.4.1 Miscela d'intasamento per TBM-EPB e TBM-HDS

11.6.4.1.1 Modalità esecutive

Il vuoto tra l'estradosso del rivestimento e il profilo dello scavo sarà riempito con una miscela di adeguate caratteristiche, in modo da mettere in contatto il rivestimento con il terreno e quindi fissare definitivamente l'anello.

L'iniezione dovrà essere eseguita attraverso tubazioni inglobate o fissate nella parte terminale dello scudo ("coda"), e interessare ogni singolo anello che fuoriesce dal mantello durante la spinta.

Le operazioni di iniezione devono avvenire con continuità mentre il singolo anello fuoriesce dalla coda.

I punti d'iniezione dovranno essere in numero adeguato, equamente distribuiti sulla circonferenza della coda, prevedendo l'installazione di doppie canne per ciascun punto, in modo da averne sempre qualcuna di riserva in caso d'intasamento e quindi il momentaneo non utilizzo di alcune di quelle in uso.

Deve essere prevista una modalità accessoria per eseguire l'eventuale intasamento supplementare (o secondario) attraverso i conci per mezzo di inserti passanti muniti di valvole di ritegno qualora si registrassero dei vuoti a tergo del rivestimento.

11.6.4.1.2 Monitoraggio

Volumi e pressioni d'iniezione dovranno essere fissati preventivamente e misurati in corso d'opera su tutti i punti d'iniezione attraverso i trasduttori di pressione montati in corrispondenza dei punti d'iniezione nella coda e il numero di colpi degli stantuffi delle pompe che inviano i segnali al PLC di bordo che a sua volta provvede ad elaborare i dati e a visualizzarli sullo schermo.


In corso d'opera dovranno essere effettuati, nei tempi e quantità da stabilire in progettazione costruttiva, carotaggi sul rivestimento per il prelievo di campioni di miscela consolidata, al fine di verificare il completo riempimento dello spazio anulare tra anello e terreno. Nel caso si riscontrassero dei vuoti questi dovranno essere prontamente riempiti mediante l'iniezione secondaria.

11.6.4.1.3 Miscela d'iniezione

11.6.4.1.3.1 Malta d'iniezione

a) Materiali

- sabbia (granulometria 0,2mm – 6.0mm)
- cemento
- filler o fly ashe
- bentonite
- additivi stabilizzanti e ritardanti
- acqua

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 108 di 133

La miscela può essere diversamente composta, variando la quantità dei materiali.

b) Caratteristiche e requisiti

Deve essere sufficientemente lavorabile per venire pompata con continuità;

Deve garantire tempi di presa compatibili con i livelli produttivi della macchina di scavo. Comunque il processo di presa dovrà svilupparsi entro 8-12 h dalla messa in opera;

Deve avere una viscosità tale da non disperdersi nel terreno, e tale comunque da consentire il pompaggio senza provocare otturazioni delle tubazioni.

Deve avere una composizione tale da permettere di riempire completamente il vuoto anulare tra concio e profilo di scavo;

Deve tenere in conto le esigenze operative, in modo che la sua messa in opera non penalizzi l'ottimale ciclo di lavorazione;

Deve risultare idonea alla funzione definitiva di solidarizzazione, stabilizzazione dei conci e riempimento dei vuoti;

Deve essere confezionata preferibilmente direttamente in cantiere, e comunque da un impianto dedicato, onde evitare accidentale contaminazione con inerti non idonei che possono intasare e ostruire le linee di iniezione.

Affinché possano procedere con regolarità le operazioni di iniezione, molte prove preliminari devono essere effettuate al fine di evitare il più possibile l'intasamento delle tubazioni.

Una volta definita la miscela d'impasto essa deve essere controllata nel tempo facendo in modo di rimanere costante la qualità dei componenti utilizzati (in particolare le sabbie).

Per ottenere la migliore lavorabilità ed evitare l'intasamento delle tubazioni risulta necessario confezionare malte con contenuto di "fine" superiore a 500 kg/m³ considerando in esso il contributo derivante dal cemento, dal filler, dalla bentonite e dalla frazione fine della sabbia.

Alla malta non sono richieste elevate resistenze meccaniche a 28 giorni in quanto essa ha lo scopo di ripristinare il terreno scavato in più oltre il profilo esterno del rivestimento. Indicativamente tali valori possono variare da 0,15-0,2 N/mm² a 24h sino a 35-50 kg/cm² a 28gg.

11.6.4.1.3.2 Malta Bicomponente

Il sistema di iniezione con "bicomponente" consiste nell'eseguire un'iniezione di miscela liquida a presa rapida.


a) Caratteristiche del materiale

La miscela bi-componente è costituita da due sostanze "A" e "B" che, iniettate separatamente, a contatto tra loro formano un gel leggero che raggiunge prontamente una certa consistenza e viscosità. La consistenza varierà in funzione delle diverse quantità "A" e "B" impiegate.

Il componente "A" è una miscela composta da materiale solidificante (cemento), bentonite, additivo stabilizzatore ed acqua.

Il componente liquido "B" consiste di un additivo acceleratore di indurimento di buone proprietà di aggregazione con il componente "A" e viene iniettato per ultimo.

Entrambi i componenti "A" e "B" devono possedere un grado di viscosità sufficientemente basso da consentire il pompaggio su lunghe distanze.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 109 di 133

La miscela può essere diversamente composta, variando la quantità di particolari materiali, ad esempio acceleratori e stabilizzatori.

b) Materiali

Materiali solidificanti: sono costituiti da cemento con una base di scoria del tipo alluminato

Stabilizzatore: è impiegato per il controllo del tasso di reazione tra gli altri materiali componenti. Può essere liquido o in polvere.

Accelerante: materiale in silicato di sodio costituito da acido silicico e alcali, impiegato allo scopo di provocare la reazione chimica tra i materiali costituenti.

Tempo di gelificazione: variabile in relazione alle quantità dei componenti (normalmente è compresa tra 10” e 25”).

11.6.4.1.4 Miscela di intasamento a tergo per le TBMs da roccia

Come già detto per lo scavo in “modalità aperta”, l’intasamento a tergo dei conci viene effettuato con malta cementizia sotto l’arco-rovescio e con ghiaietto (“*pea gravel*”) sul resto dell’anello.

Per quanto riguarda la malta cementizia valgono i requisiti e caratteristiche indicate nel precedente paragrafo.

11.6.4.1.4.1 Modalità esecutive


L’inghisaggio dei conci avviene in tre distinte fasi di intasamento:

1. realizzazione del letto di malta cementizia su 90°-120° all’arco rovescio, effettuato immediatamente al momento dell’uscita dei conci dalla coda attraverso le canne di iniezione integrate nella stessa.
2. Intasamento della parte restante con ghiaietto (“*pea gravel*”). L’intasamento deve avvenire attraverso dei fori radiali predisposti nei conci, per mezzo di pompe ad aria compressa, a partire dal primo anello fuori la coda. Le operazioni d’intasamento con “*pea gravel*” devono essere completate entro 4 m dall’uscita dei conci dalla coda dello scudo.
3. Iniezione dell’anello di ghiaietto per l’inghisaggio definitivo dei conci con boiaccia a base di cemento, con rapporto a/c non superiore a 1.0 e con l’aggiunta di additivi superfluidificanti (è tassativamente escluso l’uso di bentonite). La pressione a boccaforo varia in funzione della copertura del terreno.

L’iniezione del “*pea-gravel*” con boiaccia cementizia deve avvenire entro 30m dal fronte, da fori radiali predisposti nei conci stessi.

11.6.4.1.4.2 Caratteristiche e requisiti del ghiaietto

Il ghiaietto di intasamento deve essere monogranulare, di diametro 6-8mm, pulito e di forma rotonda non appiattita (“*pea-gravel*”). Inoltre deve essere costituito da elementi omogenei derivante da rocce sane e resistenti.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 110 di 133

11.6.5 CONTROLLI E PROVE

11.6.5.1 Procedure di scavo

11.6.5.1.1 Procedura di scavo con TBM-EPB in condizioni normali

In questo paragrafo si definiscono le principali operazioni che devono essere effettuate per avanzare correttamente con La TBM-EPB in condizioni normali, nonché le modalità ed i controlli dello scavo medesimo.

Tale procedura è relativa in particolare allo scavo di gallerie naturali realizzate in ambiente urbano.

Si applica a ciascun ciclo produttivo costituito dallo scavo di avanzamento, durante il quale avviene l'intasamento a tergo del rivestimento e dal montaggio dell'anello di rivestimento.

Le condizioni anomale che si possono verificare durante lo scavo dovranno essere gestite con una specifica procedura, messa a punto dall'ESECUTORE e condivisa dal Progettista e dalla Direzione Lavori, che dovrà riportare la metodologia operativa da adottare in funzione della specifica anomalia manifestatasi.

11.6.5.1.2 Mezzi operativi (componenti TBM)

I mezzi/macchinari necessari alle azioni oggetto della procedura sono tutti quelli che compongono la TBM con Back-Up relativo ed in particolare:

- Testa di scavo TBM;
- Camera di scavo TBM - ospita il terreno proveniente dal fronte fornendogli un supporto;
- Coclea di estrazione - evacua il materiale (terreno naturale + additivi) dalla camera di scavo;
- Bilance su nastro trasportatore - forniscono il valore del peso cumulato per ciascuno scavo e la portata istantanea del nastro;
- Sensori di pressione - forniscono i valori della pressione di supporto del fronte come pressione di terra nella camera di scavo;
- Erettore dei conci di rivestimento - opera il posizionamento dei conci di rivestimento consentendo il montaggio dell'anello di rivestimento.

Nella figura seguente si riporta la schematizzazione dei componenti TBM sopra elencati.

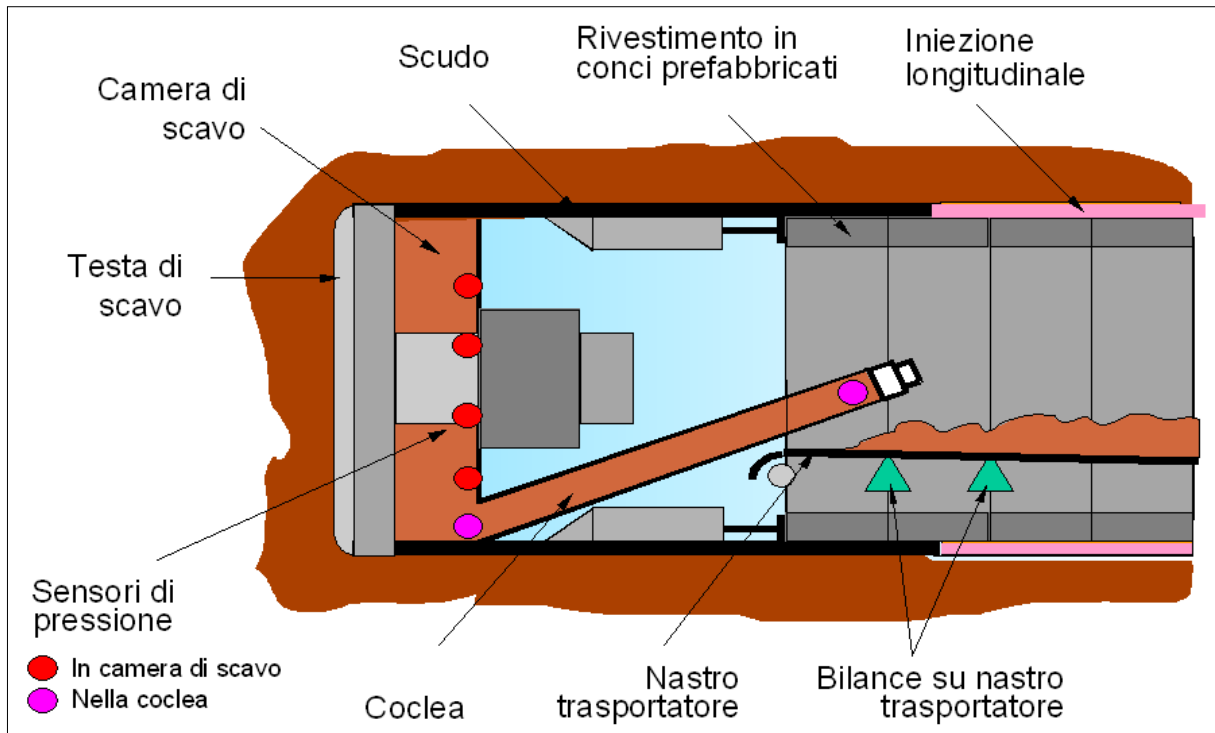


Figura 11.6.4-1 – Schema concettuale di una TBM-EPB con evidenze dei principali componenti che intervengono nel processo di scavo

a) Controllo Monitoraggi e Parametri di Macchina.

I controlli riguardano i monitoraggi di superficie e la misura dei cedimenti e l'analisi dei parametri di macchina e dei dati di monitoraggio per progettazione di dettaglio ciclica. Tra questi ultimi vanno evidenziati almeno:

- pressione di supporto del fronte (valore della pressione del materiale presente nella camera di scavo fornito dai sensori di terra);
- pressione e volume della malta di intasamento del vuoto anulare compreso tra l'estradosso del rivestimento in conci prefabbricati ed il profilo di scavo;
- peso del materiale estratto con i relativi valori di attenzione e allarme.


I risultati di questi controlli dovranno essere confrontati con i valori indicati negli elaborati di monitoraggio del progetto. Nel caso di superamento di tali valori, è necessario adottare le opportune misure correttive.

b) Materiali impiegati

I principali materiali oggetto della presente procedura sono quelli necessari per il condizionamento del terreno, il grasso di coda e la malta di intasamento:

Schiuma derivata da tensioattivo, impiegata per il trattamento del terreno sul fronte di scavo e/o nella camera di scavo e/o nella coclea di estrazione, con lo scopo di ridurre:

- plasticità e collosità del terreno;
- coppia sulla testa di scavo;
- permeabilità del terreno nella camera di scavo;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 112 di 133

- coppia sulla coclea di estrazione
- attrito sulla testa di scavo.

Bentonite, normalmente impiegata per:

- rendere il fronte di scavo impermeabile alla aria compressa e quindi permettere lo svuotamento della camera al fine delle operazioni di manutenzione straordinaria;
- il mantenimento delle pressioni di progetto in camera di scavo durante i fermi più o meno prolungati;
- sopperire alle eventuali carenze di frazione granulometrica fine del terreno.

Polimero, aggiunto alla bentonite a/o alla schiuma con funzione di stabilizzante della miscela.

Grasso di coda, pompato nell'intercapedine tra manto e spazzole per garantirne la tenuta.

Malta cementizia o miscela bi componente, impiegata per intasare lo spazio tra l'estradosso del rivestimento in conci prefabbricati ed il profilo di scavo.

11.6.5.1.3 Parametri di controllo dello scavo

Nell'avanzamento in condizioni normali, le principali operazioni che compongono il ciclo produttivo sono:

- a) scavo di avanzamento
- b) intasamento con malta cementizia a tergo del rivestimento (avviene contemporaneamente allo scavo);
- c) montaggio dell'anello di rivestimento in conci prefabbricati.

I principali parametri da verificare, attraverso sensori ed attrezzature di rilevamento, sono i seguenti:

a) Scavo di avanzamento


la velocità di rotazione della coclea deve essere regolata in funzione della velocità di penetrazione della TBM, per mantenere la pressione di progetto, il flusso di materiale che fuoriesce dalla coclea dovrà essere pari al flusso di materiale che entra nella camera di scavo (terreno naturale + additivi).

b) Intasamento con malta cementizia a tergo del rivestimento.

Durante l'intera fase di scavo e continuativamente con l'avanzare della TBM, deve essere iniettata la miscela a tergo del rivestimento. Tramite le pompe a doppia uscita poste sul back-up si inietta la miscela attraverso le linee costituite da tubazioni terminanti oltre le serie di spazzole metalliche montate sulla circonferenza dello scudo e tra le quali è iniettato con continuità grasso. L'iniezione avviene in corrispondenza dell'estremità dello scudo, direttamente sulla superficie esterna del rivestimento galleria in conci prefabbricati. Le linee di iniezione installate sullo scudo devono essere dotate di una seconda tubazione (di riserva) sulla quale deviare il flusso della miscela in caso di blocco della tubazione in uso.

Il controllo dei volumi di miscela iniettata a tergo dei conci è fondamentale per il controllo degli assestamenti del terreno in superficie. Il volume teorico da iniettare deve essere calcolato con i denti di scavo all'100% di utilizzo. Tale valore è pertanto quello max.

In funzione della lunghezza realmente scavata, riferita al singolo anello, del tracciato se è dritto o in curva, del comportamento del materiale scavato, del consumo dei denti perimetrali, la quantità reale potrà variare. La variabile più importante può essere il consumo dei denti, per cui un consumo dei denti perimetrali fa diminuire il volume di riempimento a tergo del rivestimento. Stabilito pertanto il max. consumo teorico dei denti si determina il volume di miscela corrispondente che costituisce il valore min.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 113 di 133

Il serbatoio della miscela deve essere caricato considerando il valore max. del volume di riempimento; l'agitatore nel serbatoio deve essere sempre in funzione e si deve sempre accertare che non ci sia nel fondo materiale che possa compromettere il successivo pompaggio della miscela.

In caso di mancanza di miscela per consumo maggiore del teorico, lo scavo in avanzamento deve essere interrotto e si deve ordinare la quantità di miscela necessaria prima di completare lo scavo.

Completato lo scavo, si deve continuare il pompaggio fino a raggiungere la pressione di riferimento minima per ogni singola posizione. Il sistema di pompaggio è dotato di una valvola di massima pressione che interrompe il funzionamento della pompa al raggiungimento del valore massimo di sicurezza, mentre non c'è ripresa automatica del pompaggio al calare della pressione.

I valori di pressione minimi e massimi validi per ciascuna tratta omogenea devono essere forniti insieme ai valori di pressione di sostegno al fronte in un apposito documento progettuale. Per l'iniezione della miscela di intasamento devono essere forniti valori di pressione differenziati in funzione della posizione dei punti di iniezione e quindi in funzione del carico litostatico ed idraulico qualora presente.

11.6.5.1.4 Piano dei controlli

Durante lo scavo devono essere eseguiti i controlli almeno dei seguenti parametri:

- a) pressione di supporto dei fronte di scavo;
- b) densità del materiale nella camera di scavo;
- c) pressione e volume della miscela iniettata;
- d) peso e volume del materiale scavato;
- e) condizionamento del terreno

a) Pressione di supporto del fronte di scavo


Il valore della contropressione da applicare in camera di scavo a supporto del fronte (P_{fronte}) è calcolato sulla base di:

- dati di progetto ed eventuali prescrizioni contrattuali;
- unità geotecniche e relative caratteristiche previste lungo il tracciato (con particolare riferimento ai terreni che interesseranno la sezione di scavo e la fascia al di sopra della calotta);
- condizioni particolari e potenziali interferenze presenti lungo il tracciato;
- esperienza di avanzamento con TBM – EPB maturata nelle tratte precedenti (condizioni operative, parametri TBM, risposta deformativa degli ammassi: volumi persi e subsidenze, ecc.);

I sopra elencati elementi saranno parte di uno specifico documento di progetto in corso d'opera finalizzato a fornire i valori di P_{fronte} , congiuntamente ai valori di soglia (attenzione: $P_{fronte\ att.}$ ed allarme: $P_{fronte\ all.}$), per tratte discrete di galleria. Tale documento dovrà essere aggiornato per tratte successive sulla base dell'esperienza di avanzamento con TBM-EPB raccolta durante lo scavo delle tratte precedenti).

Il valori di soglia devono essere valutati in modo che le contropressioni corrispondenti garantiscano comunque un adeguato coefficiente di sicurezza.

I valori di P_{fronte} da controllare sono quelli relativi ai sensori di terra posti alla quota più vicina alla calotta della galleria (sensori n°1 e 2: si veda la figura sotto).

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: RFI DTC SI SP GA IFS 001 A	FOGLIO 114 di 133

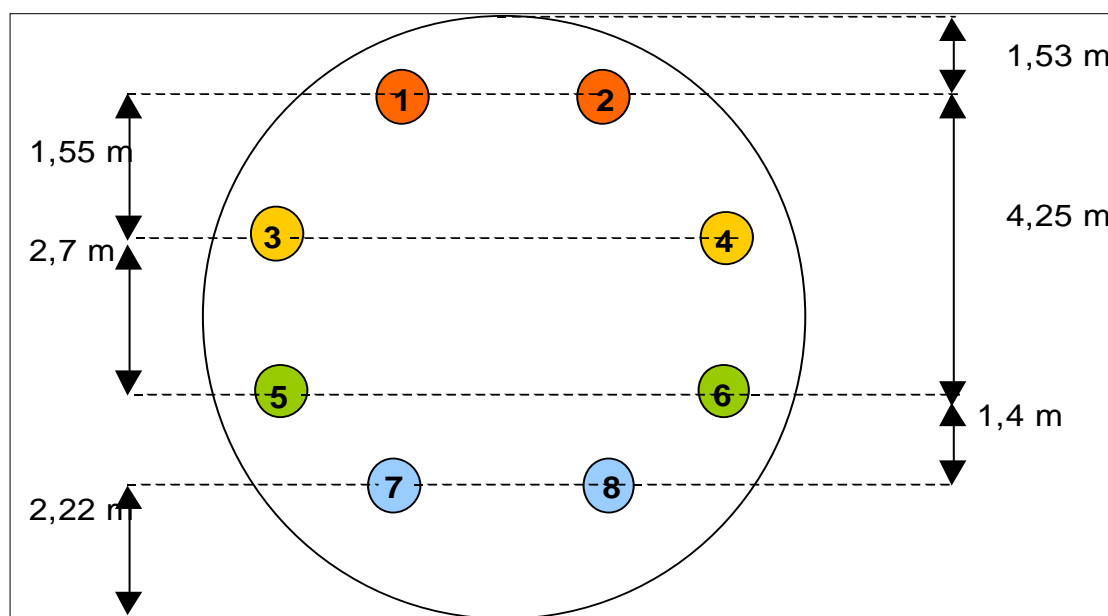


Figura 11.6.4-2 – Posizione dei sensori di controllo della pressione

Quando vengono superati i valori di soglia bisognerà fare riferimento al documento che gestisce le "Condizioni di scavo anomale".

Il controllo di P_{fronte} da parte dell'Operatore deve avvenire in modo continuo durante tutto il tempo necessario all'effettuazione dello scavo.

b) Densità del materiale nella camera di scavo

La presenza in camera di scavo di un "miscuglio terra-schiuma-aria" cioè di un materiale avente densità variabile comporta una P_{fronte} che, pur potendo essere pari a quella di progetto, non garantisce il sostegno del fronte. In particolare si possono manifestare vuoti nella parte superiore della camera di scavo in seguito a fermi prolungati per assestamento del materiale per effetto del suo peso.


Conseguenza di quanto sopra è l'indispensabilità di verificare che la densità apparente del materiale (γ) presente nella camera di scavo a diverse quote sia costante, per far ciò si controllano le differenze di pressione tra le coppie di sensori ($P_{sens.sup} - P_{sens.inf}$) dividendo il risultato ottenuto per la distanza verticale tra le stesse coppie ($\Delta h_{sup-inf}$):

$$\gamma = (P_{sens.sup} - P_{sens.inf}) / \Delta h_{sup-inf} \quad [kN/m^3]$$

c) Pressione e volume di iniezione della miscela a tergo del rivestimento

Se alla fine dello scavo non si sono raggiunti i valori prefissati di quantità e/o pressione di iniezione della miscela di riempimento a tergo del rivestimento, si continuerà a pompare anche durante il montaggio dell'anello, fino al raggiungimento della pressione minima. Se ciò non dovesse accadere prima dell'inizio del nuovo scavo, dovranno essere presi gli opportuni provvedimenti, se necessario prorogando l'inizio dello scavo della successiva spinta.

La procedura d'iniezione risulta corretta se la pressione di iniezione, per ciascun ciclo di pompaggio, raggiunge il massimo previsto e ridiscende a valori minimi.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 115 di 133

La pressione d'iniezione della malta è misurata mediante appositi sensori di pressione montati sulle linee di iniezione vicino all'innesto nello scudo. La pressione d'iniezione ed i volumi iniettati sono indicati sul pannello di controllo a disposizione dell'operatore e trasmessi via PLC su monitor. È così possibile controllare in continuo i due parametri.

Se il volume di malta è diverso dai valori previsti, cioè se è maggiore dei valori di soglia superiore e inferiore dovranno essere presi gli opportuni provvedimenti. Un volume di malta decisamente superiore al volume teorico di riempimento del "gap" tra rivestimento e profilo di scavo può indicare un sovrascavo o una dispersione di malta verso cavità naturali. Viceversa un volume di malta decisamente inferiore può significare che manca il momentaneo effetto arco del terreno e che ci possono essere ripercussioni in superficie in termini di cedimenti.

Al superamento di uno dei due limiti, superiore o inferiore, dovranno essere effettuati uno o più carotaggi/perforazioni per la verifica del corretto intasamento a tergo del rivestimento. Se necessario dovranno essere effettuate, in accordo con la Direzione Lavori, iniezioni secondarie dalla galleria attraverso i fori presenti nei conci di rivestimento.

d) Controllo del peso e del volume del terreno scavato

Il controllo della quantità di materiale estratto mediante la coclea dalla camera di scavo è aspetto dello scavo di fondamentale importanza potendo, tramite esso, controllare la possibilità che si producano sovrascavi o sottoscavi.

La portata di materiale estratto dalla coclea (tonnellate/ora) è effettuato tramite la bilancia collocata sul nastro trasportatore a valle dell'uscita della coclea. Tramite PLC viene calcolato il peso cumulato per ciascun avanzamento e quindi il peso cumulato totale. Il peso cumulato va confrontato con il valore teorico derivante dal prodotto dei metri avanzati e della densità relativa al materiale di scavo (γ in situ).

Nel caso di mal funzionamento della bilancia, sullo stesso nastro deve essere montata una bilancia volumetrica di riserva, che verrà presa in considerazione solo nel caso di pesate anomale.

Si evidenzia la necessità di tenere conto del peso degli additivi introdotti in camera di scavo per il condizionamento.

Il valore di riferimento del γ in situ da porre a base dei calcoli deve essere proposto dall'ESECUTORE in sede di riunioni periodiche con la Direzione Lavori e ratificato di comune accordo, sulla base anche delle risultanze di prove granulometriche e di densità del marino raccolto dal nastro di scarico.


Tramite il PLC l'operatore conosce il peso cumulato per ciascun avanzamento e può quindi tenere costantemente sotto controllo la quantità di materiale estratto.

Se si perviene a valori vicini ai limiti di allarme si dovrà operare per rientrare nei valori "normali" agendo sulla velocità di rotazione della coclea o sulla velocità di avanzamento della TBM (attraverso la pressione di spinta) o su entrambe.

Se la situazione di attenzione perdura o se si arriva alla soglia di allarme lo scavo deve essere immediatamente sospeso e si dovrà fare riferimento al documento che gestisce le "Condizioni di scavo anomale".

Se il trasporto dello smarino all'interno della galleria sino all'imbocco è effettuato tramite vagoni, un controllo ulteriore del volume di terreno scavato può essere effettuato per mezzo del grado di riempimento dei vagoni di smarino.

Allo scopo nei limiti del possibile si opererà in modo che i vagoni vengano riempiti uno alla volta e che si passi al successivo solo dopo aver effettivamente riempito il precedente.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 116 di 133

Nel calcolo bisogna tenere conto del volume utile di ciascun vagone e del coefficiente di passaggio dal volume in banco al volume sciolto del materiale da scavare.

e) Controllo del condizionamento del terreno

Il condizionamento, del terreno durante lo scavo avviene per mezzo di schiuma, polimero, bentonite.

Schiuma

Il tensioattivo mescolato con acqua e aria in misura variabile in ragione del tipo di terreno e del tipo di schiuma utilizzata dà luogo alla schiuma.

Il grado di trattamento del terreno è definito dal F.I.R. (*Foam Injection Rate*): volume di schiuma iniettata per metro cubo di terreno abbattuto (espresso in percentuale). Le proprietà della schiuma dipendono invece dal F.E.R. (*Foam Expansion Rate*): rapporto tra il volume d'aria e volume della fase liquida;

Per dosaggio si intende la percentuale di tensioattivo nell'acqua.


Tali parametri possono essere variati in qualsiasi momento quando si valuta la necessità di modificare l'entità del condizionamento del terreno. Il controllo è di tipo visivo direttamente sul marino fuoriuscente dalla coclea.

Polimero

Si può addizionarlo alla schiuma per stabilizzarla chimicamente. Il suo impiego potrà infatti garantire, qualora necessario, una maggiore durata delle proprietà della schiuma in particolare riducendo gli effetti di assorbimento dell'acqua della schiuma da parte del terreno (contenuto d'acqua naturale nel terreno molto basso).

Bentonite

Può parzialmente sostituire la schiuma nel trattamento del terreno in particolari casi.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 117 di 133

11.6.5.1.5 Fermi macchina

Si possono verificare le seguenti situazioni di fermo macchina:

- 1) Fermo che non prevede lo svuotamento della camera di scavo.
- 2) Fermo di qualsiasi natura che include lo svuotamento parziale o totale della camera di scavo.

In funzione della presenza o meno della falda dovranno essere adottate per ogni tipo di fermo le procedure riportate di seguito.

1) Fermo senza svuotamento della camera di scavo

1a) In presenza di falda

Si completa la realizzazione dell'ultima spinta nelle condizioni di pressioni di scavo previste per ogni tratta nell'elaborato di dettaglio.

Durante il fermo la pressione al fronte deve rimanere all'interno dell'intervallo prefissato; se necessario, quando la pressione dovesse scendere per effetto del normale "rilassamento" al di sotto del valore di attenzione, si dovrà provvedere a pompare bentonite (sistema "AFSS") fino a riportare il valore a quello di riferimento. Questa operazione verrà ripetuta tutte le volte che sarà necessario, curando che la pressione non scenda mai sotto Patt.

La ripartenza inizierà girando la testa ed eventualmente contemporaneamente spingendo sul fronte prima d'attivare la coclea, per aumentare la pressione sui sensori fino a raggiungere la situazione prevista per lo scavo, solo in quel momento potrà iniziare l'avanzamento.

1b) In assenza di falda

Si completa la realizzazione dell'ultima spinta nelle condizioni di pressioni di scavo previste per ogni tratta nell'elaborato di dettaglio. Durante gli ultimi giri si dovrà usare eventualmente bentonite o aumentare la quantità di schiuma additivata con polimeri per aiutare a mantenere le pressioni durante il fermo.

Durante il fermo la pressione al fronte deve rimanere all'interno dell'intervallo prefissato. Si procederà all'iniezione di bentonite nella camera per compensare l'eventuale "rilassamento" delle pressioni del materiale all'interno della camera di scavo e si continuerà a farlo tutte le volte che verrà raggiunto il valore di attenzione inferiore.

La ripartenza inizierà girando la testa ed eventualmente contemporaneamente spingendo sul fronte senza attivare la coclea, per aumentare la pressione sui sensori fino al valore previsto per lo scavo da effettuare.


2) Fermo con svuotamento della camera di scavo:

2a) In presenza di falda

Nel caso in cui non si possa evitare d'intervenire nella testa, si mescola bentonite al terreno in modo da ottenere una pasta il più possibile omogenea ed impermeabile, poi si inizia a svuotare la testa fino al livello necessario per l'attività da eseguire. Contemporaneamente allo svuotamento si riempie il vuoto che si crea con aria in pressione ai valori indicati nel progetto di dettaglio, in modo da garantire la stabilità del fronte. In questo caso, per effettuare l'intervento nella testa, si dovrà fare uso della camera iperbarica.

La ripartenza avviene effettuando il riempimento della camera di scavo con una sospensione di bentonite e/o con una miscela di sabbia, acqua e bentonite.

In alternativa si potrà iniziare a scavare senza asportare terreno in modo che, aprendo le valvole per la fuoriuscita dell'aria all'interno della fresa, il vuoto venga progressivamente riempito dal terreno.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 118 di 133

La scelta tra i due metodi avverrà previo accordo con la Direzione Lavori.

La coclea verrà aperta, e quindi si inizierà lo smarino, quando la pressione dei sensori superiori risulta di poco superiore a quella di riferimento.

2b) In assenza di falda

Si completa l'ultima spinta nelle condizioni di pressioni di scavo previste per ogni tratta nell'elaborato di dettaglio.

Poi si farà funzionare la coclea, svuotando dalla testa la quantità di marino necessaria per raggiungere il livello ottimale che permetta di eseguire l'intervento nella camera di scavo.

Prima della ripartenza si riempirà la camera di scavo con inerti (sabbie) fino al livello della porta d'ingresso della camera iperbarica, iniettando poi bentonite fino al raggiungimento della pressione media di riferimento.

Raggiunta la pressione media di riferimento, si mescola il materiale in ingresso con la sabbia e bentonite, con coclea chiusa in modo da mantenere le pressioni. Quindi si apre la coclea e s'inizia a smarinare il terreno misto che mano a mano lascerà lo spazio al terreno naturale.

3) Fermi lunghi

Procedura da adottare nel caso l'iniezione a tergo avvenga con malta cementizia.

Il fermo avviene come nei casi precedenti.

Al termine dell'ultima spinta, dopo aver atteso qualche ora funzione del tempo di presa della malta di iniezione, si procederà ad avanzare la macchina di qualche centimetro (p. es. 5 cm) e si inietterà bentonite (invece che malta) nei tubi di riempimento a tergo del rivestimento, fino a riempire il vuoto creato con l'avanzamento: ciò per evitare che la malta faccia presa nelle spazzole, rischiandone il danneggiamento.

La ripartenza avviene come già indicato nei casi precedenti.

11.6.5.2 Attrezzature speciali di perforazione

La TBM deve essere attrezzata con una macchina di perforazione polivalente.


Durante la perforazione, se del caso, dovranno essere rilevati, con opportuni sensori, i parametri di funzionamento dell'attrezzatura di perforazione quali la spinta, la velocità d'avanzamento, l'energia assorbita, che forniscono la resistenza e quindi la consistenza dell'ammasso.

11.6.5.3 Prove di laboratorio della miscela bentonitica

Quando si utilizza la miscela bentonitica, sia nel sistema Slurry/Hydroshield che nel sistema EPB, nel corso dei lavori, in relazione alle caratteristiche dei terreni attraversati, dovranno essere eseguite apposite prove di laboratorio al fine di valutare l'ottimale composizione dei fanghi, eseguendo in particolare le seguenti prove, secondo un programma di monitoraggio definito in fase di progettazione:

- misura della densità: per la misura della densità si userà una bilancia tipo Baroid. La misura sarà la media del risultato di tre prove;
- misura della viscosità: per la misura della viscosità si userà cono di Marsh. La misura sarà la media del risultato di tre prove.

Tali prove dovranno essere eseguite presso un laboratorio qualificato.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 119 di 133

11.6.5.4 Prove sui connettori

11.6.5.4.1 Tipo di prova

Si sottopone a prove di flessione-trazione (pull-out) e taglio il perno o collettore allo scopo di simulare il collegamento tra un concio a sbalzo in calotta e un anello già installato, garantendone la stabilità.

11.6.5.4.2 Scopo della prova

Scopo della prova è verificare la resistenza allo sfilamento dei connettori per effetto del peso proprio del concio, qualora il concio stesso, in fase di montaggio, restasse accidentalmente collegato all'anello precedente senza il sostegno dei martinetti di spinta.

11.6.5.4.3 Campioni di prova

I campioni in prova sono costituiti da due cilindri in acciaio nei quali sono inghisate due cuffie collegate tramite il perno e relativo allineatore, a simulare le reali condizioni di esercizio. Il sistema viene inserito nell'attrezzatura di prova raffigurato nei due schemi.

11.6.5.4.4 Certificazione

La prova deve essere condotta da un riconosciuto laboratorio tecnico abilitato, per ottenere la necessaria certificazione.

11.6.5.5 Malta di iniezione a tergo del rivestimento

11.6.5.5.1 Prove di laboratorio sulla miscela cementizia

Le prove a cui vengono sottoposti i provini di **miscela cementizia** realizzati in cubettiere dimensioni 15x15x15 cm sono:

- il tempo di inizio presa con ago di "Vikat";
- l'indice slump con il cono di "Abrahams";
- la determinazione della resistenza a rottura a 24-48 h, 7 e 28 gg mediante prova di compressione.


Tali prove dovranno essere eseguite con frequenza bisettimanale in un riconosciuto laboratorio tecnico.

I risultati di tali prove dovranno essere confrontati con i dati di progetto.

11.6.5.5.2 Controlli di laboratorio sulle sabbie

Con frequenza stabilita dalla Direzione dei Lavori sui campioni di sabbia prelevati devono essere determinati i seguenti parametri per raffrontarli a quelli della miscela adottata:

- Umidità %
- Peso specifico
- porosità
- indice dei vuoti
- Composizione granulometrica e relativa curva

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 120 di 133

11.6.5.5.3 Controlli in corso d'opera

Ogni 100m di galleria rivestita dovranno essere eseguiti carotaggi in calotta con prelievo di campioni di malta cementizia indisturbata per verificare l'effettivo livello di riempimento a tergo.

Dovranno essere effettuati almeno 3 carotaggi di cui uno verticale e gli altri due compresi tra il piano dei centri e la verticale.

Qualora si riscontrassero dei vuoti si dovranno intensificare i carotaggi nella tratta interessata ogni 20m estendendoli anche nella parte bassa dei paramenti e possibilmente in arco rovescio.

I vuoti rilevati dovranno essere riempiti mediante la stessa miscela.

11.6.6 TOLLERANZE DI COSTRUZIONE

11.6.6.1 Tracciato - Spostamenti ammissibili plano-altimetrici

Gli spostamenti ammissibili plano-altimetrici dell'asse reale rispetto a quello teorico potranno avere una tolleranza non superiore a +/- 10 cm e, in ogni caso, dovranno rispettare la tolleranza prevista in progetto e dovrà essere sempre garantito l'intradosso di progetto.

11.6.6.2 Regolazione dell'aria compressa nell'Hydroshield

La pressione del cuscinio d'aria compressa posizionato tra i due diaframmi per il controllo della pressione dell'impasto liquido deve essere garantito da un cuscinio d'aria compressa posizionato tra i due diaframmi, nella parte alta, e deve essere regolata con una tolleranza del sistema di +/- 0,05 bar.

11.6.6.3 Rivestimento

11.6.6.3.1 Casseforme e precisione dei conci

I casseri dei conci prefabbricati devono essere dimensionati in maniera da assicurare una tolleranza nella forma pari ad un millimetro in qualsiasi punto della superficie dei conci stessi.

Allo stesso tempo si dovrà garantire uno scostamento massimo di ortogonalità fra le superfici di contorno e paramento interno inferiore a 1/10 di grado.

Le deviazioni limite a una temperatura di 15° dei conci sono illustrate di seguito:


	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI SP GA IFS 001 A</u>	FOGLIO 121 di 133

Tabella 11.6.6-1 - Tolleranze costruttive rivestimento gallerie in meccanizzato

	Deviazione limite (mm)	Tolleranza (mm)
Rialzo	± 0.5	1.0 planarità
Larghezza	± 0.5	1.0 forma
Scanalature per guarnizioni	± 0.5 lunghezza	0.6 lunghezza
	$+ 0.3$ larghezza	0.3 larghezza
Raggi, corda dell'arco	± 1.0	2.0 lunghezza
Lunghezza dell'arco	± 1.0	2.0 forma
Pezzi infissi	± 1.0	2.0 posizione
Cassette	± 1.0	2.0 posizione
Spessore dei conci	± 2.0	4.0 forma

11.6.6.3.2 *Controllo della precisione dei conci e dei casseri*

La precisione dei conci e dei casseri dovrà essere controllata periodicamente. Se i valori richiesti non verranno raggiunti, il concio dovrà essere segregato ed eliminato.

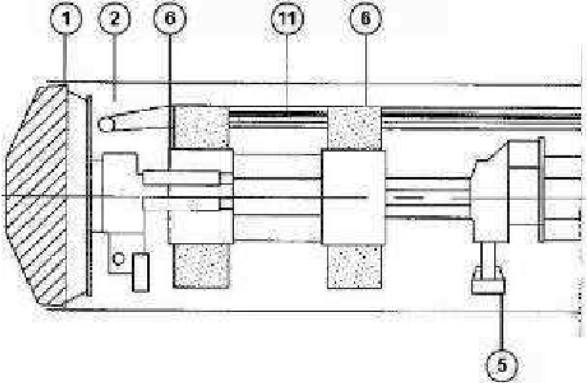

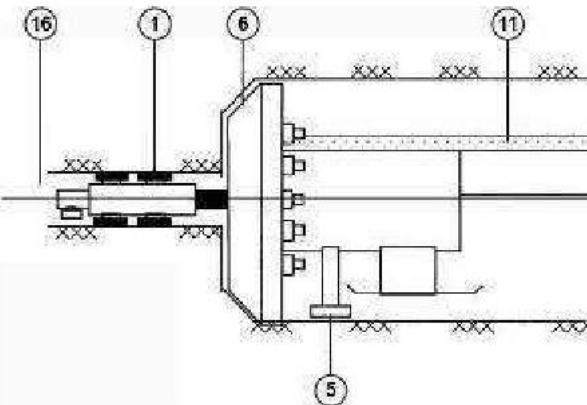

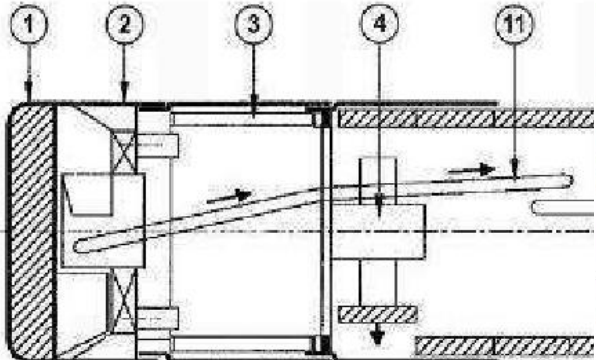

I controlli sui conci dovranno essere effettuati ogni 10 conci.

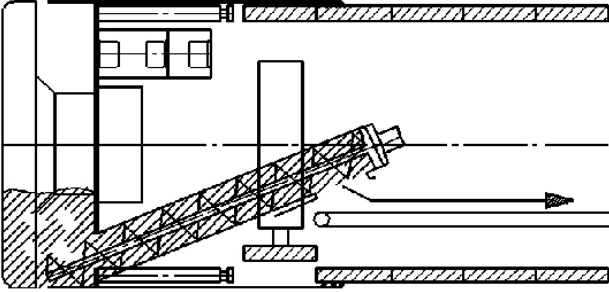

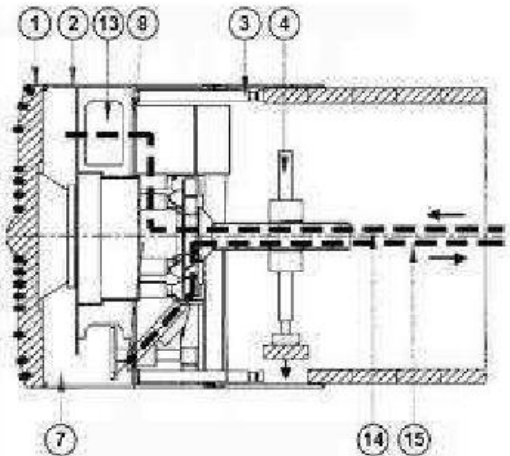

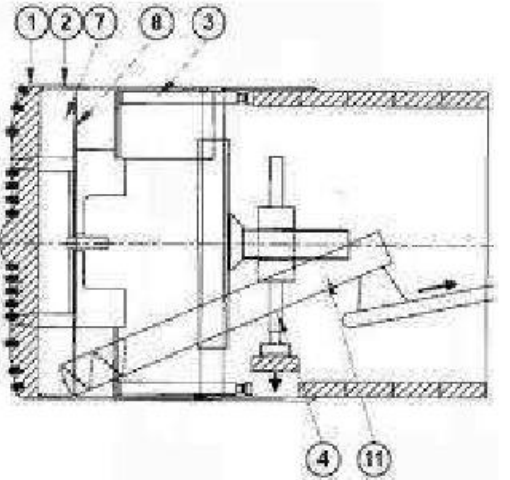

La precisione dei conci dovrà essere controllata mediante un sistema che permetta la misurazione di un concio con la precisione di 0,1mm. Tali sistemi di controllo sono di tipo industriale, di tipo ottico ovvero di tipo a videogrammetria digitale.

I casseri devono essere controllati prima della produzione dei conci. Ulteriori controlli per verificare il mantenimento della forma devono essere effettuati dopo il primo, quinto ed il decimo concio. Se non si riscontrano deviazioni oltre le tolleranze imposte, i controlli verranno eseguiti periodicamente ogni 50 getti di concio.

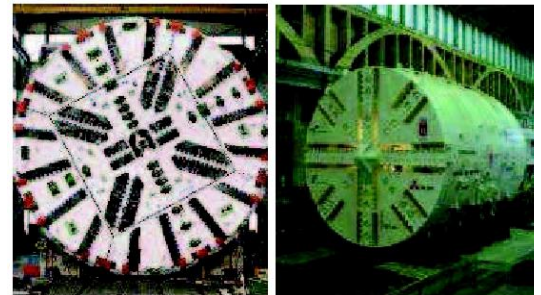
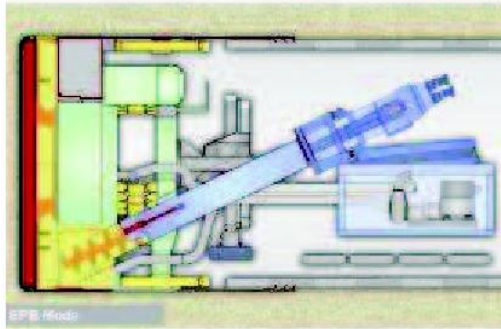
Le dimensioni di ogni cassero devono essere controllate con almeno 3 misurazioni di dimensioni principali (6 punti) e, se la precisione richiesta non è raggiunta, il cassero dovrà essere eliminato o corretto.

ALLEGATO 11.6-1 - RAPPRESENTAZIONI SCHEMATICHE DELLE PRINCIPALI TM

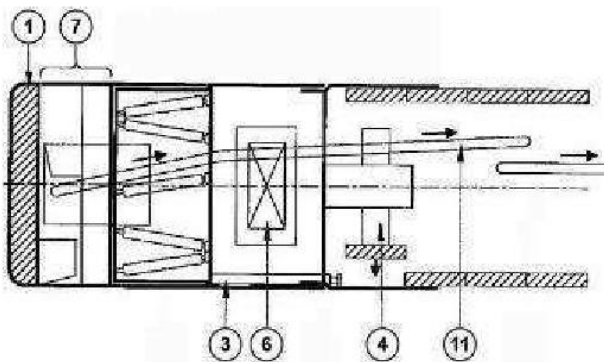
Tipologie di TM	Rappresentazione schematica	
TUNNEL BORING MACHINES (TBM)		
A - TBM non scudate		
<p>A1 - TBM con gripper non scudata Tunnel boring machine</p>		
<p>A2 - ETBM Alesatrice Extension Tunnel boring machine</p>		
B - TBMs scudate		
<p>B1- TBMs Sostegno meccanico del fronte Mechanical support</p>		

<p>B2 - TBMs Fronte in pressione con aria compressa Full-face and compressed air application</p>		
<p>B3 - TBMs Fronte in pressione con fluido bentonitico Hydroschild) Full-face and slurry support</p>		
<p>B4 - TBMs Fronte in pressione col terreno di scavo condizionat o (EPB) Full-face and earth pressure balance support</p>		

B5 -CSM
 Macchine
 scudate
 convertibili
HDS-EPB
 Convertible
 shield
 machine

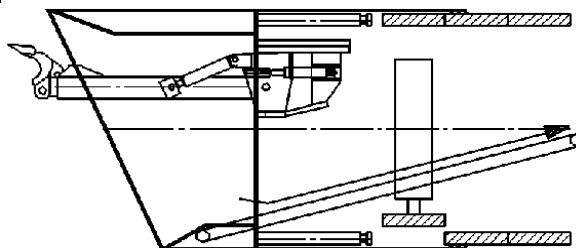


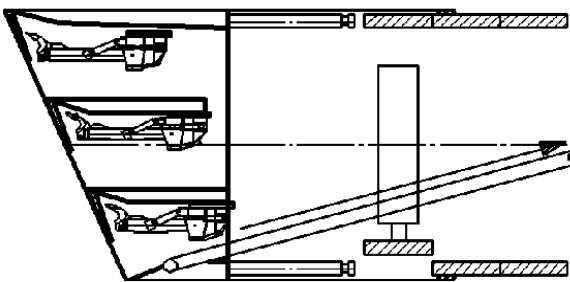

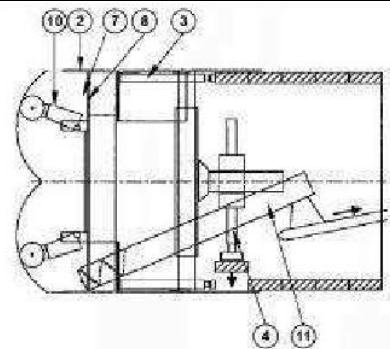

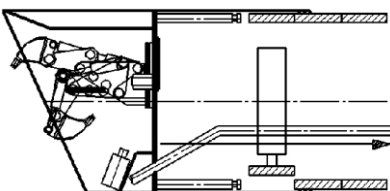

B6 - DSM
 Macchina
 doppio
 scudata
 Double
 shield
 machine



MACCHINE SCUDATE (SM)

C1 - SM
 Senza
 sostegno
 del fronte
 Partial
 excavation and
 without
 support



<p>C2 - SM Scavo e sostegno parzializzato del fronte Partial excavation and partial support</p>		
<p>C3 - SM Scavo parzializzato e sostegno del fronte con aria compressa Partial excavation and compressed air application</p>		
<p>C4 - SM Scavo parzializzato e sostegno del fronte con fluido bentonitico</p>		

Legenda

- | | |
|-------------------------|---|
| 1) Ruota fresante | 8) Diaframma |
| 2) Mantello scudo | 9) Aperture |
| 3) Martinetti di spinta | 10) Utensili di scavo |
| 4) Erettore | 11) Nastro trasportatore o coclea |
| 5) Sostegno al piede | 12) Cuscino d'aria |
| 6) Gripper | 13) Tubazione immissione fanghi |
| 7) Camera di scavo | 14) Tubazione estrazione fanghi e smarino |

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI GA SP IFS 001 A</u>	FOGLIO 126 di 133

11.7 GALLERIE ARTIFICIALI

11.7.1 PREMESSA

Questa sezione del Capitolato si applica alle gallerie realizzate in “artificiale”, manufatti costruiti in conglomerato cementizio armato, con operazioni di scavo effettuate completamente o parzialmente a cielo aperto. Le prescrizioni contenute nel seguito devono essere integrate con quelle riportate in altre sezioni di capitolato ed afferenti ai procedimenti costruttivi utilizzati, in dipendenza dal sistema di costruzione adottato.

Di norma le gallerie artificiali si differenziano a seconda della modalità costruttiva:

a) *casserate e gettate in opera*

Si individuano due tipologie principali:

- ***sezione policentrica***

Questa soluzione è di norma utilizzata nei tratti terminali delle gallerie naturali e comunque in genere nei casi in cui lo spessore del terreno di ricoprimento (distanza fra l'estradosso della copertura e la quota di sistemazione del piano di campagna di progetto) risulti superiore a 6 metri. La geometria policentrica con sezione interna è di regola identica a quella utilizzata per le gallerie naturali; la sezione strutturale è anulare e dotata di arco rovescio.

- ***sezione scatolare***

La tipologia scatolare, con orizzontamenti piani e piedritti, è di norma adottata per le gallerie artificiali isolate, nei casi in cui lo spessore del terreno di ricoprimento sia inferiore a 6 metri.


Di regola questa soluzione non prevede la realizzazione dell'impalcato di copertura con travi o predalle in C.A.P.

b) *con paratie di pali (o diaframmi) e solettoni*

Nel caso di gallerie artificiali realizzate tra paratie si parlerà di scavi eseguiti completamente o parzialmente a cielo aperto, a seconda che la realizzazione del solettone di testa preceda o segua lo scavo all'interno delle paratie. La seconda metodologia è utilizzata quando i vincoli esterni non consentono l'esecuzione dello scavo dal piano di campagna fino al piano di imposta delle fondazioni, preventivamente alla realizzazione del solettone di copertura. Parte dello scavo andrà quindi realizzato successivamente all'esecuzione dell'impalcato di copertura, con asportazione (a foro cieco) della porzione di terreno contenuta tra le paratie laterali, l'impalcato e la platea di fondo.

Anche in questo caso, lo spessore massimo ammissibile per il ricoprimento è di 6 metri. Nel caso in cui la distanza tra l'estradosso dell'impalcato di copertura e il piano di campagna sia maggiore di 6 m si potrà eventualmente valutare una variazione della quota del piano di campagna finito oppure l'introduzione di una o più solette intermedie, in modo da realizzare una galleria artificiale a doppia altezza.

Anche in tale caso non si prevede la realizzazione dell'impalcato di copertura con travi o predalle in C.A.P. Dovrà invece essere sempre prevista la realizzazione di una controfodera in c.a. a contatto con la paratia laterale, ancorata alla paratia, alla platea di fondo e all'impalcato di copertura.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI GA SP IFS 001 A</u>	FOGLIO 127 di 133

11.7.2 GALLERIE ARTIFICIALI REALIZZATE TRA PARATIE

Nel caso di gallerie artificiali realizzate tra paratie di pali o diaframmi, sia nel caso in cui le paratie costituiscano parte integrante della galleria, sia nel caso in cui assolvano esclusivamente al compito di sostegno dello scavo e non entrino quindi a far parte della struttura finita, è necessario che l'ESECUTORE tenga conto dei possibili errori di verticalità e posizionamento nell'esecuzione dei pali o dei diaframmi caratteristici delle proprie attrezzature in modo da evitare qualunque riduzione della sagoma della galleria o degli spessori delle pareti di rivestimento.

11.7.2.1 Tolleranza

Alle gallerie artificiali realizzate tra paratie non sono applicabili le tolleranze sul posizionamento dei pali e dei diaframmi indicate nelle sezioni 7 e 8 del capitolato, che si riferiscono a strutture di fondazione.

11.7.3 CONGLOMERATO CEMENTIZIO

Per le modalità di confezionamento trasporto e posa in opera del conglomerato cementizio, in aggiunta alle prescrizioni esecutive riportate nella sezione 6 del presente capitolato ("Opere in conglomerato cementizio") che si intendono integralmente richiamate, vale quanto di seguito riportato.

Tutti i rivestimenti in conglomerato cementizio dovranno essere eseguiti mediante pompa, ad esclusione di quella ad aria compressa. Il getto del conglomerato cementizio nelle casseforme dovrà avvenire in maniera simmetrica sui due lati in strati non superiori a 50 cm per evitare deformazioni al sistema di contenimento del getto la differenza massima della quota del getto tra i due lati dovrà essere indicata dal progettista.

Nelle gallerie a sezione policentrica ciascun concio del rivestimento dovrà essere gettato durante una ininterrotta fase di lavoro.

Particolare attenzione deve essere posta alla qualità della posa in opera del cls nella zona di calotta fuori cassero affinché si realizzi una efficace protezione delle armature dalla corrosione.

Il transito dei mezzi sull'arco rovescio potrà essere autorizzato quando la resistenza a compressione del conglomerato cementizio abbia raggiunto almeno 10 N/mm².

Qualora, per esigenze connesse con lo sviluppo dei lavori, non fosse possibile sospendere il transito dei mezzi per il tempo necessario a raggiungere la prescritta resistenza l'ESECUTORE dovrà provvedere all'installazione di opportune strutture che consentano ai mezzi di scavalcare i getti dell'arco rovescio appena conclusi.

I getti di fondazione dovranno essere realizzati su uno strato di calcestruzzo magro conforme alle specifiche e liscio, dello spessore minimo di 10 cm.


Per i getti della struttura in elevazione dovranno essere impiegate casseforme metalliche. La struttura dovrà essere opportunamente irrigidita e controventata, dimensionata per non subire deformazioni sotto il carico del conglomerato cementizio, qualunque sia la classe di consistenza.

Per le casseforme valgono inoltre le indicazioni riportate nella parte relativa alle gallerie naturali in tradizionale della presente sezione e quelle contenute nella sezione 6 del Capitolato.

La superficie delle casseforme a contatto con il conglomerato cementizio dovrà assicurare ai getti una rifinitura perfettamente regolare e conforme al profilo di progetto.

Di norma devono essere evitati i getti contro terra delle strutture in elevazioni. Qualora particolari situazioni non previste in progetto rendano inevitabile il ricorso a getti contro terra, prima della loro esecuzione l'ESECUTORE dovrà ottenere la preventiva autorizzazione dalla Direzione Lavori.

Prima della posa delle armature e dei getti l'ESECUTORE dovrà procedere alla preparazione e alla pulizia delle

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI GA SP IFS 001 A</u>	FOGLIO 128 di 133

superfici con le quali i rivestimenti dovranno venire a contatto e redigere un verbale in contraddittorio con la Direzione Lavori.

11.7.4 IMPERMEABILIZZAZIONE

11.7.4.1 Descrizione

Di norma la struttura di impermeabilizzazione potrà essere realizzata con uno dei due seguenti sistemi:

- con una membrana termoplastica impermeabile a doppio strato in cloruro di polivinile (PVC) dello spessore non inferiore a 2 mm e da due strati di protezione, costituiti da geotessile non tessuto.
In alternativa al geotessile potrà essere utilizzata sul lato esterno a contatto con il terreno una struttura ad alto potere filtrante, che dovrà, comunque, essere approvata dalla Direzione Lavori. Lo strato di protezione dovrà essere scelto per assolvere alle funzioni di captazione e drenaggio delle acque di infiltrazione e di protezione meccanica della membrana in PVC contro il punzonamento statico esercitato dal materiale di riporto.
- utilizzando, in alternativa al PVC, una guaina bituminosa prefabbricata; in tal caso non è prescritta l'applicazione del geotessile sul lato interno a contatto con la struttura. Tale soluzione può essere applicata esclusivamente sull'estradosso del solettone di copertura delle gallerie scatolari.

Altri sistemi di impermeabilizzazione potranno essere previsti dal progettista che dovrà definirne le caratteristiche dei materiali, le modalità di posa in opera, le prove di accettazione ed i controlli in corso d'opera.

Quando nella realizzazione di gallerie policentriche o scatolari si riscontrasse un'interferenza tra la falda e l'arco rovescio, l'impermeabilizzazione dovrà essere estesa all'intera sezione della galleria anche se ciò non è previsto in progetto. Tale prescrizione non si applica alle gallerie nelle quali le pareti laterali sono costituite da elementi di sostegno dello scavo quali paratie, nel qual caso si dovrà prestare particolare cura nella realizzazione del giunto tra queste pareti ed il solettone di fondo. Per la realizzazione dell'impermeabilizzazione sono compresi i seguenti oneri a carico dell'ESECUTORE:

- il montaggio e smontaggio delle attrezzature e dei ponteggi;
- l'esecuzione di tutte le prove previste nelle presenti prescrizioni e delle eventuali prove aggiuntive previste dal progettista e/o richieste dalla Direzione Lavori in corso d'opera, per motivate esigenze;
- la disponibilità continua in cantiere delle attrezzature necessarie alle prove di controllo.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI GA SP IFS 001 A</u>	FOGLIO 129 di 133

11.7.4.2 Caratteristiche dei componenti dell'impermeabilizzazione

Per lo strato di protezione si devono rispettare le prescrizioni già illustrate per le gallerie naturali in tradizionale e contenute nel capitolo 11 (Impermeabilizzazione) del presente capitolato, con specifico riferimento alla tabella 11.5.5-1 (geotessile), alla tabella 11.5.5-2 (geocomposito ad altro potere filtrante) e alla tabella 11.5.5-5 (membrana impermeabile in PVC).

Per le guaine bituminose si riportano in tabella 11.7.4-1 le relative prescrizioni:

Tabella 11.7.4-1 *Caratteristiche della membrana impermeabile prefabbricata a base di bitume distillato selezionato e modificato con resine propipileniche armata con poliestere da filo continuo (spunbound) ad elevate resistenze meccaniche:*

DESCRIZIONE	VALORI LIMITE	NORMA DI RIF.
Spessore	4 mm	UNI 8202/6
resistenza a punzonamento statico	≥ 350 N	UNI 8202/11
resistenza a trazione L/T	1200-1000 N	UNI 8202/8
flessibilità a freddo	5 cm	UNI 8202/15
	-10° C	UNI 8202/30
resistenza a trazione della giunzione rispetto al valore della resistenza a trazione su striscia (UNI 8202/8)	≥ 70 %	

Tabella 11.7.4-2 *Caratteristiche della membrana impermeabile prefabbricata a base di bitume distillato selezionato e modificato con plastomeri elastomeri ed addizionato con additivo che rende il prodotto inattaccabile, dall'azione perforante della radici, armata con tessuto non tessuto di poliestere da filo continuo (spunbound) ad elevate prestazioni meccaniche aventi le seguenti caratteristiche tecniche:*

DESCRIZIONE	VALORI LIMITE	NORMA DI RIF.
Spessore	4 mm	UNI 8202/6
massa areica	4 Kg/mq	UNI 8202/7
resistenza a trazione L/T	800-600 N/cm	UNI 8202/8
flessibilità a freddo	-15 °C	UNI 8202/15
resistenza alle radici	supera la prova	UNI 8202/24
resistenza a trazione della giunzione rispetto al valore della resistenza a trazione su striscia (UNI 8202/8)	> 70 %	UNI 8202/30

11.7.4.3 Confezionamento, trasporto e stoccaggio dei materiali

Si farà riferimento alle prescrizioni contenute nell'omologo paragrafo 11.5.5.3 delle gallerie naturali.


11.7.4.4 Documentazione e controlli di conformità

Si farà riferimento alle prescrizioni contenute nell'omologo paragrafo 11.5.5.4 delle gallerie naturali.

11.7.4.5 Modalità esecutive

L'ESECUTORE dovrà mantenere il luogo di lavoro pulito, privo di acqua, fango e residui oleosi.

Tutte le operazioni di montaggio dei componenti dell'impermeabilizzazione dovranno essere eseguite da personale altamente specializzato sotto la guida di assistenti tecnici qualificati che opereranno anche in base alle raccomandazioni dei produttori dei materiali utilizzati e secondo le procedure preventivamente approvate dalla Direzione Lavori.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI GA SP IFS 001 A</u>	FOGLIO 130 di 133

Il livello di specializzazione del personale addetto alla posa dell'impermeabilizzazione dovrà essere dimostrato da precedenti esperienze in imprese di riconosciuta esperienza nel settore specifico delle impermeabilizzazioni di gallerie.

Gli applicatori dovranno essere muniti di abilitazione all'esecuzione di termosaldatura manuale rilasciata da un organismo riconosciuto.

L'applicazione dei componenti dell'impermeabilizzazione dovrà avvenire esclusivamente mediante attrezzature specifiche progettate per questo scopo.

L'attrezzatura di posa dovrà essere preventivamente accettata dalla Direzione Lavori.

La documentazione dovrà essere corredata dai certificati di controllo emessi da un organismo riconosciuto.

11.7.4.6 Preparazione della superficie di posa

La struttura impermeabile dovrà essere applicata su di una superficie regolare, con rugosità superficiale minore di 3 mm, pulita, priva di materiali inconsistenti e di corpi estranei quali chiodi, elementi sporgenti, fili metallici ecc.

Eventuali altri elementi in acciaio dovranno essere regolarizzati mediante taglio e riporto di malta cementizia ad alta adesione.

Per le gallerie scatolari dovrà essere applicata una protezione della membrana impermeabile in corrispondenza degli spigoli realizzata mediante la preventiva applicazione a ridosso gli spigoli di una banda in PVC, della larghezza di 500 mm, resistente alla perforazione o mediante applicazione di altri dispositivi che dovranno essere approvati dalla Direzione Lavori.

Qualora la superficie di applicazione della membrana presenti delle asperità che possono compromettere l'integrità della membrana stessa l'ESECUTORE dovrà procedere localmente all'applicazione di uno strato di regolarizzazione di malta cementizia.

Prima dell'applicazione dell'impermeabilizzazione l'ESECUTORE dovrà redigere un verbale in contraddittorio con la Direzione Lavori nel quale riportare lo stato della superficie del supporto ed eventualmente descrivere i provvedimenti da adottare per eliminare i difetti.

11.7.4.7 Drenaggio delle venute d'acqua

Nelle zone in cui vi siano infiltrazioni d'acqua di particolare intensità si dovrà applicare sull'impermeabilizzazione uno strato drenante, con le caratteristiche indicate ai precedenti punti.

Lo strato drenante dovrà essere collegato ad un sistema di drenaggio che garantisca un adeguato smaltimento.

La scelta del tipo di materiale da utilizzare sarà subordinata all'entità dell'infiltrazione.

L'ESECUTORE dovrà comunque motivare la scelta per scritto alla Direzione Lavori.

11.7.4.8 Sistema drenante al piede dei piedritti

Il sistema di drenaggio posto alla base dei piedritti dovrà essere adagiato su uno strato di calcestruzzo di sottofondazione della classe Rck 15 N/mm² dello spessore minimo di 10 cm e comprendente tutta la larghezza tra la struttura e la parete di scavo. Il tubo di drenaggio poggerà sulla struttura di impermeabilizzazione che dovrà coprire interamente lo strato di sottofondazione e risvoltare lungo la parete di scavo per almeno 80 cm in modo da contenere il tubo e l'intero pacchetto drenante. Il tubo sarà collegato con derivazioni al collettore centrale; per un'altezza di almeno di 50 cm e per tutta la larghezza compresa tra la struttura e le pareti dello scavo il tubo dovrà essere ricoperto di materiale drenante costituito da inerte lavato di pezzatura 10-30 mm. Il tutto dovrà essere

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI GA SP IFS 001 A</u>	FOGLIO 131 di 133

completamente avvolto nell'ultimo strato di tessuto non tessuto.

I tubi dovranno essere collegati ai pozzetti di raccolta nelle nicchie mediante pezzi speciali a T e relative tubazioni di raccordo in PVC non fessurato.

I fori praticati nelle membrane per il passaggio delle tubazioni di raccordo dovranno essere sigillati con appositi elementi in PVC o guaina bituminosa termosaldati alla membrana stessa e ai tubi di raccordo in conformità ai particolari costruttivi sottoposti alla approvazione della Direzione Lavori.

In ogni caso il tubo drenante microfessurato alla base dell'impermeabilizzazione dovrà:

- presentare curve con raggio non inferiore a 50 cm;
- il suo andamento longitudinale non dovrà discostarsi da quello previsto in progetto di $\pm 3 \%$ in alcun tratto;
- non dovrà presentare corde molli che diano luogo a frecce superiori a 3 cm su un tratto di 2 metri.

L'ESECUTORE potrà sottoporre alla Direzione Lavori soluzioni alternative che comunque dovranno tenere conto della necessità di dotare il sistema, di regolari ed equidistanti pozzetti di ispezione e pulizia per l'eliminazione di eventuali sedimenti o depositi di acque incrostanti.

L'ESECUTORE dovrà garantire che il sistema di drenaggio non subisca variazioni dell'assetto e delle pendenze di progetto e non consenta la penetrazione di terreno durante le operazioni di rinterro che potrebbe otturare o impedire il deflusso delle acque.

11.7.4.9 Applicazione della membrana impermeabile in PVC

La membrana dovrà essere stesa in aderenza al primo strato di geotessile sulla struttura e risvoltare ai piedi dei piedritti in modo da avvolgere tutto il sistema drenante fino ad un'altezza di 80 cm.

Le membrane, prima della giunzione, dovranno risultare fra loro sovrapposte di almeno 80 mm.

Le giunzioni saranno di tipo piano, ottenute per semplice sovrapposizione delle membrane, e dovranno essere realizzate mediante speciali apparecchiature funzionanti a aria calda dotate di rulli opportunamente frizionati atti ad assicurare una doppia saldatura piana e parallela con interposto canale per la prova in pressione.

Ciascuna saldatura dovrà avere una larghezza non inferiore a 6 mm e lo spazio fra le saldature dovrà risultare minore di 20 mm.

Tutte le saldature dovranno essere sistematicamente sottoposte, per la loro intera estensione, alla prova di tenuta pneumatica realizzata secondo le modalità previste al relativo paragrafo. Queste prove dovranno essere eseguite sistematicamente dall'ESECUTORE che dovrà riportarne gli esiti sulla giunzione stessa (data, ora, esito), in modo indelebile.

Le saldature, prive del canale di prova verranno accettate solo per le riparazioni o per eventuali interventi particolari e dovranno essere registrate sul verbale della prova di controllo della tenuta.

La membrana non dovrà presentare giunzioni incrociate.

In caso contrario l'ESECUTORE dovrà termosaldare sulle intersezioni un elemento quadrato di PVC, avente lato non inferiore a 20 cm, la cui tenuta dovrà essere verificata mediante prova per depressione con campana Vacuum. Ogni lacerazione passante o foro dovrà essere riparato mediante applicazione di una nuova membrana che dovrà avere una sovrapposizione perimetrale non inferiore a 15 cm.

La riparazione dovrà essere sottoposta a prova di tenuta mediante campana Vacuum.

Durante l'esecuzione ogni 1000 m di giunzione si dovrà prelevare un campione della giunzione stessa che verrà sottoposto a prova di trazione a rottura secondo la Norma DIN 16726.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI GA SP IFS 001 A</u>	FOGLIO 132 di 133

La membrana non potrà essere applicata e termosaldata a temperature inferiori a +5 °C.

11.7.4.10 Applicazione della membrana impermeabile in guaina bituminosa

L'impermeabilizzazione sarà costituita da un doppio strato di guaina il primo avente le caratteristiche definite in tabella 11.7.4-1 ed il secondo quelle definite in tabella 11.7.4-2.

La prima guaina verrà applicata previa spalmatura sulla struttura di uno strato di imprimatura in vernice bituminosa al solvente in ragione di 300g/mq.

I due strati di guaina dovranno risvoltare ai piedi dei piedritti in modo da avvolgere tutto il sistema drenante fino ad un'altezza di 80 cm.

Le membrane, prima della giunzione, dovranno risultare fra loro sovrapposte di almeno 10cm.

Le giunzioni saranno di tipo piano, ottenute per semplice sovrapposizione delle membrane, con sistema di saldatura eseguito a fiamma. I giunti dovranno sempre essere sfalsati e i due strati dovranno essere posati in direzione ortogonale tra loro (il primo con il lato maggiore dei teli parallelo all'asse della galleria, l'altro con il lato maggiore dei teli perpendicolare all'asse della galleria)

La membrana non dovrà presentare giunzioni incrociate.

Ogni lacerazione passante o foro dovrà essere riparato mediante applicazione di una nuova membrana che dovrà avere una sovrapposizione perimetrale non inferiore a 10 cm.

Durante l'esecuzione ogni 1000 m di giunzione si dovrà prelevare un campione della giunzione stessa che verrà sottoposta a prova di trazione a rottura.

11.7.4.11 Protezioni particolari del rivestimento impermeabile

a) L'impermeabilizzazione dovrà essere accuratamente protetta fino alle operazioni di ritombamento.

Prima della chiusura dello scavo l'ESECUTORE dovrà redigere, un verbale in contraddittorio con la Direzione Lavori sulle condizioni dell'impermeabilizzazione.

Il rinterro dovrà essere ultimato entro 20 giorni dalla posa dell'impermeabilizzazione. In corrispondenza delle zone in cui la membrana sia stata installata dovranno essere rimossi o adeguatamente protetti eventuali ferri emergenti o altri elementi che potrebbero danneggiarla.

b) Qualora l'impermeabilizzazione venga estesa anche sotto la fondazione e chiusa ad anello, la membrana dovrà essere protetta dall'armatura con uno strato di geocomposito dello spessore non inferiore a 10 mm immediatamente dopo la posa.

Se è prevista una protezione con conglomerato cementizio dello spessore comunque non inferiore a 100 mm il traffico sarà consentito quando il conglomerato cementizio avrà raggiunto una resistenza di 10 N/mm².

In corrispondenza dell'attacco muretta-arco rovescio o fondazione-piedritti la membrana e la sua protezione dovranno debordare di almeno 40 cm rispetto al getto di prima fase o ai ferri di attesa.

In caso di sospensione dei getti per una durata superiore a sette giorni il bordo della membrana dovrà essere protetto con un'altra membrana, della larghezza di 40 cm, ripiegata e saldata a tenuta in corrispondenza dei due lati della membrana da proteggere.

11.7.4.12 Applicazione del geotessile

Il primo strato di geotessile non tessuto, ove previsto, verrà applicato direttamente sulla struttura e fatto risvoltare alla base dei piedritti fino a coprire la fondazione del drenaggio e la parete dello scavo per un'altezza minima di 80

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 11 GALLERIE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 11	Codifica: <u>RFI DTC SI GA SP IFS 001 A</u>	FOGLIO 133 di 133

cm. Il secondo strato di geotessile non tessuto dovrà essere applicato sulla guaina e fatto risvoltare ai piedi dei piedritti in modo da avvolgere completamente tutto il sistema drenante (tubo e materiale inerte).

11.7.4.13 Controlli e prove

Si farà riferimento alle prescrizioni relative alle gallerie naturali in tradizionale, contenute nel paragrafo 11.5.5.7.

11.7.5 RINTERRI

Andranno seguite le prescrizioni riguardanti i rinterri (vedi Sezione 5 del Capitolato).

In particolare il rinterro dovrà essere eseguito con terreni che presentino caratteristiche di cui alla sezione richiamata.

L'ESECUTORE non potrà eseguire il rinterro prima che dal getto del calcestruzzo sia trascorso il periodo di tempo stabilito dal progettista.

Il rinterro dovrà in ogni caso essere eseguito per strati di spessore non superiore a 50 cm ed alternativamente sui due lati del manufatto al fine di non provocare condizioni di carico dissimetriche e dovrà essere costipato con modalità simili.

Il rinterro deve, inoltre, essere realizzato in modo da consentire il regolare deflusso delle acque e, salvo diverse prescrizioni contrattuali, in modo da ripristinare la configurazione originaria del piano campagna.

**CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE
OPERE CIVILI**

**PARTE II - SEZIONE 12
PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA**

12.1	SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE
12.2	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO
12.3	DEFINIZIONI
12.4	ABBREVIAZIONI
12.5	DISPOSIZIONI GENERALI
12.6	OPERE IN C.A. E C.A.P.
12.7	OPERE METALLICHE E MISTE ACCIAIO-CALCESTRUZZO
12.8	SISTEMI DI IMPERMEABILIZZAZIONE
12.9	APPARECCHI D'APPOGGIO
12.10	COPRIGIUNTI
12.11	RITEGNI SISMICI MECCANICI
12.12	DISPOSITIVI DINAMICI DI VINCOLO PROVVISORIO
12.13	DISPOSITIVI DI SOSPENSIONE
12.14	CONTROLLO DELLA PRODUZIONE DISPOSITIVI DI VINCOLO E COPRIGIUNTI
12.15	OPERE PROVVISORIE
12.16	INFISSIONE A SPINTA DI MANUFATTI SCATOLARI
12.17	INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO
12.18	ALLEGATO A CRITERI OMOLOGAZIONE APPOGGI ELASTICI
12.19	ALLEGATO B CRITERI OMOLOGAZIONE COPRIGIUNTI

Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Verifica Tecnica	Autorizzazione
A	30/12/2016	Emissione per Applicazione	A.F. Annicchiarico G. Sorrentino	M. Tisalvi	F. Iacobini
B	22/12/2017	Emissione per Applicazione	A.F. Annicchiarico <i>A.F. Annicchiarico</i> G. Sorrentino <i>G. Sorrentino</i>	M. Tisalvi <i>M. Tisalvi</i>	F. Iacobini <i>F. Iacobini</i>

INDICE

12.1	SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE.....	6
12.2	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	6
12.2.1	NORMATIVA NAZIONALE.....	6
12.2.2	NORMATIVA EUROPEA	6
12.2.3	DOCUMENTAZIONE TECNICA	11
12.2.4	NORMATIVA FERROVIARIA	11
12.3	DEFINIZIONI.....	11
12.4	ABBREVIAZIONI.....	11
12.5	DISPOSIZIONI GENERALI.....	12
12.5.1	PRESCRIZIONI OPERATIVE.....	12
12.5.2	DOCUMENTI DI VARO.....	12
12.5.3	PROVE.....	12
12.6	OPERE IN C.A. E C.A.P.	12
12.6.1	OPERE FERROVIARIE	12
12.6.2	CAVALCAVIA STRADALI E PASSERELLE PEDONALI.....	13
12.7	OPERE METALLICHE E MISTE ACCIAIO-CALCESTRUZZO	13
12.7.1	OPERE FERROVIARIE	13
12.7.2	CAVALCAVIA STRADALI E PASSERELLE PEDONALI.....	13
12.8	SISTEMI DI IMPERMEABILIZZAZIONE	13
12.8.1	IMPERMEABILIZZAZIONE COSTTUITA DA MEMBRANE BITUMINOSE PREFABBRICATE	14
12.8.1.1	PRESCRIZIONI PER LA POSA IN OPERA DEL MANTO IMPERMEABILE.....	16
12.8.1.2	PROVE SULLE FORNITURE E SUL PRODOTTO APPLICATO	19
12.8.2	IMPERMEABILIZZAZIONE COSTTUITA DA MEMBRANA IMPERMEABILE SINTETICA	21
12.8.2.1	CARATTERISTICHE DELLA MEMBRANA IMPERMEABILIZZANTE.....	22
12.8.2.2	PROVE SULLE FORNITURE E SUL PRODOTTO APPLICATO	24
12.8.3	STRATO PROTETTIVO IN CONGLOMERATO BITUMINOSO.....	24
12.8.3.1	POSA IN OPERA DEL CONGLOMERATO BITUMINOSO	26
12.8.3.2	PROVE SUI CONGLOMERATI BITUMINOSI	26
12.8.4	SISTEMA DI IMPERMEABILIZZAZIONE PER PONTI E VIADOTTI ESISTENTI.....	27
12.8.4.1	DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO	27
12.8.4.2	FASI REALIZZATIVE.....	28
12.8.4.3	CARATTERISTICHE DELLA MEMBRANA IMPERMEABILE	38
12.8.4.4	TEMPISTICHE DI ESECUZIONE DEI LAVORI.....	38
12.9	APPARECCHI D'APPOGGIO.....	40
12.9.1	CARATTERISTICHE GENERALI.....	40
12.9.2	APPARECCHI DI APPOGGIO PER STRUTTURE IN C.A. , C.A.P. E MISTE ACCIAIO -	

CALCESTRUZZO	40
12.9.2.1 TIPOLOGIE DA UTILIZZARE	40
12.9.2.2 APPOGGI FISSI	40
12.9.2.3 APPOGGI MOBILI.....	43
12.9.2.4 DISPOSITIVI DI VINCOLO MECCANICI PER SOLI CARICHI ORIZZONTALI (FISSI E MOBILI UNIDIREZIONALI)	47
12.9.2.5 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	48
12.9.2.6 PRESCRIZIONI COSTRUTTIVE SUGLI APPOGGI	51
12.9.2.7 TOLLERANZE NEGLI ACCOPPIAMENTI E GIOCO TOTALE.....	53
12.9.2.8 RIVESTIMENTI PROTETTIVI.....	53
12.9.2.9 PRESCRIZIONI SULLE SALDATURE	54
12.9.2.10 PRESCRIZIONI PER L'ASSEMBLAGGIO, IL TRASPORTO E LO STOCCAGGIO IN CANTIERE.....	54
12.9.2.11 POSA IN OPERA	56
12.9.3 APPOGGI PER TRAVATE METALLICHE	58
12.9.3.1 GENERALITÀ E CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	58
12.9.3.2 TIPOLOGIE	58
12.10 COPRIGIUNTI.....	62
12.10.1 GENERALITÀ.....	62
12.10.2 CARATTERISTICHE DEI COPRIGIUNTI	62
12.10.3 MODALITÀ DI POSA IN OPERA.....	63
12.10.4 PROTEZIONE DEI COPRIGIUNTI IN CANTIERE.....	63
12.10.5 PROVE DA EFFETTUARE IN CANTIERE SUI COPRIGIUNTI MONTATI	63
12.10.6 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	63
12.11 RITEGNI SISMICI MECCANICI CON TAMPONI IN GOMMA.....	64
12.11.1 GENERALITA'.....	64
12.11.2 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DA IMPIEGARE E PROTEZIONE DELLE SUPERFICI	65
12.11.3 POSA IN OPERA	66
12.12 DISPOSITIVI DINAMICI DI VINCOLO PROVVISORIO.....	66
12.12.1 GENERALITÀ.....	66
12.12.2 CARATTERISTICHE DEI RITEGNI	66
12.12.3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	67
12.12.4 PROTEZIONE DELLE PARTI METALLICHE	67
12.13 DISPOSITIVI DI SOSPENSIONE (PENDINI)	68
12.13.1 GENERALITA'.....	68
12.13.2 DESCRIZIONE E CARATTERISTICHE DEI SINGOLI ELEMENTI	68
12.13.2.1 SNODI.....	68

12.13.2.2	STAFFE	69
12.13.2.3	TERMINALI A FORCELLA	69
12.13.2.4	LE BARRE TONDE	69
12.13.2.5	DADO DI BLOCCAGGIO DELLE BARRE.....	69
12.13.2.6	PERNO	69
12.13.2.7	VITI	69
12.13.2.8	COPERCHIO DEL PERNO.....	69
12.13.2.9	SCOSSALINE PARAPOLVERE E PARAPIOGGIA.....	70
12.13.2.10	PROTEZIONI CONTRO LA CORROSIONE DELLE PARTI METALLICHE	70
12.14	CONTROLLO DELLA PRODUZIONE, DEI MATERIALI E DEI DISPOSITIVI DI VINCOLO ASSEMBLATI	70
12.14.1	PROCEDURA DI CONTROLLO DELLA PRODUZIONE	70
12.14.2	CONTROLLO DELLA QUALITA' DEI MATERIALI	71
12.14.2.1	ACCIAIO LAMINATO	71
12.14.2.2	ACCIAIO PER GETTI.....	72
12.14.2.3	ACCIAIO FUCINATO E STAMPATO	73
12.14.2.4	LAMIERE, BARRE E PROFILATI IN ACCIAIO INOSSIDABILE	74
12.14.2.5	PRODOTTI FINITI LAMINATI A CALDO IN BARRE DI ACCIAIO NON LEGATO O LEGATO SPECIALE DA BONIFICA (PERNI, SPINE, ZANCHE ECC.)	74
12.14.2.6	BULLONERIA	75
12.14.2.7	LEGA IN ALLUMINIO.....	75
12.14.2.8	PTFE.....	76
12.14.2.9	GOMMA.....	77
12.14.2.10	SCOSSALINA IN HYPALON PER COPRIGIUNTI	77
12.14.2.11	LUBRIFICANTI	78
12.14.3	CONTROLLO DEI DISPOSITIVI ASSEMBLATI.....	78
12.14.3.1	APPOGGI IN ACCIAIO CON MATERIALE ANTIFRIZIONE E A DISCO ELASTOMERICO CONFINATO	78
12.14.3.2	APPOGGI IN ACCIAIO FUSO.....	80
12.14.3.2.1	CONTROLLO DIMENSIONALE	80
12.14.3.3	APPOGGI IN GOMMA ARMATA	80
12.14.3.4	DISPOSITIVI DI VINCOLO MECCANICI PER SOLI CARICHI ORIZZONTALI.....	81
12.14.3.5	COPRIGIUNTI FINITI	81
12.14.3.6	DISPOSITIVI DINAMICI DI VINCOLO PROVVISORIO	82
12.14.3.7	DISPOSITIVI DI SOSPENSIONE (PENDINI).....	83
12.15	OPERE PROVVISORIE.....	84
12.16	INFISSIONE A SPINTA DI MANUFATTI SCATOLARI	85

12.16.1	GENERALITA'	85
12.16.2	PRESCRIZIONI TECNICHE	85
12.17	INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO	87
	ALLEGATO A - CRITERI PER L'OMOLOGAZIONE DI APPARECCHI DI APPOGGIO FISSI CON DISPOSITIVO ELASTICO PER PONTI FERROVIARI	88
	ALLEGATO B - CRITERI DI ACCETTAZIONE PER L'OMOLOGAZIONE DI COPRIGIUNTI PER IMPALCATI FERROVIARI	94

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 B	FOGLIO 6 di 99

12.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

Le prescrizioni contenute nella presente sezione di Capitolato si applicano ai lavori di realizzazione di opere ferroviarie (ponti, viadotti e sottovia) e di cavalcavia stradali e pedonali.

La presente sezione è parte integrante del Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili (cod. RFI DTC SI SP IFS 001) e sostituisce la sezione 12 della parte II del precedente Capitolato (cod. RFI DTC SICS PS SP IFS 002 A).

12.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

I lavori saranno eseguiti in accordo alle norme di legge, istruzioni e normative tecniche applicabili, nonché a tutte quelle indicate nel presente documento e nelle sezioni di Capitolato richiamate nel testo. Si elencano di seguito la principale normativa e documentazione di riferimento.

12.2.1 NORMATIVA NAZIONALE

- Legge 5/11/1971, n.1086 - Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato normale e precompresso e a struttura metallica;
- D.P.R. n. 380/2001 – Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia;
- D.M. Infrastrutture del 14/01/2008 – Nuove Norme tecniche per le costruzioni;
- Circolare esplicativa del 2 febbraio 2009, n. 617/C.S.LL.PP. - Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni»

12.2.2 NORMATIVA EUROPEA

Membrane impermeabili:

- UNI EN ISO 527:2012 - Materie plastiche - Determinazione delle proprietà a trazione - Parte 2: Condizioni di prova per materie plastiche per stampaggio ed estrusione;
- UNI ISO 815:2005 - Gomma vulcanizzata o termoplastica - Determinazione della deformazione residua a compressione;
- UNI EN ISO 868:2005 - Materie plastiche ed ebanite - Determinazione della durezza per penetrazione di un durometro (durezza Shore);
- UNI EN 1107:2002 - Membrane flessibili per impermeabilizzazione - Membrane bituminose per l'impermeabilizzazione delle coperture - Determinazione della stabilità dimensionale;
- UNI EN 1109:2002 - Membrane flessibili per impermeabilizzazione - Membrane bituminose per l'impermeabilizzazione delle coperture - Determinazione della flessibilità a freddo;
- UNI EN 1110:2011 - Membrane flessibili per impermeabilizzazione - Membrane bituminose per l'impermeabilizzazione delle coperture - Determinazione dello scorrimento a caldo;
- UNI EN ISO 1183-1:2013 - Materie plastiche - Metodi per la determinazione della massa volumica delle materie plastiche non alveolari - Parte 1: Metodo ad immersione, metodo del picnometro in mezzo liquido e metodo per titolazione;
- UNI EN 1296:2002 - Membrane flessibili per impermeabilizzazione - Membrane bituminose, di materiale plastico e gomma per impermeabilizzazione di coperture - Metodo di invecchiamento artificiale tramite esposizione a lungo termine ad elevate temperature;

- UNI EN ISO 1431:2013 - Gomma vulcanizzata o termoplastica - Resistenza al deterioramento in ozono - Parte 1: Prova in condizioni di deformazione statiche e dinamiche;
- UNI EN ISO 1461:2000 - Rivestimenti di zincatura per immersione a caldo su prodotti finiti ferrosi e articoli di acciaio - Specificazioni e metodi di prova;
- UNI EN ISO 1542:2000 - Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture di calcestruzzo -Metodi di prova - Misurazione dell'aderenza per trazione diretta;
- UNI EN 1848-1:2002 - Membrane flessibili per impermeabilizzazione - Determinazione della lunghezza, della larghezza e della rettilineità - Membrane bituminose per l'impermeabilizzazione delle coperture;
- UNI EN 1849-1:2002 - Membrane flessibili per impermeabilizzazione - Determinazione dello spessore e della massa areica - Membrane bituminose per l'impermeabilizzazione delle coperture;
- UNI EN 1297:2005 - Membrane flessibili per impermeabilizzazione - Membrane di bitume, plastica e gomma per l'impermeabilizzazione di coperture - Metodo di invecchiamento artificiale tramite esposizione combinata di lunga durata alle radiazioni UV, alla temperatura elevata e all'acqua;
- UNI EN 1928:2002 - Membrane flessibili per impermeabilizzazione Membrane bituminose, di materiale plastico e di gomma per impermeabilizzazione di coperture: determinazione della tenuta d'acqua;
- UNI ISO 4288: - Prove sulle materie plastiche. Determinazione della resistività elettrica superficiale e volumica;
- UNI ISO 4649:2011-Gomma, vulcanizzata o termoplastica - Determinazione della resistenza all'abrasione mediante dispositivo a tamburo cilindrico rotante;
- UNI EN ISO 4892:2013 - Materie plastiche - Metodi di esposizione a sorgenti di luce di laboratorio - Parte 2: Lampade ad arco allo xeno;
- UNI EN ISO 10559:1996 - Prodotti vernicianti. Determinazione della resistenza all'abrasione con l'apparecchio "TABER";
- UNI EN 12310-1:2001- Membrane flessibili per impermeabilizzazione - Determinazione della resistenza alla lacerazione - Membrane bituminose per l'impermeabilizzazione delle coperture;
- UNI EN ISO 12310-2:2002 - Membrane flessibili per impermeabilizzazione - Determinazione della resistenza alla lacerazione - Membrane di materiale plastico e gomma per l'impermeabilizzazione delle coperture;
- UNI EN 12311-1:2002 - Membrane flessibili per impermeabilizzazione – membrane bituminose per l'impermeabilizzazione delle coperture – Determinazione delle proprietà a trazione;
- UNI EN ISO 12691:2006 - Membrane flessibili per impermeabilizzazione - Membrane bituminose, di materiale plastico e di gomma per impermeabilizzazione di coperture - Determinazione della resistenza all'urto;
- UNI EN 12730:2002 - Membrane flessibili per impermeabilizzazione - Membrane bituminose, di materiale plastico e di gomma per impermeabilizzazione di coperture - Determinazione della resistenza al carico statico;
- UNI EN 13416:2003 - Membrane flessibili per impermeabilizzazione - Membrane bituminose, di materiale plastico e di gomma per impermeabilizzazione di coperture – Regole per il campionamento;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 B	FOGLIO 8 di 99

- UNI EN 13596:2005 - Determinazione della resistenza dell'aderenza;
- UNI EN 13653:2005 - Membrane bituminose armate per l'impermeabilizzazione di impalcati di ponte di calcestruzzo e altre superfici di calcestruzzo soggette a traffico – Determinazione della resistenza al taglio;
- UNI EN 14223:2005 - Membrane bituminose armate per l'impermeabilizzazione di impalcati di ponte di calcestruzzo e altre superfici di calcestruzzo soggette a traffico – Determinazione dell'assorbimento d'acqua;
- UNI EN 14695:2010 - Membrane bituminose armate per l'impermeabilizzazione di impalcati di ponte di calcestruzzo e altre superfici di calcestruzzo soggette a traffico.

Dispositivi di vincolo

- UNI EN ISO 286-2 - Specifiche geometriche dei prodotti (GPS) - Sistema di codifica ISO per tolleranze di dimensioni lineari - Prospetti delle classi di tolleranza normalizzate e degli scostamenti limite di fori e alberi.
- UNI EN ISO 291: 2008 - Materie plastiche - Atmosfere normali di condizionamento e di prova
- UNI EN ISO 527-1:2012 - Materie plastiche - Determinazione delle proprietà a trazione - Principi generali
- UNI EN ISO 527-3:1997 - Materie plastiche. Determinazione delle caratteristiche a trazione. Condizioni di prova per film a lastre.
- UNI EN 573-3: 2013 - Alluminio e leghe di alluminio - Composizione chimica e forma dei prodotti semilavorati - Parte 3: Composizione chimica e forma dei prodotti
- UNI EN 485-2:2013 - Alluminio e leghe di alluminio - Lamiere, nastri e piastre - Parte 2: Caratteristiche meccaniche
- UNI EN 586-1:1996 - Alluminio e leghe di alluminio. Fucinati. Caratteristiche meccaniche ed altre caratteristiche richieste.
- UNI EN 755-2:2013 - Alluminio e leghe di alluminio - Barre, tubi e profilati estrusi - Parte 2: Caratteristiche meccaniche
- UNI EN ISO 898-1: 2013 - Caratteristiche meccaniche degli elementi di collegamento di acciaio - Viti e viti prigioniere con classi di resistenza specificate - Filettature a passo grosso e a passo fine
- UNI EN ISO 898-2: 2012 - Caratteristiche meccaniche degli elementi di collegamento di acciaio al carbonio e acciaio legato - Parte 2: Dadi con classi di resistenza specificate - Filettatura a passo grosso e filettatura a passo fine.
- UNI EN ISO 1183-1:2013 - Materie plastiche - Metodi per la determinazione della massa volumica delle materie plastiche non alveolari - Parte 1: Metodo ad immersione, metodo del picnometro in mezzo liquido e metodo per titolazione
- UNI EN 1337-2: 2005 – Appoggi strutturali – Elementi di scorrimento.
- UNI EN 1337-3: 2005 – Appoggi strutturali – Appoggi elastomerici.
- UNI EN 1337-5:2005 – Appoggi strutturali – Appoggi a disco elastomerico.
- UNI EN 1369: 20112 - Fonderia - Prova mediante polveri magnetiche.

- UNI EN ISO 1461: 2009 - Rivestimenti di zincatura per immersione a caldo su prodotti finiti ferrosi e articoli di acciaio - Specificazioni e metodi di prova.
- UNI EN 1559-2: 2014 - Fonderia - Condizioni tecniche di fornitura - Requisiti aggiuntivi per getti di acciaio.
- UNI EN 1928:2002 - Membrane flessibili per impermeabilizzazione - Membrane bituminose, di materiale plastico e di gomma per impermeabilizzazione di coperture - Determinazione della tenuta all'acqua
- UNI EN ISO 2039-1: 2006 - Materie plastiche - Determinazione della durezza - Metodo di penetrazione con sfera
- UNI EN ISO 4287: 2009 – Specifiche geometriche dei prodotti (GPS) - Stato della superficie: Metodo del profilo - Termini, definizioni e parametri dello stato della superficie
- UNI EN ISO 4527: 2006 - Rivestimenti metallici - Rivestimenti (chimici) autocatalitici di lega nichel-fosforo - Requisiti e metodi di prova.
- UNI EN ISO 4759: 2003 - Tolleranze per elementi di collegamento - Rondelle piane per viti e dadi - Categorie A e C.
- UNI EN ISO 6892-1: 2009 - Materiali metallici - Prova di trazione - Metodo di prova a temperatura ambiente.
- UNI EN ISO 8062-3: 2009 - Specifiche geometriche dei prodotti (GPS) - Tolleranze dimensionali e geometriche dei pezzi ottenuti da fusione - Parte 3: Tolleranze dimensionali e geometriche generali e sovrametalli di lavorazione dei getti
- UNI EN 10088 – 2: 2014 Acciai inossidabili - Condizioni tecniche di fornitura delle lamiere, dei fogli e dei nastri di acciaio resistente alla corrosione per impieghi generali.
- UNI EN 10021: 2007 - Condizioni tecniche generali di fornitura dei prodotti di acciaio.
- UNI EN 10025-1:2005 - Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 1: Condizioni tecniche generali di fornitura.
- UNI EN 10025-2: 2005 - Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 2: Condizioni tecniche di fornitura di acciai non legati per impieghi strutturali.
- UNI EN 10029: 2011 - Lamiere di acciaio laminate a caldo di spessore maggiore o uguale a 3 mm - Tolleranze sulle dimensioni e sulla forma.
- UNI EN 10088 – 1: 2014 - Acciai inossidabili - Lista degli acciai inossidabili.
- UNI EN 10088 – 3: 2014 - Acciai inossidabili - Parte 3: Condizioni tecniche di fornitura dei semilavorati, barre, vergella, filo, profilati e prodotti trasformati a freddo di acciaio resistente alla corrosione per impieghi generali.
- UNI EN 10160: 2001 - Controllo con ultrasuoni di prodotti piani di acciaio con spessore maggiore o uguale a 6 mm (metodo per riflessione).
- UNI EN 10163 -1: 2005 - Condizioni di fornitura relative alla finitura superficiale di lamiere, larghi piatti e profilati di acciaio laminati a caldo - Parte 1: Requisiti generali.
- UNI EN 10163 -2: 2005 - Condizioni di fornitura relative alla finitura superficiale di lamiere, larghi piatti e profilati di acciaio laminati a caldo - Lamiere e larghi piatti.

- UNI EN 10163 -3: 2005 - Condizioni di fornitura relative alla finitura superficiale di lamiera, larghi piatti e profilati di acciaio laminati a caldo – Profilati.
- UNI EN 10250-2: 2001 - Prodotti fucinati di acciaio per impieghi generali - Acciai non legati di qualità e acciai speciali.
- UNI EN 10293: 2015 - Getti di acciaio - Getti di acciaio per impieghi tecnici generali
- UNI EN 12680-1: 2005 - Fonderia - Controllo mediante ultrasuoni - Getti di acciaio per impieghi generali
- UNI EN ISO 23277: 2015 - Controllo non distruttivo delle saldature - Controllo mediante liquidi penetranti - Livelli di accettabilità
- ISO 2176: 1995 - Petroleum products -- Lubricating grease -- Determination of dropping point.
- ISO 3016: 1994 - Petroleum products -- Determination of pour point.
- ISO 37: 2011 - Rubber, vulcanized or thermoplastic – Determination of tensile stress-strain.
- ISO 34-1: 2015 – Rubber, vulcanized or thermoplastic – determination of tear strenght – trouser, angle and crescent test pieces.
- ISO 815: 2014 - Rubber, vulcanized or thermoplastic – determination of compression set
- ISO 868: 2003 - Plastics and ebonite -- Determination of indentation hardness by means of a durometer (Shore hardness).
- ISO 2137: 2007 Produits pétroliers et lubrifiants -- Détermination de la pénétrabilité au cône des graisses lubrifiantes et des pétrolatums.
- ISO 48: 2010 - Rubber, vulcanized or thermoplastic -- Determination of hardness (hardness between 10 IRHD and 100 IRHD).
- ISO 188: 2011 - Rubber, vulcanized or thermoplastic -- Accelerated ageing and heat resistance tests.
- ISO 1431-1: 2004 Rubber, vulcanized or thermoplastic -- Resistance to ozone cracking -- Static and dynamic strain testing.
- UNI ISO 812: 2012 - Rubber, vulcanized or thermoplastic -- Determination of low-temperature brittleness.
- UNI ISO 4650: 2007 Gomma identificazione – metodi spettrometrici nell'infrarosso.
- UNI 8309: 1981 - Prodotti vernicianti. Determinazione della perdita di massa in stufa a 110 C e del residuo in muffola a 450 C dei rivestimenti plastici.
- UNI ISO 3651-2: 2000 - Determinazione della resistenza alla corrosione intergranulare degli acciai inossidabili - Acciai inossidabili ferritici, austenitici ed austenitici- ferritici (duplex) - Prova di corrosione in ambienti contenenti acido solforico.
- UNI ISO 4661: 1990 - Elastomeri: Prove su vulcanizzati. Preparazione di campioni e di provini. Prove chimiche.
- UNI ISO 23529: 2011 - Gomma - Procedure generali per la preparazione e il condizionamento dei provini per prove fisiche
- UNI 9376: 1989 - Prodotti vernicianti. Determinazione della percentuale di legante, pigmento e riempitivi.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 B	FOGLIO 11 di 99

- UNI 5405: 1964 - Elastomeri: prove su vulcanizzati. Determinazione dell'attacco ottenuto in vulcanizzazione fra elastomero e metallo (provetta piana).
- ASTM D 792: 2008 - Standard Test Methods for Density and Specific Gravity (Relative Density) of Plastics by Displacement.

12.2.3 DOCUMENTAZIONE TECNICA

- ISO 9001 – Sistemi di gestione per la qualità;
- ISO 14001 – Sistemi di Gestione Ambientale;
- Istruzione CNR 10011 - Costruzioni in acciaio - Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione;
- Istruzione CNR 10016 - Strutture composte di acciaio e calcestruzzo. Istruzioni per l'impiego nelle costruzioni;
- Istruzione CNR 10018 - Apparecchi d'appoggio per le costruzioni. Istruzioni per l'impiego.
- CNR – B.U. n. 27 - Metodo di prove per la misura equivalente in sabbia.
- CNR – B.U. 30 - Determinazione della stabilità e dello scorrimento di miscele di bitume e inerti lapidei a mezzo dell'apparecchio Marshall.
- CNR – B.U. 39 - Determinazione della porosità o percentuale dei vuoti di miscele di aggregati lapidei con bitume o catrame.
- CNR – B.U. 68 - Norme per l'accettazione dei bitumi per usi stradali - caratteristiche per l'accettazione.

12.2.4 NORMATIVA FERROVIARIA

- Istruzione 44C “Visite di controllo ai ponti, alle gallerie e alle altre opere d’arte dell’infrastruttura ferroviaria” RFI DTC SICS PO IFS 001 A del 07.08.2013;
- Manuale di Progettazione delle Opere Civili ed. corrente;
- Circolare n. 8 del 10/2/1960 del Servizio Lavori e Costruzioni delle F.S - .Norme riguardanti la costruzione dei ponti ad arco in conglomerato cementizio;
- COP n. 316/RFI del 29 lug. 2014 - Procedura Operativa “ La Direzione dei Lavori negli appalti gestiti da RFI” - RFI DPR PD IFS 005 D.


12.3 DEFINIZIONI

Ai fini del presente Capitolato si adottano le seguenti definizioni:

- ESECUTORE: soggetto incaricato dell'esecuzione dei lavori (Appaltatore, General Contractor, Contraente Generale);
- FERROVIE: RFI S.p.A. o chi agisce in nome e per conto di RFI S.p.A. (Direttore Lavori, Alta Sorveglianza).

12.4 ABBREVIAZIONI

Di seguito si riportano le abbreviazioni utilizzate all'interno della presente sezione di capitolato:

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 B	FOGLIO 12 di 99

- c.a.: cemento armato;
- c.a.p.: cemento armato precompresso.

12.5 DISPOSIZIONI GENERALI

12.5.1 PRESCRIZIONI OPERATIVE

Nell'esecuzione dei lavori l'ESECUTORE dovrà fornire la manodopera, le attrezzature, le opere provvisorie, i ponteggi in quantità e tipologia adeguate sia alla esecuzione dei lavori che all'effettuazione delle prove di carico e di eventuali controlli e ispezioni.

Nel caso di lavori da eseguire in presenza d'acqua, sarà cura dell'ESECUTORE provvedere, con i mezzi più adeguati, all'aggettamento e al contenimento della stessa o, in alternativa, sarà sua cura adottare gli accorgimenti necessari per l'esecuzione dei lavori in presenza d'acqua, previa informazione alle FERROVIE.

Per quelle opere che, per effetto di operazioni successive, possano rendersi inaccessibili o comunque non ispezionabili, l'ESECUTORE dovrà sempre informare le FERROVIE prima di procedere con le fasi successive. Nel caso in cui l'ESECUTORE non ottemperi a quanto sopra, le FERROVIE potranno richiedere di mettere a nudo le parti occultate o di rendere comunque accessibili le opere non ispezionate. Le prestazioni necessarie per quanto sopra dovranno essere eseguite a cura e spese dell'ESECUTORE.

Sarà cura dell'ESECUTORE provvedere all'installazione della strumentazione, alla rilevazione e alla elaborazione dei dati concernenti il monitoraggio sia definitivo, che in corso di realizzazione, delle opere quando previsto dal progetto.

Per l'effettuazione dei lavori, l'ESECUTORE dovrà adottare tutti gli accorgimenti e le cautele atte a garantire la sicurezza con particolare riferimento all'incolumità del personale addetto ai lavori.

12.5.2 DOCUMENTI DI VARO

Sarà cura dell'ESECUTORE procedere, in fase di redazione degli elaborati di dettaglio, allo studio del piano di varo delle strutture costituenti ponti e viadotti, in funzione delle attrezzature impiegate. Le sollecitazioni transitorie gravanti sui manufatti durante le diverse fasi di montaggio dovranno essere compatibili con le caratteristiche statiche degli elementi strutturali definitivi e transitori impegnati.

Tali elaborati di varo, completi di calcoli e verifiche, ferma restando l'esclusiva e totale responsabilità dell'ESECUTORE, dovranno essere preventivamente trasmessi alle FERROVIE per l'approvazione.

12.5.3 PROVE

Sarà cura dell'ESECUTORE eseguire o far eseguire tutte le prove e i controlli di legge nonché quelli previsti dalle specifiche ferroviarie, così come quelli aggiuntivi che le FERROVIE ritenessero necessarie ad assicurare la rispondenza del lavoro eseguito alle specifiche e agli standard qualitativi prefissati. Le prove sui materiali da costruzione dovranno essere effettuate presso laboratori ufficiali autorizzati ai sensi dell'art. 59 del DPR 380/2001.

12.6 OPERE IN C.A. E C.A.P.

12.6.1 OPERE FERROVIARIE

Per quanto concerne le opere ferroviarie in cemento armato ordinario e precompresso, si rimanda a quanto indicato nella seguente documentazione:

- D.M. Infrastrutture del 14/01/2008 – Nuove Norme tecniche per le costruzioni;
- Circolare esplicativa del 2 febbraio 2009, n. 617/C.S.LL.PP. - Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 B	FOGLIO 13 di 99

norme tecniche per le costruzioni»

- Sezione 6 del presente capitolato, “Opere in conglomerato cementizio e in acciaio”;
- Manuale di Progettazione delle Opere Civili ed. corrente

12.6.2 CAVALCAVIA STRADALI E PASSERELLE PEDONALI

Per quanto concerne le opere stradali e pedonali, costruite in cemento armato ordinario e precompresso sovrappassanti la sede ferroviaria, si rimanda a quanto indicato nella seguente documentazione:

- D.M. Infrastrutture del 14/01/2008 – Nuove Norme tecniche per le costruzioni;
- Circolare esplicativa del 2 febbraio 2009, n. 617/C.S.LL.PP. - Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni»
- Sezione 6 del presente capitolato, “Opere in conglomerato cementizio e in acciaio”;
- Manuale di Progettazione delle Opere Civili ed. corrente

12.7 OPERE METALLICHE E MISTE ACCIAIO-CALCESTRUZZO

12.7.1 OPERE FERROVIARIE

Per quanto concerne le opere ferroviarie in acciaio e acciaio-calcestruzzo, si rimanda a quanto indicato in:

- D.M. Infrastrutture del 14/01/2008 – Nuove Norme tecniche per le costruzioni;
- Circolare esplicativa del 2 febbraio 2009, n. 617/C.S.LL.PP. - Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni»
- Manuale di Progettazione delle Opere Civili ed. corrente

Nella costruzione delle strutture metalliche, per la qualità e le caratteristiche dei materiali ferrosi da impiegare, per il controllo degli stessi e per il controllo delle lavorazioni d’officina e per il montaggio in opera, si richiama l’osservanza della Sez. 6 del presente Capitolato.

La stessa sezione è richiamata per quanto riguarda le saldature per la realizzazione delle strutture metalliche.

12.7.2 CAVALCAVIA STRADALI E PASSERELLE PEDONALI

Per quanto concerne le opere stradali e pedonali, costruite in acciaio e acciaio-calcestruzzo sovrappassanti la sede ferroviaria, si rimanda a quanto indicato in:

- D.M. Infrastrutture del 14/01/2008 – Nuove Norme tecniche per le costruzioni;
- Circolare esplicativa del 2 febbraio 2009, n. 617/C.S.LL.PP. - Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni»
- Manuale di Progettazione delle Opere Civili ed. corrente.

Nella costruzione delle strutture metalliche, per la qualità e le caratteristiche dei materiali ferrosi da impiegare, per il controllo degli stessi e per il controllo delle lavorazioni d’officina e per il montaggio in opera, si richiama l’osservanza della Sez. 6 del presente Capitolato. La stessa sezione è richiamata per quanto concerne le saldature per la realizzazione delle strutture metalliche.

12.8 SISTEMI DI IMPERMEABILIZZAZIONE

Le impermeabilizzazioni degli impalcati ferroviari saranno realizzate mediante l’impiego di membrane

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 B	FOGLIO 14 di 99

bituminose prefabbricate oppure mediante membrane a base di prodotti sintetici da applicare a spruzzo quali ad esempio, poliuretano e poliurea, secondo quanto specificato nei successivi paragrafi.

Al fine di garantire l'omogeneità dell'impermeabilizzazione, sarà consentito l'impiego di una sola delle suddette tipologie sull'intero impalcato.

Con riferimento alle tipologie di ponti ferroviari indicati nel Manuale di Progettazione delle Opere Civili, di regola l'impiego di membrane sintetiche, in considerazione del maggior costo rispetto alle tradizionali membrane bituminose, è limitato a:

- solette degli impalcati in struttura mista acciaio-calcestruzzo;
- impalcati a cassone metallico con ballast all'interno;
- solette degli impalcati in c.a e c.a.p. realizzati a trave continua.

Per le altre tipologie d'impalcato si utilizzeranno le membrane bituminose prefabbricate.

Per le opere scatolari messe in opera mediante spinta sotto binario, il sistema d'impermeabilizzazione è di regola costituito come segue:

- per la soletta superiore, da membrane bituminose prefabbricate, protette da un massetto di calcestruzzo di classe C25/30, armato con rete d'acciaio elettrosaldato, di spessore non inferiore ai 5 cm;
- per le pareti verticali da uno strato di 3 mm di resine epossidiche bicomponenti.

I prodotti impermeabilizzanti devono essere dotati, ove previsto, di marcatura CE in conformità alla norma UNI EN 14695. Inoltre, dovranno provenire da PRODUTTORE in possesso della certificazione UNI EN ISO 9001.

I prodotti e la relativa etichettatura dovranno essere conformi agli obblighi di legge e alle normative nazionali e internazionali in materia di rispetto dell'ambiente e di salvaguardia della salute degli operatori. Per essi è, inoltre, richiesta la scheda di sicurezza, ove pertinente.

L'ESECUTORE dovrà conservare i prodotti nei propri imballi originali sigillati, in ambienti asciutti e al riparo dal sole, da altre fonti di calore e dal freddo intenso nel rispetto delle eventuali particolari prescrizioni fornite a riguardo dal PRODUTTORE.

Per ciascuna partita l'ESECUTORE deve consegnare alle FERROVIE, unitamente alla bolla di consegna, la DoP ("Declaration of Performance") fornita dal PRODUTTORE in accordo alla UNI EN 14695.

La caratterizzazione del sistema di impermeabilizzazione, che prevede lo svolgimento delle prove indicate nelle tabelle 12.8.3.1.1-2-3 e 12.8.3.2.1-2, dovrà essere effettuata a cura del PRODUTTORE all'atto della sua prima applicazione in ambito ferroviario, informando le FERROVIE per l'eventuale presenziamento delle prove di laboratorio. Per tutti gli impieghi successivi, l'ESECUTORE dovrà consegnare alle FERROVIE il Dossier contenente tutta la documentazione che attesti lo svolgimento delle prove di caratterizzazione suddette. Le FERROVIE, verificato il contenuto del Dossier, procederanno con le prove di conformità dei nuovi prodotti a quelli già testati secondo quanto riportato nei paragrafi 12.8.3.1.2 e 12.8.3.2.2.

12.8.1 IMPERMEABILIZZAZIONE COSTITUITA DA MEMBRANE BITUMINOSE PREFABBRICATE

Il sistema di impermeabilizzazione da applicare nella zona centrale "sotto-ballast" degli impalcati dovrà essere costituito da due membrane bituminose prefabbricate sovrapposte, di spessore 3 mm (membrana inferiore) e 4 mm (membrana superiore). Tali membrane dovranno poi essere protette superiormente da uno strato di 5 cm di spessore di conglomerato bituminoso.

La membrana superiore dovrà inoltre essere trattata sulla superficie superiore con fibre polimeriche preformate in film in modo da renderla più resistente al passaggio dei mezzi di cantieri e della vibrofinitrice.

Nella zona dei camminamenti l'impermeabilizzazione sarà invece formata da un'unica membrana di 4 mm di spessore, delle stesse caratteristiche della precedente membrana superiore, protetta dal suddetto strato di conglomerato bituminoso.

Tabella 12.8.1-1 - Caratteristiche della membrana inferiore da 3 mm

CARATTERISTICHE DELLA MEMBRANA	VALORE RICHIESTO	NORMA DI RIFERIMENTO	TOLLERANZE
Resistenza a rottura per trazione su provino longitudinale	500N	UNI EN 12311-1	± 20%
Resistenza a rottura per trazione su provino trasversale	400N	UNI EN 12311-1	± 20%
Allungamento a rottura	>=40%	UNI EN 12311-1	± 15 abs
Stabilità di forma a caldo	a 140°C	UNI EN 1110	± 10°C
Flessibilità a freddo	a -10°C	UNI EN 1109	
Flessibilità a freddo dopo invecchiamento	a -5°C	UNI EN 1109	
Permeabilità all'acqua alla pressione di 500 KPa	Nessuna	UNI EN 1928	Nessuna tolleranza
Massa areica	>=3 e <=3,5 kg/mq	UNI EN 1849-1	
Stabilità dimensionale a caldo longitudinale e trasversale	<=0,5% (proposto 0.3%)	UNI EN 1107	
Lunghezza (Lu)	Lu	UNI EN 1848-1	± 1%
Larghezza (La)	La	UNI EN 1848-2	± 1%
Spessore	3 mm +/- 5%	UNI EN 1849-1	± 5%
Resistenza alla lacerazione longitudinale e trasversale metodo B	>=150 N	UNI EN 12310-2	
Temperatura di rammollimento	>=140°C	ASTM D36	
Resistenza all'ozono	NESSUNA screpolatura dopo la prova	UNI EN 1844:2002	


Tabella 1.2.8.1-2 - Caratteristiche della membrana inferiore da 4 mm

CARATTERISTICHE DELLA MEMBRANA	VALORE RICHIESTO	NORMA DI RIFERIMENTO	TOLLERANZE
Resistenza a rottura per trazione su provino longitudinale	$\geq 900\text{N}$	UNI EN 12311-1	$\pm 20\%$
Resistenza a rottura per trazione su provino trasversale	$\geq 900\text{N}$	UNI EN 12311-1	$\pm 20\%$
Allungamento a rottura	$\geq 40\%$	UNI EN 12311-1	± 15 abs
Determinazione dello scorrimento a caldo	a 140°C	UNI EN 1110	$\pm 10^{\circ}\text{C}$
Flessibilità a freddo	a -15°C	UNI EN 1109	
Flessibilità a freddo dopo invecchiamento	a -10°C	UNI EN 1109	
Permeabilità all'acqua alla pressione di 500 KPa	Nessuna	UNI EN 1928	Nessuna tolleranza
Massa areica	4 kg/mq	UNI EN 1849-1	± 0.3 kg/mq
Stabilità dimensionale a caldo longitudinale e trasversale	$\leq 0,5\%$	UNI EN 1107	
Lunghezza (Lu)	Lu	UNI EN 1848-1	$\pm 1\%$
Larghezza (La)	La	UNI EN 1848-2	$\pm 1\%$
Spessore	4 mm	UNI EN 1849-1	$\pm 5\%$
Resistenza alla lacerazione longitudinale e trasversale metodo B	$\geq 150\text{ N}$	UNI EN 12310-2	
Temperatura di rammollimento	$\geq 140^{\circ}\text{C}$	ASTM D36	
Resistenza all'ozono	Nessuna screpolatura dopo la prova	UNI EN 1844	

Tabella 12.8.1-3 - Caratteristiche sistema (insieme delle due membrane)

Resistenza al punzonamento statico	$\geq 350\text{ N}$	UNI EN 12730	
------------------------------------	---------------------	--------------	--

12.8.1.1 Prescrizioni per la posa in opera del manto impermeabile

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 B	FOGLIO 17 di 99

Nessuna impermeabilizzazione potrà essere eseguita in giornate di pioggia o di neve o quando la temperatura ambiente, in fase di posa, sarà inferiore a +5°C; in ogni caso, le superfici da impermeabilizzare dovranno risultare perfettamente asciutte.

Le modalità di posa in opera del manto impermeabile dovranno essere quelle di seguito indicate per le diverse zone d'impalcato:

Zona "sotto ballast" dell'impalcato

1. Radicale pulizia delle superfici da impermeabilizzare mediante idrolavaggio e/o soffiatura con aria compressa e, ove occorra, con regolarizzazione delle superfici mediante bocciardatura e/o rasatura con emulsione bituminosa costituita da cemento, sabbia di fiume, bitume ed acqua, in rapporti volumetrici adeguati ed idonei a garantire superfici, lisce al fratazzo, che non presentino crepe dopo essiccamento dell'emulsione stessa. Soluzioni diverse potranno essere adottate soltanto se preventivamente accettate da FERROVIE;
2. applicazione a rullo o a spruzzo, sulle superfici da impermeabilizzare, di uno speciale primer compatibile anche con calcestruzzi trattati con anti evaporante, in quantità compresa tra i 300 g e i 500 g per m²;
3. applicazione, in fasi successive, delle due membrane, di spessore 3 mm (inf.) e 4 mm (sup.), mediante fiaccola, per la fusione di tutto lo strato superficiale da incollare al supporto, e rullo, di peso adeguato, per comprimere uniformemente le membrane fuse in modo da renderle maggiormente aderenti.

La stesa delle membrane dovrà effettuarsi trasversalmente all'impalcato. Il singolo rotolo di membrana dovrà consentire, senza giunti trasversali, la copertura della zona compresa tra i muretti para-ballast nonché i risvolti verticali sui muretti stessi, che dovranno essere di 20 cm per le membrane di spessore 3 mm e di 25 cm per le membrane di spessore 4 mm (vedi figure 12.8.1.1-1 e 12.8.1.1-3).

La successione longitudinale delle singole membrane potrà avvenire partendo dalla estremità più bassa e terminando all'altra estremità della campata nei viadotti in pendenza, oppure partendo dalle due estremità e terminando al centro della campata stessa nei viadotti non in pendenza.

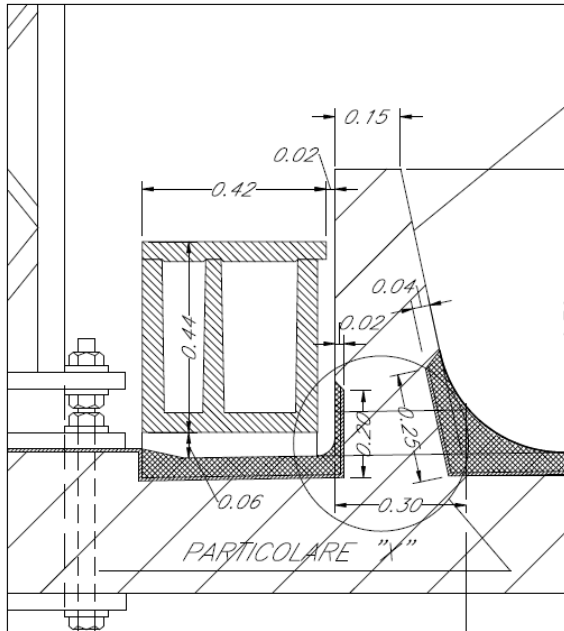
Particolare attenzione dovrà essere posta all'incollaggio delle membrane sull'angolo tra estradosso impalcato e muretto para-ballast, onde evitare vuoti sotto le membrane stesse che potrebbero causarne il distacco dal muretto sotto l'azione del ballast.

Alle estremità dell'impalcato le membrane dovranno coprire per metà ampiezza il varco esistente tra due impalcati contigui. La posa delle stesse dovrà avvenire dopo l'applicazione della scossalina di raccolta delle acque sul varco. Le modalità di applicazione di detta scossalina sono riportate nell'elaborato riguardante la posa in opera del coprigiunto omologato da RFI che sarà utilizzato (vedi fig.12.8.1.1-2).

Le sovrapposizioni delle membrane dovranno essere di 10 cm. Le sovrapposizioni della membrana superiore da 4 mm dovranno ricadere all'incirca a metà tra le sovrapposizioni della membrana inferiore da 3 mm.

Zone dell'impalcato non al di sotto del ballast

Su tale zona dovrà essere applicata soltanto la membrana di spessore 4 mm di cui sopra e le modalità di applicazione dovranno essere le stesse previste per la zona centrale dell'impalcato ad esclusione della stesa, che potrà effettuarsi anche in senso longitudinale all'impalcato qualora l'ESECUTORE ne faccia richiesta e dia dimostrazione alle FERROVIE di ottenere gli stessi risultati ottenibili con l'applicazione trasversale all'impalcato. Le sovrapposizioni sia longitudinali che trasversali delle membrane dovranno essere di 15 cm, mentre i risvolti delle stesse sui muretti para-ballast e sui cordoli dei parapetti dovranno essere rispettivamente di 20 cm e di 8 cm. Particolare attenzione dovrà essere posta in prossimità dei fori quadri di scolo ricavati alla base dei muretti para-ballast, nonché in prossimità dei pluviali e dei fori di ancoraggio dei pali T.E. posti sui camminamenti.



1. Figura 12.8.1.1-1 Impermeabilizzazione dei muretti parabolast

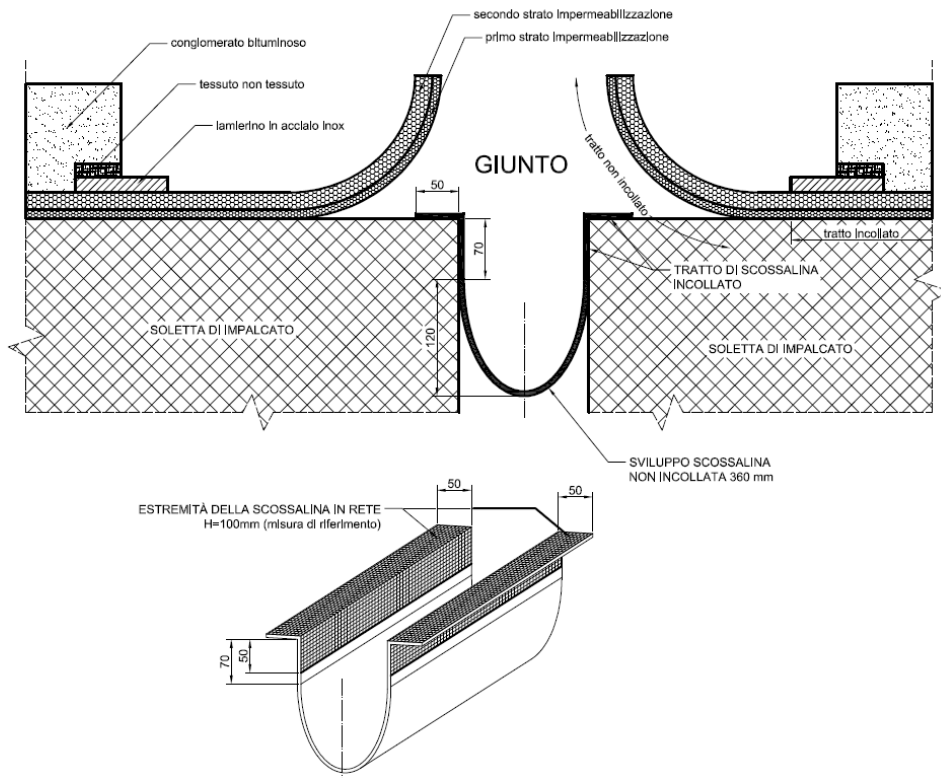
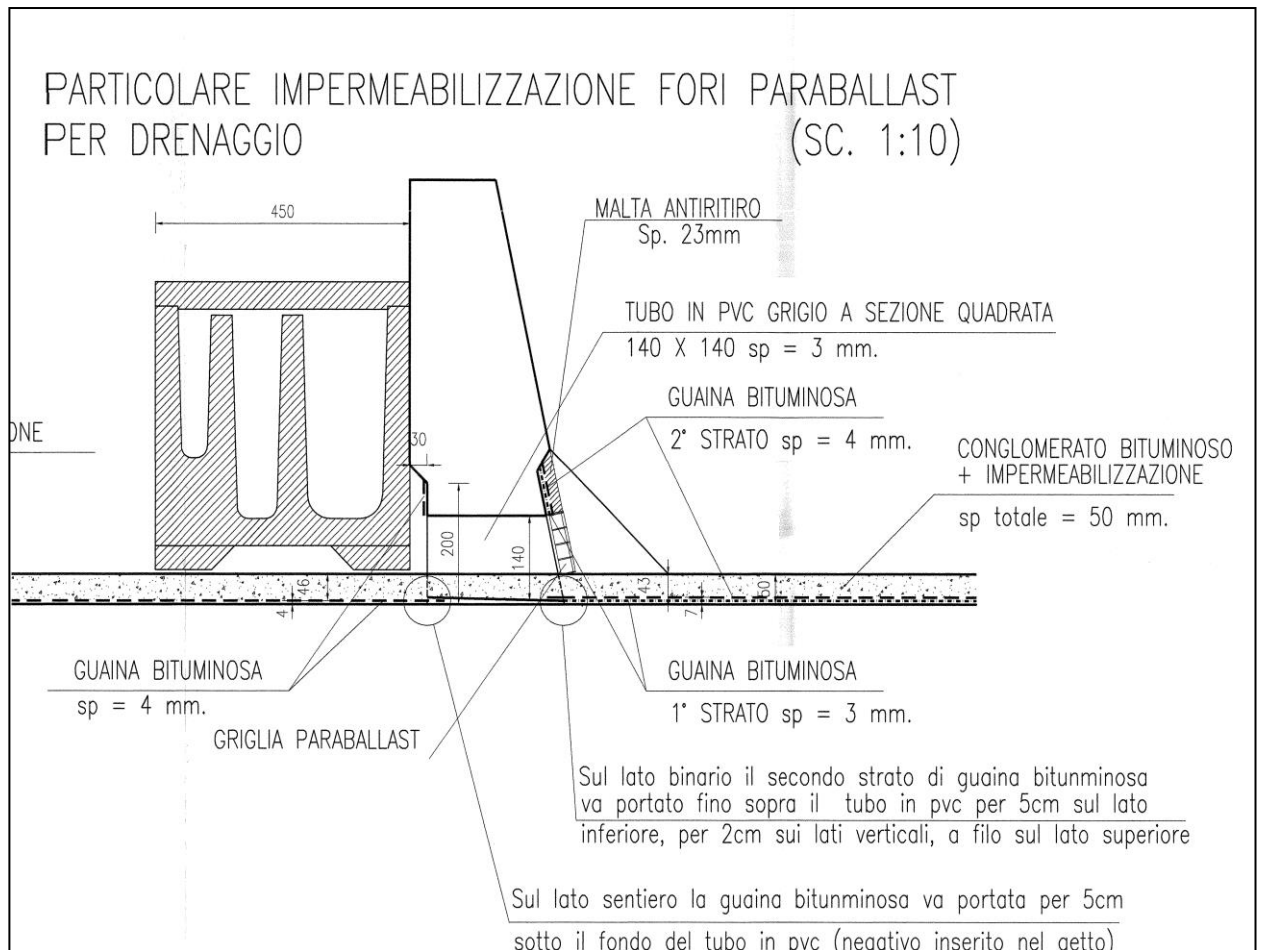


Figura 12.8.1.1-2 – particolare dell'impermeabilizzazione in corrispondenza dei giunti



2. Figura 12.8.1.1-3 - Particolare impermeabilizzazione in corrispondenza tubo quadro di scarico acque dalla piattaforma ferroviaria

3.

12.8.1.2 Prove sulle forniture e sul prodotto applicato

Le prove da eseguire sulle membrane impermeabili riguarderanno sia il prodotto in fornitura che il prodotto applicato.

Prove sulle forniture

Le prove di caratterizzazione sono obbligatorie per forniture relative a superfici da impermeabilizzare maggiori di 500 m² ed hanno lo scopo di accertare che il prodotto approvvigionato abbia le caratteristiche riportate nelle tabelle precedenti. Nella tabella seguente si riporta l'elenco delle suddette prove:

Tabella 12.8.1.2-1

CARATTERISTICHE DELLA MEMBRANA	NORMA DI RIFERIMENTO	TOLLERANZE AMMESSE RISPETTO AL VALORE NOMINALE
Resistenza a rottura per trazione	UNI EN 12311	± 20%

su provino longitudinale		
Resistenza a rottura per trazione su provino trasversale	UNI EN 12311	± 20%
Allungamento a rottura	UNI EN 12311-1	± 15
Stabilità di forma a caldo	UNI EN 1110	± 10°c
Permeabilità all'acqua alla pressione di 500 KPa	UNI EN 1928	Nessuna tolleranza
Spessore	UNI EN 1849-1	± 5%
Resistenza alla lacerazione longitudinale e trasversale metodo B	UNI EN 12310-2	± 30%
Flessibilità a freddo	UNI EN 1109	Nessuna tolleranza
Temperatura di rammollimento	ASTM D36	Nessuna tolleranza

Le prove verranno eseguite alla presenza di personale delle FERROVIE che provvederà ai prelievi dei campioni che l'ESECUTORE, a propria cura e spese, dovrà inviare ad un laboratorio dotato delle attrezzature e delle qualifiche, necessarie all'esecuzione delle prove previste in conformità alle norme applicabili.

Il numero di prelievi sarà pari a 4 per ogni 10.000 m² di superficie o frazione, per ciascuna delle due membrane sovrapposte.

Le FERROVIE, qualora lo ritengano opportuno, si riservano il diritto di richiedere ulteriori prove oltre a quelle elencate nella tabella precedente.

Il campionamento sarà eseguito da rotoli non danneggiati avendo cura che il provino sia esente da ogni difetto visibile, in conformità alla norma UNI EN 1850-2. Al termine delle prove tutto il materiale oggetto del collaudo dovrà essere identificato inequivocabilmente come idoneo all'impiego.

Prove sul prodotto applicato

Le prove funzionali da eseguire consisteranno in prove di strappo delle membrane bituminose già poste in opera.

Dette prove dovranno essere condotte in presenza del personale di FERROVIE e consisteranno nell'incollaggio sulle membrane bituminose di alcuni piastrini metallici circolari, di diametro 100 o 50 mm e nel tiro di detti piastrini con apposita apparecchiatura in grado di fornire la tensione di tiro prescritta nel seguito.

I piastrini da applicare saranno almeno n. 2 per campata, per luci degli impalcati fino a m 25, e n 4 per campata per luci maggiori. Essi potranno essere posizionati a scelta delle FERROVIE, sia sui camminamenti che sulla zona centrale dell'impalcato. I piastrini non dovranno essere applicati negli incroci coincidenti con le sovrapposizione delle membrane.

Le prove dovranno svilupparsi conducendo le seguenti operazioni:

- sabbatura dei piastrini a metallo bianco;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 B	FOGLIO 21 di 99

- incollaggio dei piastrini sulle membrane con apposito collante in grado di sopportare le tensioni di tiro richieste (al riguardo si suggeriscono resine epossidiche bicomponenti senza solventi);
- taglio di una porzione di membrana intorno alla circonferenza dei piastrini dopo completa essiccazione del collante;
- tiro dei piastrini con azione perpendicolare alla superficie incollata.

La tensione media di distacco delle membrane dal supporto, rilevata sui 6 provini, dovrà essere superiore a 0,5 N/mm² con valori minimi per ogni singolo provino non inferiori a 0,4 N/mm².

Qualora il distacco dei piastrini dovesse avvenire per cedimento del collante, il valore di prova da considerare sarà il massimo valore rilevato qualora superiore a 0,5 N/mm².

Se il distacco dovesse avvenire prima del raggiungimento di tale valore, si provvederà all'incollaggio di un nuovo provino.

Al termine delle prove, le zone in cui è avvenuto il distacco della membrana incollata ai piastrini dovranno essere ripristinate prevedendo una colata di asfalto fino all'estradosso dell'impermeabilizzazione ed un rappezzo con membrana da 4 mm di dimensioni 40x40 cm da applicare a caldo con fiaccola facendo attenzione che lo stesso sia centrato sulla zona di prova.

Se il distacco dei piastrini dovesse avvenire per cedimento del collante, occorrerà rimuovere il disco di membrana isolato dal taglio per poi procedere al ripristino di cui sopra.

12.8.2 Impermeabilizzazione costituita da membrana impermeabile sintetica

In questo caso, l'impermeabilizzazione degli impalcati viene ottenuta con la posa in opera di manto impermeabile sintetico a base di prodotti sintetici quali ad esempio, poliurea, poliuretano, metacrilato ecc. eseguito con membrana continua ed omogenea, realizzata in opera e spruzzata in un'unica soluzione mediante idonea apparecchiatura. La membrana dovrà essere esente da solventi, plastificanti, inerti di carica e materiali bituminosi.

L'impermeabilizzazione non potrà essere eseguita in giornate di pioggia o neve o quando la temperatura atmosferica è inferiore a 5°C e fino a che le superfici non resteranno perfettamente asciutte.

Lo strato di impermeabilizzazione dovrà avere uno spessore minimo ≥ 4 mm così da garantire un'elevata protezione all'azione delle acque meteoriche, degli agenti aggressivi solidi e dei raggi U.V.; dovrà inoltre resistere all'abrasione e al punzonamento.

La messa in opera del prodotto dovrà avvenire previa preparazione delle superfici da impermeabilizzare mediante sabbiatura e nel caso di applicazioni su cls, se la superficie a giudizio della FERROVIE, risultasse fortemente irregolare, con regolarizzazione della stessa mediante bocciardatura. Successivamente dovrà eseguirsi la spalmatura del primer.

L'applicazione dello strato impermeabile dovrà essere eseguita a spruzzo con apparecchiature per prodotti bicomponenti dotate di pompe ad ingranaggi, serbatoi e tubi riscaldati e con il controllo elettronico dei rapporti di catalisi e miscelatore statico. La posa deve essere eseguita da personale abilitato dal fornitore e di comprovata esperienza in lavori analoghi.

Il prodotto dovrà reagire in un tempo inferiore a 15 secondi e dovrà essere pedonabile dopo 5 minuti dall'applicazione.

Le FERROVIE si riservano la facoltà di verificare lo spessore o con spessimetro ad applicazione ultimata o con ritagli del prodotto in fase di applicazione, i quali dovranno essere ricolmati prima della fine dell'intervento.

Ad applicazione ultimata, il rivestimento dovrà presentare caratteristiche di uniformità e dovrà risultare raccordato a rialzi e strutture (cordoli, muretti paraballast, etc.), come indicato al paragrafo 12.8.1.1.

12.8.2.1 Caratteristiche della membrana impermeabilizzante

La caratterizzazione della membrana impermeabilizzante sintetica sarà definita con l'effettuazione di prove tecnologiche da eseguirsi sia sul materiale tale e quale che sul materiale trattato, e prove funzionali da eseguirsi solo sul materiale tale e quale.

Le prove effettuate devono soddisfare i requisiti elencati nella tabella seguente.

Tabella 12.8.2.1-1 Caratteristiche della membrana impermeabilizzante

Parametro	Valore richiesto	n.provini	Norma di riferimento
Densità	1,0 ± 0,1 gr/cm ³	3	UNI EN ISO 1183-1
Spettro IR		1	UNI ISO 4650
Allungamento a rottura: +20° C -30° C	≥ 250% ≥ 200%	5	UNI EN 12311
Modulo al 100%	> 3 MPa		
Modulo al 200%	> 5 MPa		
Carico di rottura:	> 6 MPa		
Durezza superficiale Shore A	≥ 75	1 (5 impronte)	UNI-ISO 7619-1
Resistenza alla propagazione della lacerazione	> 16 N/mm	5	UNI EN 12310-2
Deformazione residua	< 7%	3	UNI EN 12311-2
Resistenza all'abrasione	< 220 mm ³	3	UNI ISO 4649
Adesione su calcestruzzo Adesione su acciaio	≥ 0.5 N/mm ²	5	Vedi procedura descritta nel seguito
Adesione su calcestruzzo o acciaio dopo invecchiamento per 96 ore a 70°C	≥ 0.5 N/mm ²	5	
Resistenza al punzonamento dinamico:	≥ 1 m	5	UNI EN 12691:2006
Temperatura limite di fragilità:	<-40°C nessuna rottura	5	UNI ISO 812
Resistenza ai raggi ultravioletti UV dopo 400 ore di esposizione ⁽¹⁾	Nessuna screpolatura della membrana	3	UNI EN 1297
Resistenza all'ozono dopo 96 ore con concentrazione di ozono di 50 p.p.c.m e 20% di trazione	Nessuna screpolatura	2	UNI EN 1844
Permeabilità all'acqua dopo punzonamento dinamico	Nessuna perdita d'acqua	5	EN 1928:2002

Resistenza elettrica su acciaio a secco (500V)	$\geq 100 \text{ M}\Omega$	3+3	EN 62631-1
Resistenza elettrica su acciaio a bagnato (100V)	$\geq 10 \text{ M}\Omega$		
Residuo secco: m_s/m_0	$\geq 97\%$	3	UNI EN ISO 325
Assorbimento d'acqua: $(m_A - m_S)/m_S$ ⁽²⁾	$\leq 3\%$		ASTM D 570

Tabella 12.8.2.1-2 - Prove tecnologiche sul materiale trattato

Tipo Di Prova	Trattamento	N. Provini	Valore Richiesto
Resistenza a rottura	In stufa a 80°C per 14 gg	3	- 5%
	In soluzione satura di cloruro di sodio per 14 gg	3	- 15%
	In olio ASTM 3 per 14 gg	3	- 35%
	In frigo a -30°C per 1 ora	3	- 40%
Allungamento a rottura	In stufa a 80°C per 14 gg	3	- 5%
	In soluzione satura di cloruro di sodio per 14 gg	3	- 5%
	In olio ASTM 3 per 14 gg	3	- 25%
	In frigo a -30°C per 1 ora	3	- 40%
Resistenza all'abrasione	In stufa a 80°C per 14 gg	3	- 10%
Durezza di SHORE A	In stufa a 80°C per 14 gg	3	- 10%
	In soluzione satura di cloruro di sodio per 14 gg	3	
	In olio ASTM 3 per 14 gg	3	
Adesione al supporto	In soluzione di acido solforico al 20% per 14 gg	3	
	In stufa a 70°C per 96 ore	3	- 1%
Adesione nelle zone di sovrapposizione	In stufa a 70°C per 96 ore	3	-1%

* Le massime variazioni percentuali ammesse per i risultati delle prove sopra elencate sono da verificare rispetto ai risultati delle prove condotte sul materiale non trattato (vedi tabella 12.8.2.1-1).


⁽¹⁾ Esposizione alternata all'azione di UVA per 4 h a 60 °C e alla condensa per 4 h a 40 °C, per una durata complessiva di 400 h.

⁽²⁾ Procedura: 3 provette di 70 mm di lato vengono pesate (m_0) e immerse in acqua distillata a 1 °C. Dopo 24 h le provette vengono estratte dall'acqua, asciugate con carta e pesate. La procedura viene ripetuta ogni 24 h e interrotta quando si giunge a peso costante m_A (variazione di massa tra 2 pesate successive inferiore allo 0,1 %). Successivamente le provette vengono poste in stufa a 125 °C per 1 h, lasciate raffreddare per 30' in essiccatore e pesate. La procedura viene ripetuta fino a peso costante (m_S).

⁽³⁾ La resistenza elettrica sotto pioggia viene misurata su una provetta immersa per 1 h in acqua distillata a 23 °C e asciugata accuratamente con carta prima del test.

Caratteristiche della membrana nelle zone di ripresa

Caratteristica	Valore richiesto	Norma di riferimento
Adesione fra i due strati di membrana sovrapposti	$\geq 4 \text{ N/mm}$	Procedura interna descritta per la prova funzionale di adesione al cls

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
	CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 B	FOGLIO 24 di 99

Carico di rottura	≥ 6 MPa	UNI EN 12311-1
Allungamento a rottura	≥ 200%	UNI EN 12311-1

Qualora la membrana necessitasse di un primer di adesione al supporto, lo stesso dovrà avere caratteristiche di compatibilità sia con la sovrastante membrana sia con il sottostante calcestruzzo.

I primer potranno essere di tipo poliuretano, epossidico o similari, purché gli stessi garantiscano oltre alla compatibilità suddetta anche tempi di essiccazione relativamente brevi e una perfetta adesione della membrana al calcestruzzo.

Prova di compressione dell'intero pacchetto sottostante il binario (prova funzionale da eseguirsi solo sul materiale tale e quale)

Si simula un carico statico e una ripetizione ciclica con vibrazione con onde sinusoidali alla frequenza di 30 Hz. Il carico unitario dovrà essere superiore o uguale a 10 daN/cm². La durata delle prove dovrà essere non inferiore a 15 minuti nella prova statica e a 10 minuti nella prova a fatica ciclica con scarico non superiore al 25%. A conclusione di tale prova, dovrà essere riscontrata la completa impermeabilità a fronte di una prova di tenuta effettuata simulando una pioggia battente con indice pluviometrico pari a 50 mm/h per tre ore.

12.8.2.2 Prove sulle forniture e sul prodotto applicato

Relativamente alla fornitura, durante la posa in opera del prodotto dovranno essere prelevate delle placche di materiale di dimensione non inferiori a 50x50 cm, su cui dovranno essere eseguite le seguenti prove da effettuarsi ciascuna su n. 3 provini:

- prova della densità;
- prova di resistenza a rottura e di allungamento a rottura ai sensi della UNI EN ISO 527;
- prova di durezza SHORE A ai sensi della UNI EN ISO 868;
- prova di permeabilità all'acqua ai sensi della UNI EN ISO 1928;
- prova di assorbimento d'acqua in ambiente con temperatura di 1°C con procedura derivante dalla norma ASTM D 570;
- prova per la determinazione dello spettro IR.

Le FERROVIE, qualora lo ritengano opportuno, si riservano il diritto di richiedere ulteriori prove oltre a quelle indicate in precedenza.

Relativamente al prodotto applicato, dovranno essere svolte le seguenti prove:

- prova di adesione su calcestruzzo/acciaio. Le modalità e la frequenza delle prove sono quelle indicate nel paragrafo 12.8.3.1 delle membrane bituminose prefabbricate. Il valore minimo di adesione richiesto è pari a 0.5 N/mm²;
- verifica dello spessore dello strato applicato. Sull'impalcato, dovrà essere verificato lo spessore dello strato di membrana, con prelievi da effettuarsi ogni 50 m² prima della completa polimerizzazione ed adesione del prodotto, avendo cura di ripristinare la zona del prelievo subito dopo l'estrazione del provino.

12.8.3 STRATO PROTETTIVO IN CONGLOMERATO BITUMINOSO

Il conglomerato bituminoso dovrà essere costituito da aggregati lapidei, filler e bitume. L'aggregato lapideo sarà formato da una frazione grossa, trattenuta al setaccio ASTM n° 10, ed una frazione fina, passante al medesimo setaccio.

La frazione grossa sarà costituita da elementi sani, durezza, puliti, scevri da limo ed argilla e da altri materiali

estranei.

Gli elementi dovranno avere forma regolare e sarà ammessa una percentuale di elementi piatti ed allungati non superiore al 10% in peso.

La frazione fina sarà costituita da una miscela di sabbie naturali o di frantumazione che s'integrino opportunamente dal punto di vista granulometrico.

Il rapporto volumetrico per sabbia naturale e da frantumazione non deve superare il valore di 1:2.

L'equivalente in sabbia (CNR-BU n° 27) non dovrà essere inferiore a 70.

Il filler dovrà essere perfettamente asciutto e privo d'agglomerazioni e dovrà rispettare la seguente granulometria:

Passante in peso a secco al setaccio ASTM n° 30 = 100 %

n° 100 = 90 %

n° 200 = 70 %

Il legante dovrà essere costituito da bitume stradale del tipo 60/70 secondo CNR BU n° 68.

La granulometria delle miscele inerti - filler dovrà rispettare le percentuali in peso indicate nella tabella seguente.

La curva di lavoro che s'intende adottare e che dovrà essere mantenuta per tutta la durata del lavoro sarà accettata se rispetterà le seguenti tolleranze.

Tabella 12.8.3-1

Setacci ASTM (n°)	GRANULOMETRIA	TOLLERANZA
	(% passante in peso)	(%)
½	100	±3
3/8	80 - 90	±3
4	56 - 70	±3
10	40 - 51	±2
40	20 - 28	-
80	14 - 20	-
200	9 - 12	±1

La percentuale di bitume, riferita al peso degli inerti, dovrà essere del 5,5 % ± 0,5 %.

Il rapporto in peso filler – bitume dovrà essere maggiore o uguale a 1,5.

La miscela dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- stabilità Marshall (a) (CNR.B.U. n° 30) min.900 (75 colpi faccia);

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 B	FOGLIO 26 di 99

- scorrimento Marshall (b) (CNR.B.U. n° 30) 2 – 5 mm;
- rigidità Marshall (a/b) (CNR.B.U. n° 30) min. 300;
- perdita di stabilità Marshall: max 25 %;
- vuoti residui Marshall (CNR-B.U. n° 39) max 4%;
- permeabilità $K \leq 10^{-6}$ cm/s.

Le temperature dell'impasto saranno quelle indicate dal Fornitore del legante in funzione del tipo di legante stesso e della relativa viscosità. Il tempo di miscelazione di ciascun impasto dovrà essere tale da permettere il completo ed uniforme rivestimento degli inerti e del filler.

12.8.3.1 Posa in opera del conglomerato bituminoso

La stesa del conglomerato bituminoso nella zona centrale dell'impalcato tra i muretti para-ballast dovrà essere effettuata con idonea vibrofinitrice munita di piastra vibrante riscaldata; il livellamento dovrà effettuarsi con un sistema atto ad assicurare che la superficie finale dello strato compattato risulti sagomata in modo conforme ai profili ed alle pendenze di progetto.

La temperatura dell'impasto all'atto della stesa dovrà essere compresa tra 130°C e 140°C.

La posa in opera non dovrà essere eseguita quando le condizioni meteorologiche siano tali da non consentire la perfetta riuscita del lavoro, quando la temperatura ambiente è inferiore a 5°C e quando il piano di posa si presenta sporco e/o bagnato.

Nelle zone laterali dell'impalcato, tra i muretti para-ballast e i cordoli dei parapetti, la stesa del conglomerato e la successiva compattazione dovrà essere eseguita a mano. Eventuali applicazioni con mezzi meccanici dovranno essere sottoposte all'approvazione di FERROVIE.

Nella zona compresa tra i muretti paraballast la compattazione del conglomerato bituminoso dovrà essere eseguita immediatamente dopo la stesa e alla massima temperatura dell'impasto, con rulli che consentano un adeguato ed uniforme costipamento dell'impasto, nonché la corretta finitura e sagomatura della superficie dello strato.

Dovranno pertanto essere impiegati almeno un rullo metallico di circa 8 t semovente ed a rapida inversione di marcia e, successivamente, un rullo gommato con capacità comprimente ≥ 5 N/mm².

La rullatura dovrà essere ripetuta fino a quando l'impasto non mostra più alcun addensamento al passaggio del rullo gommato.

L'operazione di compattazione dovrà essere interrotta nel caso in cui si manifesti una eccessiva tendenza dell'impasto al dislocamento, per temperatura troppo alta, ovvero alla fessurazione, per temperatura troppo bassa.

Sotto le riseghe dei muretti para-ballast il conglomerato dovrà essere disposto a scarpa con angolo d'inclinazione, rispetto all'orizzontale, compreso tra i 45° e i 60° oppure raccordato opportunamente. La posa in opera potrà essere eseguita a mano o per mezzo di dispositivi meccanici, avendo cura di interrompere l'applicazione del binder sia in prossimità dei varchi tra gli impalcati per consentire la posa in opera dei coprigiunti e l'escursione delle piattabande di coprigiunto, sia in prossimità degli scoli laterali sui muretti para-ballast per evitare l'occlusione delle griglie.

12.8.3.2 Prove sui conglomerati bituminosi

Le prove da effettuare sui conglomerati bituminosi saranno le seguenti:

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 B	FOGLIO 27 di 99

Controllo della curva granulometrica

Il controllo della curva granulometrica dovrà essere eseguito ogni 500 m³ di prodotto.

Il prelievo dovrà essere effettuato all'atto della stesa del prodotto ed il risultato delle prove di laboratorio dovrà essere conforme alle tolleranze precedentemente stabilite.

Controllo dello spessore in opera

Il controllo dello spessore in opera, evitando carote sull'impalcato, dovrà essere rilevato individuando dei riferimenti sui muretti para-ballast a +5 cm dall'estradosso delle guaine e misurando la pendenza del conglomerato stesso, rispetto al centro dell'impalcato, che dovrà essere la medesima misurata precedentemente sull'impalcato prima della stesa del conglomerato.

Controllo delle caratteristiche del conglomerato bituminoso

Il controllo delle caratteristiche del conglomerato bituminoso dovrà essere effettuato con la stessa frequenza prevista per il controllo della curva granulometrica ed i risultati ottenuti dovranno essere conformi alle caratteristiche indicate in precedenza.

12.8.4 SISTEMA DI IMPERMEABILIZZAZIONE PER PONTI E VIADOTTI ESISTENTI

Viene illustrata di seguito una metodologia per effettuare l'impermeabilizzazione di ponti esistenti. Benché tale metodologia sia descritta nel seguito con riferimento ad un ponte ad arco pluricampata, è possibile prevederne l'applicazione anche al caso di ponti ad arco monocampata e, con le opportune modifiche e/o integrazioni, anche al caso di ponti ad impalcato.

12.8.4.1 Descrizione dell'intervento

La soluzione prevede l'utilizzo di una membrana impermeabile sintetica da posare a spruzzo, da eseguire con interruzioni programmate di linea.

Con questo tipo di intervento è possibile sfruttare le interruzioni programmate di linea su un binario permettendo di realizzare un ciclo di impermeabilizzazione che risponda a tutti i requisiti di tenuta e durabilità necessari per un'opera ferroviaria.

Alla base del sistema vi è una membrana impermeabile sintetica con le caratteristiche descritte al par. 12.8.2 che si adatta perfettamente alle irregolarità delle superfici, con la possibilità di essere risvoltato anche in verticale, variando eventualmente lo spessore a seconda delle zone più o meno sollecitate.

Il risultato finale è quello di una strato continuo (privo di giunti e fori di fissaggio) che raccolga le acque al di sopra della struttura da proteggere e che attraverso un'opportuna regolarizzazione idraulica, le faccia convogliare verso gli scarichi, sfruttando le pendenze assegnate al fondo. Inoltre, grazie alla tecnologia di posa a spruzzo anche eventuali canalette passacavi o altre strutture presenti possono venire rivestite integralmente, in modo da garantire la perfetta sigillatura dell'intera opera.

Il sistema è in grado di sopportare con margini di sicurezza elevati le sollecitazioni derivanti dal passaggio dei convogli sopperendo alla mancanza di un fondo continuo con un telo di tessuto non tessuto. Un secondo telo viene disposto per proteggere il materiale impermeabilizzante nella fase di riempimento con il pietrisco, così da ottenere un sistema che soddisfi i requisiti di affidabilità e rapidità di applicazione.

L'intervento di impermeabilizzazione sarà eseguito in regime di interruzione notturna della circolazione dei treni, con l'apposizione di un rallentamento alla velocità di circolazione degli stessi sul tratto di linea interessato dai lavori, con la sguarnitura successiva di singoli tratti di binario, della lunghezza complessiva di 18.00m, per il raggiungimento della profondità di posa sotto traversa dello strato impermeabilizzante e la gestione dei singoli tratti interessati dall'intervento tramite l'utilizzo di dispositivi di giunzione provvisoria del

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 B	FOGLIO 28 di 99

binario opportunamente predisposti a seconda della fasizzazione delle attività.

12.8.4.2 Fasi realizzative

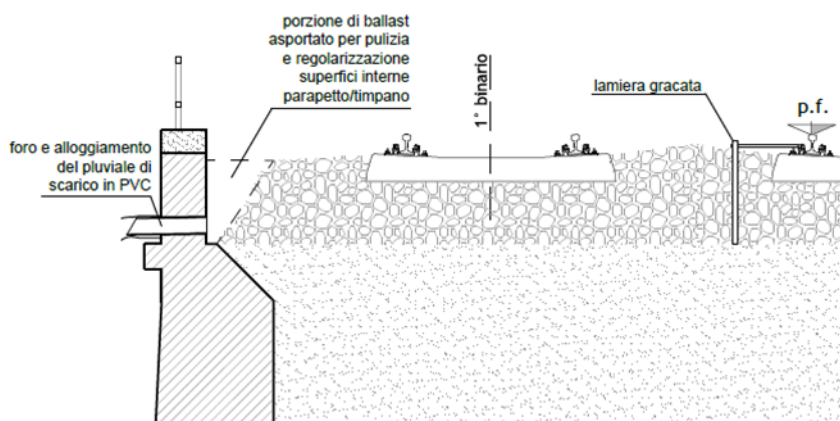
L'intervento si articola nelle fasi di seguito riportate:

1. Preparazione del cantiere;
2. Predisposizione sostegno 2° binario e taglio delle rotaie del primo binario;
3. Lavori di sguarnitura binario;
4. Asportazione del pietrisco e regolarizzazione del piano di posa;
5. Posa tessuto non tessuto di base;
6. Posa strato di impermeabilizzazione;
7. Posa tessuto non tessuto di protezione;
8. Predisposizione delle protezioni delle giunzioni trasversali e longitudinali;
9. Riposizionamento del binario, scarico pietrisco e rinalzata.

12.8.4.2.1 Fase 1 – Preparazione del cantiere


Nella zona interessata dai lavori, prima dell'inizio del periodo di interruzione, si provvede alla preparazione del cantiere. Potranno essere eseguite asportazioni localizzate di pietrisco, eventualmente in eccesso.

In corrispondenza di ciascuna pila e delle due spalle, sempre in un periodo esterno all'interruzione, ad una profondità stimata di 50 cm sotto traversa (da valutare nota la quota del piano del ferro stimata in situ), si formeranno dei fori passanti la struttura del diametro non inferiore a 80 mm utili al successivo posizionamento di un tubo in PVC (pluviale di scarico) raccordato all'impermeabilizzazione tramite un bocchettone in EDPM del diametro corrispondente al tubo di PVC.



- 1) Asportazioni localizzate di pietrisco eventualmente in eccesso;
- 2) Pulizia della parte di timpano e/o parapetto al di sotto dello spessore di ballast;
- 3) Esecuzione fori passanti Ø80 e alloggiamento tubo in PVC;
- 4) Posizionamento lamiera grecata di sostegno del 2° binario per una profondità non inferiore a 70cm.;
- 5) Taglio del tratto di binario e apposizione dei dispositivi di giunzione provvisoria.

Figura 12.8.4.2.1 – Preparazione del cantiere e predisposizione del sostegno

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 B	FOGLIO 29 di 99

Sempre in un periodo esterno all'interruzione, si potrà effettuare anche la pulizia e la regolarizzazione delle superfici interne dei parapetti e della parte di paraghiaia interessata dal successivo risvolto del tessuto non tessuto di base.

Si procederà altresì al posizionamento in prossimità dell'opera d'arte dei materiali utili per i lavori.

12.8.4.2.2 Fase 2 – Predisposizione sostegno 2° binario e taglio delle rotaie del primo binario

Prima dell'inizio dei lavori di impermeabilizzazione, si procederà con il posizionamento della lamiera grecata di sostegno del secondo binario, ad una distanza di 30 cm dal bordo delle traverse, che resterà infissa per tutto il tempo necessario all'esecuzione dei lavori sul tratto di binario interessato. La profondità stimata di infissione di detta lamiera non sarà inferiore a 70 cm. L'estremità superiore della lamiera sarà collegata direttamente alla traversa tramite tiranti in acciaio.

In questa fase si procederà con l'esecuzione dei tagli delle rotaie relativamente al primo tratto di binario oggetto dei lavori, con l'apposizione dei dispositivi di giunzione provvisoria e con l'istituzione del rallentamento alla velocità di circolazione dei treni.



Figura 12.8.4.2.2 - Lavorazione con il 2° binario in affianco sostenuto

12.8.4.2.3 Fase 3 – Lavori di sguarnitura del binario

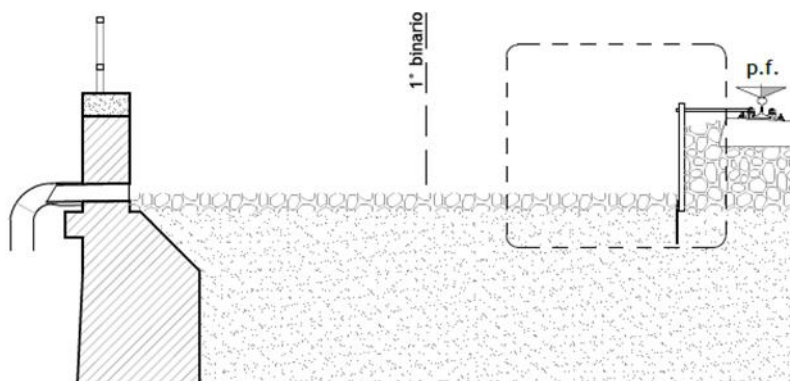
Al passaggio del treno delimitante il periodo di interruzione, dalla più vicina stazione o dal più vicino P.L. per i mezzi che lo consentono, le macchine predisposte allo scavo si porteranno sull'impalcato in oggetto ed inizieranno le operazioni di sguarnitura del binario che prevedono la rimozione dei dispositivi di giunzione provvisoria e l'asportazione, incluse le traverse, del tratto di binario inclusi tra i due tagli.

12.8.4.2.4 Fase 4 – Asportazione pietrisco e regolarizzazione del piano di posa

Con l'ausilio di opportuni caricatori si procederà all'asportazione del pietrisco dalla zona di intervento fino al

raggiungimento di una quota sotto traversa di -40 cm. Nell'asportare il pietrisco, dovrà essere garantita la realizzazione delle pendenze trasversali di progetto, non inferiore a 1.5%, dall'intervia al muro paraghiaia. In corrispondenza dei fori di scarico verrà creato un invito raccordando il pietrisco in modo da favorire il richiamo delle acque.

Il pietrisco così asportato sarà temporaneamente allontanato dall'area di lavoro con appositi carri tramoggia, fatti pervenire per tempo in prossimità dell'area di lavoro.



- 1) Rimozione di dispositivi di giunzione provvisoria ed asportazione del tratto di binario, incluse le traverse;
- 2) Asportazione del pietrisco e realizzazione delle pendenze di progetto con regolarizzazione del piano di posa dell'impermeabilizzazione;
- 3) Eventuale stabilizzazione del piede della lamiera grecata attraverso l'inserimento di barre Ø14/50.

Figura 12.8.4.2.4.a - Asportazione pietrisco e regolarizzazione piano di posa

Lo scavo del pietrisco dovrà protrarsi per almeno 8.00 m dall'asse del pluviale di scarico previsto in corrispondenza delle spalle ed abbassarsi, alle due testate, di almeno 10 cm dal piano dello scavo principale in modo tale da garantire il deflusso delle acque dal ponte. Oltre questa zona verrà eseguita una trincea che raccolga le acque dell'impalcato. Il canale avrà un diametro in sezione non inferiore a 40 cm e si estenderà per tutta la larghezza del rilevato ferroviario. Il fondo della trincea dovrà risultare ad una quota sotto traversa di -110 cm e, nella parte più profonda, dovrà seguire le medesime pendenze dell'impermeabilizzazione (1.5% dall'intervia alla scarpata del rilevato).

Sul fondo della trincea realizzata a monte della spalla verrà posizionato un tubo corrugato e microfessurato, del diametro minimo di 200 mm, tale da garantire un regolare deflusso delle acque, previa stesura di uno strato di tessuto non tessuto di base del peso di 1500 gr/mq. Il tubo drenante verrà poi ricoperto con pietrisco fino a quota -80 cm sotto traversa e con il tessuto non tessuto di protezione del peso di 800 gr/mq, per poi riempire il tutto con altro pietrisco.

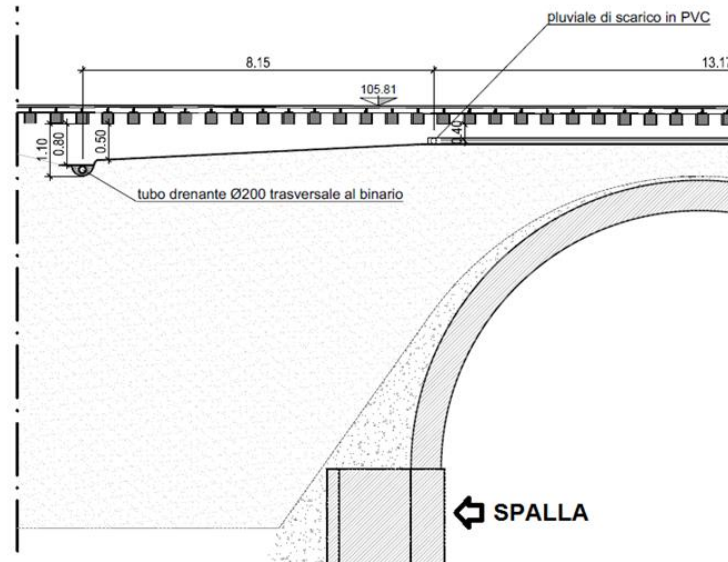


Figura 12.8.4.2.4.b - Trincea a monte della spalla con tubo corrugato trasversale del diametro minimo di 200mm

Già dall'inizio delle fasi di svuotamento del binario, non appena una porzione di impalcato risulterà libera, si provvederà alla regolarizzazione del piano ed alla formazione della pendenza in maniera tale che le due operazioni siano ultimate quasi contemporaneamente.

Qualora necessario, per stabilizzare il piede della lamiera grecata precedentemente posizionata, si provvederà ad inserire picchetti in acciaio (barre di armatura) direttamente nel ballast al piede della lamiera, ad un passo di 50 cm.

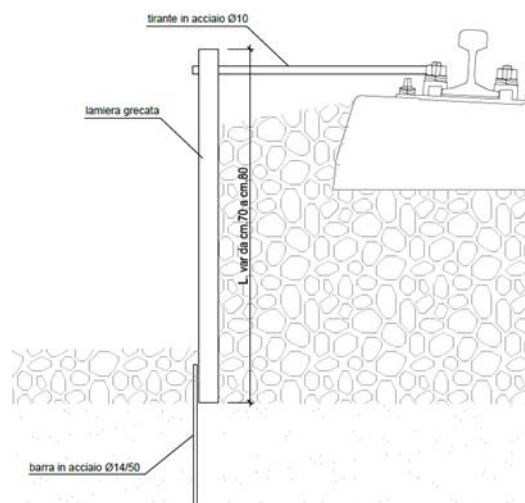


Figura 12.8.4.2.4.c - Dettaglio del contenimento del ballast

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 B	FOGLIO 32 di 99

12.8.4.2.5 Fase 5 – Posa tessuto non tessuto di base

Non appena una parte dell'impalcato risulterà regolarizzata e con le opportune pendenze, si procederà alla posa di un tessuto non tessuto di base del peso di 1500 gr/mq.

Il tessuto non tessuto verrà posizionato a secco su una superficie di pietrisco regolarizzata sommariamente e verrà fissato alla parete del parapetto/timpano per mezzo di appositi tasselli ad espansione in nylon 12150 dotati di rondella in nylon con diametro 80 mm, posizionati con passo 50 cm.

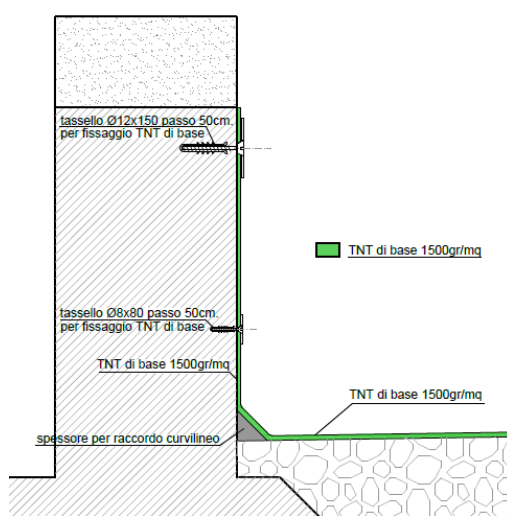


Figura 12.8.4.2.5.a - Posa del TNT di base (strato di colore verde) del peso di 1500 gr/mq sul parapetto/timpano

Tale strato di base verrà fissato temporaneamente anche lamiera grecata tramite chiodi metallici. Il risvolto del tessuto non tessuto dovrà estendersi per tutta l'altezza del parapetto/timpano e per un'altezza almeno pari a 40 cm sulla lamiera grecata.

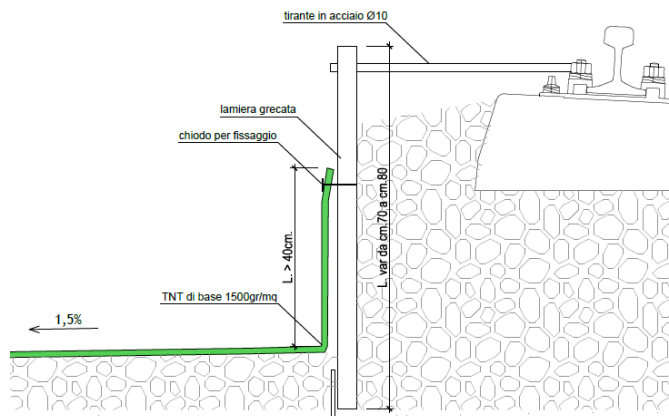



Figura 12.8.4.2.5.b - Risvolto del tessuto non tessuto sulla lamiera grecata

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 B	FOGLIO 33 di 99

Particolare cura dovrà essere posta nell'evitare che si formino zone di tensione che potrebbero subire dei danni durante la fase di riposizionamento del pietrisco.

Contemporaneamente verranno posizionati gli eventuali bocchettoni in HPDM, di diametro non inferiore a 80 mm, in corrispondenza dei fori di scarico, fissati alla parete paraghiaia tramite tassello in nylon 8x80.

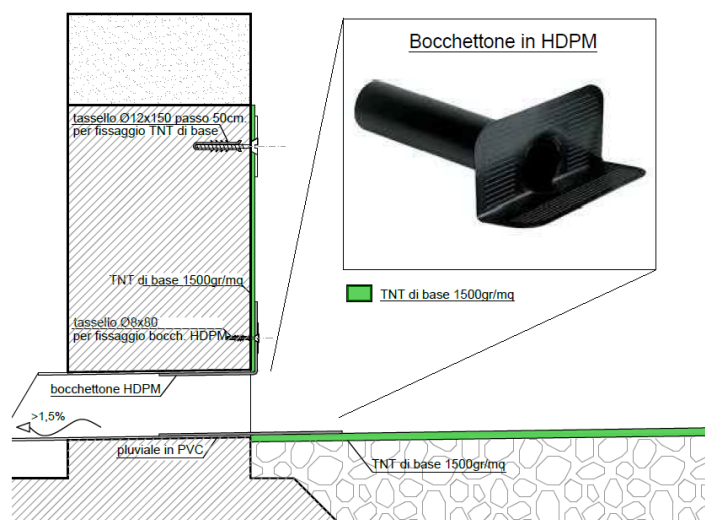


Figura 12.8.4.2.5.c - Bocchettoni in HPDM in corrispondenza dei fori di scarico

Nelle zone di giunzione fra telo e telo deve essere effettuata una sovrapposizione di almeno 30 cm per garantire la continuità del piano di posa.

Non appena una parte del tessuto non tessuto di base risulta posizionato può essere iniziata la fase di posa dello strato di impermeabilizzazione.

12.8.4.2.6 Fase 6 – Posa strato di impermeabilizzazione

A seguito della posa del tessuto non tessuto di base, si procederà con l'applicazione dello strato di impermeabilizzazione.

Il ciclo di impermeabilizzazione è costituito da una membrana sintetica a base di prodotti sintetici (come ad esempio poliurea, poliuretano, metacrilato, ecc.), realizzata in opera e spruzzata in un'unica soluzione mediante idonea apparecchiatura. La membrana sintetica dovrà rispettare le caratteristiche di cui alla Tabella 12.8.2.1-1 del presente Capitolato, richiamate nel seguito.

Lo spessore minimo del rivestimento impermeabile posizionato sotto pietrisco sarà di 5 mm in modo da garantire una elevata protezione all'azione delle acque meteoriche e alle azioni di abrasione e punzonamento che si verificheranno anche durante la naturale fase di maturazione del prodotto per effetto del caricamento del pietrisco.

L'applicazione dello strato impermeabile dovrà essere eseguita a spruzzo con apparecchiature per prodotti bicomponenti dotate di pompe ad ingranaggi, serbatoi e tubi riscaldati e con il controllo elettronico dei

rapporti di catalisi e miscelatore statico.

Il prodotto dovrà reagire in un tempo inferiore a 15 secondi e dovrà essere pedonabile dopo 5 minuti dall'applicazione.



Figura 12.8.4.2.6.a - Applicazione a spruzzo della membrana impermeabile

Ad applicazione ultimata, il rivestimento presenta caratteristiche di monoliticità, senza giunti di dilatazione né sormonta, raccordato a rialzi e strutture complessive (verticali, canalette, cordoli, piantoni di ringhiere, ecc.) senza soluzioni di continuità.

La zona di ripresa dell'impermeabilizzazione sarà realizzata creando delle sovrapposizioni sia del tessuto non tessuto di base che del rivestimento, per non creare punti di discontinuità. In particolare la continuità della membrana impermeabile sintetica sarà garantita dall'uso di opportuno primer di adesione, steso sulla superficie dello strato già impermeabilizzato, preventivamente ripulito da impurità. Qualunque sovrapposizione dovrà effettuata per almeno 30 cm.

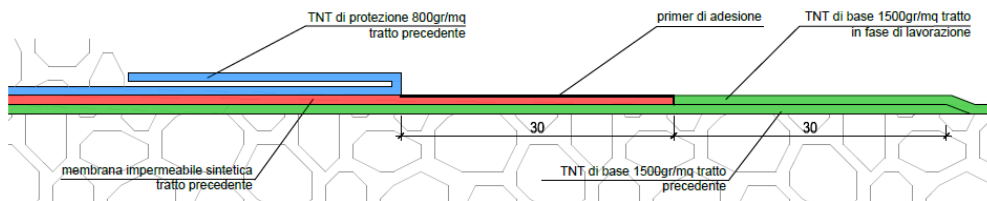


Figura 12.8.4.2.6.b - Ripresa dell'impermeabilizzazione (in rosso)

Il rivestimento impermeabile verrà posto oltre al piano orizzontale anche sulle parti verticali debordando oltre il risvolto del tessuto non tessuto sul parapetto/timpano, fino a dove la struttura lo consente ed in funzione del tipo di parapetto.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 B	FOGLIO 35 di 99

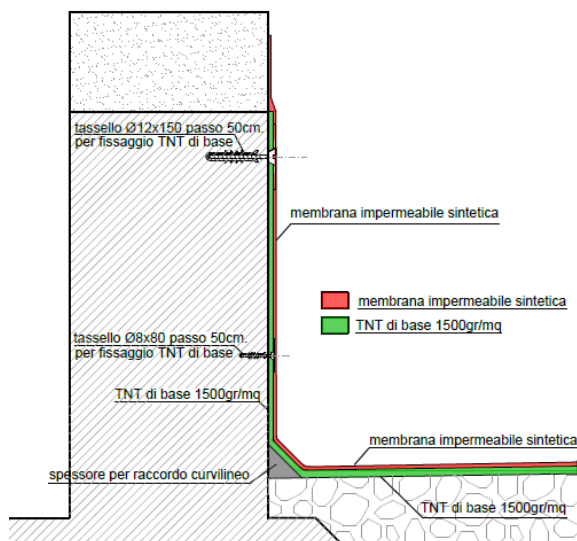


Figura 12.8.4.2.6.c - Rivestimento impermeabile (strato di colore rosso) sul parapetto/timpano

12.8.4.2.7 Fase 7 – Posa tessuto non tessuto di protezione

Non appena una parte di impalcato risulta spruzzato si potrà provvedere alla posa di un tessuto non tessuto di protezione del peso di 800 gr/mq, steso direttamente sulla superficie impermeabilizzata avendo cura di far sovrapporre i teli di almeno 30 cm fra loro.

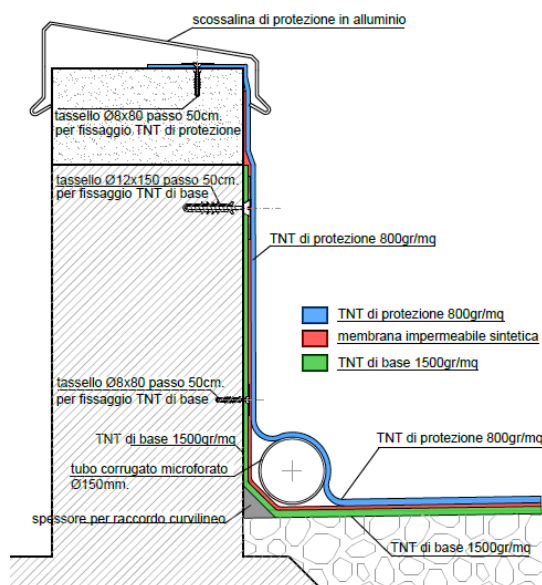


Figura 12.8.4.2.7 - Posa del TNT di protezione (strato di colore azzurro) del peso di 800 gr/mq sul parapetto/timpano

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 B	FOGLIO 36 di 99

La ricopertura del rivestimento impermeabile non potrà avvenire comunque prima che siano passati 5 minuti dalla spruzzatura, prestando attenzione a non sovrapporre all'impermeabilizzazione carichi concentrati in quanto il prodotto in fase di maturazione non sarebbe in grado di sopportare tali sollecitazioni.

12.8.4.2.8 Fase 8 – Predisposizione delle protezioni delle giunzioni trasversali e longitudinali

Terminata la posa del tessuto non tessuto di protezione della superficie impermeabilizzata, si dispone una tavola in legno orizzontale a protezione della zona di sormonta dell'ultimo tratto di impermeabilizzazione con l'inizio del tratto successivo, e questo sia in senso longitudinale che in senso trasversale (con riferimento al binario). La tavola così disposta impedisce che durante la fase di scavo si vada a danneggiare il lembo terminale del rivestimento e del tessuto non tessuto posato nell'intervento eseguito nel tratto precedente.

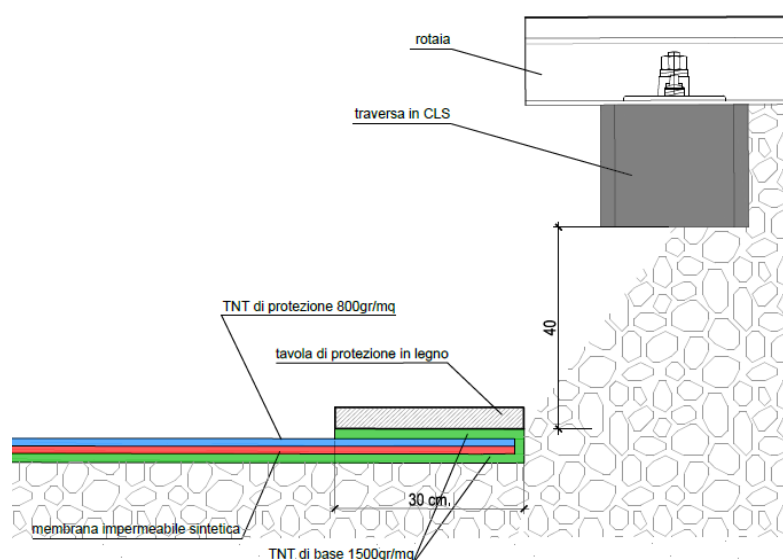


Figura 12.8.4.2.8.a - Protezione della giunzione trasversale

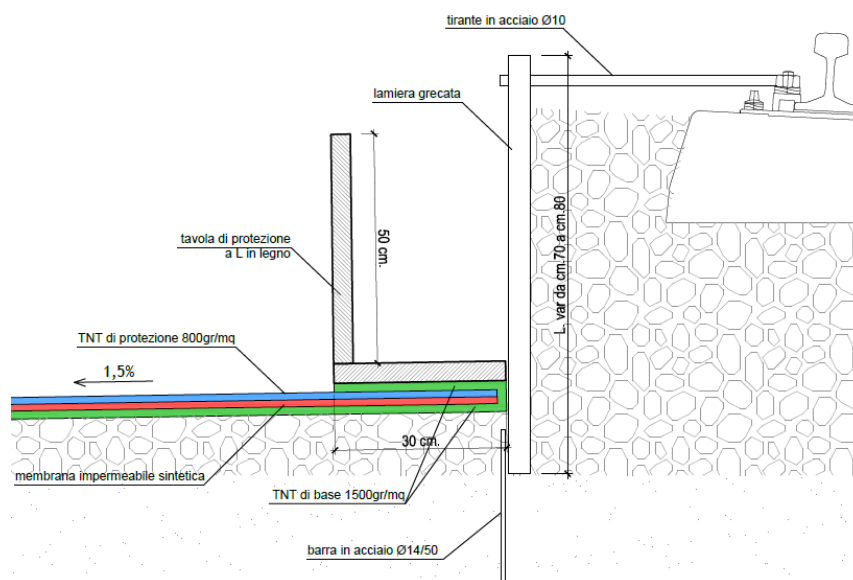


Figura 12.8.4.2.8.b - Protezione della giunzione longitudinale

12.8.4.2.9 Fase 9 – Riposizionamento del binario, scarico pietrisco e rinalzata

Trascorsi 10 minuti dalla posa del rivestimento impermeabile, sarà possibile riposizionare il tratto di binario precedentemente asportato, ricollegandolo alla restante parte di binario tramite l'apposizione di dispositivi di giunzione provvisoria.

In seguito si procederà allo scarico per punti del pietrisco per mezzo di idonei carri tramoggia e/o con caricatori avendo cura di effettuare l'operazione con le dovute cautele in maniera tale che il pietrisco raggiunga la superficie impermeabilizzata con minor velocità possibile.

Terminato lo scarico, si procederà alla regolarizzazione del materiale e alla rinalzata con allineamento del binario.

Le fasi da 2 a 9 dovranno essere ripetute per un numero di volte pari al numero di tratti in cui si decide di dividere l'intervento di impermeabilizzazione (nel caso in esame 5 tratti della lunghezza di 18.00 m) sul ponte in corrispondenza del primo binario di lavorazione.

Dette fasi saranno ripetute anche sui tratti in cui si decide di dividere l'intervento in corrispondenza del secondo binario, a meno del posizionamento della lamiera grecata di sostegno del pietrisco.

L'utilizzo dei dispositivi di giunzione provvisoria così come sopra esposto garantisce su ciascun binario la presenza di non più di due giunzioni provvisorie durante tutto il periodo di esecuzione dei lavori.

Tale circostanza è garantita dall'esecuzione dei lavori in tratti successivi di binario della lunghezza pari a 18.00 m (o minore, a seconda dei casi), dalla realizzazione di una saldatura provvisoria all'estremo iniziale del tratto oggetto di lavorazione e all'esecuzione di un taglio preparatorio al termine del tratto di binario interessato a seguire dai lavori stessi. Al termine dei lavori sull'ultimo tratto di binario, si procederà ad effettuare due

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 B	FOGLIO 38 di 99

saldature provvisorie alle due estremità.

Al termine delle attività, sul singolo binario saranno presenti un numero di saldature provvisorie pari ad $n+1$, distribuite su tutta la lunghezza del ponte, con n corrispondente al numero di tratti in cui i lavori di impermeabilizzazione sullo stesso binario sono stati divisi.

Per garantire una riduzione di dette saldature al di sopra dell'opera d'arte, al termine delle attività sia sul primo che sul secondo binario, si provvederà a rimuovere un tratto di binario della lunghezza massima di 108 m, che includa i singoli tratti di binario oggetto delle precedenti fasi di lavoro, e a sostituirlo con un tratto di binario di pari lunghezza da collegare a monte e a valle con saldature in opera definitive.

Eseguite le saldature definitive, si provvederà ad effettuare rinalzatura finale e regolazione della lunga rotaia saldata.

A seguito di tale regolazione si provvederà a rimuovere il rallentamento alla velocità di circolazione dei treni. Al fine di provvedere alla definitiva risistemazione del binario, a 30 giorni dall'intervento dovrà essere eseguita un'ulteriore rinalzatura sia del primo che del secondo binario.

12.8.4.3 Caratteristiche della membrana impermeabile

Il materiale da utilizzare per l'impermeabilizzazione dovrà possedere tutte le caratteristiche minime di cui alla Tabella 12.8.2.1-1 del presente Capitolato.

Le caratterizzazioni del materiale impermeabilizzante sarà definita con l'effettuazione di prove tecnologiche da eseguirsi sia sul materiale tale e quale che sul materiale trattate, e prove funzionali da eseguirsi solo sul materiale tale e quale, come da Tabella 12.8.2.1-2 del Capitolato.

12.8.4.4 Tempistiche di esecuzione dei lavori

Sulla base della descrizione delle fasi di lavorazione sopra riportate, è possibile stimare i tempi caratteristici delle singole interruzioni programmate.

Nella stima va distinto il tempo relativo ai lavori di armamento (rimozione e riposizionamento del binario) da quello strettamente necessario alla realizzazione dell'impermeabilizzazione stessa.

Il tempo necessario per eseguire tutti i lavori di armamento (rimozione giunzioni provvisorie, rimozione della campata di binario, asportazione pietrisco, realizzazione pendenze trasversali di progetto, riposizionamento campata di binario, apposizione giunzioni provvisorie, scarico pietrisco e rinalzatura), è stimato per singolo tratto di lavorazione della lunghezza di 18.00 m su singolo binario in n. 4 ore. In tale tempistica è compreso il tempo necessario per arrivare con i mezzi all'opera d'arte e la loro rimessa; tale ipotesi andrà puntualmente verificata per ogni singola opera d'arte.

Il tempo necessario per eseguire l'intervento di impermeabilizzazione (stesura del tessuto non tessuto di base compresi i risvolti, posa della membrana impermeabile sintetica, posa del tessuto non tessuto di base, protezione delle giunzioni trasversali e longitudinali), nell'ipotesi di lavorare con due squadre contemporanee, è stimato per singolo tratto di lavorazione della lunghezza di 18.00 m su singolo binario in n. 1 ora.

Le tempistiche sopra richiamate per l'esecuzione dei lavori di armamento e per quelli di impermeabilizzazione comportano che la durata minima di ciascuna interruzione programmata non potrà essere inferiore a n. $4+1=5$ ore consecutive.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 B	FOGLIO 39 di 99

Tenendo conto di tali tempistiche, per l'esecuzione dell'intervento di cui ai paragrafi precedenti su ponti esistenti, il numero di notti necessario è dato dalla somma del numero di tratti in cui si decide di dividere l'attività su ciascun binario, a cui andrà aggiunta una notte di lavorazione per ciascun binario utile per la preparazione del cantiere e un'ulteriore notte in cui sarà effettuata la sostituzione definitiva del tratto di binario in corrispondenza del ponte, la rinalzatura finale e la regolazione della lunga rotaia saldata.

E' possibile altresì prevedere l'esecuzione dei lavori di impermeabilizzazione del ponte tramite interruzioni alla circolazione dei treni temporalmente più lunghe, ove consentito, della durata massima stimata di circa n. 15 ore per singolo binario, utile per effettuare l'impermeabilizzazione su un tratto di lunghezza di circa 100.00 m, da prevedere nella notte tra due giornate consecutive concentrate nel fine settimana. Tale seconda modalità di esecuzione dei lavori consente di eseguire l'impermeabilizzazione riducendo al minimo il numero di giunzioni trasversali.

Le tempistiche sopra riportate per l'esecuzione dei lavori di impermeabilizzazione per tratti successivi della lunghezza di 18.00 m o minori, in interruzioni programmate, sono da considerarsi valide anche nel caso di ponti a singolo binario.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 B	FOGLIO 40 di 99

12.9 APPARECCHI D'APPOGGIO

12.9.1 CARATTERISTICHE GENERALI

Gli apparecchi di appoggio devono sopportare i carichi verticali ed orizzontali trasmessi dall'impalcato, consentendone i movimenti di progetto.

Gli appoggi, in relazione al tipo di movimento consentito nel piano, si suddividono in:

- FISSO: impedisce tutte le traslazioni;
- MOBILE UNIDIREZIONALE: consente traslazioni in una sola direzione;
- MOBILE MULTIDIREZIONALE: consente traslazioni in ogni direzione del piano.

Tutti gli appoggi devono consentire le rotazioni, nel rispetto dei valori indicati nel seguito della presente Specifica.

12.9.2 APPARECCHI DI APPOGGIO PER STRUTTURE IN C.A. , C.A.P. E MISTE ACCIAIO - CALCESTRUZZO

Gli apparecchi d'appoggio destinati a tali tipi di opere devono garantire, per propria costruzione, l'isolamento elettrico nei valori limite indicati dalla presente Specifica.

12.9.2.1 Tipologie da utilizzare

Di norma devono utilizzarsi appoggi a cerniera sferica cioè in grado di consentire le rotazioni attorno a tutte le direzioni del piano. I dispositivi che soddisfano tale requisito sono delle seguenti tipologie:

- APPOGGI A DISCO ELASTOMERICO CONFINATO;
- APPOGGI A CERNIERA SFERICA CON SUPERFICIE DI ROTAZIONE RIVESTITA CON PTFE (Politetrafluoroetilene) ;
- APPOGGI IN GOMMA ARMATA.

E' consentito, per particolari situazioni, previo benestare delle FERROVIE, derogare a tali prescrizioni utilizzando anche appoggi delle seguenti tipologie:

- APPOGGI A CERNIERA CILINDRICA CON SUPERFICIE DI ROTAZIONE RIVESTITA CON PTFE (Politetrafluoroetilene) ;
- APPOGGI METALLICI A CONTATTO LINEARE;

Nessuna deroga potrà essere concessa in caso di impalcato a più binari, nei ponti obliqui con obliquità superiore a 15°, nonché negli attraversamenti che prevedano l'asse dei binari ruotato rispetto all'asse longitudinale delle travi (ad esempio gallerie artificiali per le quali, peraltro, è da preferire, se possibile, la soluzione di un impalcato solidale ai piedritti).

12.9.2.2 APPOGGI FISSI

12.9.2.2.1 Appoggio fisso a disco elastomerico confinato

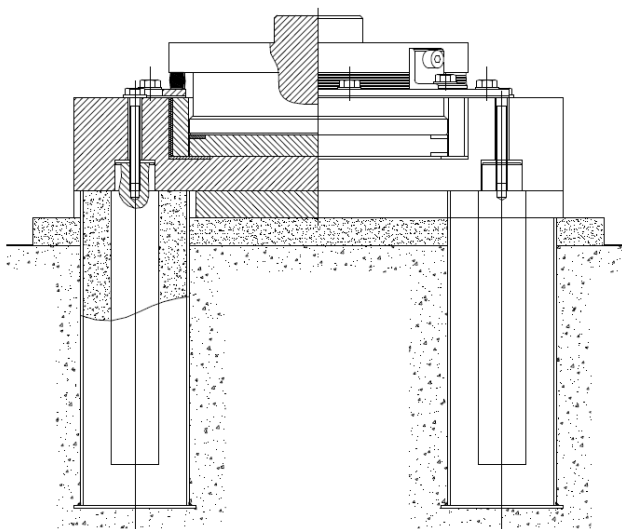


Fig. 12.9.2..2.1 - Appoggio Fisso a disco elastomerico confinato

E' costituito da un basamento monolitico in acciaio a sede cilindrica, sul cui fondo è contenuto un disco di gomma, e da un coperchio basculante che s'impegna nel basamento stesso.

La rotazione intorno ad un asse orizzontale qualsiasi avviene per deformazione della gomma. Uno o più anelli di tenuta/guarnizione chiusi impediscono l'estrusione della gomma stessa dalla sede. Il basamento costituisce anche vincolo alla traslazione.

La zona di contatto dell'elemento basculante con il basamento (dente di battuta), di norma deve essere sagomata a segmento sferico di raggio pari a quello interno del basamento stesso con il centro situato a metà dell'altezza del dente.

E' ammesso che la zona di contatto sia sagomata a segmento cilindrico solamente se lo spessore del dente di battuta è inferiore a 15 mm e per rotazioni inferiori a 0.025 radianti.

Il gioco tra elemento basculante e basamento non deve comunque risultare superiore a 1 mm dopo che gli elementi siano stati protetti dalla corrosione con prodotti a basso spessore (es. dacromet, nichelatura ecc.) come indicato al successivo par. 1.2.6.4.

L'elemento basculante (o il dente di battuta), nella configurazione di rotazione massima richiesta dal progetto, deve essere impegnato nel basamento per almeno 15 mm, misurati dal punto di contatto, detta misura in zona sismica deve essere non inferiore a 20 mm.

Gli anelli anti estrusione della gomma, per le strutture ferroviarie, devono essere quelli indicati nell'APPENDICE G prospetto G1 della UNI EN 1337-5 che riporta le tipologie di anelli in funzione dello scorrimento accumulato (somma dei movimenti relativi tra la guarnizione interna e la parete del basamento risultante da rotazioni variabili). Lo scorrimento accumulato da prendere in considerazione è quello di tipo "C" 2000 m a cui corrispondono le guarnizioni di tipo POM e PTFE le cui caratteristiche fisico - meccaniche sono riportate rispettivamente nei prospetti A2 e A3 della citata norma UNI EN 1337-5. Il numero di anelli da impiegare sarà quello riportato nel prospetto A.1 della stessa UNI EN 1337-5.

Il disco di gomma deve avere un rapporto tra spessore S e diametro D $\geq 1/15$, inoltre la rotazione massima non deve provocare una deformazione della gomma, in corrispondenza del perimetro del disco, superiore al 10% dello spessore iniziale.

La rotazione che tali dispositivi devono offrire non deve essere inferiore a 0,75 gradi.

Per quanto non meglio specificato si rimanda alla UNI EN 1337-5.

12.9.2.2.2 Appoggi fissi a cerniera sferica con superficie di rotazione in PTFE

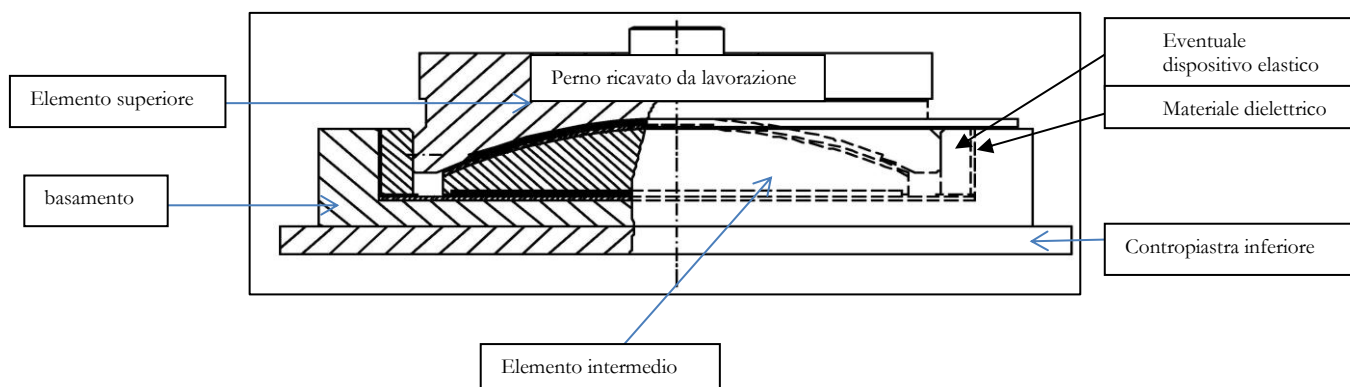


Fig. 12.9.2.2.2-1 appoggio fisso a cerniera sferica con superficie di rotazione in ptf

Tali appoggi sono costituiti dai tre seguenti elementi metallici:

- un basamento a sagoma orizzontale circolare, che presenta la superficie di fondo rivestita da acciaio inossidabile;
- un elemento intermedio di forma lenticolare disposto con la convessità rivolta verso l'alto e dotato inferiormente di uno strato piano in PTFE che accoppiandosi con il lamierino di acciaio inox sottostante posto nel basamento, consente i movimenti orizzontali della lente derivanti dalle rotazioni dell'appoggio;
- un elemento superiore con superficie inferiore sferica avente la concavità rivolta verso il basso che accoppiandosi con la superficie convessa dell'elemento intermedio consente la rotazione dell'appoggio; l'accoppiamento tra i due si realizza con due superfici rivestite una di acciaio inossidabile (quella dell'elemento intermedio), l'altra (quella dell'elemento superiore) in PTFE. Sono comunque ammesse soluzioni che prevedono in sostituzione dell'acciaio inossidabile, superfici in alluminio o cromate con la stessa rugosità dell'inox. La zona di contatto dell'elemento superiore con il basamento viene sagomata a settore di sfera con raggio pari al raggio interno del basamento (a meno dei giochi previsti). Nella parte superiore tale elemento è dotato del perno per l'ancoraggio dell'appoggio alla struttura dell'impalcato.

Tali apparecchi possono essere dotati al loro interno di un dispositivo elastico in grado di conferire all'appoggio una rigidità predeterminata, funzione della forza orizzontale agente e contenuta all'interno di un fuso delle rigidità definito da RFI in funzione della luce dell'impalcato (vedi Allegato A). Tale elemento consente di limitare le azioni parassite che si ingenerano nei casi di impalcato a più binari, caricati dissimmetricamente, con almeno due appoggi fissi.

L'elemento elastico non è qui descritto poiché i vari produttori potranno realizzare tale elemento in maniera differente.

La rotazione che tali dispositivi devono offrire non deve essere inferiore a 3 gradi.

Gli apparecchi d'appoggio dotati di dispositivo elastico per essere accettati dovranno essere preventivamente omologati dalle FERROVIE secondo l'apposita specifica tecnica riportata in allegato A alla presente sezione di Capitolato.

VISTA DA A

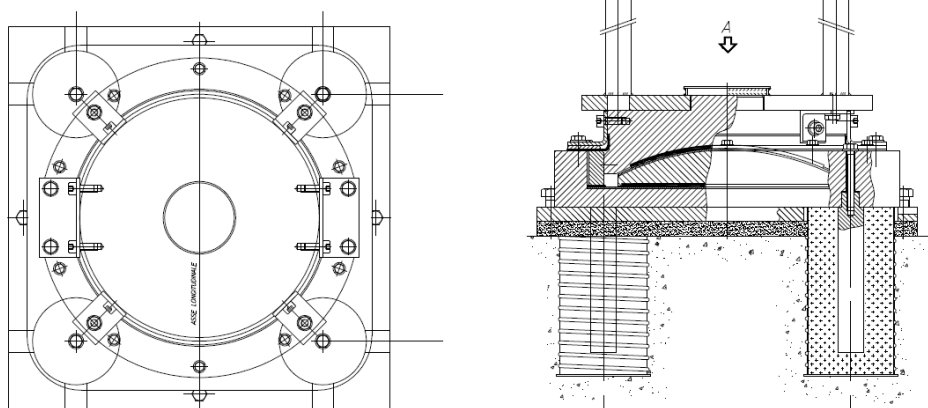


Fig. 12.9.2.2.2 – 2 Appoggio Fisso a cerniera sferica con superficie di rotazione in PTFE

12.9.2.3 Appoggi mobili

Gli appoggi mobili consentono, oltre alla rotazione intorno ad uno o più assi orizzontali, anche la traslazione in una direzione (tipo unidirezionale) o più direzioni (tipo multidirezionale).

Gli appoggi mobili possono essere dei seguenti tipi:

- elastomerici armati;
- a cerniera sferica con superficie di rotazione in PTFE o a disco elastomerico confinato

12.9.2.3.1 Appoggi elastomerici armati

Sono costituiti da più strati di gomma con interposti dei lamierini in acciaio, completamente inglobati nella gomma medesima.

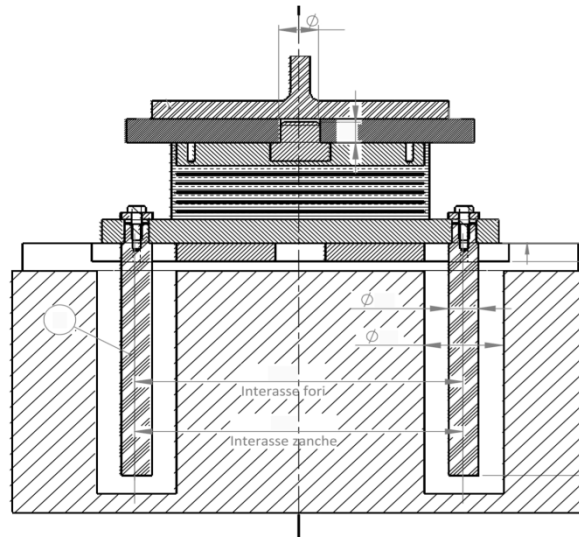


Fig. 12.9.2.3.1 - Appoggio elastomerico armato

Non sono ammesse le seguenti tipologie:

- appoggi elastomerici non armati;
- appoggi elastomerici con elementi scorrevoli.

Gli appoggi, sono ottenuti mediante vulcanizzazione in appositi stampi a pianta rettangolare o circolare e consentono, per deformazione della gomma, sia la rotazione sia la traslazione intorno ad un generico asse orizzontale.

La rotazione che tali dispositivi devono offrire non deve essere inferiore a 1 grado.

Si fa presente che, in caso di loro utilizzo, non vi è più distinzione tra appoggi di tipo fisso e mobile e pertanto dovrà essere posta particolare cura nella valutazione degli effetti (sollecitazioni e deformazioni) indotti dalle azioni impulsive orizzontali sugli stessi nonché sulla struttura e sul binario. Gli appoggi devono essere provvisti di contropiastra superiore e inferiore.

Per il collegamento meccanico dell'appoggio in gomma armata alle sottostrutture e all'impalcato, la soluzione dovrà essere quella di vulcanizzare il cuscinio di gomma ad una piastra inferiore preforata per l'alloggiamento delle zanche di ancoraggio al pulvino, e ad una piastra superiore provvista di perno, ricavato da pieno, per il collegamento all'impalcato. Tale ultima piastra potrà essere lavorata a cuneo per recuperare la livelletta dell'impalcato e munita di fori per l'aggancio provvisorio alle contropiastre poste sulle travi.

Per quanto attiene il collegamento dell'appoggio alla sottostruttura, in alternativa a quanto sopra indicato, è possibile vulcanizzare il cuscinio ad una piastra inferiore munita di perno, sempre ricavato da pieno, che andrà ad accoppiarsi con la contropiastra inferiore munita di zanche e di foro per il perno.

Per le caratteristiche costruttive si rimanda alla relativa normativa europea UNI EN 1337.

12.9.2.3.2 Appoggi a cerniera sferica con superficie di rotazione in ptfè o a disco elastomerico confinato

Possono essere del tipo a cerniera sferica con superficie di rotazione in PTFE o a disco elastomerico confinato. La traslazione avviene tra due superfici piane orizzontali, di cui una rivestita con PTFE e l'altra di

acciaio inossidabile lucidata a specchio. Questa ultima deve avere dimensioni tali da ricoprire sempre quella in PTFE anche per gli spostamenti prevedibili in zona sismica con un'ulteriore extra corsa in ogni direzione di almeno 20mm. Di norma i piani di scorrimento devono essere posti inferiormente (vedi figura seguente) alle superfici di rotazione al fine di garantire l'orizzontalità dello scorrimento anche ad appoggio ruotato.

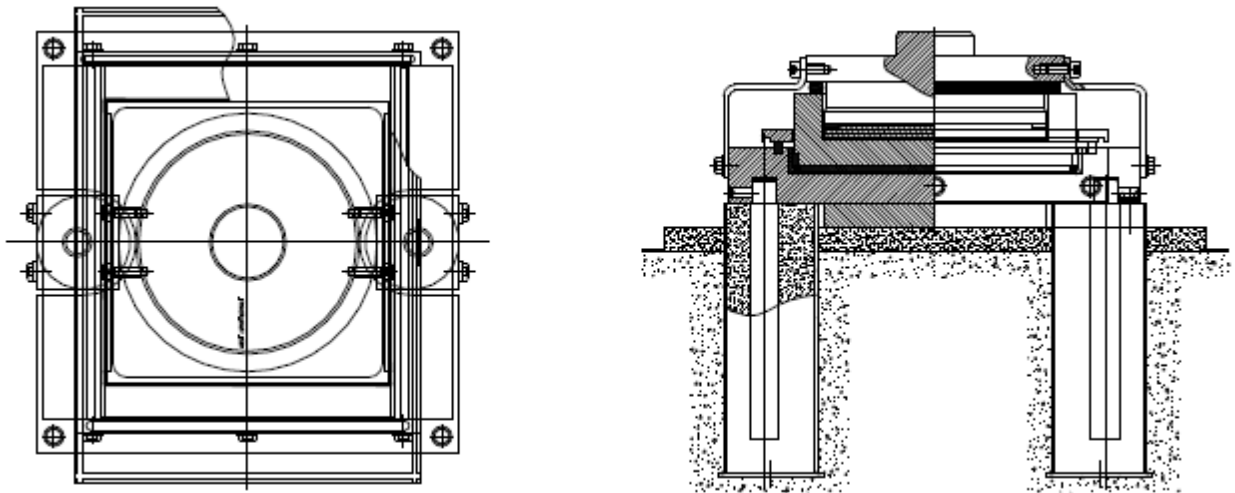


Fig. 12.9.2.3.2 -1 Appoggio Unidirezionale a disco elastomerico confinato

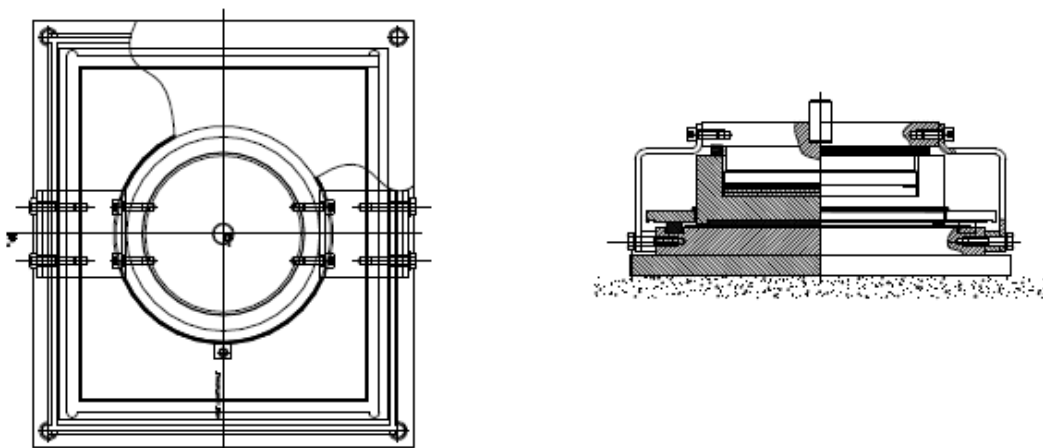


Fig. 12.9.2.3.2 - 2 Appoggio Multidirezionale a disco elastomerico confinato

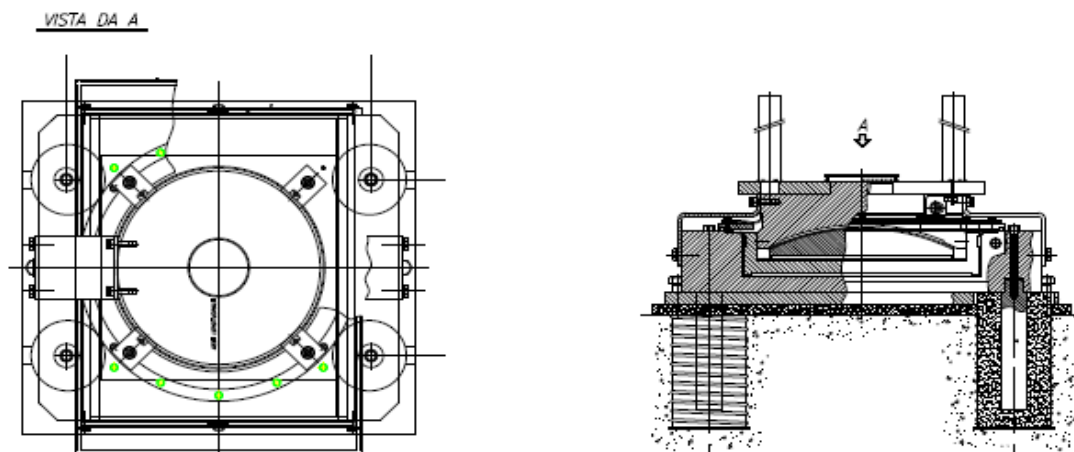


Fig. 12.9.2.3.2 – 3 Appoggio Unidirezionale a cerniera sferica con superficie di scorrimento in PTFE

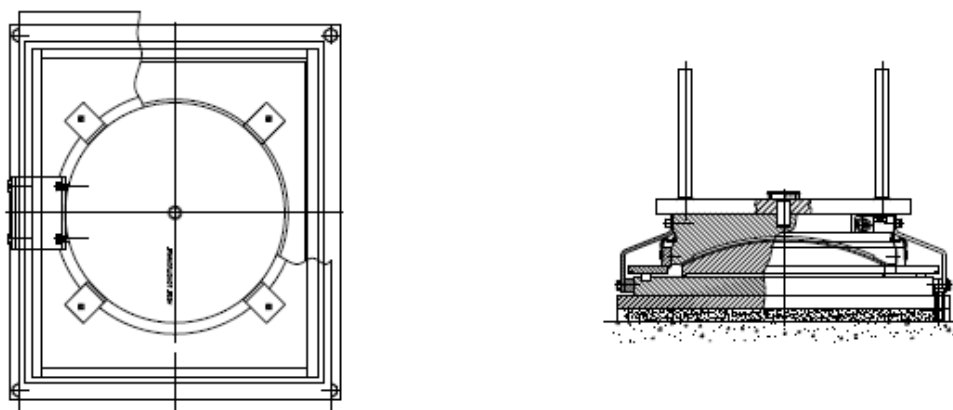


Fig. 12.9.2.3.2 – 4 Appoggio Multidirezionale a cerniera sferica con superficie di scorrimento in PTFE

Gli appoggi mobili si differenziano quindi da quelli fissi descritti al paragrafo 12.9.2.2 per la presenza di un ulteriore elemento metallico piano scorrevole.

Gli appoggi unidirezionali presentano in più una guida direzionale. L'accoppiamento di tale guida con l'elemento scorrevole avviene, mediante due pattini laterali in materiale antifrizione (PTFE, CM1, CM2) idoneo allo scorrimento e alle sollecitazioni trasmesse.

Le superfici di traslazione devono essere lubrificate con grasso silconico, utilizzando, per il suo contenimento, apposite tasche ricavate nel materiale antifrizione.

Tutti gli apparecchi di appoggio FISSI e MOBILI UNIDIREZIONALI dovranno avere gli elementi superiori muniti di perno ricavato da pieno per l'ancoraggio degli stessi alla struttura dell'impalcato e gli elementi

inferiori accoppiati con tirafondi per l'ancoraggio al pulvino.

La rotazione che tali dispositivi devono offrire non deve essere inferiore a 3 gradi per quelli a cerniera sferica con superficie di rotazione in PTFE e 0,75 gradi per quelli a disco elastomerico confinato.

12.9.2.4 Dispositivi di vincolo meccanici per soli carichi orizzontali (fissi e mobili unidirezionali)

Detti dispositivi di norma dovranno essere costituiti da un basamento, ancorato al pulvino, nel quale è ricavata una cavità cilindrica entro cui alloggerà un pistone sospeso alla trave che trasmetterà al basamento stesso soltanto le azioni orizzontali. Gli ancoraggi, superiore e inferiore, dovranno essere realizzati con tirafondi e dovranno consentire un'agevole rimozione dei dispositivi.

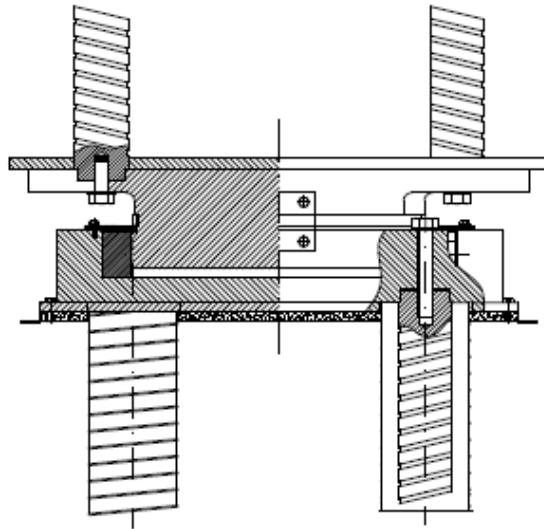


Fig. 12.9.2.4 Dispositivo tipo fisso per soli carichi orizzontali

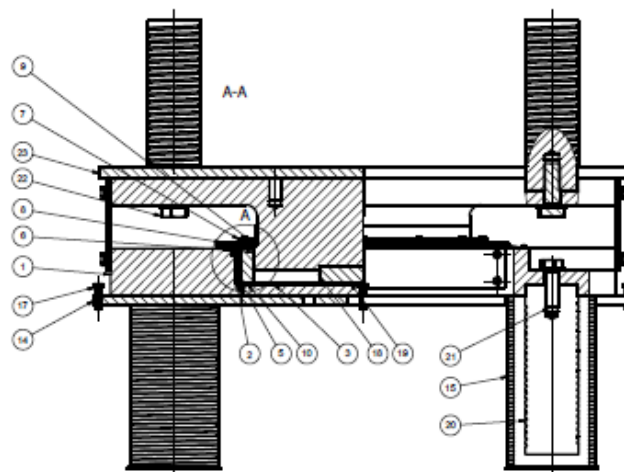


Fig. 12.9.2.5 Dispositivo tipo unidirezionale per soli carichi orizzontali

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 B	FOGLIO 48 di 99

L'accoppiamento preferito tra il basamento ed il pistone sarà di tipo sferico superficiale che consente di ridurre le dimensioni di tali dispositivi talvolta molto ingombranti per i forti carichi orizzontali cui sono sottoposti. Le superfici di contatto dei due elementi devono essere adeguatamente protette con riporti di inox o con trattamenti superficiali a basso spessore descritti nel seguito della presente Specifica.

Per quanto riguarda gli elaborati di progetto da produrre, i materiali da utilizzare, le parti accessorie da applicare, le verifiche progettuali da effettuare, le protezioni parapolvere, raschiapolvere e anticorrosione da adottare, nonché il controllo dei materiali, si dovrà fare riferimento a quanto stabilito per gli apparecchi di appoggio. In merito alle modalità di posa in opera, si fa rilevare che le stesse dipendono da quelle degli appoggi previsti in affiancamento.

Gli apparecchi di appoggio potranno essere forniti soltanto dai costruttori che hanno conseguito l'attestato di marcatura CE della tipologia da fornire. Tale attestato dovrà essere rilasciato da Enti notificati secondo la Direttiva Europea 89/106/CEE "prodotti da costruzione" recepita in Italia dal DPR 21/04/1993, n° 246 così come modificato dal DPR 10/12/1997, n° 499.

12.9.2.5 Caratteristiche dei materiali

12.9.2.5.1 Materiali antifrizione (PTFE, CM1 e CM2)

Il materiale antifrizione deve possedere tutte le caratteristiche fisico - meccaniche riportate nelle tabelle della UNI EN 1337-2.


Si precisa che è consentito l'impiego di materiali antifrizione alternativi, purché essi siano in possesso di certificato ETA e del certificato di qualificazione rilasciato da FERROVIE.

Per il rilascio del suddetto certificato di qualificazione, ciascun PRODUTTORE dovrà svolgere a propria cura e spese le prove indicate nella seguente tabella, in presenza del personale di FERROVIE:

	PROVE	NORMA DI RIFERIMENTO
1	Resistenza a compressione caratteristica	EN 1337-2
2	Resistenza all'usura	EN 1337-2
3	Determinazione dei coefficienti d'attrito	EN 1337-2
4	Temperatura massima operativa	EN 1337-2
5	Temperatura minima operativa	EN 1337-2
6	Densità	ISO 1183-1
7	Analisi chimica spettrofotometrica (IR)	-
8	Residuo in cenere	UNI 9376 – UNI 8309
9	Durezza con penetratore a sfera H132/60	ISO 2039-1
10	Resistenza a trazione con allungamento a rottura	ISO 527-1/3

Tab. 12.9.2.5.1

Il prodotto sarà ritenuto idoneo alla qualifica se dall'esito di tali prove risulteranno caratteristiche fisico-meccaniche uguali o superiori a quelle del PTFE.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 B	FOGLIO 49 di 99

L'ESECUTORE dovrà, a sua cura e spese, dimostrare la compatibilità della fornitura con quanto qualificato da FERROVIE attraverso le prove n. 1, 6, 7, 8 e 9 indicate nella tabella 12.9.2.5.1.

L'uso dei materiali compositi CM1 e CM2 secondo UNI EN 1337 parte 2 è consentito solamente per le guide.

12.9.2.5.2 Lubrificanti

I lubrificanti, di norma costituiti da grasso di silicone, devono conservare la loro efficacia nel campo di temperature comprese tra -35° C e +50° C.

Essi non devono resinificare né risultare aggressivi nei confronti delle parti costituenti gli apparecchi di appoggio. Inoltre devono possedere le caratteristiche fisico-meccaniche riportate nella seguente tabella:

CARATTERISTICA	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	VALORI RICHIESTI
Penetrazione	ISO 2137	a 25°C: 26.5 –29.5 mm a -30°C: > 10 mm
Punto di gocciolamento	ISO 2176	≥ 180 °C
separazione d'olio dopo 24h a 100°C	Appendice G della UNI EN 1337-2	≤ 3% (massa)
Resistenza all'ossidazione – caduta della pressione dopo 100 h a 160°C	Appendice H della UNI EN 1337-2	≤ 0.1MPa
Punto di scorrimento dell'olio base	ISO 3016	Sotto i –60 °C

Tabella 12.9.2.5.2 -1

12.9.2.5.3 Gomma

L'ESECUTORE dovrà impiegare esclusivamente gomme del tipo naturale (NR) o cloropreniche (CR), dielettriche ed esenti da rigenerato o da polveri di gomma vulcanizzata di recupero, in possesso del certificato di qualificazione rilasciato da FERROVIE. Su tali gomme, a sue cure e spese, dovranno essere svolte le prove indicate nella tabella 12.9.2.5.3-1 (ad esclusione della n. 13) come verifica di compatibilità con il prodotto qualificato.

Per il rilascio di tale certificato, ciascuno PRODUTTORE dovrà sottoporre il proprio prodotto alle seguenti prove, in presenza di personale di FERROVIE.

	CARATTERISTICHE	VALORI	NORMATIVA DI
--	-----------------	--------	--------------

		RICHIESTI			RIFERIMENTO
1	Modulo G (MPa) Tolleranza sul modulo G	0.7 ±0.10	0.9 ±0.15	1.15 ±0.20	Appendice F EN 1337-3
2	Resistenza a trazione (MPa) Provino stampato Provino da prodotto finito	≥ 16 ≥ 14	≥ 16 ≥ 14	≥ 16 ≥ 14	ISO 37 provini tipo 2
3	Allungamento minimo a rottura (%) Provino stampato Provino da prodotto finito	450 400	425 375	300 250	
4	Resistenza minima alla lacerazione (KN/m) CR NR	≥ 7 ≥ 5	≥ 10 ≥ 8	≥ 12 ≥ 10		ISO 34-1 Pantalone (Metodo A)
5	Deformazione residua dopo la compressione (%) Dopo 24h a 70°C CR NR		≤ 15 ≤ 30		ISO 815 Φ 29 x 12,5 Distanziatore: 9.38 - 25%
6	Durezza nominale (Shore A3) Campo di durezza	50 45-55	60 55-65	70 65-75	UNI EN ISO 868
7	Temperatura limite di fragilità (°C)	≥ - 25	≥ -25	≥ - 25	UNI ISO 812
8	Invecchiamento accelerato - <i>Resistenza a trazione (%)</i> NR 7d, 70 °C CR 3d, 100 °C - <i>Allungamento minimo a rottura (%)</i> NR 7d, 70 °C CR 3d, 100 °C - <i>Durezza</i> NR 7d, 70 °C CR 3d, 100 °C		± 15 ± 15 ± 25 ± 25 -5+10 ± 5		ISO 48 ISO 188
9	Resistenza all'ozono <i>Allungamento: 30% - 96h</i> 40 °C ± 2 °C NR 25 pphm CR 100 pphm		Nessuna screpolatura		ISO 1431-1
10	Spettro IR		Grafico del tipo di gomma rilevato su appendice		UNI ISO 4650

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
	CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 B	FOGLIO 51 di 99

11	Densità	Valore rilevato su appendice	ASTM D792
12	Residuo in cenere	Valore rilevato su appendice	UNI 9376 UNI 8309
13	Analisi Termogravimetrica (TGA)	Determinazione curve termogravimetriche	ISO 9924

Tabella 12.9.2.5.3 – 1

12.9.2.5.4 Adesivi

Gli adesivi per l'incollaggio del materiale antifrizione devono resistere all'azione dei lubrificanti, agli agenti biologici ed atmosferici e alle temperature estreme alle quali gli appoggi sono sottoposti. Essi devono inoltre garantire una resistenza allo strappo innescato a 90° di almeno 4 N/mm oltre quanto previsto dalla EN 1337-2 appendice J.

12.9.2.5.5 Acciaio inossidabile

Le lamiere in acciaio inossidabile (INOX) devono essere del tipo X5CrNiMo17-12-2 (AISI 316) oppure X2Cr NiMo17-12-2 (AISI 316L) secondo UNI EN 10088-1-2-3.

Le superfici a contatto con il materiale antifrizione devono essere lucidate a rugosità $Ry5i \leq 1 \mu m$ (UNI EN ISO 4287-2).

L'acciaio inossidabile dei perni nonché quello degli anelli elastici e quello di riporto su altre superfici ferrose deve essere del tipo austeno-ferritico.

12.9.2.5.6 Lega di alluminio

Le superfici di scorrimento a contatto con il materiale antifrizione nel solo caso che non siano piane, possono essere realizzate anche con leghe di alluminio previste al punto 5.7.1 della UNI EN 1337-2 in conformità ai requisiti della ISO 3522. Il trattamento di anodizzazione sulla superficie curva dovrà essere quello previsto al punto 5.7.2 della stessa UNI EN 1337-2 e la rugosità della superficie anodizzata dovrà essere $Ry5i \leq 1 \mu m$.

12.9.2.5.7 Acciaio al carbonio

Per gli elementi costitutivi degli apparecchi di appoggio si devono utilizzare i seguenti tipi di acciaio:

- acciaio laminato della classe S 275, S 355 e S460 di qualità JR per le parti non strutturali e J2 per quelle strutturali UNI EN 10025.
- acciaio fuso o per getti della classe GE300 UNI EN 10293 o superiore; quando tali acciai debbano essere saldati, devono rispettare le stesse limitazioni di composizione chimica prevista per gli acciai laminati di tipo S355, di qualità J2.
- acciaio fucinato o stampato della classe S 355 di qualità J2 UNI EN 10250-2.

Tutti i pezzi di acciaio fucinato o stampato devono essere sottoposti almeno al trattamento termico di normalizzazione. Per le parti accessorie, quali zanche, viti ecc., è consentito l'impiego di materiali diversi da quelli su indicati; per le loro caratteristiche vedere le norme UNI EN di riferimento.

12.9.2.6 PRESCRIZIONI COSTRUTTIVE SUGLI APPOGGI

12.9.2.6.1 Caratteristiche generali

Gli appoggi devono poter essere tolti d'opera con un innalzamento massimo dell'impalcato di 50mm.

L'apparecchio di appoggio dovrà risultare dielettrico per sua costruzione garantendo una resistenza di

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 B	FOGLIO 52 di 99

isolamento superiore ad $1M\Omega$ sotto una tensione di 1000 Volt.

L'isolamento elettrico non potrà quindi ottenersi mediante l'impiego di vernici ma attraverso elementi isolanti, costituenti parte integrante dell'appoggio stesso.

Nel caso in cui l'isolamento elettrico sia ottenuto mediante l'utilizzo di fogli di PTFE o altro materiale parimenti dielettrico, questo dovrà essere posto nella parte interna degli apparecchi di appoggio ed adeguatamente protetto; è esclusa la loro applicazione sulle superfici esterne a contatto con il calcestruzzo.

12.9.2.6.2 Prescrizioni sui materiali e sugli elementi che costituiscono gli appoggi

12.9.2.6.2.1 Acciaio

Lo spessore minimo di ogni elemento strutturale in acciaio dell'apparecchio di appoggio non deve risultare inferiore a 25 mm.

Le guide degli appoggi unidirezionali di norma devono essere ottenute da pieno. Per esigenze particolari potranno essere accettate guide fissate con bulloni. In tal caso, le stesse devono essere incassate per almeno 5 mm, su incavi ricavati nel supporto. Per le guide riportate, è ammesso l'utilizzo di acciai bonificati.

I colletti delle zanche, dovranno avere sulla circonferenza degli smussi di 1-2 mm a 45° per facilitarne l'inserimento nelle sedi dell'appoggio.

Le zanche di ancoraggio al pulvino dovranno impegnarsi con un contatto di almeno 20 mm di altezza nelle sedi ricavate sul basamento dell'appoggio. Dette zanche dovranno essere munite in testa di una vite per essere fissate al basamento stesso.

L'accoppiamento meccanico dell'appoggio alla contropiastra superiore, applicata sulle travi dell'impalcato, è realizzato mediante un unico perno che si impegna nella contropiastra medesima con un contatto di almeno 20 mm di altezza.

Il perno, qualora non realizzato da pieno, deve essere incassato sull'elemento superiore dell'appoggio. con un'altezza di contatto di almeno 20 mm.

Anche le zanche di ancoraggio applicate sulle contropiastre devono impegnarsi con un contatto di almeno 20 mm di altezza nelle relative sedi.

Le dimensioni in pianta delle contropiastre devono essere almeno uguali a quelle dell'elemento a contatto, aumentate dello spessore delle stesse per una migliore ripartizione dei carichi.

12.9.2.6.2.2 PTFE

Il rivestimento in PTFE deve essere incassato in incavi a spigoli vivi.

Detto rivestimento deve essere costituito da una superficie unica o da più strisce della dimensione minima di 100 mm, ovvero da settori circolari con angolo al centro di almeno 60° .

Gli spessori del materiale antifrizione e le sporgenze dall'incavo devono essere conformi ai valori indicati nella normativa europea UNI EN 1337.

I pattini in materiale antifrizione posti sulle guide degli appoggi unidirezionali devono essere sempre incassati nelle guide medesime.

Le caratteristiche geometriche di eventuali materiali alternativi qualificati da FERROVIE, dovranno essere conformi a quanto riportato nel certificato ETA del prodotto.

12.9.2.6.2.3 Lamiera in acciaio inossidabile (inox)

Le lamiere in acciaio inox a contatto con il materiale antifrizione devono avere uno spessore non inferiore a

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 B	FOGLIO 53 di 99

2.0 mm e 2.5 mm per superfici sferiche, nel caso siano collegate al supporto mediante un cordone continuo di saldatura con procedimento TIG, oppure non inferiore a 2,5 mm nel caso il collegamento sia realizzato con viti. Tali viti di unione dovranno essere di acciaio inox di diametro ≥ 5 mm, disposte ad un interasse $i \leq 100$ mm e ad una distanza dal bordo pari a 10 mm.

12.9.2.7 Tolleranze negli accoppiamenti e gioco totale

Tra perni/zanche e sede di ricevimento devono prevedersi i seguenti accoppiamenti:

Elementi	Tipo di accoppiamento	Diametro (mm)	Tolleranze UNI EN ISO 286/2 UNI EN ISO 4759
Zanche — contropiastre	mobile	$\varnothing_f = \varnothing_p + 0,5$	H9/h8
Perno — contropiastra sup.	mobile	$\varnothing_f = \varnothing_p + 1$	
Perno — piastra sup. app.	interferenza	$\varnothing_f = \varnothing_p$	P8/h7
zanche — basamento app.	mobile	$\varnothing_f = \varnothing_p + 0,5$	H9/h8

Tabella 12.9.2.7-1

dove:

\varnothing_p = diametro perno;

\varnothing_f = diametro foro.


L'accoppiamento tra guida ed elemento scorrevole negli appoggi unidirezionali dovrà avere un gioco massimo di 0.5 mm.

Si prescrive che dopo i trattamenti anticorrosione, la tolleranza tra il diametro interno della tazza e quello esterno del pistone dovrà essere $\leq 1,0$ mm.

Per gli apparecchi di appoggio a disco elastomerico il gioco totale dell'apparecchio di appoggio inteso come sommatoria delle tolleranze di costruzione dei vari pezzi che lo costituiscono (ad esclusione delle zanche e delle contropiastre) dovrà essere ≤ 0.8 mm per guarnizioni di PTFE caricato al carbonio e ≤ 1 mm per guarnizioni metalliche e POM (poliossimetilene) per gli appoggi fissi e ≤ 1.5 mm per gli appoggi unidirezionali. Tale valore dovrà essere verificato in fase di effettuazione delle prove funzionali.

12.9.2.8 Rivestimenti protettivi

Gli elementi che costituiscono gli appoggi devono essere provvisti di un rivestimento protettivo delle superfici metalliche soggette ad aggressione chimica e fotochimica. Detti elementi prima dell'applicazione delle protezioni anticorrosione, dovranno avere tutti gli spigoli direttamente esposti all'ossidazione raccordati con un raggio minimo di 5 mm. Tale raggio potrà essere ridotto a 1-2 mm per i rivestimenti a basso spessore (nitrazioni, dacrometizzazioni, nichelature ecc.) e per gli spigoli non esposti direttamente all'esterno.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 B	FOGLIO 54 di 99

Il rivestimento protettivo con verniciatura dovrà essere realizzato con cicli omologati dalle FERROVIE in accordo alla sezione 6 del presente Capitolato.

Per alcuni elementi o parti dello stesso elemento il rivestimento protettivo potrà altresì essere realizzato con:

- Trattamento di zincatura a caldo il cui accertamento delle caratteristiche andrà condotto secondo le norme UNI EN ISO 1461 e UNI EN 10240, in tal caso lo spessore del rivestimento dovrà risultare $\geq 100 \mu\text{m}$ (700 g/mq). Il trattamento di zincatura a caldo è obbligatorio per la contropiastra inferiore. Sulla contropiastra superiore potrà invece eseguirsi il ciclo completo di verniciatura. Qualora il ciclo preveda più mani e ammesso sulla superficie interna della contropiastra, annegata nel calcestruzzo della trave, l'applicazione della sola mano di fondo di spessore non inferiore a $50 \mu\text{m}$.
- Nichelatura chimica ad alto fosforo con percentuale in peso di fosforo $\geq 10,5\%$. L'accertamento delle caratteristiche sarà condotto secondo la norma (UNI EN ISO 4527). Lo spessore richiesto per tale tipo di trattamento dovrà essere $>$ di $40 \mu\text{m}$ e dovrà essere applicato su superfici perfettamente pulite meccanicamente oppure chimicamente.
- Dacrometizzazione + Plus di fissaggio, rivestimento chimico protettivo a base di cromo, zinco e alluminio, ricoperto da uno spessore di plus per migliorarne l'aderenza. Le caratteristiche richieste dovranno essere le seguenti:
 - Rivestimento di dacromet superiore al grado B con spessore $\geq 11 \mu\text{m}$.
 - Rivestimento di Plus $\geq 5 \mu\text{m}$.
 - Aderenza resistente al distacco del nastro tipo Scotch Brand Tape 3M.
 - La mano di Plus dovrà essere di colore diverso rispetto al dacromet.
- Cromatura

Per le superfici di scorrimento curve è ammessa la cromatura. Il supporto da cromare dovrà essere costituito da acciaio S 355 di qualità J2 UNI EN 10025.1.2. La superficie di cromo dovrà essere esente da porosità e fessure UNI 4240 FA -1.

Lo spessore dello strato di cromo non potrà essere inferiore a 100 micron mentre per la rugosità dovrà risultare $Ry5i \leq 1 \mu\text{m}$.

12.9.2.9 Prescrizioni sulle saldature

Per le saldature strutturali valgono interamente le prescrizioni contenute nella sezione 6 del presente Capitolato.

12.9.2.10 Prescrizioni per l'assemblaggio, il trasporto e lo stoccaggio in cantiere

Gli apparecchi di appoggio devono essere muniti di una targhetta metallica anticorrosione oppure in materiale termoplastico, fissata sulla superficie laterale degli appoggi con viti $\varnothing 4$ oppure $\varnothing 6$ mm in acciaio inox, sulla quale devono essere riportate in bianco, su sfondo nero, le seguenti indicazioni:

- nome del PRODUTTORE e anno di fabbricazione;
- marchio CE
- tipo di apparecchio;
- carichi nominali, verticale ed orizzontale;
- entità dei movimenti di progetto;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 B	FOGLIO 55 di 99

- sigla di identificazione del lotto di appartenenza;
- numerazione seriale del lotto.

Detta targhetta, per essere visibile ai controlli, dovrà essere applicata sulla parte di appoggio che guarda l'asse trasversale del pulvino di pila o di spalla e comunque sulla parte opposta rispetto alla freccia che indica il centro della trave.

Su ogni singolo apparecchio di appoggio, preferibilmente sull'estradosso della piastra superiore, dovranno essere riportati tutti i riferimenti utili al cantiere per la posa in opera del dispositivo. Pertanto dovranno essere indicati: la sigla dell'apparecchio di appoggio, l'asse longitudinale di posa con la freccia di orientamento, l'eventuale pregeolazione ed il numero seriale di targa.

Tutte le staffe accessorie occorrenti per l'assemblaggio, il trasporto e la posa in opera dell'appoggio, dovranno essere di colore diverso da quello dell'appoggio stesso e dovranno riportare una targhetta adesiva, sulla faccia verticale, con la seguente scritta "Rimuovere dopo la posa in opera e ingrassare i fori filettati, utilizzati per il fissaggio, con grasso meccanico".

Tutti gli appoggi e le relative contropiastre, prima dell'invio in cantiere, dovranno essere imballati con fascette ben serrate evitando con plastica, gomma od altri materiali teneri, il contatto diretto con i vari elementi metallici verniciati. I pallets così preparati dovranno essere altresì coperti con nylon termoretraibile prima della spedizione. Fintanto che non verranno messi in opera, gli apparecchi dovranno essere stoccati in appositi locali al riparo dagli imbrattamenti e dalle intemperie.

Gli appoggi mobili muniti di guida incassata al supporto, oltre al normale trattamento di verniciatura per la protezione contro la corrosione, dovranno avere il perimetro dell'incasso della guida ben siliconato non potendo proteggere efficacemente il contatto tra guida e supporto con la sola verniciatura. Per tali appoggi anche l'elemento di scorrimento con il riporto di acciaio inox saldato, dovrà essere siliconato ove la saldatura dell'inox non è possibile e ove anche la verniciatura risulta difficoltosa.

Tutte le viti di fissaggio degli elementi accessori sugli appoggi, nonché quelle sulle zanche, dovranno essere zincate a caldo o in acciaio inox. Inoltre le viti sulle zanche nonché quelle a diretto contatto con le protezioni anticorrosione, dovranno essere munite di rondella, anch'essa zincata a caldo o inox, per evitare il danneggiamento della protezione anticorrosione durante il serraggio delle viti stesse. A tale proposito si fa presente che la rondella deve essere applicata con lo spigolo curvo rivolto verso la protezione anticorrosione.

Tutte le viti delle zanche degli apparecchi di appoggio fissi e unidirezionali, devono essere completamente scoperte dai parapolvere.

Tutte le tipologie di appoggi dovranno essere munite di fori su cui avvitare i golfari per l'imbracaggio ed il sollevamento degli stessi durante la posa in opera. Tali fori dopo le operazioni di sollevamento dovranno essere ingrassati con grasso meccanico ad elevata durabilità.

La distanza fra l'estradosso dei perni superiori e l'intradosso dei coperchi posti sulle contropiastre dovrà essere \geq a 5 mm.

Le fascette di stringimento dei parapolvere in gomma degli elementi circolari dovranno essere in acciaio inox, dovranno avere un'altezza \geq 10 mm e uno spessore 8/10 mm.

I listelli per il fissaggio degli stessi parapolvere su elementi rettangolari o quadrati dovranno essere anch'essi in inox e dovranno avere una larghezza \geq a 20 mm ed uno spessore \geq 3 mm.

Tutti i parapolvere da porre su elementi che consentono rotazioni, dovranno essere in gomma naturale (NR) o Cloroprene (CR).

I parapolvere da porre sugli elementi in traslazione, invece, dovranno essere meccanici, costituiti

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 B	FOGLIO 56 di 99

generalmente da lamiere di spessore minimo 10 mm, su cui dovrà prevedersi uno sgocciolatoio perimetrale, realizzato con fresa, di sezione 5 x 5 mm. Il fissaggio agli elementi scorrevoli dei pezzi in questione, dovrà avvenire con staffe e bulloni. in acciaio inox AISI 316 Le linee di contatto, tra il parapolvere e l'elemento scorrevole dovranno essere sigillate con silicone trasparente o dello stesso colore dell'appoggio.

Gli indici per il controllo degli scorrimenti sugli appoggi mobili, dovranno essere in acciaio inox (AISI 316) di spessore ≥ 2.5 mm, dovranno avere una larghezza di almeno 20 mm e dovranno essere fissati al supporto con minimo 2 viti inox $\phi 4$ oppure $\phi 6$ mm. Negli appoggi multidirezionali, sia gli indici che le aste millimetriche devono essere applicati sui due lati dell'appoggio per essere comunque visibili senza sporgersi pericolosamente all'esterno del pulvino.

Per evitare il contatto metallico diretto tra appoggio e staffe di bloccaggio per il trasporto ed il varo dei dispositivi occorre interporre, tra appoggio e staffa, rondelle di gomma, plastica o di altro materiale tenero in modo da proteggere le protezioni contro la corrosione.

Tutti i fori filettati praticati sui dispositivi dovranno essere preventivamente ingrassati prima dell'inserimento delle relative viti.

Le sedi in cui le zanche si impegnano nelle contropiastre devono essere sigillate all'esterno con la vernice per evitare la formazione di ruggine sul contatto zanca-contropiastra.

12.9.2.11 Posa in opera

L'ancoraggio degli appoggi alle strutture inferiori deve essere affidato ad appositi tirafondi annegati nel calcestruzzo dei baggioli. Per il collegamento superiore, i perni degli apparecchi devono impegnarsi in contropiastre che saranno dotate di zanche nel caso di travi in c.a. e c.a.p. o collegate mediante unioni di tipo meccanico, nel caso di travi in acciaio.

La posa in opera degli apparecchi di appoggio deve essere eseguita sulla base di un apposito elaborato di montaggio che indichi le modalità di installazione, nonché i controlli necessari per garantire il corretto posizionamento e la funzionalità degli stessi. Nei ponti ferroviari, nei cavalcavia e nelle passerelle di scavalco, gli appoggi dovranno essere posti in opera sempre su contropiastre inferiori poggianti sui pulvini.

Le modalità d'installazione possono essere diverse a seconda delle tipologie di impalcato da porre in opera riconducibili comunque a due categorie: quelli realizzati con travi poggianti su un solo appoggio per estremità (es. cassoncini, travi a doppio T, tricellulari ecc.) e quelli realizzati con travi poggianti su più di un appoggio per estremità (es. monocassone, bicassone, strutture miste acciaio-cls con travi e diaframmi assemblati ecc.).

Per ciascuna categoria dovrà essere prevista una diversa posa in opera che dovrà prevedere le seguenti fasi e modalità.

Per la prima categoria:

- Costruzione dei baggioli, con i relativi fori per le zanche, fino ad una quota inferiore di 4 ± 6 cm rispetto alla quota di progetto (estradosso contropiastra inferiore).
- Posizionamento contropiastre inferiori con estradosso a quota di progetto.
- (la posa dovrà essere effettuata controllando la perfetta orizzontalità delle contropiastre agendo sulle viti di regolazione di cui le stesse devono essere munite).
- Inghisaggio contropiastre con malta reoplastica previa realizzazione di casseri sui baggioli.
- Varo delle travi, già munite di appoggi, sulle contropiastre disposte sui baggioli.
- Controllo della verticalità della trave sulle due estremità verificando che l'asse verticale della trave coincida con l'asse verticale di progetto a meno di una tolleranza di disassamento in sommità della trave stessa di \pm

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 B	FOGLIO 57 di 99

5 mm. La trave, tuttavia, dopo tale controllo deve scaricare tutto il suo peso sugli apparecchi di appoggio.

- Inserimento di bloccaggi provvisori antiribaltamento congelando la posizione della trave;
- Sigillatura dei traversi.
- Inserimento e tesatura e iniezione delle barre di precompressione trasversali.
- Getto soletta.
- Inghisaggio zanche appoggi.
- Rimozione dei bloccaggi provvisori delle travi.
- Rimozione delle staffe di assemblaggio degli appoggi e ingrassaggio con grasso meccanico dei fori lasciati scoperti dopo la rimozione.

Per la seconda categoria:

- Costruzione dei baggioli, con i relativi fori per le zanche, avendo cura di arrestare i getti ad una quota inferiore di 4÷6 cm rispetto alla quota di progetto (quota estradosso contropiastra inferiore).
- Varo dell'impalcato, munito di apparecchi di appoggio e relative contropiastre inferiori, fino a quota di progetto dell'intradosso.
- Controllo del carico sui singoli appoggi (tramite lettura della pressione sui martinetti posti sotto ogni trave dell'impalcato. Il carico sui singoli appoggi dovrà essere fornito dal progettista dell'opera prima dell'operazione.
- Compattamento Compressione degli apparecchi d'appoggio agendo sui 4 lati della contropiastra inferiore con cunei metallici a perdere controllando nel contempo l'orizzontalità della stessa (Tale operazione non deve variare il carico su ogni singolo martinetto per più di 3 tonnellate);
- Inghisaggio appoggi e relative contropiastre con malta reoplastica e rimozione dei martinetti dopo maturazione della malta.
- Rimozione delle staffe di assemblaggio degli appoggi e ingrassaggio con grasso meccanico dei fori lasciati scoperti dopo la rimozione.

Per le strutture poggianti su più di un appoggio per estremità e da precomprimere trasversalmente, (es. bicassone), la posa in opera prescritta per la seconda categoria dovrà essere effettuata dopo la solidarizzazione delle travi.

In ogni caso occorre, inoltre, controllare l'allineamento degli appoggi nonché la loro eventuale prerogolazione dovuta alla temperatura, ritiro e deformazione viscosa dell'impalcato. Il valore di tale prerogolazione dovrà essere fornito dal progettista all'atto della messa in opera delle travi.

Per le opere per le quali è prevista la prerogolazione il PRODUTTORE dei dispositivi di vincolo dovrà adottare degli accorgimenti, sui bloccaggi degli elementi scorrevoli, finalizzati ad agevolare le operazioni in cantiere per l'adattamento dei meccanismi all'impalcato.

Gli apparecchi di appoggio devono essere posti in opera tra due superfici orizzontali (anche in presenza di impalcati in pendenza), a meno che l'appoggio non consenta rotazioni di $\pm 3^\circ$ e comunque sia rispettata la prescrizione di posizionare le superfici di scorrimento inferiormente all'appoggio. Qualora si presentino giustificate difficoltà nel realizzare piani orizzontali in strutture prefabbricate, sarà consentito lavorare a cuneo le piastre superiori degli appoggi.

Nel caso di appoggi a cerniera cilindrica particolare cura va prestata all'allineamento degli assi cilindrici degli appoggi del tipo fisso e unidirezionale.

Le piastre di base degli apparecchi d'appoggio non muniti di contropiastra inferiore dovranno essere arretrate di almeno 10cm dal bordo libero più vicino del baggiolo, se muniti di contropiastre, le stesse dovranno essere arretrate di almeno 5 cm dal bordo libero più vicino del baggiolo.

La contropiastra superiore annegata nella trave dovrà essere posta ad una distanza di almeno 10cm dalla testata e dai lati della trave stessa.

I baggioli dovranno avere altezza atta a consentire il posizionamento dei meccanismi di sollevamento dell'impalcato. Di regola, l'altezza complessiva appoggio più baggiolo deve essere di almeno 40 cm.

12.9.3 APPOGGI PER TRAVATE METALLICHE

12.9.3.1 Generalità e caratteristiche dei materiali

Per le travate metalliche si usano di norma apparecchi d'appoggio in getti d'acciaio. Sono tuttavia ammessi anche i procedimenti costruttivi di fucinatura, stampaggio e saldatura di elementi d'acciaio. Quando sono realizzati con getti d'acciaio il materiale da utilizzare è il GE300 secondo la norma UNI EN 10293.

Previo benestare da parte delle FERROVIE è ammesso utilizzare anche apparecchi di appoggio a calotta sferica fissi e multi con superficie di rotazione in PTFE già descritti nel paragrafo precedente. Tali dispositivi, in particolare dovranno essere muniti di speciali protezioni contro gli urti e gli agenti atmosferici realizzate con lamiera in acciaio inox AISI 316 di adeguato spessore. Dette protezioni dovranno essere amovibili per l'ispezionabilità dei dispositivi. Tali dispositivi di appoggio saranno obbligatori per gli impalcati obliqui.

12.9.3.2 Tipologie

Per l'appoggio fisso la tipologia in uso (storica), riportata nella figura sottostante, è la seguente:

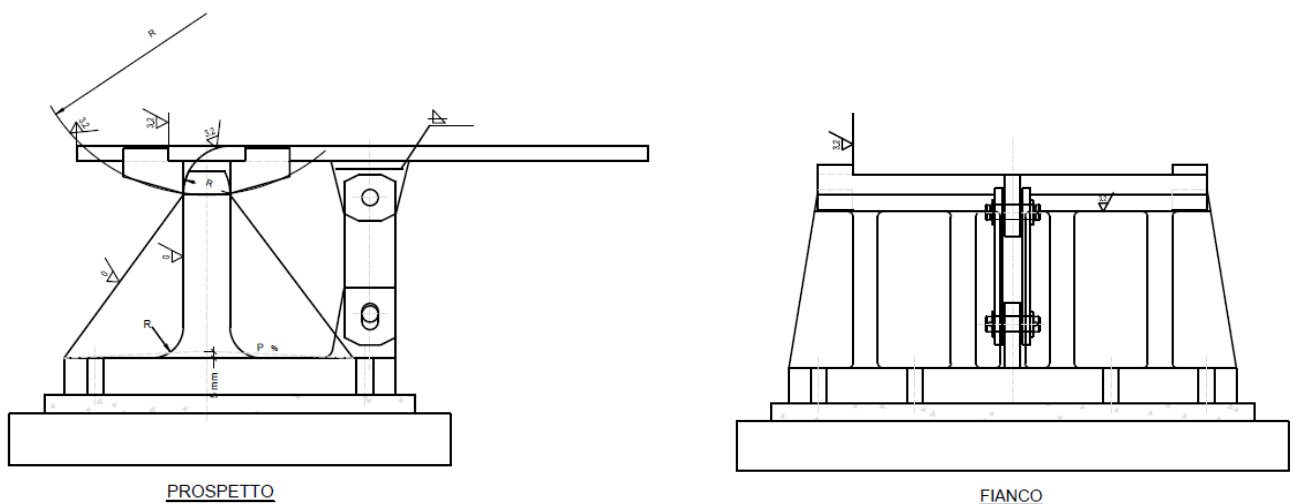


Fig. 12.9.3.2-1 – Appoggio fisso

E' costituito da un basamento nervato alla cui sommità è disposte una piastra basculante per consentire le rotazioni di progetto della struttura intorno ad un asse orizzontale trasversale.

La piastra basculante è vincolata trasversalmente al basamento in genere mediante due denti di ritegno che si impegnano in sedi ricavate nello spessore della piastra stessa.

Per vincolare trasversalmente e longitudinalmente la travata alla piastra basculante sono previsti, sulla superficie superiore della piastra stessa, quattro denti di ritegno, due per ciascun lato, tra i quali trovano alloggiamento delle opportune espansioni delle piattabande inferiori della travata metallica.

Per l'appoggio di tipo mobile la tipologia in uso (storica) riportata nella figura sottostante è la seguente:

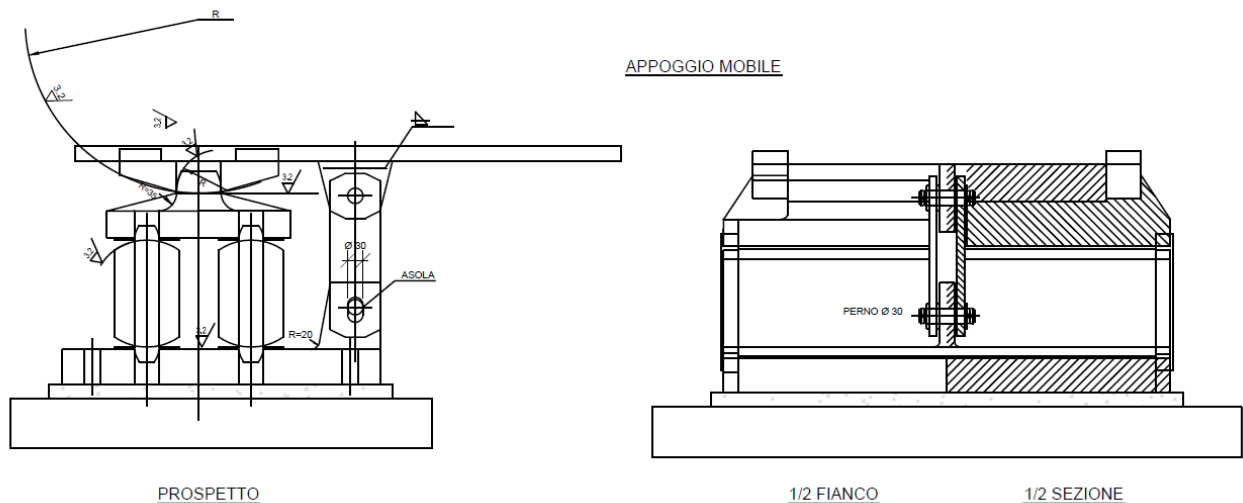


Fig. 12.9.3.2 – 2 Appoggio mobile

E' costituito dalle seguenti parti:

- una piastra di base di spessore sufficiente a garantire una uniforme distribuzione del carico sul pulvino;
- uno o due rulli o settori di rullo la cui rotazione consente le traslazioni longitudinali della travata;
- una piastra intermedia, detta bilanciata, che consente di ripartire equamente il carico sui rulli o settori di rullo;
- una piastra superiore basculante che consente le rotazioni della struttura intorno all'asse orizzontale trasversale.

Un sistema di ritegni, del tipo descritto per il tipo fisso vincola tra di loro le parti componenti l'appoggio mobile, la travata all'appoggio e consentono di guidare esattamente i rulli nel loro movimento.

Le piastre di base sono posizionate in incavi, della profondità di circa 3 centimetri, ricavati nei pulvini. Tra le superfici metalliche delle piastre di base ed il calcestruzzo del pulvino si interpone una lastra di piombo di 5 mm di spessore per migliorare l'accoppiamento tra i due materiali.

Per impedire che acqua o fango ostacolino il movimento dei rulli, la superficie di appoggio dei rulli dovrà essere leggermente rialzata (5 mm) rispetto al piano superiore della piastra inferiore mentre ai bordi di detta piastra dovrà accuratamente essere eliminato ogni risalto che dovesse risultare dal procedimento di

costruzione in quanto potrebbe costituire ostacolo al deflusso dell'acqua. Tutte le superfici a contatto devono essere lavorate di macchina come risulta in figura.

Il dispositivo antisollevamento della struttura sovrastante è costituito da aste metalliche incernierate all'appoggio e alla struttura stessa negli appoggi storici, mentre in quelli di recente concezione lo stesso dispositivo è realizzato con perni negli appoggi fissi e con pendoli negli appoggi mobili.

Oltre che in acciaio da fusione gli apparecchi d'appoggio possono essere realizzati mediante prodotti laminati opportunamente lavorati come rappresentato nelle figure seguenti.

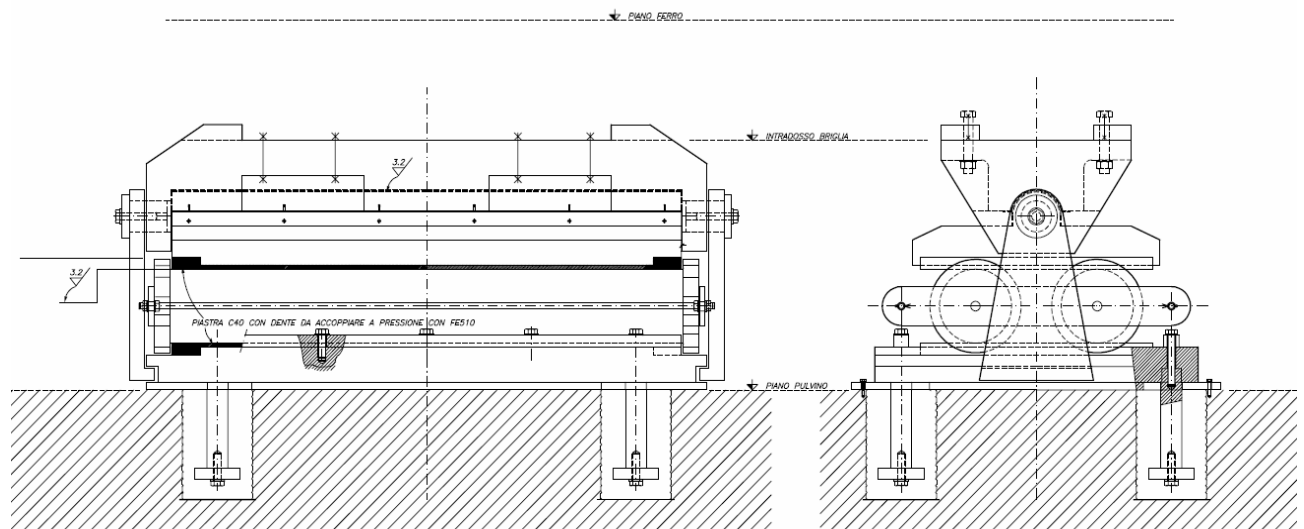


Fig. 12.9.3.2 – 3 Appoggio mobile

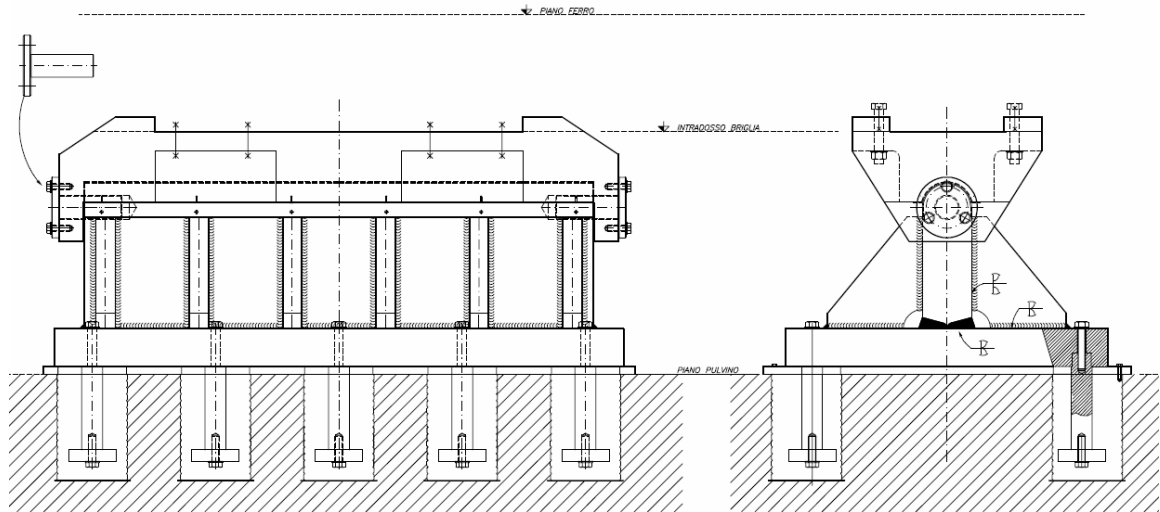


fig. 12.9.3.2 – 4 Appoggio fisso

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 B	FOGLIO 62 di 99

12.10 COPRIGIUNTI

12.10.1 GENERALITÀ

I coprigiunti trasversali degli impalcati devono assolvere alle seguenti funzioni:

- consentire movimenti relativi tra i due impalcati;
- evitare il percolamento delle acque meteoriche assicurando il drenaggio e lo smaltimento delle acque in corrispondenza delle testate;
- garantire la continuità strutturale del ballast evitando la penetrazione dello stesso nel varco del giunto;
- garantire un sufficiente isolamento elettrico.

12.10.2 CARATTERISTICHE DEI COPRIGIUNTI

E' ammessa la posa in opera di soli coprigiunti precedentemente omologati secondo i "Criteri di accettazione dell'omologazione dei coprigiunti" emanati da RFI e riportati nell'allegato B della presente sezione del Capitolato.

Si specifica che l'omologazione riguarda l'elemento di coprigiunto, i materiali da impiegare e le modalità di posa in opera.

Si definiscono, in dettaglio nel seguito, tutte le caratteristiche cui dovrà soddisfare un coprigiunto e che dovranno essere prese in considerazione all'atto dell'omologazione.

Il coprigiunto dovrà consentire i movimenti relativi tra le parti strutturali affacciate dei due impalcati. Lo scorrimento massimo dovrà essere valutato portando in conto tutte le possibili cause che provocano spostamenti o deformazioni dell'impalcato.

Il varco cioè la distanza da lasciare tra le testate delle solette dell'impalcato, a temperatura media ambiente, dovrà essere pari alla metà della escursione totale calcolata maggiorata di 20 mm.


Le forze che si genereranno durante il funzionamento del coprigiunto, nelle fasi di esercizio e sismica, e i relativi valori limite, dovranno essere valutate secondo le modalità precisate nei criteri di accettazione.

Mediante l'impiego di un'opportuna scossalina, dovrà drenare l'acqua dalla testata degli impalcati evitando possibili danneggiamenti alle travi, agli apparecchi di appoggio nonché ai pulvini. Il giunto terminerà in corrispondenza dei muretti paraballast, mentre la scossalina dovrà essere disposta su tutta la larghezza dell'impalcato. Dovrà altresì essere disposto, in aderenza al giunto, un opportuno sistema di drenaggio trasversale.

Il coprigiunto dovrà impedire la penetrazione del ballast tra le parti affacciate assicurando la continuità dell'estradosso della soletta. Sui marciapiedi laterali e sui muretti paraballast dovrà essere prevista una piattabanda in gomma armata con caratteristiche dielettriche. Pertanto la parte strutturale metallica dovrà essere opportunamente verificata in regime di deformazioni elastiche.

Il coprigiunto deve essere dielettrico per sua costituzione, e non per accorgimenti da realizzare in opera, comportandosi come un isolatore elettrico impedendo il passaggio delle correnti vaganti. Tale proprietà sarà verificata in officina a coprigiunto assemblato. In fase di posa si dovrà aver cura che i tirafondi siano resi dielettrici mediante inghisaggio con malte e distanziatori dielettrici.

Il coprigiunto dovrà essere progettato e realizzato in maniera da poter consentire il sollevamento indifferente di una o dell'altra testata degli impalcati affacciati, per un'altezza minima di 50 mm in modo da rendere possibile la sostituzione degli apparecchi di appoggio. Il movimento di cui sopra dovranno avvenire senza che si verifichi inclusione nel giunto di corpi estranei, anche minuti, per non comprometterne

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 B	FOGLIO 63 di 99

l'escursione.

Il coprigiunto dovrà essere realizzato in maniera che risulti agevole, all'atto del montaggio, la corretta regolazione dello stesso in funzione delle condizioni di posa in opera (temperatura media di posa, percentuale di deformazioni lente avvenute, ecc.).

Il coprigiunto sarà realizzato in modo che una volta posto in opera non sporga dal massetto di protezione dell'impermeabilizzazione, in modo da garantire la non interferenza nelle operazioni di manutenzione della massicciata (risanamento, ecc.).

12.10.3 MODALITÀ DI POSA IN OPERA

La posa in opera dei coprigiunti dovrà essere eseguita sulla base delle prescrizioni riportate in appositi disegni "fasi e modalità di installazione dei coprigiunti e delle piattabande di muretto e di camminamento" che faranno parte integrante dell'omologazione.

Nella fase di posa in opera dei dispositivi si dovrà, in particolare, verificare la complanarità dei piani di appoggio dei coprigiunti stessi. Qualora tali piani non fossero complanari gli stessi dovranno essere ripristinati soltanto con malte anti ritiro premiscelate.

12.10.4 PROTEZIONE DEI COPRIGIUNTI IN CANTIERE

I coprigiunti dovranno essere sempre protetti dal passaggio dei mezzi di cantiere. Tali protezioni dovranno essere realizzate con lamiere di acciaio di spessore adeguato e di dimensioni tali da coprire integralmente il coprigiunto sia in senso trasversale che longitudinale. Sono ammessi coprigiunti senza protezioni soltanto se gli stessi saranno progettati e realizzati con caratteristiche intrinseche di carrabilità.

12.10.5 PROVE DA EFFETTUARE IN CANTIERE SUI COPRIGIUNTI MONTATI

Per verificare la funzionalità del coprigiunto in cantiere, dovranno, inoltre, essere effettuate delle prove di tenuta all'acqua. Tali prove dovranno essere effettuate nei 3 - 4 giorni immediatamente precedenti la posa del ballast.

Per quanto riguarda le modalità di esecuzione della prova, su ogni coprigiunto dovranno essere irrorati 1000 litri di acqua nel tempo di 15 - 20 minuti avendo cura che questa venga distribuita uniformemente sia sull'intera lunghezza del coprigiunto sia sulle piattabande poste sui camminamenti.

La prova verrà considerata superata se al termine dell'irrorazione tutta l'acqua sarà defluita attraverso la scossalina e se nessuna perdita sarà stata rilevata sulle testate dell'impalcato.

Ogni prova, sia positiva che negativa, dovrà essere verbalizzata in contraddittorio fra la DL e l'APPALTATORE indicando, per le eventuali prove negative, sia i difetti riscontrati che i loro punti di ubicazione. In ogni caso, il buon esito delle prove non esimerà l'APPALTATORE dalla responsabilità per eventuali future perdite di tenuta dei coprigiunti derivanti da negligenze attuate sia prima che durante la posa del ballast.

12.10.6 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

I coprigiunti saranno di regola, allestiti con i seguenti materiali:

- acciaio laminato delle diverse classi previste dalla norma UNI EN 10025.1.2;
- acciaio inossidabile austenitico tipo X5CrNiMo17/12-2 oppure X2CrNiMo17/12-2) oppure austeno-ferritico X2CrNiMoCuN25-6-3; UNI EN 10088;
- gomma dielettrica, qualificata da FERROVIE del tipo naturale (NR) o cloroprenica (CR), di durezza 60 Shore A avente le caratteristiche di cui alla tabella del paragrafo 12.9.2.5.3 della presente sezione di

Capitolato.

Alcuni elementi quali tirafondi, viti, rondelle ecc. dovranno essere necessariamente di acciaio inossidabile delle qualità su indicate, come di acciaio inossidabile dovranno essere tutte le parti metalliche esposte all'azione corrosiva.

12.11 RITEGNI SISMICI MECCANICI CON TAMPONI IN GOMMA

12.11.1 GENERALITA'

Occorre sempre prevedere in sommità delle pile o delle spalle, dei denti di ritegno in grado di contrastare i movimenti dell'impalcato, (sia trasversali che longitudinali), nel caso di perdita di funzionalità degli apparecchi di appoggio.

Tali ritegni di norma devono essere realizzati in c.a. o in acciaio ed essere rivestiti con cuscinetti in gomma dielettrica armata, vulcanizzati su una lamiera metallica zincata a caldo.

Il collegamento tra il cuscinetto e il dente in c.a. avviene tramite angolari metallici, anch'essi zincati a caldo, fissati con tasselli alle pareti laterali del dente stesso.

Il calcolo del cuscinetto in gomma sarà effettuato nel rispetto della norma UNI EN 1337 tenendo presente che le azioni orizzontali da prendere a riferimento per le verifiche saranno la massima trasversale e la massima longitudinale considerate agenti normalmente sulle superfici di gomma dei ritegni.

RITEGNO SISMICO TRASVERSALE

Tipologia 1:

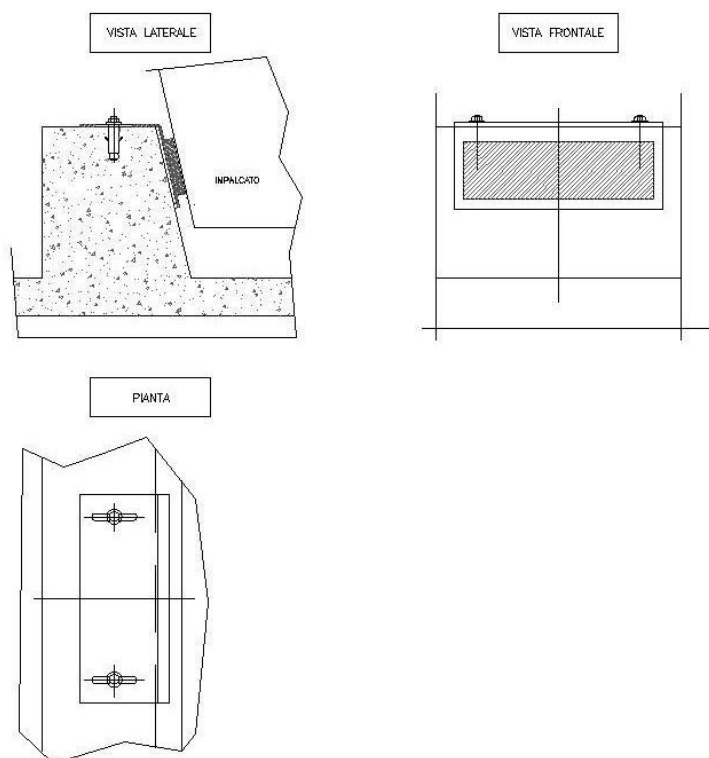


Fig. 12.11.1 – 1. Ritegno sismico trasversale

Tipologia 2:

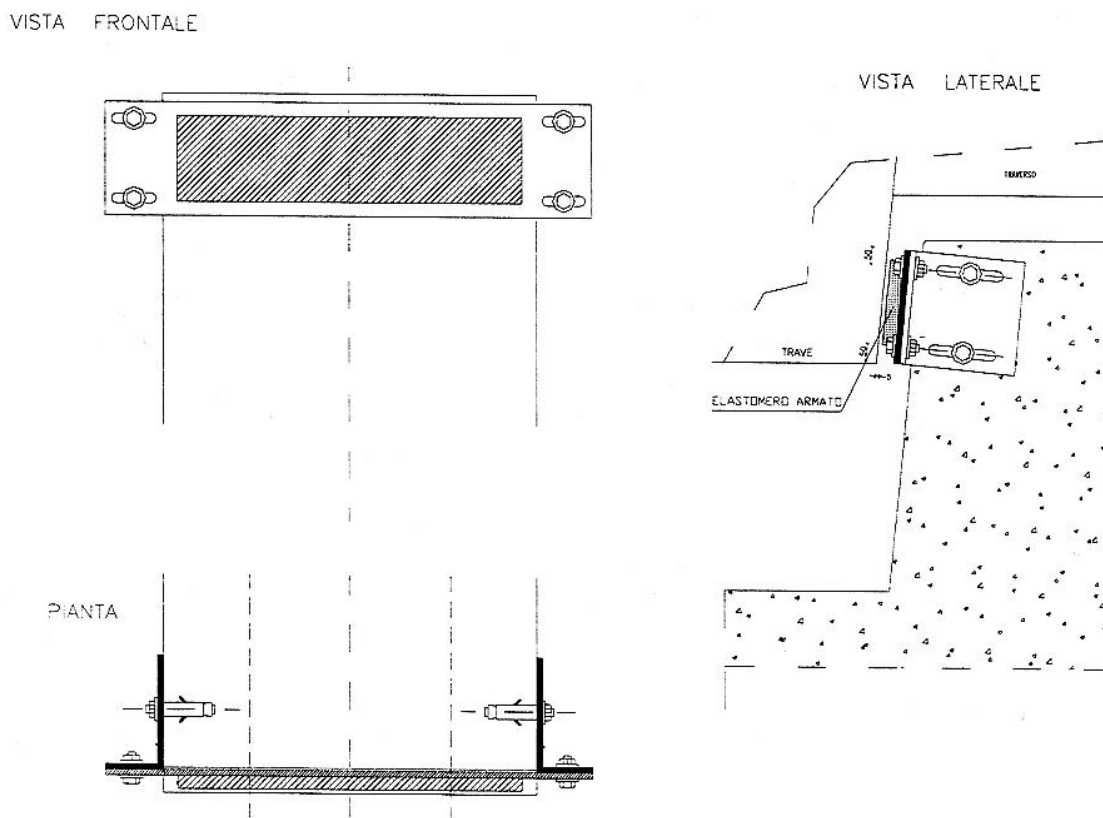


Fig. 12.11.1 -2 Ritegno sismico trasversale


12.11.2 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DA IMPIEGARE E PROTEZIONE DELLE SUPERFICI

Le caratteristiche delle lamiere dovranno essere quelle previste dalla norma UNI EN 10025.1.2, mentre quelle della gomma dielettrica dovranno essere quelle previste al par. 12.9.2.5.3 della presente sezione di Capitolato.

La gomma inoltre dovrà essere del tipo naturale (NR) o cloroprenica (CR) qualificata da FERROVIE.

Il rivestimento di zincatura a caldo dovrà avere uno spessore \geq a 100 μm .

- Ogni ritegno dovrà essere identificato con un numero seriale progressivo da indicare in una targhetta ben visibile, da apporre sulla lamiera, sulla quale dovranno essere riportate anche altre informazioni quali:
- Nominativo della ditta costruttrice;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 B	FOGLIO 66 di 99

- Sigla del ritegno,
- Anno di costruzione del dispositivo;
- Carico orizzontale massimo per il quale è stato verificato.

Sul cuscino di gomma dovranno essere indicati, in bassorilievo, sia il lotto di mescolanza della gomma che la data di produzione del cuscino.

12.11.3 POSA IN OPERA

La posa in opera di tali dispositivi dovrà essere effettuata dopo il varo delle travi e la tesatura dei traversi.

I ritegni trasversali, dovranno essere posizionati con la superficie del cuscino in gomma parallela alla parete della trave e ad una distanza, dalla stessa di $5 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$ di tolleranza. Il lato inferiore del cuscino dovrà essere posizionato ad almeno 50 mm al di sopra del piano d'intradosso della trave, per evitare che il contatto avvenga nella zona di copriferro.

I ritegni longitudinali lato appoggi fissi, dovranno essere posizionati come i ritegni trasversali avendo in tal caso come riferimento non la parete della trave ma la testata. Viceversa i ritegni longitudinali lato appoggi mobili dovranno essere posizionati con la superficie del cuscino in gomma parallela alla testata della trave e ad una distanza pari alla metà dell'escursione sismica aumentata di $10 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$ di tolleranza.

Completato il posizionamento dei dispositivi, si procederà alla compensazione dei vuoti tra i denti in calcestruzzo e il retro lamiera dei dispositivi stessi.

Tale compensazione di norma dovrà essere effettuata con malte antiritiro premiscelate o con spessori di lamiera anch'esse zincate a caldo.

Per quanto concerne gli elaborati progettuali da produrre sono necessari una relazione di calcolo del cuscino in gomma e ad un elaborato grafico da cui si possa evincere la compatibilità geometrica del ritegno con la trave. Pertanto su tale elaborato dovranno essere riportate, in scala adeguata, sezioni e prospetti dell'insieme travi - ritegni - pulvini - baggioli, con l'indicazione di tutte le quote piano—altimetriche di posizionamento.

12.12 DISPOSITIVI DINAMICI DI VINCOLO PROVVISORIO

12.12.1 GENERALITÀ

Tali dispositivi rientrano tra i dispositivi antisismici ai sensi del DM 14/1/2008 e come tali devono soddisfare i requisiti di cui al par. 11.9 dello stesso DM.

12.12.2 CARATTERISTICHE DEI RITEGNI

Il ritegno consente gli spostamenti, generalmente quelli longitudinali, derivanti da azioni applicate in modo pressoché statico ed è capace, invece, di assorbire le azioni impulsive generalmente longitudinali. Esso risulta costituito essenzialmente da un cilindro in cui alloggia un pistone a tenuta, portato da uno stelo passante, che crea due distinte camere riempite con fluido idraulico resistente all'invecchiamento. Ciascuna camera "comunica" con l'altra attraverso un orificio calibrato che consente gli spostamenti lenti ma realizza una resistenza per gli spostamenti di tipo impulsivo.

Il collegamento dei ritegni con l'impalcato e le sottostrutture dovrà essere realizzato in modo che sia garantita la possibilità di una agevole ispezione e relativa manutenzione.

I ritegni dovranno essere sostituibili con un sollevamento massimo dell'impalcato di 50 mm.

Essi dovranno possedere tutti i requisiti generali di cui sopra, con l'aggiunta di particolari accorgimenti atti ad assicurare una resistenza di isolamento elettrico superiore a $1\text{M}\Omega$ con una tensione applicata di 1000 Volt.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 B	FOGLIO 67 di 99

L'isolamento elettrico non potrà ottenersi mediante l'impiego di vernici, ma con l'iniezione o con l'inserimento di fogli di adatti materiali dielettrici, come ad esempio le resine epossidiche, il teflon, ecc.. Il dispositivo di ritegno dovrà risultare dielettrico per sua costruzione; gli elementi isolanti realizzati come sopra dovranno essere adeguatamente protetti; è esclusa la loro applicazione sulle superfici esterne a contatto con il calcestruzzo.

Per le eventuali saldature strutturali valgono le prescrizioni riportate nella sez. 6 del Capitolato.

I dispositivi sismici dovranno essere muniti di una targhetta metallica d'identificazione sulla quale dovranno essere riportati in caratteri ben leggibili:

- nome del fabbricante e anno di produzione;
- modello;
- massima spinta assorbibile;
- entità della corsa dell'apparecchio mobile con un riscontro di riferimento per la verifica di funzionamento in corso di esercizio.

12.12.3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

I ritegni saranno, di regola, allestiti con i seguenti materiali:

- acciaio laminato della classe S 275, S 355 e S460 UNI EN 10025 di qualità di qualità JR per le parti non strutturali e J2 per quelle strutturali
- acciaio fuso o per getti della classe GE300 UNI EN 10293 o superiore;
- acciaio fucinato o stampato della classe S 355 di qualità J2 UNI EN 10250-2 ;
- acciaio fucinato o stampato della classe 39NiCrMo3 UNI EN 10083-3 o similari;
- lastre di acciaio inox di rivestimento del tipo X5CrNiMo17-12-2 oppure X2CrNiMo17-12-2 UNI EN 10088 dello spessore minimo di 2 mm lavorate sulle superfici a contatto con il materiale antifrizione e lucidate con rugosità $Ra \leq 0.10 \mu m$ secondo UNI EN ISO 4287/1.

Per le parti accessorie quali zanche, spine, guide, viti, ecc. o parti alle quali si richiedono particolari caratteristiche meccaniche è consentito l'uso di materiali diversi da quelli su indicati, qualora accettati in sede d'approvazione del progetto del ritegno.

Per le loro caratteristiche si farà riferimento alle relative norme UNI EN o ad altre norme con i valori di calcolo rapportati alle norme richiamate.

Per il PTFE o altri materiali similari si rimanda al par. 12.9.2.5.3 della presente sezione di Capitolato

L'olio idraulico dovrà presentare elevata stabilità termica, resistenza all'ossidazione e non dovrà essere tossico. Esso dovrà rispettare le seguenti prescrizioni:

- coefficiente di viscosità / temperatura ≥ 0.6 (ASTM D 0747-1);
- aumento della viscosità cinematica rilevata a 40° dopo l'esposizione per 4 ore a 200° C sotto flusso di aria di 1 litro/ora (metodo IEC) $\leq 40\%$.

Per l'eventuale uso di parti in gomma si fa riferimento al paragrafo 12.9.2.5.3 della presente sezione di Capitolato.

12.12.4 PROTEZIONE DELLE PARTI METALLICHE

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 B	FOGLIO 68 di 99

Gli apparecchi dovranno essere provvisti di un rivestimento protettivo sulle superfici dei tipi in uso per gli apparecchi d'appoggio.

12.13 DISPOSITIVI DI SOSPENSIONE (PENDINI)

12.13.1 GENERALITA'

I pendini per ponti ad arco ferroviari di norma devono essere realizzati con teste snodate, una superiore ed una inferiore per ogni pendino, collegate tra loro da una barra metallica tonda filettata superiormente ed inferiormente per consentire il collegamento con le teste stesse. Il collegamento superiore sarà realizzato con accoppiamento filettato maschio-femmina fra la barra tonda e la testa mentre il collegamento inferiore dovrà essere realizzato, sempre con accoppiamento filettato maschio-femmina, tra la barra tonda ed un dado di contrasto necessario per applicare la tensione progettuale di tiro sulla barra.

Le teste dovranno essere costituite da due elementi, le staffe da collegare direttamente all'arco oppure all'impalcato e i terminali a forcella (superiori e inferiori) che accoglieranno da una parte gli snodi sferici che mediante un perno si collegano alle staffe stesse, e dall'altra le barre tonde filettate di collegamento ai terminali opposti.

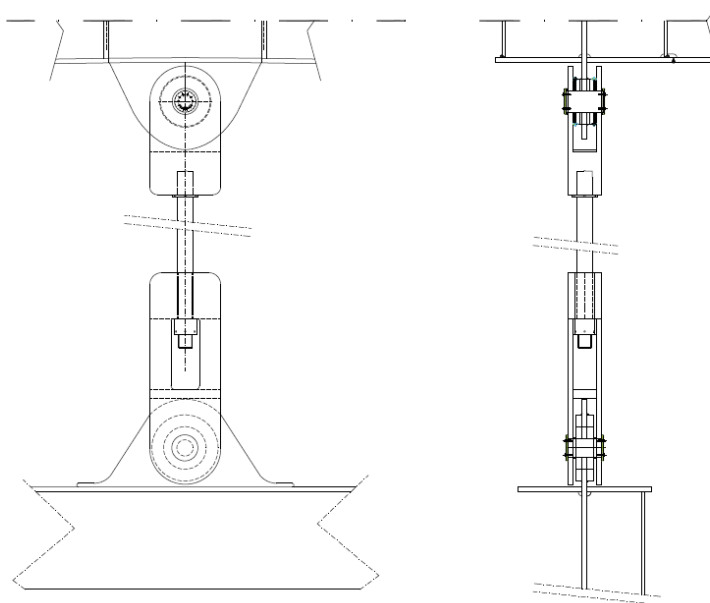


Fig. 12.13.1 – 1 Pendini per ponti ad arco

Qualsiasi altra tipologia di pendino che sarà proposta dovrà ottenere il preventivo benestare delle FERROVIE che indicherà anche la procedura di controllo della produzione da seguire qualora fossero adottate soluzioni e materiali innovativi rispetto a quanto sopraesposto.

Per i cavalcavia saranno ammessi anche pendini realizzati con teste fuse commerciali e con funi al posto delle barre tonde. In tal caso per il controllo dei nuovi materiali si farà riferimento alle relative normative vigenti in ambito europeo, mentre per il pendino assemblato si eseguirà la prova di trazione assiale statica descritta al par. 12.4.3.7 con gli stessi criteri di accettabilità.

12.13.2 DESCRIZIONE E CARATTERISTICHE DEI SINGOLI ELEMENTI

12.13.2.1 Snodi

Gli snodi dovranno essere realizzati con cuscinetti sferici oppure con calotte sferiche, commerciali o

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 B	FOGLIO 69 di 99

appositamente costruiti, con superfici di contatto acciaio inox/PTFE caricato con vetro oppure con superfici costituite dall'accoppiamento di acciaio inox ed altro materiale antifrizione purché quest'ultimo abbia le stesse caratteristiche oppure caratteristiche superiori, in termini di resistenza e di durabilità, rispetto al PTFE caricato con vetro. Detti snodi dovranno consentire le rotazioni progettuali per eliminare o ridurre gli effetti di forze e momenti parassiti che si possono sviluppare durante l'esercizio ferroviario.

12.13.2.2 Staffe

Le staffe saranno realizzate con acciaio laminato della qualità S 275, S 355 e S460 UNI EN 10025 di qualità JR per le parti non strutturali e J2 per quelle strutturali, le stesse dovranno essere lavorate di macchina con tolleranze di precisione nelle zone in cui andranno applicati i cuscinetti ed i perni di unione con i terminali a forcilla. Qualora le staffe necessitassero di saldature strutturali per essere ancorate alle strutture del ponte, le stesse dovranno essere realizzate e controllate nel rispetto della sez. 17 del presente Capitolato.

12.13.2.3 Terminali a forcilla

I terminali dovranno essere costruiti di acciaio laminato come per le staffe o con acciaio fuso della qualità GE 300 UNI EN 10250-2 normalizzato e rinvenuto. Gli stessi dovranno essere lavorati di macchina, con tolleranze di precisione, nelle zone di accoglimento dei perni. Il terminale superiore, inoltre, all'estremità di unione dei due rami della forcilla, dovrà essere filettato con filettatura ISO ottenuta per asportazione di truciolo per consentire il collegamento con le barre tonde anch'esse filettate alle estremità. Il collegamento filettato tra il terminale e la barra dovrà essere bene ingrassato adottando un grasso meccanico ad elevata durabilità.

12.13.2.4 Le barre tonde

Dovranno essere costruite con acciaio laminato oppure con acciaio forgiato della qualità S 355 J2 oppure S 460 ML (UNI EN 10025). Dette barre dovranno essere lavorate di macchina in superficie fino ad ottenere un grado di rugosità $\leq 1,2 \mu\text{m}$. Successivamente sulle due estremità, di collegamento ai terminali a forcilla, dovranno essere filettate con filettatura ottenuta per rullatura secondo la norma DIN 405.

12.13.2.5 Dado di bloccaggio delle barre

Tale elemento dovrà essere realizzato con acciaio laminato della qualità S 275, S 355 e S460 UNI EN 10025 di qualità J2, dovrà essere filettato con filettatura ISO ottenuta per asportazione di truciolo per consentire il collegamento con le barre tonde anch'esse filettate alle estremità. Il collegamento tra il dado e la barra dovrà essere bene ingrassato adottando un grasso meccanico ad elevata durabilità.

12.13.2.6 Perno

Il perno dovrà essere costruito con acciaio inossidabile del tipo X2CrNiMoCuN25-6-3 oppure X4CrNiMo 16.5.1 (UNI EN 10088). Esso dovrà essere dotato di due fori contrapposti sulle facce laterali con l'asse di foratura coincidente con l'asse longitudinale del perno per consentirne l'estrazione. Gli stessi fori dovranno essere collegati assialmente con un foro di diametro inferiore che attraverso una foratura ortogonale all'asse del perno garantirà la lubrificazione dei cuscinetti. Su ogni faccia laterale, inoltre, il perno dovrà essere dotato di tre fori praticati a 120° per accogliere il coperchio di chiusura delle testate. La superficie cilindrica del perno dovrà essere lavorata di macchina per l'accoppiamento in tolleranza H7/h6 con il cuscinetto sferico.

12.13.2.7 Viti

Tutte le viti devono essere della classe 10.9 (EN 898) protette contro la corrosione con il ciclo di dacrometizzazione. In alternativa potranno utilizzarsi viti in acciaio inossidabile con caratteristiche meccaniche idonee a sopportare, con un adeguato grado di sicurezza, le sollecitazioni progettuali.

12.13.2.8 Coperchio del perno

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 B	FOGLIO 70 di 99

Il coperchio del perno dovrà essere realizzato con acciaio inossidabile del tipo X2CrNiMoCuN25-6-3 oppure X4CrNiMo 16.5.1 (UNI EN 10088). Lo stesso dovrà essere dotato di tre fori praticati a 120° per essere collegato al perno mediante viti. Inoltre la superficie interna, in prossimità della circonferenza, dovrà avere una cava circolare per accogliere una guarnizione o-ring che consentirà la chiusura ermetica della testata del perno. Tutte le viti dovranno essere dotate di un dispositivo antisvitamento.

12.13.2.9 Scossaline parapolvere e parapioggia

Le scossaline parapolvere e parapioggia dovranno essere realizzate con gomma avente le caratteristiche indicate al par. 12.9.2.5.3 della presente sezione di Capitolato. Le scossaline dovranno essere applicate in modo da rendere sigillato nel tempo il complesso dello snodo. Pertanto l'applicazione dovrà prevedere il fissaggio di tali elementi con piatti e fascette di acciaio inossidabile della qualità X2CrNiMo17-12-2 tali da rendere il sistema completamente impermeabile e resistente alla corrosione.

12.13.2.10 Protezioni contro la corrosione delle parti metalliche

Per le protezioni delle parti metalliche si dovrà fare riferimento al punto 12.9.2.8 "Rivestimenti protettivi" della presente Sezione di Capitolato.

12.14 CONTROLLO DELLA PRODUZIONE, DEI MATERIALI E DEI DISPOSITIVI DI VINCOLO ASSEMBLATI

12.14.1 PROCEDURA DI CONTROLLO DELLA PRODUZIONE

Dopo l'approvazione del progetto, il PRODUTTORE dei dispositivi dovrà produrre:

- Distinta di tutti i materiali necessari alla costruzione con l'indicazione delle quantità, delle posizioni e del fornitore;
- Piano di Controllo Qualità (PCQ) emesso dal PRODUTTORE. Detto documento deve precisare, in forma organica, in relazione alle sequenze di fabbricazione e montaggio, l'estensione delle attività d'ispezione e prova previste, richiamandone le modalità esecutive.

Successivamente, a reperimento avvenuto dei materiali grezzi, il PRODUTTORE dovrà avanzare formale richiesta di controllo della produzione, allegando la documentazione attestante la provenienza e la qualità dei materiali nonché un programma temporale delle attività di prova.

Il controllo dei dispositivi di vincolo e dei coprigiunti degli impalcati ferroviari comprenderà:


- verifica delle caratteristiche dei materiali da utilizzare.
- verifica dimensionale e prove funzionali dei dispositivi completamente assemblati secondo quanto riportato nel seguito.

Le prove di controllo della produzione potranno essere eseguite presso lo stabilimento del PRODUTTORE se fornito delle apparecchiature necessarie, tarate da Enti ufficialmente riconosciuti conformemente alle norme ed alle leggi vigenti, oppure presso laboratori accreditati da ACCREDIA.

Di regola il controllo della produzione sarà presenziato dal personale delle FERROVIE incaricato dei controlli.

Tutte le prove si eseguiranno su provini recanti il punzone del personale delle FERROVIE incaricato dei controlli riportato in fase di prelievo dei saggi.

Tutte le richieste di controllo della produzione dovranno pervenire per iscritto dal PRODUTTORE, con almeno 15 giorni di anticipo rispetto alla data prevista per le operazioni di controllo. La richiesta, da indirizzare alle FERROVIE, dovrà riportare l'indicazione completa dei materiali o dei dispositivi da

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 B	FOGLIO 71 di 99

collaudare.

Durante le operazioni di controllo della produzione dovranno essere messe a disposizione del personale incaricato dei controlli i mezzi e le apparecchiature necessari per l'espletamento delle operazioni di cui alla presente procedura.

Il PRODUTTORE dovrà:

- avere un sistema interno di “controllo qualità” in grado di controllare e registrare il livello di qualità richiesto per la fornitura del materiale soggetto a controllo della produzione;
- espletare tutte le attività necessarie secondo le vigenti norme di sicurezza e le procedure di pratica comune atte ad assicurare a tutti gli interessati al controllo della produzione condizioni di lavoro sicure;
- fornire al personale incaricato dei controlli delle FERROVIE tutta la documentazione necessaria per l'identificazione e la classificazione dei materiali;
- tenere separati i materiali che hanno già superato le prove tecnologiche ed i controlli dimensionali dai materiali ancora da controllare nonché da quelli scartati.

L'unità di controllo qualità interna del PRODUTTORE dovrà certificare che i vari elementi costituenti i dispositivi di vincolo ed i copri giunti siano ottenuti dagli elementi collaudati dal personale incaricato dei controlli delle FERROVIE (lamiere, PTFE, Inox, etc.) fornendo adeguata documentazione al riguardo.

Le operazioni di taglio dei suddetti elementi dovranno essere comunicate preventivamente per l'eventuale presenziamento del personale incaricato delle FERROVIE. Ad avvenuto controllo della produzione positivo dei materiali la ditta costruttrice potrà lavorare i vari componenti per poi presentarli al controllo funzionale completamente assemblati. La richiesta di controllo funzionale dovrà pervenire alle FERROVIE con almeno 15 giorni in anticipo rispetto alla data prevista per le operazioni di controllo .

Si precisa che qualora fossero presenti saldature strutturali dovrà essere prevista una fase di controllo intermedia per il loro controllo che si articolerà secondo le modalità e percentuali indicate nel progetto approvato dalle FERROVIE.

Al termine delle prove funzionali sui dispositivi (appoggi e ritegni) dovrà essere emessa una scheda di controllo con l'indicazione delle tipologie e del numero seriale dei dispositivi collaudati.

La scheda di controllo dovrà essere firmata sia dal responsabile del controllo qualità della ditta costruttrice sia dal personale delle FERROVIE incaricato dei controlli.

Tale scheda dovrà essere trasmessa in cantiere a corredo della fornitura per consentire al personale delle FERROVIE, di verificare la corrispondenza del prodotto collaudato con quello inviato in cantiere.

La ditta produttrice, entro 15 giorni dall'ultimazione dei collaudi funzionali, dovrà produrre, un dossier di controllo della produzione (verbale di controllo) contenente una sezione relativa al controllo dei materiali e una seconda sezione relativa al controllo funzionale. Di tale dossier, un originale ed una copia dovrà essere inviata al personale delle FERROVIE incaricato dei controlli.

Tutti i costi relativi alle prove di cui ai punti seguenti saranno a carico dell'ESECUTORE e/o PRODUTTORE.

12.14.2 CONTROLLO DELLA QUALITA' DEI MATERIALI

Tutti i materiali dovranno essere corredati di certificato di origine emesso dal PRODUTTORE, come indicato nella sezione 6 del Capitolato.

12.14.2.1 Acciaio laminato

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 B	FOGLIO 72 di 99

Norme di riferimento:

- D.M. del Ministero delle Infrastrutture n. 30 del 14.1.2008;
- Circolare del 2 febbraio 2009, n. 617 C.S.LL.PP;
- EN 10021; EN 10029; EN 10163/1,2 e 3; EN 10160; UNI EN 10025.

Il prelievo dei saggi andrà effettuato secondo quanto previsto dalle norme UNI EN ISO 377 e UNI EN 10025.1.2.

Le lamiere, piatti e larghi piatti laminati a caldo saranno costituiti da acciaio conforme a quanto riportato al paragrafo 12.9.2.5.7.

Il prodotto dovrà recare la marcatura CE ai sensi del D.M. del Ministero delle Infrastrutture n. 30 del 14.1.2008.

12.14.2.1.1 Unità di prova e relative prove

Per ogni unità di prova, di cui alla norma UNI EN 10025.1.2, dovrà prevedersi la seguente serie di prove:

- n. 1 provetta trazione UNI EN 10002-1;
- n. 3 provette resilienza UNI EN 10045-1;
- n. 1 analisi chimica EN 10025-1 (eseguita su una sola provetta per colata).

Sul materiale potrà essere richiesto dalle FERROVIE, per casi particolari, l'esame Ultrasonoro da eseguirsi con sonde dirette a doppio cristallo secondo UNI EN 10160. Non saranno ammessi strappi e sdoppiature.

Se, in conseguenza dell'esito negativo delle prove, il materiale dovesse essere scartato anche per quanto riguarda le riprove (vedi UNI 10025.1), questo deve essere opportunamente contrassegnato e conservato sino al termine della fornitura.

12.14.2.2 Acciaio per getti

Norme di riferimento:

Il controllo avverrà in conformità a quanto previsto dalle norme UNI EN 1559-2, UNI EN 10293, UNI EN 1369, UNI EN ISO 6892, UNI EN 10045/1.

L'acciaio per getti da utilizzare dovrà essere conforme a quanto riportato al paragrafo 12.9.2.5.7.

12.14.2.2.1 Unità di prova e relative prove

L'unità di prova è la colata. Per ogni unità di prova il PRODUTTORE dovrà presentare tutti gli appoggi muniti di un'appendice da cui saranno ricavati i saggi di prova. Le prove saranno eseguite sul 10 % dei pezzi (con un minimo di due pezzi per ogni tipologia di appoggio).

Se i risultati delle prove eseguite non dovessero essere conformi alle norme di riferimento saranno ammesse le riprove su altrettanti appoggi e, se anche in questo caso i risultati fossero negativi, la colata verrà scartata.

Per ogni colata saranno eseguite le seguenti prove:

prove distruttive:

- n. 1 provetta di trazione;
- n. 3 provette di resilienza KV;
- n. 1 provetta per analisi chimica su ogni colata.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 B	FOGLIO 73 di 99

prove non distruttive:

- controllo delle tolleranze dimensionali (UNI ISO 8062-3) ed esame visivo sul 100% degli elementi da collaudare;
- controllo ultrasonoro eseguito su tutta la superficie di almeno il 50% degli elementi da collaudare; secondo UNI EN 12680 adottando come classe di accettabilità la 2.

Indipendentemente dalla loro ampiezza e posizione, sono ritenuti inaccettabili indicazioni di difetti provenienti da cricche, strappi a caldo e difetti simili.

Nei casi dubbi relativamente a difetti superficiali o sub-superficiali, dovranno eseguirsi i seguenti ulteriori controlli non distruttivi.

- controllo con liquidi penetranti dove non saranno ammesse indicazioni lineari (cricche e strappi) di qualsiasi lunghezza. I difetti come soffiature isolate o raggruppate, porosità più o meno diffuse, saranno giudicate caso per caso anche in relazione a quanto riportato nella UNI EN ISO 23277.
- controllo magnetoscopico (UNI EN 1369) con una magnetizzazione con corrente continua o raddrizzata a semi onda. L'uso della corrente alternata dovrà essere limitato alla verifica di difetti sicuramente superficiali. Non saranno ammesse cricche, strappi a caldo, cavità di ritiro, bolle di gas affioranti ed inclusioni con indicazione massima di 5 mm e, infine, porosità con indicazione di area massima di 80 mm².

12.14.2.3 Acciaio fucinato e stampato

Normativa di riferimento:

Il controllo avverrà in conformità a quanto previsto alla norma UNI EN 10250-1-2, UNI EN 10083-1; UNI 7874 ed EN 10021.

L'acciaio fucinato e stampato da utilizzare dovrà essere conforme a quanto riportato al paragrafo 12.9.2.5.7.

12.14.2.3.1 Unità di prova e relative prove

L'unità di prova è il lotto. Per lotto si intende un insieme di prodotti fucinati o stampati provenienti dalla stessa colata, con lo stesso trattamento di fucinatura o di stampaggio nonché trattamento termico.

Il prelievo dei saggi sarà eseguito sul 10 % delle appendici da prevedere su tutti i pezzi (con numero minimo di due per ciascuna tipologia di appoggio). A scelta delle FERROVIE, tenuto conto delle difficoltà che in particolari casi si riscontrano per ottenere le appendici, il prelievo potrà essere effettuato sul prodotto finito per ogni lotto omogeneo di fornitura.

Per ogni lotto si effettuerà:

- n. 1 prova trazione;
- n. 3 prova resilienza;
- n. 1 prova per analisi chimica su ogni colata.

Saranno inoltre eseguite prove non distruttive eseguite mediante i metodi liquidi penetranti (LP), magnetico (MT), ultrasonoro (UT) in ragione del 10 % del lotto presentato a controllo, secondo le indicazioni a riguardo riportate nel progetto approvato dalle FERROVIE.

Qualora alcuni valori ottenuti dalle prove non dovessero rientrare nei limiti richiesti dalle norme, potranno effettuarsi le riprove con le modalità previste nella normativa di riferimento.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 B	FOGLIO 74 di 99

12.14.2.4 Lamiere, barre e profilati in acciaio inossidabile

Normativa di riferimento:

- UNI EN 10088-1-2-3,
- UNI EN ISO 3651-2 (metodo B).

L'acciaio inossidabile da utilizzare dovrà essere conforme a quanto riportato al paragrafo 12.9.2.5.5.

12.14.2.4.1 Unità di prova e relative prove

L'unità di prova (lotto) è costituita da prodotti provenienti dalla stessa colata aventi una massa complessiva non maggiore di 1 tonnellata.

Il materiale dovrà essere corredato di certificato di origine emesso dall'acciaieria.

Per ogni lotto dovrà prevedersi la seguente serie di prove:

N. PROVINI	PROVA	NORMATIVA
1	Trazione	UNI EN 10088-1-4-5
1	Corrosione	UNI EN ISO 3651-2 (metodo B)
1	Analisi chimica	UNI EN 10088-1-4-5
1	Rugosità	UNI-ISO 468 e 4287

Tabella 12.14.2.4.1 - 1

12.14.2.5 Prodotti finiti laminati a caldo in barre di acciaio non legato o legato speciale da bonifica (perni, spine, zanche ecc.)

Normativa di riferimento:

- UNI EN 10083/1-2-3

12.14.2.5.1 Unità di prova e relative prove

Nel caso la bonifica sia stata eseguita con impiego di trattamento termico discontinuo, l'unità di prova è costituita dal lotto di materiale proveniente dalla stessa colata, che abbia subito lo stesso trattamento ed abbia lo stesso diametro.

Nel caso la bonifica sia stata eseguita con impianto di trattamento termico continuo, l'unità di prova è costituita da un lotto di barre dello stesso diametro con le seguenti limitazioni di massa:

- acciai legati: 5 t o frazione residua;
- acciai non legati: 15 t o frazione residua.

Le provette devono essere ricavate direttamente dal prodotto finito.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
	CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 B	FOGLIO 75 di 99

Per ogni lotto sono previste le seguenti prove:

N. PROVETTE	PROVA	NORMATIVA
1	Trazione	UNI EN 10083/1-2-3 UNI EN 10002/1
3	Resilienza	UNI EN 10083/1-2-3 UNI EN 10045/1

Tabella 12.14.2.5.1 - 1

Il materiale dovrà essere accompagnato da i documenti di controllo redatti dall'acciaieria in conformità alla norma UNI EN 10204.

Questa documentazione dovrà essere correlabile all'unità di prova a mezzo di opportuna identificazione (marchiatura o etichettatura)

12.14.2.6 Bulloneria

Normativa di riferimento

- UNI EN ISO 898/2;
- UNI EN ISO 898/1;

12.14.2.6.1 Unità di prova e relative prove

Il controllo interessa solo la bulloneria che abbia funzione strutturale. Pertanto, non si prevedono prove per bulloni che abbiano solo funzione di fissaggio.

L'unità di prova è costituita dal lotto di bulloni aventi lo stesso diametro e lunghezza, provenienti dalla stessa colata e che abbiano subito gli stessi trattamenti termici.

Il numero di campioni da sottoporre a prove, espresso in percentuale del lotto sottoposto a controllo, e il tipo di prova sono riportati nella tabella sottostante.

PERCENTUALE IN CAMPIONI DA PROVARE	PROVA	NORMATIVA
1%	Trazione con appoggio a cuneo	UNI EN ISO 898-1
2%	Durezza HRC	UNI EN 20898/2 UNI EN ISO 898-1
2%	Esame dimensionale	UNI EN ISO 4759/1-2

Tabella 12.14.2.6.1 - 1

12.14.2.7 Lega in alluminio

Normativa di riferimento:

- UNI EN 573.3,

- UNI EN 755-2 (alluminio estruso),
- UNI EN 485/2 (alluminio laminato),
- UNI EN 586-2 (alluminio fucinato)

12.14.2.7.1 Unità di prova e relative prove

L'unità di prova (lotto di fornitura avente caratteristiche di omogeneità) è costituita al massimo da 6000 kg, o frazione residua, di materiale.

Per ogni unità di prova dovranno eseguirsi le seguenti prove:

N. PROVINI	PROVA	NORMATIVA
1	Trazione	UNI EN 755/2 UNI EN 586-2 UNI EN 485/2 UNI EN ISO 6892
1	Analisi chimica	UNI EN 573.3

Tabella 12.14.2.7.1 – 1

Le provette per le prove di trazione dovranno essere ricavate dai prodotti finiti. I limiti d'accettabilità sono fissati dalla normativa relativa alla lega di alluminio approvata ed impiegata. Il materiale dovrà essere corredato di certificato di origine emesso dal PRODUTTORE.

12.14.2.8 PTFE

Normativa di riferimento:

- UNI EN 1337-2;

Le prove dovranno avvenire in atmosfera normalizzata di 23° C e 50 % d'umidità relativa (UNI EN ISO 291) previo condizionamento dei provini per tre ore.

12.14.2.8.1 Unità di prova e relative prove

L'unità di prova è costituita da:

- numero massimo di 100 fogli per lastre ottenute da stampaggio;
- un rotolo per fogli ottenuti per stampaggio e sfogliatura.

Per ogni unità di prova si dovranno eseguire le seguenti prove:

N. PROVINI	PROVA	NORMATIVA	VALORI DI ACCETTABILITÀ
------------	-------	-----------	-------------------------

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
	CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 B	FOGLIO 77 di 99

5	Densità	UNI EN ISO 1183-1	2140 -2200 Kg/m ³
5	Trazione con allungamento a rottura	UNI EN ISO 527-1-3	29-40 MPa ≥ 300%
5	Durezza	EN ISO 2039-1	23-33 MPa

Tabella

12.14.2.8.1 - 1

Il prelievo delle provette da fogli in PTFE ottenuti per stampaggio e sfogliatura dovrà avvenire in direzione trasversale alla direzione maggiore. Il prelievo delle provette potrà essere effettuato prima della nicchiatura.

Nel caso che il PTFE sia previsto incollato dovrà effettuarsi una prova di strappo innescato a 90° su incollaggio acciaio - teflon; lo strappo dovrà verificarsi ad un carico superiore a 4 N/mm (UNI 8272 - parte 6).

12.14.2.9 Gomma

Normativa di riferimento:

- UNI EN 1337-3 .

Le modalità da seguire per la preparazione dei campioni sono quelle descritte nella norma UNI ISO 23529, UNI ISO 4661-2.

Per l'intervallo di tempo tra la vulcanizzazione del prodotto, preparazione del campione ed esecuzione delle prove vale quanto indicato nella norma UNI ISO 23529.

Deve inoltre possedere le caratteristiche fisico-meccaniche riportate nella tabella del par. 12.9.2.5.3.

12.14.2.9.1 Unità di prova e relative prove

Le prove di norma dovranno essere effettuate con prelievo su prodotti finiti, ad esclusione della prova del modulo G sui dischi elastomerici che sarà condotta su provini secondo quanto prescritto dalla UNI EN 1337-5 . Per produzioni particolari, previo accordo con il personale delle FERROVIE incaricato dei controlli, tutte le prove meccaniche e chimiche della suddetta tabella potranno essere effettuate su placche provenienti dallo stesso lotto di mescolanza del prodotto finito. In tal caso dovranno prevedersi sul prodotto finito le seguenti prove di comparazione non particolarmente invasive per il prodotto stesso.

- determinazione della densità;
- determinazione dello spettro IR;
- determinazione del residuo in cenere.

In alternativa alle suddette prove di comparazione potrà essere effettuata un'analisi termo gravimetrica sul prodotto finito da confrontare con le placche provenienti dallo stesso lotto di mescolanza.

La percentuale di elementi finiti da provare sarà pari allo 0.5% del prodotto totale e in ogni caso almeno 1 pezzo.

12.14.2.10 Scossalina in hypalon per coprigiunti

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 B	FOGLIO 78 di 99

Per le prove si fa riferimento, ove applicabili, alle stesse norme UNI richiamate per la gomma. Di seguito viene riportato il numero dei provini ed il tipo di prove da eseguire:

- n° 1 placca (150 x 200 mm) per la determinazione della resistenza all'ozono nelle stesse condizioni di prova previste per la gomma del coprigiunto;
- n° 3 provini per la determinazione della temperatura limite di fragilità a - 25 °C UNI ISO 812;
- n° 1 prova di impermeabilità all'acqua secondo UNI EN 1928;
- n° 3 provini per la determinazione della resistenza ai raggi ultravioletti.

Verrà inoltre eseguita una prova di dielettricità con le stesse modalità previste per la gomma dei coprigiunti.

12.14.2.11 Lubrificanti

12.14.2.11.1 Generalità e caratteristiche

Il lubrificante dovrà essere costituito da grasso silconico e dovrà rispettare le caratteristiche fisico-meccaniche riportate nel par. 12.9.2.5.2.

12.14.2.11.2 Unità di prova

Periodicamente, a richiesta del personale incaricato dei controlli delle FERROVIE, viene effettuata la verifica della costanza di qualità del prodotto.

Per ogni unità di prova si preleva un saggio di circa 3 kg sul quale si eseguiranno le prove atte a dimostrare la rispondenza alle caratteristiche richieste.

12.14.3 CONTROLLO DEI DISPOSITIVI ASSEMBLATI

Prima del controllo funzionale dei dispositivi assemblati dovrà provvedersi al controllo delle relative contropiastre.

Il controllo dovrà prevedere i seguenti controlli da effettuarsi sul 10% dei pezzi sottoposti all'accettazione:

- Esame visivo e dimensionale.
- Controllo delle protezioni anticorrosione (spessore e aderenza).

12.14.3.1 Appoggi in acciaio con materiale antifrizione e a disco elastomerico confinato

Gli apparecchi d'appoggio completamente assemblati saranno sottoposti a controllo visivo, dimensionale e funzionale.

Per gli appoggi in acciaio - teflon si dovranno eseguire i seguenti controlli da effettuare prevedendo, per le prove funzionali, un sistema di acquisizione dati in continuo:

1. esame visivo e dimensionale, a disegno costruttivo d'officina che sarà fornito in visione al personale incaricato dei controlli, dei singoli elementi e degli appoggi completi, con riferimento a tutte le prescrizioni contenute nella UNI EN 1337;
2. rilevazione della rugosità superficiale dell'acciaio inox secondo la norma UNI EN ISO 4287. Il limite di rugosità Ry5i dovrà risultare non superiore a 1 µm; e la durezza deve essere compresa da 150 HV1 a 220 HV1 secondo la EN ISO 6507-2;
3. misura dello spessore del rivestimento protettivo;
4. prove di carico verticale sugli apparecchi d'appoggio da eseguirsi con l'applicazione di un carico pari ad 1,25 volte il carico nominale massimo allo SLE mantenuto costante per 5 minuti primi

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 B	FOGLIO 79 di 99

(15 minuti per i disco elastomerici confinati), con rilevazione della curva carico/deformazione. Verranno eseguiti in totale 2 cicli di carico ed il residuo di deformazione al termine del secondo ciclo non dovrà risultare superiore allo 0.5% dell'altezza totale dell'appoggio, fino a due superfici di materiale antifrizione, o allo 0.75% dell'altezza totale dell'appoggio con tre o più superfici di materiale antifrizione;

5. prova per la verifica della curva elastica sugli apparecchi di appoggio muniti di dispositivo a rigidità controllata. La prova consisterà nell'applicazione sull'apparecchio di appoggio di un carico verticale pari al carico permanente e di un carico orizzontale crescente, fino a superare di 2t il carico orizzontale massimo allo SLE previsto nel fuso di riferimento riportato nell'Allegato A. La curva rilevata in fase di spinta dovrà essere totalmente contenuta in detto fuso;
6. Prova di carico orizzontale sugli apparecchi di appoggio fissi e unidirezionali per la valutazione del gioco di costruzione e della resistenza meccanica dei dispositivi. La prova per la determinazione del gioco dovrà eseguirsi applicando un carico verticale di 3t ed un carico orizzontale tale da portare in contatto tutti gli elementi dell'appoggio prima in una direzione e successivamente nella direzione opposta. La prova di resistenza meccanica dovrà eseguirsi applicando il carico verticale permanente ed il carico orizzontale massimo allo SLE (incrementato del 10%) in una sola direzione. Al termine della prova di controllo del gioco, lo spostamento totale massimo rilevato sull'appoggio dovrà essere ≤ 1 mm per i dispositivi fissi e ≤ 1.5 mm per i dispositivi unidirezionali. Dopo la prova di resistenza meccanica, tutti gli elementi dell'appoggio dovranno essere integri e privi di deformazioni permanenti o inneschi a rottura;
7. prove di scorrimento solo per gli apparecchi di appoggio unidirezionali, per la determinazione del coefficiente di attrito radente di primo distacco, nella condizione di carico permanente e di carico nominale massimo con rilevazione dei relativi diagrammi; per tali prove i valori dei coefficienti di attrito rilevati a velocità inferiore a 5 mm/min ed a temperatura ambiente dovranno essere inferiori a quelli prescritti dalla UNI EN 1337-2 per gli apparecchi con materiale antifrizione lubrificato;
8. rilievo della resistenza d'isolamento elettrico sotto il carico nominale massimo allo SLE;
9. smontaggio, controllo visivo e dimensionale.

Le prove e gli accertamenti, di cui ai punti 1, 2, 3 e 9, verranno eseguiti per ogni lotto di cui viene richiesto il controllo nel numero previsto dalla seguente tabella e secondo le precisazioni di seguito riportate:

Lotto omogeneo da sottoporre a controllo distinto per tipo (fisso, semifisso, unidirezionale, multidirezionale)	Numero di elementi da sottoporre alle prove
$n \leq 10$	1
$11 \leq n \leq 40$	3
$41 \leq n \leq 80$	5
$81 \leq n \leq 100$	7

Tabella 12.14.3.1 -1

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 B	FOGLIO 80 di 99

Il lotto massimo per cui la ditta costruttrice potrà richiedere il controllo non dovrà eccedere i 100 appoggi con l'avvertenza che nel caso di consistenti forniture i dispositivi da collaudare dovranno essere relativi ad almeno 10 campate di viadotto.

Le prove di cui ai punti 4,5,6,7 ed 8 verranno eseguite nel numero di una per ogni lotto.

12.14.3.2 Appoggi in acciaio fuso

12.14.3.2.1 Controllo dimensionale

Il controllo deve essere eseguito di norma al 100 % su tutti gli elementi, anche se eseguiti in unico esemplare o piccola serie, sulla scorta del progetto approvato.

Per la valutazione delle quote senza indicazione di tolleranza e per i sovrametalli, si farà riferimento alla UNI ISO 6325 (tolleranze di grado B sulle parti non lavorate) ed alla UNI EN 1559-2.

Il controllo delle lavorazioni d'officina verrà eseguito secondo la UNI EN ISO 4287, e secondo le prescrizioni riportate nel progetto costruttivo approvato.

Dovrà essere effettuato un controllo cinematico nella percentuale del 20% per ogni tipo di appoggio, con valutazione della massima rotazione, per gli apparecchi di appoggio fissi e mobili, e del massimo spostamento longitudinale (positivo e negativo) dei soli appoggi mobili. Rotazioni e spostamenti dovranno essere almeno pari a quelli di progetto.

12.14.3.2.2 Caratteristiche specifiche del controllo degli appoggi premontati

Gli elementi lavorati di macchina e successivamente accoppiati, quali settori di rullo e bilancieri, dovranno essere combacianti lungo una linea; è ammessa un'aria di 0,2 mm, rilevata con apposita strumentazione, quale ad es. il calibro fisso a lame, con larghezza $S \leq 10$ mm. L'ampiezza lineare della zona di non contatto non deve risultare superiore a 5 volte la dimensione di S. Per linee di contatto di estesa ≤ 500 mm sono ammesse al massimo 3 zone di non contatto, per linee di contatto di estesa $>$ di 500 mm sono ammesse al massimo 4 zone di non contatto.

12.14.3.2.3 Riparazioni

Qualora i difetti riscontrati fossero dichiarati riparabili dal personale delle FERROVIE incaricato dei controlli, si dovrà procedere come appresso specificato:

- asportazione del difetto mediante scricatura o molatura sino alla scomparsa totale del difetto stesso. La verifica dovrà essere effettuata con controllo magnetoscopico o con liquidi penetranti;
- riporto di materiale onde ripristinare le dimensioni originarie del getto.


Quest'ultima operazione dovrà essere eseguita con la massima cura, adottando le procedure atte ad evitare gli inconvenienti tipici dei riporti di saldatura. A tale scopo occorrerà scegliere gli elettrodi in modo che i riporti abbiano le stesse caratteristiche meccaniche dei getti da riparare. Gli elettrodi dovranno essere adeguatamente essiccati ed immessi in fornelli di mantenimento. I getti dovranno essere smagnetizzati e dovrà essere praticato alla fine un trattamento di distensione adeguato.

La riparazione dovrà essere controllata con metodo ultrasonoro, ove ritenuto possibile e necessario, con metodo magnetoscopico e con liquidi penetranti.

Infine con un durometro portatile dovrà essere controllata la durezza dei getti. Lo scarto non dovrà essere superiore al 10%.

Le riparazioni dei difetti dovranno essere eseguite in presenza del personale incaricato dei controlli.

12.14.3.3 Appoggi in gomma armata

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 B	FOGLIO 81 di 99

Per tali appoggi le prove funzionali da eseguire sul prodotto finito ed i parametri da rispettare, saranno quelli previsti nella normativa UNI EN 1337-3. In particolare dovranno eseguirsi:

- Prove di rigidità a compressione;
- Prove di rigidità a taglio;
- Prove di adesione gomma-metallo;
- Prova di dielettricità.

La prova di dielettricità dovrà eseguirsi sotto il carico nominale allo SLE.

La frequenza delle prove sarà di 1 campione ogni unità di volume come previsto dalla norma UNI EN 1337-3.

12.14.3.4 Dispositivi di vincolo meccanici per soli carichi orizzontali

Per tali dispositivi dovrà prevedersi una prova di carico orizzontale sia per la valutazione del gioco di costruzione che per la verifica della resistenza meccanica. La prova per la determinazione del gioco dovrà eseguirsi applicando un carico orizzontale tale da portare in contatto tutti gli elementi del ritegno prima in una direzione e successivamente nella direzione opposta. La prova di resistenza meccanica dovrà eseguirsi applicando un carico orizzontale allo SLE pari a quello massimo di progetto incrementato del 10% in una sola direzione. Al termine della prova di controllo del gioco, lo spostamento totale massimo rilevato sul ritegno fisso dovrà essere ≤ 1 mm, mentre quello rilevato sul ritegno mobile, dovrà essere ≤ 1.5 mm. Dopo la prova di resistenza meccanica, tutti gli elementi del ritegno dovranno essere integri e privi di deformazioni permanenti o inneschi a rottura.

Inoltre, dovrà prevedersi una prova di dielettricità applicando un carico orizzontale di 5t.

Le modalità di prova e la resistenza minima accettabile saranno quelle già previste per gli apparecchi di appoggio.

12.14.3.5 Coprigiunti finiti

Il Controllo comprenderà sia il controllo dei materiali, con cui sono stati realizzati i coprigiunti, sia il controllo dei coprigiunti finiti.

Per il controllo dei materiali dovrà prelevarsi un modulo di coprigiunto per ogni lotto di fornitura da cui ricavare i provini per le prove fisico-meccaniche e chimiche. Le prove andranno condotte secondo quanto specificato nel capitolo relativo al controllo dei materiali.

Per il controllo dei coprigiunti finiti dovranno prevedersi le seguenti prove e controlli:

1. esame visivo;
2. esame dimensionale, a disegno costruttivo di omologazione che sarà fornito in visione al personale incaricato dei controlli;
3. misura degli spessori del rivestimento protettivo (gomma);
4. misura della durezza Shore sulla gomma ;
5. verifica della resistenza di isolamento elettrico dei coprigiunti.

Quest'ultima, riferita al metro di giunto, dovrà essere superiore ai valori riportati nella tabella seguente:

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
	CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 B	FOGLIO 82 di 99

CONDIZIONI DI PROVA	TENSIONE DI PROVA	RESISTENZA DI ISOLAMENTO
Prova a secco	500 V	> 100 MΩ

Tabella 12.14.3.5 – 1

La resistenza di isolamento sarà rilevata con le modalità previste nelle norme CEI 15-23 “Metodi per la misura della resistività volumica e superficiale dei materiali isolanti elettrici solidi”.

La prova sarà realizzata utilizzando strumenti di misura che assicurino una precisione totale di almeno $\pm 10\%$.

La lettura sarà effettuata dopo un minuto dall'applicazione della tensione di prova.

Gli elettrodi vanno di norma applicati alle zanche. In mancanza di quest'ultime si applicherà della grafite colloidale sul giunto nei punti di misura.

L'esame di cui al punto 1) verrà eseguito sul 100 % del lotto di cui viene richiesto il controllo .

Le prove e gli accertamenti di cui ai punti 2), 3) e 4) verranno eseguite nella misura del 10% del lotto medesimo.

La prova di cui al punto 5) sarà eseguita su due campioni per ciascun lotto.

Oltre ai coprigiunti dovranno essere collaudate anche le piattabande di muretto paraballast e di camminamento con lo stesso criterio previsto per i coprigiunti.

12.14.3.6 Dispositivi dinamici di vincolo provvisorio

Si precisa che qualora fossero presenti saldature strutturali dovrà essere prevista una fase intermedia nella quale dovranno essere presentati a controllo tutti gli elementi saldati grezzi, per la esecuzione delle seguenti prove non distruttive da effettuarsi nelle percentuali indicate:

- 100 % esame visivo e dimensionale;
- 30 % magnetoscopiche (solo su saldature a cordoni d'angolo);
- 30 % ultrasonore o radiografiche (solo su saldature a piena penetrazione).

Per quanto riguarda il controllo definitivo sui ritegni sismici verranno eseguite le prove previste dalla UNI EN 15129 e le seguenti ulteriori prove:

1. esame visivo e dimensionale, a disegno costruttivo d'officina. Tali verifiche potranno eseguirsi anche prima delle operazioni finali d'assemblaggio;
2. rilevazione della rugosità superficiale dell'acciaio inox secondo le norme UNI EN ISO 4287 ;
3. misura dello spessore del rivestimento protettivo;
4. verifica delle proprietà isolanti del dispositivo. La resistenza di isolamento sarà rilevata con le modalità previste nelle norme CEI 15 - 23 “Metodi per la misura della resistività volumica e superficiale dei materiali isolanti elettrici solidi”.

La prova sarà realizzata utilizzando strumenti di misura che assicurino una precisione totale di almeno $\pm 10\%$. La lettura sarà effettuata dopo un minuto dall'applicazione della tensione di prova pari a 1000 volt e si dovrà riscontrare una resistenza di isolamento superiore ad 1 MΩ.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 B	FOGLIO 83 di 99

Gli elettrodi vanno di norma applicati alle zanche; in mancanza di queste ultime essi saranno costituiti da fogli di piombo, alluminio o stagno da applicare sulle superfici esterne degli ancoraggi opportunamente preparate in modo da assicurare un intimo contatto tra gli elettrodi e gli ancoraggi stessi.

Le prove e gli accertamenti succitati verranno eseguiti per ogni lotto di cui viene richiesto il controllo nel numero previsto dalla seguente tabella e secondo le precisazioni di seguito riportate.

LOTTO OMOGENEO DA SOTTOPORRE A CONTROLLO DISTINTO PER TIPO (FISSO E MOBILE)	NUMERO DI MECCANISMI DA SOTTOPORRE A PROVA
$n \leq 10$	1
$11 \leq n \leq 40$	3
$41 \leq n \leq 80$	5
$81 \leq n \leq 100$	7

Tabella 12.14.3.7

Il lotto massimo per cui la ditta costruttrice potrà richiedere il controllo non dovrà eccedere i 100 ritegni.

Le prove di cui ai punti 1, 2, e 3 verranno eseguite nel numero fissato nella precedente tabella.

Le prove di cui ai punti 4, 5, 6, 7 e 8 verranno eseguite nel numero di una per ogni lotto.

12.14.3.7 Dispositivi di sospensione (pendini)

Il controllo della produzione dei pendini prevede le seguenti prove funzionali di trazione assiale statica e di rotazione statica da effettuare su un pendino assemblato e prove di fatica.

12.14.3.7.1 Prova di trazione assiale statica

La prova deve essere condotta applicando un carico pari ad 1,25 volte il carico massimo allo SLE mantenuto costante per 15 minuti primi con rilevazione della curva carico/deformazione. I cicli di prova da eseguire saranno 2. La prova si considererà superata se al termine del secondo ciclo non si saranno verificati cedimenti strutturali dei singoli componenti del pendino.

12.14.3.7.2 Prova di rotazione statica

La prova dovrà essere eseguita applicando un carico assiale pari a 1,25 volte il carico massimo di progetto allo SLE. In tale condizione dovrà essere imposta al pendino una rotazione pari a \pm quella massima di progetto per n° 5 cicli. La prova si considererà superata se al termine del 5° ciclo non si saranno verificati cedimenti strutturali dei singoli componenti del pendino nonché malfunzionamenti durante le rotazioni.

12.14.3.7.3 Prova di fatica

La prova sarà eseguita sottoponendo il pendino e le relative articolazioni ad una forza assiale dinamica variabile in un intervallo da definire sulla base delle sollecitazioni di progetto. La frequenza di prova sarà pari

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 B	FOGLIO 84 di 99

a circa 5 Hz ed il numero di cicli da eseguire sarà pari ad almeno $2 \cdot 10^6$ cicli.

La prova, sia per i ponti che per i cavalcavia, è resa obbligatoria qualora non siano disponibili i risultati di prove già eseguite su dispositivi della stessa tipologia e dimensione soggetti a carichi di fatica pari o superiori a quelli relativi all'applicazione proposta.

12.15 OPERE PROVVISORIE

I ponti provvisori, descritti nel Manuale di progettazione di Ingegneria Civile di RFI, possono essere utilizzati per l'esecuzione di lavori al corpo stradale, quali la realizzazione di sottopassi, o per altre situazioni ove si debba garantire il sostegno provvisorio del binario.

In generale possono distinguersi:

Travate provvisorie di proprietà RFI

- Travate gemelle provvisorie;
- Travate provvisorie a cassone – Ponti Bologna.

Travate provvisorie brevettate da società esterne e presenti in tariffa PM

- Ponte “Essen”;
- Ponte “Guido” .

Ponti componibili di proprietà RFI

- Ponti SE;
- Ponti SKB.

Sistemi di sostegno del binario presenti in tariffa PM e brevettati da società esterne

- Sistema Essen;
- Sistema Verona.

Il montaggio, l'esercizio e lo smontaggio dei diversi sistemi di sostegno del binario dovranno essere conformi a quanto riportato nella documentazione tipologica di progetto depositata presso le FERROVIE.

L'ESECUTORE redigerà e trasmetterà alla FERROVIE, la documentazione relativa alla progettazione del sistema di sostegno del binario che intende utilizzare nel caso in esame (calcoli di stabilità e disegni). Insieme al progetto, l'ESECUTORE trasmetterà il programma secondo il quale esso intende provvedere alle operazioni di montaggio, esercizio e smontaggio, nel rispetto:

- dei tempi e delle modalità operative per la realizzazione del “Sistema di sostegno” dei binari, conformemente a quanto approvato dalla FERROVIE;
- della programmazione generale dei lavori;
- delle esigenze dell'esercizio ferroviario.

Salvo diverse indicazioni contrattuali, le FERROVIE trasmetteranno all'ESECUTORE, entro 90 gg. e prima dell'inizio delle operazioni di montaggio, tutti gli elementi necessari per la progettazione del sistema di sostegno. In particolare:

- planimetria e sezioni esecutive del sottovia;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 B	FOGLIO 85 di 99

- rilievo topografico con l'indizione dell'asse dei binari;
- relazione geologica e geotecnica redatta sulle base delle indagini eseguite.

12.16 INFISSIONE A SPINTA DI MANUFATTI SCATOLARI

12.16.1 GENERALITA'

Gli elaborati di dettaglio del progetto esecutivo del monolite, del muro di spinta, della platea di varo, nonché di tutti gli altri elementi strutturali nonché la definizione delle modalità d'infissione, completi della documentazione per l'esecuzione dei controlli, dovranno essere presentati dall'ESECUTORE alle FERROVIE per l'approvazione.

La costruzione del manufatto deve essere eseguita a debita distanza dalla sede ferroviaria, in modo da non provocare soggezioni all'esercizio.

Il manufatto dovrà realizzarsi prevedendo l'estradosso della soletta superiore in c.a. ad una distanza dal piano del ferro fissata nel progetto esecutivo e, comunque, tali da consentire il corretto inserimento dei sistemi di sostegno del binario e di assicurare ad opera varata uno spessore minimo di ballast sotto le traverse previsto dalle specifiche ferroviarie.

Per quanto attiene alla costruzione delle opere in conglomerato cementizio si rimanda alla Sez. 6 "Opere di conglomerato cementizio e in acciaio" del presente capitolato, per quanto applicabile ai lavori di costruzione delle solette in c.a. e del monolite, così come definiti e dettagliati nel progetto.

12.16.2 PRESCRIZIONI TECNICHE

L'infissione di manufatti a spinta si rende necessaria ogni qualvolta il tracciato della linea in costruzione vada ad intersecare o ad interferire con altra opera/manufatto (strada, ferrovia, fabbricati, etc.) che non può essere spostata, definitivamente o temporaneamente, oppure nel caso in cui l'infissione sia direttamente prevista in progetto o sia richiesta dalle FERROVIE.

La realizzazione di questo tipo di opera può suddividersi nelle seguenti operazioni:

- allestimento delle opere di servizio per la prefabbricazione dell'opera d'arte e per le operazioni di varo;
- allestimento fuori opera della struttura statica monolitica prefabbricata del sottopasso.


Platea di varo e muro reggispinga

Si tratta di una struttura in cls armato che, costruita su di un lato dell'opera d'arte da sottopassare, ha tre funzioni specifiche:

- costruire la base d'appoggio; in sede provvisoria, per l'allestimento dell'opera d'arte prefabbricata;
- assicurare il contrasto alla spinta oleodinamica per il varo;
- costruire il piano di scorrimento e di guida.

La costruzione della platea di varo verrà eseguita realizzando una soletta continua in c.a. con risvolti laterali in funzione di guida al manufatto che su di essa scorrerà.

All'estremità della platea (opposta al rilevato) viene ancorato un muro reggispinga di idoneo spessore il quale è chiamato a contrastare la spinta dei martinetti, nella fase di infissione, che viene uniformemente distribuita da una trave rigida in acciaio. La parete reggispinga, deve essere dimensionata prevedendo le condizioni di carico più gravose tra quelle che possono verificarsi durante le varie fasi d'infissione del manufatto e, in funzione della tipologia dell'attrezzatura di spinta da impiegarsi, prevedendo anche la presenza di forze concentrate

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 B	FOGLIO 86 di 99

qualora i martinetti di spinta fossero posizionati in prossimità dei piedritti del manufatto.

Realizzata la platea, è necessario prevedere tra essa e la soletta di base del monolite la presenza di opportuno "multistrato di scorrimento" avente la funzione, oltre a separare il getto di calcestruzzo, di ridurre al minimo l'attrito tra manufatto e soletta di varo per meglio guidare il monolite durante la fase iniziale di spinta. Detto multistrato, in generale, dovrà essere composto da due fogli interni di polietilene di peso minimo 200 gr/m² ed eventualmente da due fogli esterni di tessuto non tessuto (a contatto uno con la soletta di varo e, l'altro, con l'intradosso della soletta di fondazione del monolite).

Nella fase di spinta, orientativamente ogni 5 m d'avanzamento, occorrerà ricreare il contrasto ai martinetti.

Per quanto riguarda le operazioni di varo del monolite, l'ESECUTORE dovrà inviare, insieme ai disegni e calcoli, il programma secondo il quale intende provvedere alle operazioni di varo.

Monolite

Sulla platea di varo viene costruito il monolite con la sezione della testata di infissione a 45° ed il perimetro sagomato a tagliente per facilitare l'avanzamento del manufatto.

Durante l'infissione del manufatto dovrà essere garantito il mantenimento della direzione assegnata da progetto, in senso planimetrico, in modo che nel corso delle operazioni di varo non si abbia una deviazione orizzontale, rispetto la posizione di progetto, superiore all'1% (uno per cento) della lunghezza della corsa di spinta; per quanto alle variazioni di quota del monolite, non è ammesso in alcun punto dello stesso uno scostamento durante l'infissione, rispetto alle ipotesi di progetto della lunghezza della corsa di spinta superiore al 0,2% (due per mille). La pendenza trasversale del manufatto, a posizionamento avvenuto, non dovrà comunque risultare superiore al 2%. Tutte le anzidette tolleranze saranno accettate nei limiti sopraindicati solo se risulteranno compatibili con l'assetto definitivo dei binari e della sede ferroviaria.

L'ESECUTORE dovrà adottare tutti gli accorgimenti necessari per impedire, durante le operazioni di scavo e di avanzamento, franamenti del terreno che possano determinare cedimenti o danni alle opere sovrastanti e latitanti la zona dei lavori; particolare cura dovrà essere posta in merito nel caso in cui non sia prevista l'interruzione d'esercizio dei manufatti da sottopassare.

Qualunque lavoro o prestazione si rendesse necessario per eliminare danni e inconvenienti di qualsiasi genere, causati dai lavori connessi con l'infissione e la traslazione del manufatto, sarà a totale carico dell'ESECUTORE. Qualora tale lavoro interessi la ferrovia, durante le fasi di scavo e di infissione del manufatto, i binari dovranno essere assicurati con idonee opere di sostegno.

Completamento dell'opera

Dopo la costruzione in opera delle opere in c.a, l'ESECUTORE deve provvedere alla seguente serie di controlli, prima e durante le operazioni di spinta:

- controllo posizionamento soletta in accordo al progetto;
- controllo installazione fogli di scorrimento in polietilene o prodotto equivalente;
- controllo della direzione assegnata da progetto, da eseguire ogni metro di infissione;
- controllo allineamenti finali del manufatto con certificazione che gli scostamenti riscontrati rientrino nelle tolleranze;
- controllo correttezza opere di demolizione, con indicazione degli eventuali danneggiamenti riscontrati e relativo programma di ripristini;
- controllo della corretta esecuzione dei ripristini.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 B	FOGLIO 87 di 99

Il manufatto verrà posto in opera con le quote previste nei progetti esecutivi.

Una volta posizionato il monolite, si procederà alla demolizione con martelli pneumatici della punta tagliente e a completamento dell'opera secondo i disegni di progetto.

12.17 INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO

Con riferimento agli interventi di consolidamento più frequenti degli impalcati e dei volti dei ponti, si prescrive quanto segue:

- Per quanto riguarda i rinforzi strutturali superficiali effettuato con calcestruzzo proiettato, lo spessore dello strato di cls dovrà essere almeno 60mm e dovrà prevedersi adeguata armatura metallica. Il trasferimento dello sforzo di taglio nell'interfaccia calcestruzzo-muratura dovrà essere realizzato attraverso tasselli di taglio fissati con resina epossidica o malta di cemento in fori praticati nella parete in muratura.
- Per quanto riguarda l'iniezione di miscele, la resina epossidica dovrà essere utilizzata per il ripristino di fessure relativamente piccole (meno di 2 mm), mentre per il riempimento di grandi crepe e vuoti dovrà essere utilizzata una miscela a base di malta di cemento. Indipendentemente dal prodotto utilizzato, l'operazione di iniezione dovrà essere preceduta da un accurato lavaggio delle fessure e delle cavità da colmare con acqua, nonché da una prova di funzionalità del sistema di tubi di iniezione sempre con acqua. L'impegno di resine epossidiche per il consolidamento delle murature dei volti nei ponti ad arco, dovrà essere preceduto in ogni caso da iniezioni di miscela cementizia e dovrà essere eseguita esclusivamente all'interno della muratura, evitando con una accurata scelta della pressione di iniezione e della lunghezza dei fori, che non dovranno superare i 3/4 dello spessore del volto, la fuoriuscita di resina nel materiale di riempimento e di rinfianco. Il diametro del foro di iniezione non dovrà essere superiore a 15 mm. Le miscele da iniettare dovranno essere realizzate mediante mescolatore meccanico idoneo a garantire la massima omogeneizzazione dei componenti. Il contenuto di acqua nella miscela dovrà essere in generale limitato al minimo indispensabile per ottenere la desiderata fluidità della miscela da iniettare. Le iniezioni dovranno essere eseguite alla pressione che sarà indicata nel progetto di intervento, in relazione al tipo e consistenza delle strutture da iniettare. In ogni caso, durante l'iniezione nelle murature si dovrà aumentare la pressione gradualmente fino a raggiungere la pressione finale o di rifiuto, con l'avvertenza di non provocare danni alle murature stesse.
- Tutte le strutture metalliche provvisorie o permanenti poste a sostegno degli impalcati (ad esempio le centinature metalliche) dovranno essere conformi a quanto indicato nella sezione II della parte II del Manuale di progettazione delle opere civili e nella sezione 6 del presente Capitolato. Tutte le miscele cementizie impiegate negli interventi di consolidamento dovranno rispettare quanto indicato nella sezione 6 del presente Capitolato. Nella progettazione degli interventi di consolidamento dovrà rispettarsi quanto contenuto nel DM Infrastrutture del 14.01.2008, "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni" e nella Circolare 2 febbraio 2009, n. 617/C.S.LL.PP. - Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni».

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 B	FOGLIO 88 di 99

ALLEGATO A - CRITERI PER L'OMOLOGAZIONE DI APPARECCHI DI APPOGGIO FISSI CON DISPOSITIVO ELASTICO PER PONTI FERROVIARI

L'omologazione degli apparecchi di appoggio con dispositivo elastico per strutture ferroviarie dovrà essere richiesta dal PRODUTTORE con apposita domanda a:

RFI
DIREZIONE TECNICA
STANDARD INFRASTRUTTURA
S.O. PONTI E STRUTTURE
Piazza della Croce Rossa 1 00161 ROMA

Tale omologazione sarà valida per apparecchi di appoggio aventi carichi massimi verticali e orizzontali compresi nell'intervallo $\pm 15\%$ di ciascuno dei carichi per cui è stata richiesta.

Alla domanda dovrà essere allegata la seguente documentazione:

1) progetto costruttivo dell'apparecchio di appoggio completo di:

A) RELAZIONE DI CALCOLO CONTENENTE:

- descrizione dell'apparecchio di appoggio;
- tabella dei carichi, sia in fase di esercizio che sismica, esplicitando la forza di frenatura relativa all'appoggio;
- elenco di tutti i materiali, sia strutturali che accessori, dell'apparecchio di appoggio con l'indicazione, per i materiali strutturali, del tipo di materiale, della relativa norma di riferimento, del carico di snervamento e del carico di rottura.;
- schema di vincolo;
- verifica delle pressioni media minima e massima nel cls superiore e inferiore sotto l'azione dei carichi massimi, minimi e permanenti;
- verifiche di tutti gli elementi strutturali dell'apparecchio di appoggio, sia in fase di esercizio che in fase sismica (SLU);
- verifica a fatica del dispositivo elastico da effettuare a 2.000.000 di cicli per un'azione orizzontale pari a quella che produce il contatto del dispositivo succitato con il basamento, incrementata del 20%;
- calcolo della rigidità del ritegno elastico dell'apparecchio di appoggio di tipo fisso;
- calcolo dei momenti parassiti;
- individuazione puntuale dei sistemi di protezione dei vari elementi dell'apparecchio di appoggio con particolare riferimento alle zone di contatto (ciclo di verniciatura, zincatura, passivazione dei materiali ecc.);

tutte le verifiche devono essere effettuate in accordo alla presente sezione di Capitolato e nel rispetto delle norme in vigore.

B) ELABORATI GRAFICI IN SCALA ADEGUATA (POSSIBILMENTE 1:1 OPPURE 1:2)

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 B	FOGLIO 89 di 99

CONTENENTI:

- pianta sezioni e prospetti dell'apparecchio di appoggio assemblato, completo di contropiastre, e relative quote;
- dimensioni e tolleranze di ogni singolo elemento;
- particolari costruttivi quotati degli elementi assemblati;
- tipo e qualità dei materiali utilizzati e relative norme di riferimento;
- sistema di protezione dell'apparecchio di appoggio (parapolvere, raschiapolvere ecc.);
- cicli di protezione contro la corrosione;
- fasi e modalità di posa in opera.

Tutti gli elaborati di progetto dovranno essere timbrati (con il timbro dell'ordine) e firmati dal progettista

Dopo l'esame positivo della documentazione tecnica, su richiesta del PRODUTTORE, si procederà alla fase sperimentale, consistente nelle seguenti prove:

- prove di funzionamento da condurre sull'appoggio assemblato.
- Prova di carico verticale.

La prova consiste nell'applicazione sull'apparecchio di appoggio di un carico verticale, pari a 1,25 volte il carico nominale massimo di progetto, mantenuto costante per 5 minuti primi su due cicli di prova e nel rilevamento durante la prova medesima della curva carico/deformazione.

La prova verrà ripetuta nella configurazione di massima deformazione di rotazione dell'apparecchio di appoggio.

La deformazione residua rilevata alla fine dei 4 cicli di prova non dovrà risultare superiore allo 0,5% dell'altezza totale dell'appoggio.

- Prova di isolamento elettrico.

La prova dovrà essere effettuata applicando all'apparecchio di appoggio un carico verticale massimo pari a 1,25 volte il carico nominale massimo di progetto ed una tensione sulle piastre isolate pari a 1000 Volt.

La resistenza rilevata dopo un minuto dall'applicazione della tensione non dovrà essere inferiore a $1M\Omega$.

- Prova per la determinazione del massimo momento parassita

La prova dovrà essere effettuata applicando all'apparecchio di appoggio il carico verticale massimo di progetto (allo SLE) e lateralmente ad esso, una forza verticale crescente, con braccio noto, tale da imporre, all'appoggio stesso, la rotazione per la determinazione del momento parassita da confrontare con quello di progetto.

Si precisa che durante la prova dovranno essere messi in atto tutti gli accorgimenti necessari per valutare l'entità massima del momento parassita portando, per quanto possibile, ai valori massimi i vari contributi (attrito calotta, attrito base calotta, attrito pistone-cilindro).

- Prova per la verifica delle tolleranze di costruzione dell'apparecchio d'appoggio, nonché della corsa massima e della rigidità del dispositivo elastico.

La prova consisterà nell'applicazione sull'apparecchio di appoggio di un carico verticale (allo SLE) pari al

carico permanente e di un carico orizzontale crescente, fino a quello massimo di progetto (allo SLE), tale da verificare il rispetto di uno dei due fusi indicati nelle due figure seguenti.

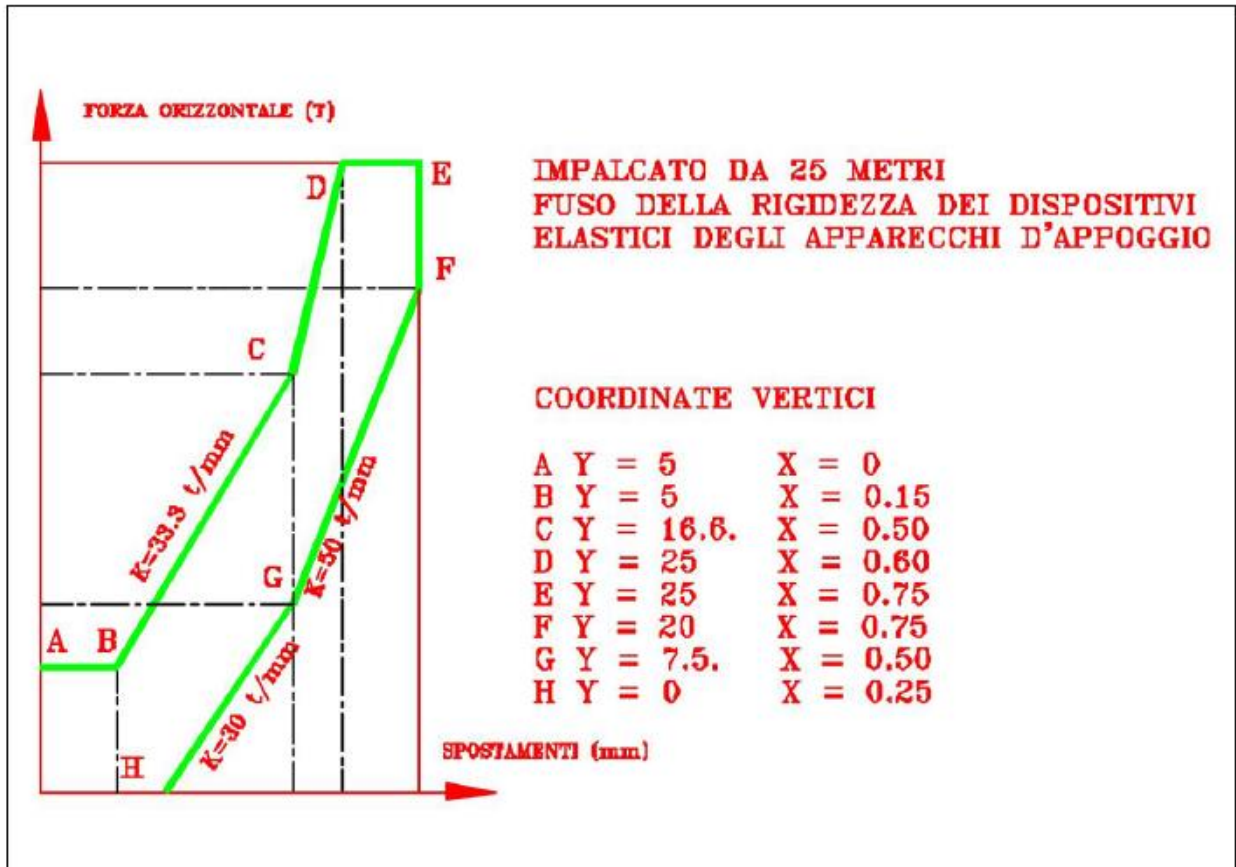


Fig.1 Fuso delle rigidezze per impalcati da 25m.

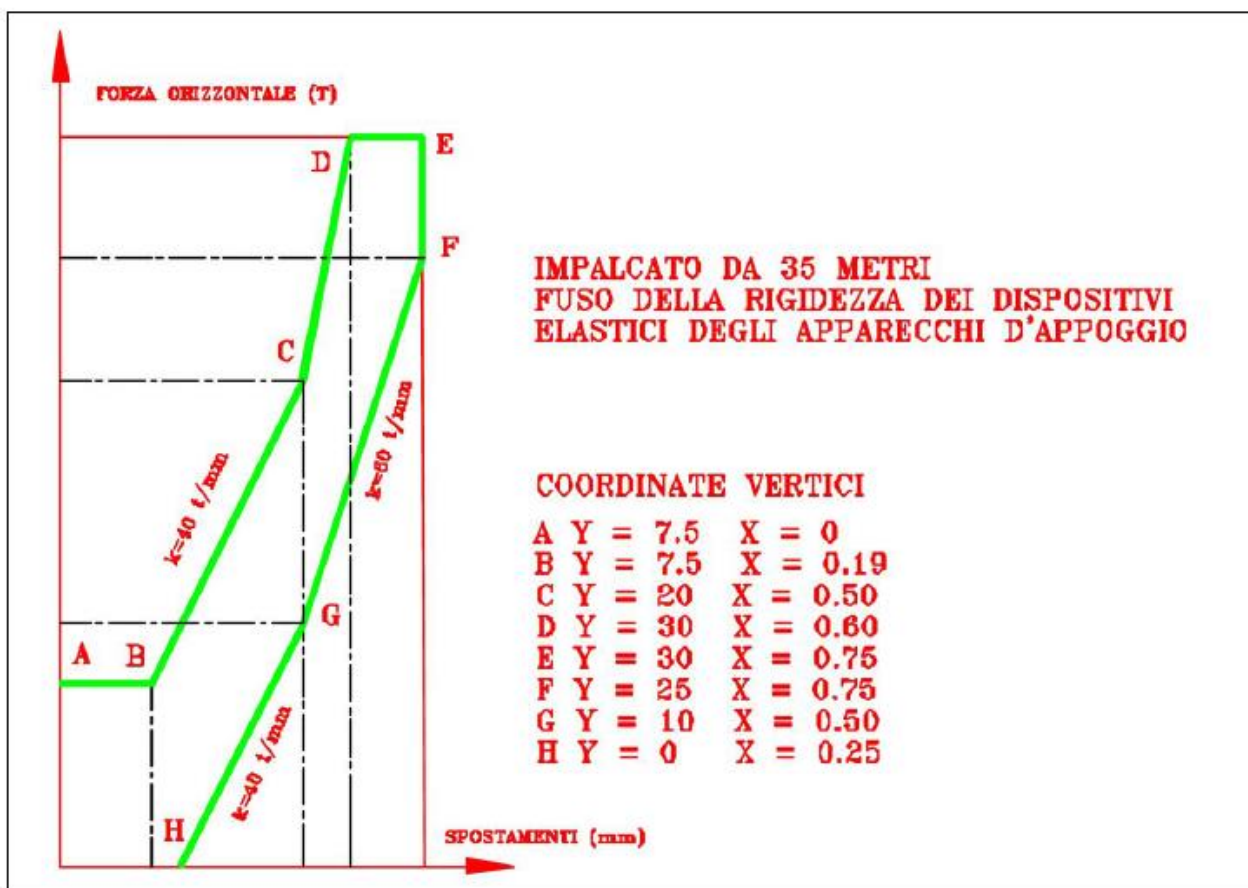


Fig.1 Fuso delle rigidezze per impalcati da 35m.

Detta prova sarà ripetuta sull'apparecchio di appoggio ruotato di $\pm 3^\circ$.

Le curve carico/deformazione rilevate dovranno essere contenute nel fuso di cui sopra.

- Prove di fatica su apparecchio di appoggio al vero.

Tali prove verranno eseguite imponendo all'apparecchio di appoggio:

- rotazioni di $\pm 0,5^\circ$ per 500.000 cicli, con frequenza non inferiore a 1 Hz, in corrispondenza della rotazione di $2,5^\circ$ sotto un carico verticale pari a quello massimo di progetto.

la sequenza di forze orizzontali cicliche, descritte nei successivi punti, la cui frequenza del ciclo non dovrà essere inferiore a 1 Hz e la cui ampiezza sarà l'intervallo zero + forza max con la seguente successione:

- 30.000 cicli sotto un carico orizzontale pari a $2/3$ del massimo sforzo di frenatura;
- 500.000 cicli sotto un carico orizzontale, pari alla forza corrispondente alla massima deformazione elastica del dispositivo, aumentata del 10%.
- 1.500.000 cicli sotto un carico orizzontale pari alla forza corrispondente alla massima deformazione

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 B	FOGLIO 93 di 99

Pistone

Per tale elemento si accetteranno difetti nelle percentuali e nelle modalità indicate per l'anello elastico maggiorate del 20 % pari cioè al 6% e al 3%.

ESEMPIO (valido per l'anello elastico od altro elemento):

diametro anello elastico: 80 cm;

lunghezza fasce: 250 cm;

n. celle per fascia: 500;

n. celle difettose accettabili in A: 25;

n. celle difettose accettabili in B: 12.

nella zona più difettosa:

lunghezza fasce: 200 cm;

n. celle per fascia: 40;

n. celle difettose accettabili in A: 4;

n. celle difettose accettabili in B: 4;

Avvertenze

A seguito del processo di omologazione di cui al presente allegato A, il PRODUTTORE dovrà predisporre un "Dossier di omologazione", contenente la documentazione tecnica e progettuale, già oggetto di positivo esame da parte delle FERROVIE, nonché i certificati di laboratorio relativi alle prove sperimentali eseguite.

A valle delle verifiche condotte sul "Dossier di omologazione" consegnato, le FERROVIE provvederanno ad emettere il certificato di omologazione di durata biennale, rinnovabile alla scadenza per ulteriori 2 anni a seguito di esplicita richiesta da parte del PRODUTTORE.

Tutte le eventuali sostituzioni o varianti, sia nelle strutture che nei materiali, che il PRODUTTORE intendesse apportare rispetto alle indicazioni contenute negli elaborati progettuali approvati dovranno essere immediatamente comunicate, indicandone le motivazioni, alle FERROVIE, che, a loro insindacabile giudizio, potranno decidere circa la necessità di una nuova omologazione.

Resta, infine, inteso che i costi relativi alle prestazioni del personale delle FERROVIE, nonché le spese di trasferta, inerenti sia la prima omologazione che i successivi rinnovi, saranno a totale carico del PRODUTTORE richiedente l'omologazione. Tali spese dovranno essere versate dal PRODUTTORE a seguito dell'accettazione del preventivo di spesa formulato dalle FERROVIE e comunque prima dell'avvio delle attività di omologazione (esame tecnico e prove sperimentali).

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 B	FOGLIO 94 di 99

ALLEGATO B - CRITERI DI ACCETTAZIONE PER L'OMOLOGAZIONE DI COPRIGIUNTI PER IMPALCATI FERROVIARI

L'omologazione di coprigiunti per impalcati ferroviari dovrà essere richiesta dal PRODUTTORE con apposita domanda indirizzata a:

RFI

DIREZIONE TECNICA

STANDARD INFRASTRUTTURA

S.O. PONTI E STRUTTURE

Piazza della Croce Rossa 1 - 00161 ROMA

Alla domanda dovrà essere allegata la seguente documentazione:

- Progetto costruttivo del coprigiunto completo di elaborati grafici, in scala adeguata, relativi a:
 - elemento di coprigiunto isolato con dispositivi di ancoraggio;
 - scossalina e piattabanda di protezione per i muretti laterali paraballast e per i marciapiedi;
 - coprigiunto in opera, con la rappresentazione di tutti gli elementi costitutivi, compresi gli ancoraggi alla struttura, la scossalina, le piattabande il sistema di smaltimento delle acque meteoriche, l'impermeabilizzazione e lo strato protettivo in corrispondenza del giunto;
 - fasi e modalità di installazione con l'indicazione dei tempi tecnici necessari per ciascuna fase.
- Relazione tecnica contenente:
 - la descrizione del coprigiunto;
 - l'elenco dei materiali e relative caratteristiche tecniche (fisiche chimiche, meccaniche);
 - la descrizione delle fasi e delle modalità di installazione e le relative avvertenze;
 - la verifica del coprigiunto allo SLE sotto l'azione dei carichi permanenti ($p = 13 \text{ kN/mq}$) e di un carico accidentale (asse isolato da 350 kN, comprensivo della maggiorazione dinamica). La verifica va eseguita nella configurazione di massima escursione di esercizio;
 - la verifica del coprigiunto allo SLU sotto l'azione dei carichi permanenti ($p = 13 \text{ kN/mq}$) e di un carico accidentale (asse isolato da 200 kN, comprensivo della maggiorazione dinamica). La verifica va eseguita nella configurazione di massima escursione sismica;
 - la determinazione della reazione del coprigiunto allo scorrimento, che dovrà risultare inferiore a 9 kN/m in fase di esercizio e a $9xR_s$ kN/m in fase sismica;
 - la determinazione della massima tensione nella gomma, che non dovrà eccedere il valore di 1,5 MPa in fase di esercizio e di $1,5xR_s$ MPa in fase sismica ($R_s =$ Rapporto tra lo scorrimento sismico e quello di esercizio).
- Progetto del modello, riprodotto le testate di due impalcati attigui, complete di coprigiunto, muretti paraballast, scossalina, impermeabilizzazione, strato protettivo, massicciata, drenaggio trasversale e sistema di smaltimento delle acque meteoriche. Il modello dovrà avere dimensioni tali da riprodurre fedelmente le reali condizioni di esercizio e comunque dovrà consentire l'installazione di almeno 1,5 ml di coprigiunto e della piattabanda sui muri paraballast e dovrà essere lungo almeno 1,8 m. Dovranno inoltre essere descritte e rappresentate le apparecchiature occorrenti per l'esecuzione delle prove di funzionamento del coprigiunto. La massicciata dovrà essere costituita da uno strato di 10 cm di pietrischetto, delle dimensioni comprese tra 10 e 25 mm, sul quale dovrà essere dispersa della sabbia fine in quantità pari a 30 Kg/mq; da

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 B	FOGLIO 95 di 99

un secondo strato di 40 cm di pietrisco delle dimensioni comprese tra 3 e 6 cm.

- Relazione tecnica della prova di simulazione sismica.

I disegni dovranno riportare le escursioni massime e minime del coprigiunto nonché l'ampiezza del varco a riposo.

Dovranno inoltre essere indicate le quote di ogni singolo particolare o elemento costruttivo e le relative tolleranze, nonché il tipo e la qualità dei materiali, compresi i collanti.

Dopo l'esame della documentazione tecnica si procederà alla fase sperimentale, consistente nei seguenti controlli e prove:

Esame visivo e dimensionale.

L'esame consisterà nella verifica della corrispondenza dimensionale del coprigiunto e delle piattabande ai disegni di progetto, nel controllo dell'esecuzione a regola d'arte, nonché nella verifica della rispondenza del modello e dell'apparecchiatura di prova agli elaborati presentati.

Montaggio del coprigiunto.

Il montaggio del coprigiunto sul modello e la posa in opera della massiciata dovrà avvenire alla presenza di funzionari delle FERROVIE.

Tutte le fasi di montaggio del modello, lo svanamento nonché la situazione a fine prova dovranno essere rappresentate da un'adeguata documentazione fotografica.

Prova di isolamento elettrico.

La prova consisterà nella misura della resistenza di isolamento, che sarà rilevata con le modalità CEI 15-23, "Metodi per la misura della resistività volumica e superficiale dei materiali elettrici solidi", sul modello dopo il montaggio del coprigiunto ma prima della posa in opera del pietrisco.

La prova avrà esito positivo se la resistenza d'isolamento, riferita al metro di giunto, misurata applicando gli elettrodi alle due zanche di ancoraggio contrapposte mediane, dopo un minuto di tensione di prova, avrà il valore indicato in tabella

	TENSIONE DI PROVA	RESISTENZA DI ISOLAMENTO
PROVA A SECCO	500V	100MΩ


Prove di funzionamento.

Le prove di funzionamento, consistono in:

- Rilievo della reazione massima del coprigiunto senza ballast (se significativa).

La reazione sarà rilevata, depurata delle resistenze passive dell'attrezzatura, sul modello prima della posa del pietrisco e del relativo sistema di contenimento.

Il valore massimo sarà ricavato quale media dei valori rilevati su 20 cicli di escursione effettuati alla velocità di 2 mm/sec e dovrà risultare inferiore a 9 KN/m per scorrimenti di esercizio e alla reazione di progetto per gli scorrimenti di tipo sismico.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 B	FOGLIO 96 di 99

- Prove funzionali per verificare il comportamento del giunto in presenza di ballast.

In condizioni di esercizio.

Le prove funzionali saranno effettuate sul modello completo di massiciata e di zavorra equivalente all'armamento.

Prova di sollevamento per simulare la sostituzione degli apparecchi di appoggio di un impalcato.

La prova consisterà nel muovere verticalmente il modello in modo da realizzare un dislivello tra le due testate di ± 50 mm nelle condizioni di massima e minima apertura del giunto in fase di esercizio e dopo la posa in opera del pietrisco.

Tali operazioni dovranno essere ripetute 3 volte ciascuna.

L'esito delle prove sarà ritenuto positivo se, dopo lo svanamento, il coprighiunto avrà mantenuto le proprie caratteristiche geometriche, se non presenterà deformazioni residue, abrasioni o danneggiamenti che possano pregiudicarne la funzionalità e la durabilità e se non si saranno verificate fuoriuscite di pietrisco o intrusioni di materiale minuto tra gli elementi costitutivi o tra il coprighiunto medesimo e il supporto.

Prova di escursione del coprighiunto.

La prova si effettuerà realizzando due serie da 100 cicli di escursione nelle condizioni di esercizio con velocità media di 2mm/sec.

In condizioni sismiche

Tra le due serie di cicli di escursione nelle condizioni di esercizio saranno eseguiti 30 cicli di escursione nelle condizioni sismiche definite per lo SLD alla velocità di 2 mm/sec.

- Prova di tenuta all'acqua.

Il modello dovrà essere irrorato simulando, con acqua colorata, una pioggia battente, con indice pluviometrico pari a 50 mm/h per 3 ore.

L'esito della prova sarà positivo se l'eliminazione dell'acqua avverrà esclusivamente dal sistema di smaltimento, senza che si verifichino percolazioni lungo le testate del modello degli impalcati.

- Prova di deformabilità verticale del giunto (se significativa)

Tale prova consisterà nel misurare lo spostamento verticale massimo della superficie superiore del ballast nel corso di un ciclo di escursione sismica nei due casi di varco chiuso con coprighiunto e varco chiuso con lamiera d'acciaio. La differenza tra i due valori misurati sarà ritenuta accettabile se inferiore a 10 mm. La prova dovrà essere effettuata su modello completo di ballast e armamento o in alternativa con ballast e zavorra pari al peso dell'armamento. Tale prova sarà effettuata se il cinematismo del giunto evidenzia che si può verificare un innalzamento del ballast superiore a 10 mm.

Sequenza delle prove funzionali

Con riferimento alle prove funzionali sopra descritte si precisa la relativa sequenza:

Modello senza ballast:

- rilievo reazioni massime sia in fase di esercizio che sismiche;
- prova di isolamento elettrico.

Modello con ballast:

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 B	FOGLIO 97 di 99

- prova di sollevamento 3 cicli;
- prova di scorrimento di esercizio 100 cicli;
- prova di scorrimento sismico 30 cicli;
- prova di scorrimento di esercizio 100 cicli;
- prova di tenuta all'acqua;
- misura spostamento verticale del ballast con varco chiuso dal giunto;
- misura spostamento verticale del ballast con varco chiuso da lamierino.

Prova dinamica sui giunti interamente in gomma

La prova dovrà essere effettuata su un campione di coprigiunto di lunghezza non inferiore a 30 cm e tale comunque da comprendere un campo interessante almeno 2 tirafondi preventivamente deteriorato termicamente a 70° C per 96 h.

Il campione sarà sottoposto ai seguenti cicli di massima escursione sismica del giunto:

- 30 cicli a frequenza 0,5 Hz;
- 30 cicli a frequenza 1,0 Hz;
- 30 cicli a frequenza 2,0 Hz.

La reazione del coprigiunto dovrà essere rilevata in continuo.

L'esito della prova sarà ritenuto positivo se al termine della stessa il campione di coprigiunto avrà mantenuto le proprie caratteristiche geometriche, se non presenterà deformazioni residue o danneggiamenti e se la reazione massima sarà risultata inferiore a quella di progetto.

Prove tecnologiche.

Il PRODUTTORE dovrà avanzare, con almeno 15 gg di preavviso, formale richiesta alle FERROVIE per il prelievo dei provini e per l'esecuzione delle prove tecnologiche sui materiali.

Le prove consisteranno in:

- Prove di adesione al supporto, per le quali dovranno essere prelevate:
 - n° 3 provette per la prova di strappo innescato a 90° su elementi accoppiati mediante incollaggio (UNI 8272 parte 6). Lo strappo dovrà verificarsi ad un carico superiore a 3 N/mm (l'incollaggio dovrà essere effettuato in presenza dell'incaricato di FERROVIE);
 - n° 3 provette piane (UNI ISO 813) per la determinazione delle caratteristiche dell'accoppiamento gomma-metallo mediante vulcanizzazione; l'accoppiamento dovrà essere effettuato in presenza dell'incaricato delle FERROVIE e dovrà garantire una resistenza allo strappo superiore a 10 N/mm;
- Prove sui materiali.

Per tali prove si farà riferimento alle normative di seguito elencate:

Laminati piatti: (UNI EN 10025.1.2)

Dovranno essere prelevati n° 1 provino per la determinazione del:

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 B	FOGLIO 98 di 99

- carico unitario di snervamento;
- carico unitario di rottura;
- allungamento a rottura.

Acciai inossidabili (tipo X5 Cr Ni Mo 17/12-2 oppure X2 Cr Ni Mo 17/12-2)

UNI EN ISO 6892-1, UNI EN ISO 3651-2 (metodo B) UNI EN ISO 3651-1, UNI EN 10088-1

Esecuzione su n° 1 provino delle seguenti prove:

- carico unitario di scostamento dalla proporzionalità allo 0,2 %;
- carico unitario a rottura;
- allungamento a rottura.
- Analisi chimica per la determinazione del contenuto di:
C, Mn, S P, S, Cr, Ni, Mo (n° 1 provino).

Prova di corrosione (n° 1 provino) UNI EN ISO 3651-2, UNI EN ISO 3651-1

Gomma del coprigiunto

Le caratteristiche fisico-meccaniche dovranno essere quelle riportate nel paragrafo 12.9.2.5.3 della presente sezione di Capitolato.

Il prelievo dei campioni dovrà avvenire, in presenza dell'incaricato delle FERROVIE, all'atto della vulcanizzazione dei coprigiunti da provare, utilizzando placche provenienti dal lotto di mescolanze utilizzate per la preparazione dei coprigiunti stessi, curando che le condizioni di vulcanizzazione siano paragonabili a quelle del prodotto finito.

Le modalità da seguire per la preparazione dei campioni sono quelle descritte nella UNI ISO 23529 .

Per l'intervallo di tempo tra la vulcanizzazione del prodotto, preparazione del campione ed esecuzione delle prove, vale quanto indicato nella UNI ISO 23529.

Di seguito vengono riportati il numero dei provini ed il tipo di prova da eseguire.

- n° 3 provini ricavati dalla gomma tal quale per la determinazione della durezza Shore A3, UNI EN ISO 868; n° 3 provini, ISO 37 tipo 2, ricavati dalla gomma tal quale, per la determinazione dell'allungamento e della resistenza a rottura;
- n° 3 provini ISO 815, ricavati dalla gomma tal quale, per la determinazione della deformazione residua, dopo compressione del 25% per 24 h a 70° C;
- n° 3 provini ricavati dalla gomma tal quale per la determinazione della durezza Shore A3, UNI EN ISO 868, dopo invecchiamento a 70° C per 96 h;
- n° 3 provini, ISO 37 tipo 2, ricavati dalla gomma tal quale, per la determinazione dell'allungamento e della resistenza a rottura, dopo invecchiamento a 70° C per 96 h;
- n° 1 placca (150 x 200 mm) tal quale per ricavare i provini piani (strisce di larghezza 20 mm) per la determinazione della resistenza all'ozono secondo ISO 1421-1. Le condizioni di prova dovranno essere quelle riportate nel prospetto 1 della UNI EN 1337-3 e cioè:
 - allungamento imposto 30% ;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 B	FOGLIO 99 di 99

- temperatura di prova 40 °C ± 2 °C;
- durata del trattamento 96 h.

La prova dovrà essere eseguita su provini condizionati come indicato nella UNI 6067-1. Nessuna screpolatura dovrà risultare visibile ad occhio nudo.

- n° 3 provini per la determinazione della temperatura limite di fragilità a -25 °C (UNI ISO 812).

Gomma della scossalina

Per le prove si fa riferimento, ove applicabili, alle stesse norme richiamate per la gomma del coprigiunto.

Di seguito viene riportato il numero dei provini ed il tipo di prove da eseguire:

- n° 3 provini per la determinazione della durezza Shore A3, UNI EN ISO 868;
- n° 3 provini per la determinazione della durezza Shore A3, UNI EN ISO 868, dopo invecchiamento a 70 °C per 96 h;
- n° 3 provini tipo 1, ISO 37 tipo 2, per la determinazione dell'allungamento e della resistenza a rottura, dopo invecchiamento a 70 °C per 96 h;
- 1 placca (150 x 200 mm) per la determinazione della resistenza all'ozono nelle stesse condizioni di prova previste per la gomma del coprigiunto;
- n° 3 provini per la determinazione della temperatura limite di fragilità a - 25° C (UNI ISO 812);
- n° 1 prova di impermeabilità all'acqua secondo UNI EN 1928.

Nel caso vengano utilizzati materiali alternativi, da indicare nel progetto, le prove verranno eseguite in conformità alle prescrizioni contenute nelle relative norme UNI o, in mancanza di queste, in conformità ad eventuali norme estere. Si precisa comunque che i materiali alternativi dovranno avere caratteristiche almeno uguali a quelle dei materiali previsti nella presente Specifica.

Avvertenze

A seguito del processo di qualifica di cui al presente allegato B, il PRODUTTORE dovrà predisporre un "Dossier di omologazione", contenente la documentazione tecnica e progettuale, già oggetto di positivo esame da parte delle FERROVIE, nonché i certificati di laboratorio relativi alle prove sperimentali eseguite.

A valle delle verifiche condotte sul "Dossier di omologazione" consegnato, le FERROVIE provvederanno ad emettere il certificato di omologazione di durata biennale, rinnovabile alla scadenza per ulteriori 2 anni a seguito di esplicita richiesta da parte del PRODUTTORE.

Tutte le eventuali sostituzioni o varianti, sia nelle strutture che nei materiali, che il PRODUTTORE intendesse apportare rispetto alle indicazioni contenute negli elaborati progettuali approvati dovranno essere immediatamente comunicate, indicandone le motivazioni, alle FERROVIE, che, a suo insindacabile giudizio, potranno decidere circa la necessità di una nuova omologazione.


Resta, infine, inteso che i costi relativi alle prestazioni del personale delle FERROVIE, nonché le spese di trasferta, inerenti sia la prima omologazione che i successivi rinnovi, saranno a totale carico del PRODUTTORE richiedente l'omologazione. Tali spese dovranno essere versate dal PRODUTTORE a seguito dell'accettazione del preventivo di spesa formulato dalle FERROVIE e comunque prima dell'avvio delle attività di omologazione (esame tecnico e prove sperimentali).

**CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO
DELLE OPERE CIVILI**

**PARTE II - SEZIONE 13
SUB-BALLAST E PAVIMENTAZIONI STRADALI**

- 13.1. SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE
- 13.2. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO
- 13.3. DEFINIZIONI
- 13.4. ABBREVIAZIONI
- 13.5. PAVIMENTAZIONI PER INTERPORTI
- 13.6. PAVIMENTAZIONI DI TIPO RIGIDO IN CALCESTRUZZO
- 13.7. PAVIMENTAZIONI STRADALI
- 13.8. SUB-BALLAST
- 13.8. PAVIMENTAZIONI DI OPERE STRADALI ACCESSORIE


Rev.	Data	Descrizione	Redazione	Verifica Tecnica	Autorizzazione
A	30/12/2016	Emissione per applicazione	D.Magnifico	A.Rinaldi	F.Iacobini
B	22/12/2017	Emissione per applicazione	D.Magnifico	A.Rinaldi	F.Iacobini

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 13 SUB-BALLAST E PAVIMENTAZIONI STRADALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 13	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 009 B</u>	FOGLIO 2 di 54

INDICE

13.1. SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE.....	4
13.1.1. CAMPO DI APPLICAZIONE	4
13.2. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	4
13.2.1. NORMATIVA NAZIONALE	4
13.2.2. NORMATIVA TECNICA	5
13.3. DEFINIZIONI	9
13.4. ABBREVIAZIONI	10
13.5. PRESCRIZIONI GENERALI.....	10
13.5.1. TIPI DI MATERIALI.....	10
13.5.2. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	10
13.6. ONERI.....	11
13.6.1. CONTROLLI	12
13.6.2. PREAVVISI	13
13.7. PAVIMENTAZIONI PER INTERPORTI.....	14
13.7.1. PAVIMENTAZIONE COSTITUITA DA UNO STRATO DI MISCELA CATALIZZATA E DA UNO STRATO DI CONGLOMERATO BITUMINOSO.....	14
13.7.1.1. Strato di fondazione e base in miscela catalizzata.....	14
13.7.1.1.1. Caratteristiche dei materiali.....	14
13.7.1.1.2. Confezionamento.....	15
13.7.1.1.3. Trasporto e posa in opera	16
13.7.1.1.4. Compattazione.....	16
13.7.1.1.5. Prove in sito.....	16
13.7.1.1.6. Controlli dei materiali.....	17
13.7.1.1.7. Prove in sito e criteri di accettazione.....	17
13.7.1.1.8. Caratteristiche finali.....	18
13.7.1.2. Conglomerato bituminoso.....	18
13.7.2. PAVIMENTAZIONE DI TIPO RIGIDO IN CALCESTRUZZO	19
13.7.2.1. Indagini preliminari.....	19
13.7.2.2. Strato di fondazione in misto granulare cementato.....	19
13.7.2.3. Rivestimento in lastre di calcestruzzo armato	19
13.7.2.3.1. Caratteristiche del conglomerato cementizio e controlli in corso d'opera	19
13.7.2.3.2. Controlli finali.....	20
13.8. PAVIMENTAZIONI STRADALI	21
13.8.1. TIPOLOGIE E CARATTERISTICHE DELLE PAVIMENTAZIONI	21
13.8.2. LEGANTI.....	23
13.8.2.1. Leganti bituminosi di base e modificati.....	23
13.8.2.1.1. Bitumi di base.....	23

13.8.2.1.2.	<i>Bitumi modificati</i>	24
13.8.2.2.	Emulsioni bituminose	25
13.8.2.2.1.	<i>Emulsioni bituminose per mano di attaccocationiche non modificate</i>	25
13.8.2.3.	Utilizzo di additivi.....	26
13.8.3.	STRATO DI ANTICAPILLARE	26
13.8.4.	SOVRASTRUTTURA STRADALE	27
13.8.4.1.	Fondazione in misto cementato confezionato in centrale.....	27
13.8.4.1.1.	<i>Formazione e confezione delle miscele</i>	27
13.8.4.1.2.	<i>Posa in opera</i>	27
13.8.4.1.3.	<i>Protezione superficiale</i>	28
13.8.4.1.4.	<i>Norme di controllo delle lavorazioni</i>	28
13.8.4.2.	Misto granulare stabilizzato per fondazione e sottofondazione.....	28
13.8.4.2.1.	<i>Caratteristiche dei materiali da impiegare</i>	29
13.8.4.2.2.	<i>Studio preliminare</i>	30
13.8.4.2.3.	<i>Modalità esecutive</i>	30
13.8.4.3.	Strati in conglomerato bituminoso di base, binder e usura.....	31
13.8.4.3.1.	<i>Leganti bituminosi, emulsioni e loro modificati</i>	31
13.8.4.3.2.	<i>Materiali inerti</i>	31
13.8.4.3.3.	<i>Strato di base</i>	32
13.8.4.3.4.	<i>Strato di collegamento (binder) e strato di usura</i>	38
13.9.	SUB – BALLAST	43
13.9.1.	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI COSTITUENTI	43
13.9.1.1.	Materiali inerti.....	43
13.9.1.2.	Aggregati.....	43
13.9.1.3.	Legante bituminoso, caratteristiche di confezionamento e controllo delle miscele.....	44
13.9.2.	MISCELA	45
13.9.3.	CONTROLLO DEI REQUISITI DI ACCETTAZIONE	46
13.9.4.	CONFEZIONE DELLE MISCELE	47
13.9.5.	TRASPORTO E POSA IN OPERA DELLE MISCELE	48
13.9.6.	CONTROLLI FINALI	49
13.10.	PAVIMENTAZIONI DI OPERE STRADALI ACCESSORIE	52
13.10.1.	MARCIAPIEDI	52
13.10.1.1.	Parcheggi	53

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 13 SUB-BALLAST E PAVIMENTAZIONI STRADALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 13	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 009 B</u>	FOGLIO 4 di 54

13.1. SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente sezione è parte integrante del Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle Opere Civili (RFI DTC SI SP IFS 001) e sostituisce la Sezione 13 della parte II del precedente Capitolato (cod. RFI DTC SI CS SP IFS 009 A - del 30/12/2016).

La presente sezione del capitolato ha per scopo la definizione delle modalità operative per l'esecuzione e per il controllo delle lavorazioni relative alla realizzazione delle pavimentazioni stradali e del sub-ballast ferroviario. In particolare sono fornite le prescrizioni per l'esecuzione dei lavori relativi a:

- pavimentazioni per interporti;
- pavimentazioni stradali;
- pavimentazione di opere stradali accessorie;
- sub-ballast ferroviario.

Si precisa che, nel rispetto dei principi generali di tutela ambientale, la gestione dei materiali di risulta e dei materiali da utilizzare per l'esecuzione delle lavorazioni oggetto del presente Capitolato potrà essere assoggettata ai disposti normativi per la gestione degli stessi in qualità di rifiuti o in esclusione dal regime dei rifiuti, per i quali si rimanda ai documenti specialistici di riferimento (progetto e documenti contrattuali) nonché a quanto disciplinato dalla normativa ambientale vigente (D.Lgs. 152/06 e s.m.i., D.P.R. 13 giugno 2017, n.120D.M. 161/2012, L. 98/2013, D.M. 05/02/98 e s.m.i., D.M. 27/09/2010, etc.).

13.1.1. CAMPO DI APPLICAZIONE


La presente sezione di capitolato si applica per la realizzazione delle pavimentazioni per interporti, pavimentazioni stradali e di opere stradali accessorie, nonché nella realizzazione del sub-ballast ferroviario.

13.2. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

I lavori saranno eseguiti in accordo alle norme di legge, istruzioni e normative tecniche applicabili, nonché a tutte quelle indicate nel presente documento e nelle sezioni di Capitolato richiamate nel testo. Si elencano di seguito la principale normativa e documentazione di riferimento.

13.2.1. NORMATIVA NAZIONALE

- Legge 05 novembre 1971, n. 1086 "Norme per la disciplina delle opere in c.a. normale e precompresso e per le strutture metalliche"
- Legge 4 agosto 1984, n. 464 "Norme per agevolare l'acquisizione da parte del Servizio geologico della Direzione generale delle miniere del Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, di elementi di conoscenza relativi alla struttura geologica e geofisica del sottosuolo nazionale"
- D.Lgs. 30 aprile 1992, n. 285 "Nuovo codice della strada"
- D.P.R. 16 dicembre 1992, n. 495 "Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo codice della strada"
- D.P.R. 21 aprile 1993, n. 246 "Regolamento di attuazione della Direttiva 89/106/CEE relativa ai prodotti da costruzione"
- Legge 21 dicembre 2001, n. 443 "Delega al Governo in materia di infrastrutture ed insediamenti produttivi strategici ed altri interventi per il rilancio delle attività produttive (legge obiettivo)"
- D.P.R. 06 giugno 2001, n. 380 "Testo unico per l'edilizia"
- D.lgs. 18 aprile 2016, n. 50 "Attuazione delle direttive 2014/23/UE, 2014/24/UE e 2014/25/UE sull'aggiudicazione dei contratti di concessione, sugli appalti pubblici e sulle procedure d'appalto degli enti erogatori nei settori dell'acqua, dell'energia, dei trasporti e dei servizi postali, nonché per il

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 13 SUB-BALLAST E PAVIMENTAZIONI STRADALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 13	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 009 B</u>	FOGLIO 5 di 54

riordino della disciplina vigente in materia di contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture.” e s.m.i.


- D.P.R. 13 giugno 2017, n. 120
- D.M. Infrastrutture 14 gennaio 2008 “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”
- Circolare 02 febbraio 2009, n. 617/C.S.LL.PP. “Istruzioni per l’applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14.01.2008”
- D.M. Infrastrutture e Trasporti 16 novembre 2009 “Applicazione della Direttiva n. 89/106/CE sui prodotti da costruzione recepita con DPR 21/04/1993, n. 246, relativa alla individuazione dei prodotti e dei relativi metodi di controllo della conformità di aggregati”
- D.P.R. 05 ottobre 2010, n. 207 “Regolamento di esecuzione ed attuazione del decreto legislativo 12 aprile 2006, n. 163, recante Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE”

13.2.2. **NORMATIVA TECNICA**

Aggregati

- UNI EN 932-1/1998 “Metodi di prova per determinare le proprietà generali degli aggregati. Metodi di campionamento”
- UNI EN 932-2/2000 “Metodi di prova per determinare le proprietà generali degli aggregati - Metodi per la riduzione dei campioni di laboratorio”
- UNI EN 932-3/2004 “Metodi di prova per determinare le proprietà generali degli aggregati - Procedura e terminologia per la descrizione petrografica semplificata”
- UNI EN 933-1/2012 “Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Determinazione della distribuzione granulometrica per staccatura”
- UNI EN 933-2/1997 “Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Determinazione della distribuzione granulometrica - Stacci di controllo, dimensioni nominali delle aperture”
- UNI EN 933-3/2012 “Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Determinazione della forma dei granuli - Indice di appiattimento”
- UNI EN 933-4/2008 “Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - determinazione della forma dei granuli - Indice di forma”
- UNI EN 933-5/2006 “Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Determinazione della percentuale di superfici frantumate negli aggregati grossi”
- UNI EN 933-7/2000 “Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Determinazione del contenuto di conchiglie - Percentuale di conchiglie negli aggregati grossi”
- UNI EN 933-8/2012 “Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Valutazione dei fini - Prova dell'equivalente in sabbia”
- UNI EN 933-9/2013 “Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Valutazione dei fini - Prova del blu di metilene”
- UNI EN 933-10/2009 “Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Parte 10: Valutazione dei fini - Granulometria dei filler (setacciatura a getto d'aria)”
- UNI EN 1097-2/2010 “Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Metodi per la determinazione della resistenza alla frammentazione”
- UNI EN 1097-3/1999 “Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Determinazione della massa volumica in mucchio e dei vuoti intergranulari”

- UNI EN 1097-6/2013 “Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Determinazione della massa volumica dei granuli e dell'assorbimento d'acqua”
- UNI EN 1097-7/2008 “Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Determinazione della massa volumica del filler - Metodo con picnometro”
- UNI EN 1097-8/2009 “Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Parte 8: Determinazione del valore di levigabilità”
- UNI EN 1367-1/2007 “Prove per determinare le proprietà termiche e la degradabilità degli aggregati - Determinazione della resistenza al gelo e disgelo”
- UNI EN 1367-3/2002 “Prove per determinare le proprietà termiche e la degradabilità degli aggregati - Prova di bollitura per basalto "Sonnenbrand””
- UNI EN 1744-1/2013 “Prove per determinare le proprietà chimiche degli aggregati - Analisi chimica”
- UNI EN 1926/2007 “Metodi di prova per pietre naturali - Determinazione della resistenza a compressione uniaassiale”
- UNI EN 1936/2007 “Metodi di prova per pietre naturali - Determinazione delle masse volumiche reale e apparente e della porosità totale e aperta”
- UNI 11531-1/2014 “Costruzione e manutenzione delle opere civili delle infrastrutture. Criteri per l'impiego dei materiali. Parte-1 Terre e miscele di aggregati non legati”
- UNI EN 12370/2001 “Metodi di prova per pietre naturali - Determinazione della resistenza alla cristallizzazione dei sali”
- UNI EN 12371/2010 “Metodi di prova per pietre naturali - Determinazione della resistenza al gelo
- UNI EN 13043/2004 Aggregati per miscele bituminose e trattamenti superficiali per strade, aeroporti e altre aree soggette a traffico”
- UNI EN 13055-1/2003 “Aggregati leggeri - Aggregati leggeri per calcestruzzo, malta e malta per iniezione”
- UNI EN 13055-2/2005 “Aggregati leggeri - Parte 2: Aggregati leggeri per miscele bituminose, trattamenti superficiali e per applicazioni in strati legati e non legati”
- UNI EN 13179-1/2013 “Prove sugli aggregati complementari (filler) usati nelle miscele bituminose - Prova con anello e biglia”
- UNI EN 13242/2008 “Aggregati per materiali non legati e legati con leganti idraulici per l'impiego in opere di ingegneria civile e nella costruzione di strade”
- UNI EN 13286-2/2010 “Miscela non legate e legate con leganti idraulici - Parte 2: Metodi di prova per la determinazione della massa volumica e del contenuto di acqua di riferimento di laboratorio - Costipamento Proctor”
- UNI EN 13286-47/2012 “Miscela non legate e legate con leganti idraulici: Metodo di prova per la determinazione dell'indice di portanza CBR, dell'indice di portanza immediata e del rigonfiamento
- UNI EN 13755/2008 pressione atmosferica Metodi di prova per pietre naturali - Determinazione dell'assorbimento d'acqua a pressione atmosferica”
- UNI CEN ISO/TS 17892-10/2005 “Indagini e prove geotecniche - Prove di laboratorio sui terreni - Parte 10: Prove di taglio diretto”
- CNR UNI 10014/1964 “Prove sulle terre. Determinazione dei limiti di consistenza (o di Atterberg) di una terra”
- CNR B.U. n. 9/67 “Determinazione del modulo di deformazione di un sottofondo, di uno strato di fondazione o di uno strato di base”
- CNR B.U. n. 22/72 “Peso specifico apparente di una terra in sito”
- CNR B.U. n. 69/78 “Norme sui materiali stradali. Prova di costipamento di una terra”

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 13 SUB-BALLAST E PAVIMENTAZIONI STRADALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 13	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 009 B</u>	FOGLIO 7 di 54

- CNR B.U. n. 137/92 “Norme sugli aggregati. Determinazione del coefficiente di imbibizione”
- CNR B.U. n. 139/92 “Norme sugli aggregati: criteri e requisiti di accettazione degli aggregati impiegati nelle sovrastrutture stradali”
- CNR B.U. n. 146/92 “Determinazione dei moduli di deformazione Md e Md’ mediante prova di carico a doppio ciclo con piastra circolare”


Leganti idraulici

- UNI EN 197-1/2011 “Cemento - Composizione, specificazioni e criteri di conformità per cementi comuni.”
- UNI EN 197-2/2014 “Cemento - Valutazione della conformità”
- UNI EN 459-1/2010 “Calci da costruzione - Definizioni, specifiche e criteri di conformità”
- UNI ENV 13282 “Leganti idraulici per impieghi stradali - Composizione, specificazioni e criteri di conformità”
- UNI EN 14227-5/2013 “Miscele legate con leganti idraulici - Specifiche - Parte 5: Miscele legate con leganti idraulici per strade”
- UNI EN 14227-13/2006 “Miscele legate con leganti idraulici - Specifiche - Parte 13: Terra trattata con legante idraulico per strade”
- ISO/DIS 7031 - Penetrazione all’acqua -

Leganti bituminosi

- UNI EN 58/2012 “Bitume e leganti bituminosi - Campionamento di leganti bituminosi”
- UNI EN 1425/2006 “Bitume e leganti bituminosi - Caratterizzazione delle proprietà sensoriali”
- UNI EN 1426/2007 “Bitumi e leganti bituminosi - Determinazione della penetrazione con ago
- UNI EN 1427/2007 “Bitumi e leganti bituminosi - Determinazione del punto di rammollimento - Metodo biglia e anello”
- UNI EN 1428/2012 “Bitume e leganti bituminosi - Determinazione del contenuto di acqua nelle emulsioni bituminose - Metodo di distillazione azeotropica”
- UNI EN 1429/2009 “Bitumi e leganti bituminosi - Determinazione del residuo alla setacciatura di emulsioni bituminose e determinazione della stabilità allo stoccaggio per setacciatura”
- UNI EN 1430/2009 “Bitumi e leganti bituminosi - Determinazione della polarità delle particelle delle emulsioni bituminose”
- UNI EN 1431/2009 “Bitumi e leganti bituminosi - Determinazione mediante distillazione del legante recuperato e degli oli flussanti nelle emulsioni bituminose”
- UNI EN 12591/2009 “Bitumi e leganti bituminosi - Specifiche per i bitumi per applicazioni stradali”
- UNI EN 12592/2007 “Bitumi e leganti bituminosi - Determinazione della solubilità”
- UNI EN 12593/2007 “Bitumi e leganti bituminosi - Determinazione del punto di rottura secondo il metodo Fraass”
- UNI EN 12594/2007 “Bitumi e leganti bituminosi - Preparazione dei campioni di prova”
- UNI EN 12595/2007 “Bitumi e leganti bituminosi - Determinazione della viscosità cinematica”
- UNI EN 12596/2007 “Bitumi e leganti bituminosi - Determinazione della viscosità dinamica con capillare sotto vuoto”
- UNI EN 12597/2002 “Bitume e leganti bituminosi – Terminologia”
- UNI EN 12606-1/2007 “Bitumi e leganti bituminosi - Determinazione del contenuto di paraffina - Parte 1/ Metodo per distillazione”

- UNI EN 12606-2/2001 “Bitume e leganti bituminosi - Determinazione del contenuto di paraffina - Metodo per estrazione”
- UNI EN 12607-1/2007 “Bitumi e leganti bituminosi - Determinazione della resistenza all'indurimento per effetto del calore e dell'aria - Parte 1: Metodo RTFOT”
- UNI EN 12607-2:2007 “Bitumi e leganti bituminosi - Determinazione della resistenza all'indurimento per effetto del calore e dell'aria - Parte 2: Metodo TFOT”
- UNI EN 12607-3/2007 “Bitumi e leganti bituminosi - Determinazione della resistenza all'indurimento per effetto del calore e dell'aria - Parte 3: Metodo RFT”
- UNI EN 12846-1/2011 “Bitumi e leganti bituminosi - Determinazione del tempo di efflusso con viscosimetro ad efflusso - Parte 1: Emulsioni bituminose”
- UNI EN 12847/2009 “Bitumi e leganti bituminosi - Determinazione della tendenza alla sedimentazione di emulsioni bituminose”
- UNI EN 12848/2009 “Bitumi e leganti bituminosi - Determinazione della stabilità alla miscelazione con cemento delle emulsioni bituminose”
- UNI EN 12849/2009 “Bitumi e leganti bituminosi - Determinazione del potere di penetrazione delle emulsioni bituminose”
- UNI EN 12850/2009 “Bitumi e leganti bituminosi - Determinazione del valore di pH delle emulsioni bituminose”
- UNI EN 13302/2010 “Bitumi e leganti bituminosi - Determinazione della viscosità dinamica di un legante bituminoso utilizzando un viscosimetro rotante”
- UNI EN 13304/2009 “Bitumi e leganti bituminosi - Quadro di riferimento per la specifica dei bitumi ossidati”
- UNI EN 13305/2009 “Bitumi e leganti bituminosi - Quadro di riferimento per la specifica dei bitumi industriali duri”
- UNI EN 13075-1/2012 “Bitume e leganti bituminosi - Determinazione del comportamento alla rottura - Parte 1/ Determinazione dell'indice di rottura di emulsioni bituminose cationiche, metodo del filler minerale”
- UNI EN 13075-2/2009 “Bitumi e leganti bituminosi - Determinazione del comportamento alla rottura - Parte 2/ Determinazione del tempo di miscelazione dei fini di emulsioni bituminose cationiche”
- UNI EN 13398/2010 “Bitumi e leganti bituminosi - Determinazione del ritorno elastico di un bitume modificato”
- UNI EN 13399/2010 “Bitumi e leganti bituminosi - Determinazione della stabilità allo stoccaggio di bitumi modificati”
- UNI EN 13587/2010 “Bitumi e leganti bituminosi - Determinazione delle caratteristiche di trazione di leganti bituminosi mediante il metodo di prova della trazione”
- UNI EN 13589/2008 “Bitumi e leganti bituminosi - Determinazione delle caratteristiche a trazione dei bitumi modificati, utilizzando il metodo della trazione tramite duttilometro”
- UNI EN 13702/2010 “Bitumi e leganti bituminosi - Determinazione della viscosità dinamica di un bitume modificato mediante il metodo cono-piatto”
- UNI EN 13703/2004 “Bitumi e leganti bituminosi - Determinazione dell'energia di deformazione”
- UNI EN 13808/2005 “Bitumi e leganti bituminosi - Quadro delle specifiche per le emulsioni cationiche bituminose”
- UNI EN 14733/2010 “Bitumi e leganti bituminosi - Controllo della produzione in fabbrica di bitumi in emulsioni, di bitumi flussati e fluidificati”
- UNI EN 14023/2010 “Bitumi e leganti bituminosi - Quadro delle specifiche riguardanti i bitumi

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 13 SUB-BALLAST E PAVIMENTAZIONI STRADALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 13	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 009 B</u>	FOGLIO 9 di 54

modificati da polimeri”

Conglomerati bituminosi

- UNI EN 12697 parte 1÷44 - Normativa Europea per le miscele bituminose -
- UNI EN 13108-1/2006 “Miscele bituminose - Specifiche del materiale - Parte 1: Conglomerato bituminoso prodotto a caldo”
- UNI EN 13108-2/2006 “Miscele bituminose – Specifiche del materiale – Parte 2: Conglomerato bituminoso per strati molto sottili”
- UNI EN 13108-3/2006 “Miscele bituminose – Specifiche del materiale – Parte 3: Conglomerato con bitume molto tenero”
- UNI EN 13108-4/2006 “Miscele bituminose – Specifiche del materiale – Parte 4: Conglomerato bituminoso chiodato”
- UNI EN 13108-5/2006 “Miscele bituminose – Specifiche del materiale – Parte 5: Conglomerato bituminoso antisdrucchiolo chiuso”
- UNI EN 13108-6/2006 “Miscele bituminose – Specifiche del materiale – Parte 6: Asfalto colato”
- UNI EN 13108-20/2006 “Miscele bituminose – Specifiche del materiale – Parte 20: Prove di tipo”
- UNI EN 13108-21/2006 “Miscele bituminose – Specifiche del materiale – Parte 21: Controllo di produzione di fabbrica”
- CNR B.U. n.136/91 “Norme sulle miscele di aggregati e leganti idrocarburici. Determinazione della deformazione (impronta) di miscele di aggregati lapidei e bitume sotto carico statico”

Geotessili non tessuto

- UNI 8279-14/1985 “Nontessuti. Metodi di prova. Determinazione della resistenza al punzonamento e della deformazione a rottura (metodo della penetrazione)”
- UNI EN ISO 9864/2005 “Geosintetici - Determinazione della massa areica di geotessili e prodotti affini”
- UNI EN ISO 10319/2008 “Geosintetici - Prova di trazione a banda larga”
- UNI EN ISO 12236/2006 “Geosintetici - Prova di punzonamento statico (metodo CBR)”
- CNR B.U. n.110/85 “Norme sui geotessili: determinazione della massa per unità di superficie di un geotessile”
- CNR B.U. n. 142/92 “Norme sui geotessili: prova di trazione sui geotessili non tessuti”
- CNR B.U. n. 143/92 “Norme sui geotessili: determinazione della resistenza alla lacerazione”

Norme varie


- UNI EN 1338/2004 “Masselli di calcestruzzo per pavimentazione - Requisiti e metodi di prova”

13.3. DEFINIZIONI

Contratto: contratto di appalto o di concessione avente per oggetto l'acquisizione di servizi, o di forniture, ovvero l'esecuzione di opere o lavori, posti in essere dalla stazione appaltante

Direzione Lavori: ufficio preposto alla direzione ed al controllo tecnico, contabile e amministrativo dell'esecuzione dell'intervento nel rispetto degli impegni contrattuali

Direttore dei lavori: soggetto che ha la responsabilità del coordinamento e della supervisione dell'attività di tutto l'ufficio di direzione dei lavori, ed interloquisce in via esclusiva con l'ESECUTORE in merito agli aspetti tecnici ed economici del contratto. Cura che i lavori siano eseguiti a regola d'arte ed in conformità

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 13 SUB-BALLAST E PAVIMENTAZIONI STRADALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 13	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 009 B</u>	FOGLIO 10 di 54

al progetto e al contratto

ESECUTORE: Soggetto incaricato dell'esecuzione dei lavori (Appaltatore, General Contractor ,Contraente Generale)

FERROVIE: Rete Ferroviaria Italiana S.p.A. o chi agisce in nome e per conto di Rete Ferroviaria Italiana S.p.A. (es. Direzione Lavori, Alta Sorveglianza)

Produttore: il fornitore, fabbricante, trasformatore oppure importatore di materiali

Prova: forma di verifica che si effettua in ragione del contratto, delle disposizioni normative, delle disposizioni della direzione lavori

13.4. ABBREVIAZIONI

- **RFI:** Rete Ferroviaria Italiana S.p.A.;
- **DL:** Direzione lavori;

13.5. PRESCRIZIONI GENERALI

13.5.1. TIPI DI MATERIALI

I materiali da impiegare per i lavori di cui all'appalto dovranno corrispondere, come caratteristiche, a quanto stabilito nelle leggi e regolamenti ufficiali vigenti in materia, a quanto indicato nel successivo paragrafo "caratteristiche dei materiali", a quanto riportato in ogni richiesta prescrittiva di cui al presente Capitolato o documento di progetto.

In ogni caso i materiali e le loro miscele prima della posa in opera, dovranno essere riconosciuti idonei e accettati dalla Direzione dei Lavori.

I materiali dovranno provenire da località o siti di produzione che l'ESECUTORE riterrà di sua convenienza, purché rispondano ai requisiti del presente Capitolato.

Quando la Direzione dei Lavori rifiuta una qualsiasi provvista come non idonea all'impiego, l'ESECUTORE dovrà sostituirla con altra che corrisponda alle caratteristiche indicate in progetto; i materiali rifiutati dovranno essere allontanati immediatamente dal cantiere a cura e spese dello stesso ESECUTORE.

Malgrado l'accettazione dei materiali da parte della Direzione dei Lavori (DL), l'ESECUTORE resta totalmente responsabile della riuscita - prestazione delle opere anche per quanto può dipendere dai materiali stessi.

13.5.2. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI


Con riferimento a quanto stabilito nel § 13.5.1, i materiali di base da impiegare nei lavori dovranno corrispondere ai requisiti di seguito fissati.

Per ciò che riguarda le loro miscele e lavorazioni valgono le prescrizioni o le indicazioni prestazionali contenute negli appositi articoli.


La scelta di un tipo di materiale nei confronti di un altro o tra i diversi tipi dello stesso materiale, sarà fatta, nei casi non definiti inequivocabilmente dal presente Capitolato o dal progetto, in base al giudizio di FERROVIE.

I conglomerati bituminosi per essere ritenuti idonei e quindi impiegabili, dovranno essere dotati obbligatoriamente di marcatura CE.

Analogamente, come meglio specificato nel paragrafo relativo, gli aggregati dovranno essere dotati di marcatura CE anche quando non utilizzati come componente del conglomerato bituminoso.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 13 SUB-BALLAST E PAVIMENTAZIONI STRADALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 13	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 009 B</u>	FOGLIO 11 di 54


Di seguito si riporta un esempio di marchio CE relativo al conglomerato bituminoso.

			
n.organismo notificato			
SOCIETA' 08 n. certificato			
EN 13108-1 Conglomerato Bituminoso per strade, piste aeroportuali e altre aree trafficate CB 12,5 USURA BM 50/70 Impianto di xxxxxxxx			
Requisiti generali + Requisiti empirici			
Contenuto di vuoti			
– massimo	V_{max}	NPD	
– minimo	V_{min}	NPD	
Minimo di vuoti riempiti da bitume	VFB_{min}	NPD	
Massimo di vuoti riempiti da bitume	VFB_{max}	NPD	
Vuoti nell'aggregato minerale	VMA_{min}	NPD	
Contenuto di vuoti dopo 10 rotazioni	$V10G_{min}$	11	
Sensibilità all'acqua	ITSR	NPD	
Resistenza all'abrasione da pneumatici scolpiti (chiodati):	Abr_A	NPD	
Reazione al fuoco	Euroclass	NPD	
Temperatura della miscela	da	140°C	a 180°C
Granulometria:			
(passante al setaccio)			
	16	100%	
	12,5	95%	
	8	80%	
	4	49%	
	2	31%	
	0,5	15%	
	0,25	12%	
	0,063	8,0%	
Contenuto di legante			
	B_{min}	4,6%	
Valori Marshall			
minima stabilità	S_{min}	NPD	
massima stabilità	P_{max}	NPD	
scorrimento	F	NPD	
minima rigidità	Q_{min}	NPD	
Resistenza alla deformazione permanente			
Dispositivo grande: profondità del solco	P	NPD	
Dispositivo piccolo: pendenza del solco	WTS_{AIR}	NPD	
Dispositivo piccolo: profondità del solco	PRD_{AIR}	NPD	
Condizioni di prova determinate secondo la UNI EN 13108-20			

13.6. ONERI

Rientrano tra gli oneri dell'ESECUTORE tutti quelli diretti e indiretti derivanti dall'applicazione delle presenti prescrizioni esecutive, in particolare:

- l'ESECUTORE dovrà eseguire o far eseguire tutte le prove e i controlli previsti dalle presenti prescrizioni, così come quelli integrativi, che la Direzione Lavori (DL) ritenesse necessarie; a tal scopo dovrà fornire la manodopera, le attrezzature, le opere provvisorie, i ponteggi in quantità e tipologie adeguate

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 13 SUB-BALLAST E PAVIMENTAZIONI STRADALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 13	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 009 B</u>	FOGLIO 12 di 54

all'esecuzione delle prove medesime.


- per consentire l'effettuazione delle prove in tempi congruenti con le esigenze di avanzamento dei lavori, l'ESECUTORE dovrà disporre di uno o più laboratori attrezzati per la esecuzione delle prove previste. L'eventuale laboratorio di cantiere dovrà avvalersi di personale qualificato e numericamente adeguato al numero e tipo di prove da eseguire; la DL si riserva la facoltà di verificare la sufficienza di dette prove qualora le ritenga non adeguate per i controlli di produzione.
- poiché la produzione e posa in opera del conglomerato bituminoso è equiparato ad un "processo speciale" (Norma UNI EN ISO 9001, p.4.9) gli addetti alla produzione e alla posa in opera dovranno essere stati prequalificati, a cura dell'ESECUTORE o del produttore secondo idonee procedure, approvate dal Direttore dei Lavori, che prevedano almeno le seguenti attività di istruzione:
 - elaborazione di nozioni tecniche (tecnologia, sicurezza, manutenzione attrezzature);
 - addestramento teorico – pratico.
- l'ESECUTORE dovrà provvedere a tutti gli adempimenti (autorizzazioni, deviazioni temporanee, ripristini, collaudo di Enti preposti, etc) previsti dalle normative vigenti relativamente alla effettuazione dei lavori e all'esercizio della viabilità ordinaria;
- l'ESECUTORE dovrà provvedere alla fornitura e al trasporto dei materiali provenienti da cave esterne in aggiunta a quelli eventualmente provenienti dagli scavi.
- la ricerca e il reperimento delle cave, quando non già indicate in progetto, dovranno essere basati su un'accurata valutazione temporale e quantitativa dei materiali necessari da sottoporre alla Direzione Lavori per il preventivo benessere almeno 30 giorni prima dell'inizio dei lavori.
- prima di dare inizio ai lavori l'ESECUTORE dovrà comunicare alla Direzione Lavori (DL) l'ubicazione degli impianti di provenienza dei materiali trattati o premiscelati che saranno utilizzati per realizzare le opere previste nelle presenti prescrizioni.
- l'ESECUTORE dovrà condurre le indagini necessarie ad accertare l'eventuale presenza di manufatti interrati di qualsiasi natura (cunicoli, tubazioni, cavi, etc.) che possano interferire con le opere da realizzare o che possano essere danneggiati o comunque arrecare danno durante l'effettuazione dei lavori. Tali indagini e le eventuali rimozioni e modifiche da eseguire dovranno in ogni caso essere completate prima dell'inizio delle lavorazioni.
- l'ESECUTORE dovrà verificare che il numero, la potenza e la capacità operativa delle attrezzature siano tali da consentire una produttività congruente con i programmi di lavoro previsti.
- nel caso in cui durante il corso dei lavori l'ESECUTORE ritenga opportuno variare le metodologie esecutive precedentemente approvate sarà sua cura effettuare le nuove prove preliminari eventualmente necessarie al fine di ottenere l'autorizzazione della Direzione Lavori.
- ai fini dell'attività di collaudo tutte le prove disposte, per la verifica del rispetto del presente Capitolato, saranno a cura e spese dell'ESECUTORE secondo quanto previsto dal DPR 207/2010 e s.m.i..

13.6.1. CONTROLLI

Ogni strato della pavimentazione stradale o del sub-ballast dovrà essere sottoposto alle prove di controllo prescritte nel presente Capitolato; soltanto dopo l'esecuzione delle suddette prove potrà essere posto in opera lo strato successivo.

Il numero delle prove previste dal presente Capitolato è da considerarsi il minimo previsto; la quantità delle stesse potrà essere incrementata su richiesta della DL.

L'ESECUTORE sarà obbligato a prestarsi in ogni tempo all'esecuzione di prove sui materiali impiegati o da impiegare, sottostando a tutte le spese connesse per il prelievo, la formazione e l'invio di campioni a laboratori "ufficiali" o "autorizzati" ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n. 380. In ogni caso

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 13 SUB-BALLAST E PAVIMENTAZIONI STRADALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 13	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 009 B</u>	FOGLIO 13 di 54


L'ESECUTORE dovrà garantire l'accesso del personale di FERROVIE al suddetto laboratorio affinché possa essere verificata l'idoneità del laboratorio alle prove previste, la taratura delle apparecchiature utilizzate e sia possibile presenziare eventualmente all'esecuzione delle prove. Rimane facoltà di FERROVIE richiedere la sostituzione del laboratorio scelto per l'esecuzione delle prove qualora ci sia evidenza della non corretta attuazione delle procedure di prova secondo la normativa tecnica di riferimento o per difformità di taratura delle apparecchiature o per evidenza di comportamenti non conformi ai principi della deontologia professionale, nonché per carenza delle autorizzazioni di legge, laddove previste.

I campioni di materiale verranno prelevati in contraddittorio. Degli stessi potrà essere ordinata la conservazione nei locali indicati dalla Direzione dei Lavori, previa apposizione di sigilli e firme del Direttore dei Lavori e dell'ESECUTORE e nei modi più adatti a garantire l'autenticità e la conservazione.

13.6.2. PREAVVISI

Durante l'esecuzione di opere che per effetto di operazioni successive possano rendersi inaccessibili o comunque non ispezionabili, l'ESECUTORE dovrà sempre dare la prescritta informazione alla Direzione lavori prima di procedere con le fasi successive; nel caso in cui l'ESECUTORE non ottemperasse a quanto sopra la Direzione Lavori potrà richiedere di mettere a nudo le parti occultate o di rendere comunque accessibili le opere non ispezionate.

Le prestazioni necessarie per quanto sopra dovranno essere eseguite a cura e spese dell'ESECUTORE.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 13 SUB-BALLAST E PAVIMENTAZIONI STRADALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 13	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 009 B</u>	FOGLIO 14 di 54

13.7. PAVIMENTAZIONI PER INTERPORTI

13.7.1. PAVIMENTAZIONE COSTITUITA DA UNO STRATO DI MISCELA CATALIZZATA E DA UNO STRATO DI CONGLOMERATO BITUMINOSO

13.7.1.1. Strato di fondazione e base in miscela catalizzata

Lo strato di fondazione e di base dovrà essere costituito da una miscela catalizzata composta da sabbie a granulometria controllata, loppa d'altoforno e catalizzatore specifico di presa a base di calce, miscelati in apposito impianto centralizzato a produzione continua con dosatori a volume.

Lo strato finito dovrà avere lo spessore definito in sede di progetto della struttura e dipendente dalle caratteristiche del terreno costituente il piano di posa della pavimentazione.

Lo strato di fondazione e base dovrà essere eseguito tenendo conto della possibilità che al di sotto di esso possano essere installate canalizzazioni e condutture per la posa di cavi e che da dette canalizzazioni possano emergere, nel numero e secondo le indicazioni della Direzione Lavori, idonei pozzetti di ispezione, di alloggiamento di prese di alimentazione per vagoni, ecc.

Secondo le indicazioni della Direzione Lavori lo strato dovrà essere interrotto in corrispondenza di fondazioni per torri faro o eventuali altre strutture, intendendosi l'onere compreso e compensato nel prezzo al metro quadrato della pavimentazione.

13.7.1.1.1. Caratteristiche dei materiali

a) Aggregato

L'Aggregato dovrà rispondere alla norma UNI EN 13242, UNI 11531-1 e CNR BU n. 139 del 15/10/92. Ai fini del suo impiego dovrà essere dotato di marcatura CE come per legge, essere costituito da materiali provenienti da cava o da frantumazione, miscelati in percentuali tali da ottenere una curva granulometrica continua con le seguenti caratteristiche:

- elementi con dimensione compresa tra 0 e 7 mm, con eventuale presenza di una frazione di ghiaietto (15/20 mm), privi di forma appiattita, allungata o lenticolare;
- perdita in massa alla prova Los Angeles, eseguita sulla pezzatura più grossa dell'aggregato secondo la Norma UNI EN 1097-2, inferiore al 35%;
- plasticità nulla, elementi generalmente puliti, aventi un equivalente in sabbia secondo la UNI EN 933-8 e 9 non inferiore a 30;
- assenza di sostanze organiche (UNI EN 1744-1).

L'aggregato correttivo della granulometria, rispondente alle norme UNI EN 13242, UNI 11531-1 e CNR BU n. 139 del 15/10/92, dovrà essere di norma ricavato mediante frantumazione di rocce calcaree.


Esso dovrà essere aggiunto in misura variabile all'aggregato base nei casi in cui la curva granulometrica di quest'ultimo risulti discontinua.

Qualora l'aggregato correttivo non abbia una sufficiente percentuale di fino dovrà prevedersi l'uso del filler.

b) Legante

Dovrà essere impiegata loppa d'alto forno di recente produzione, nella misura compresa tra il 10-15% della massa totale della miscela.

La loppa, inizialmente granulata (da 0/3 a 0/5 mm), dovrà presentarsi, dopo la frantumazione, come una

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 13 SUB-BALLAST E PAVIMENTAZIONI STRADALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 13	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 009 B</u>	FOGLIO 15 di 54

sabbia 0/2 mm e tale da garantire un passante al setaccio 0,063 pari a circa il 10%.

c) Catalizzatore di presa

Dovrà essere in misura dell'1% della massa secca della miscela.

L'ESECUTORE dovrà proporre alla Direzione Lavori il catalizzatore più adatto alla natura chimica dei costituenti la miscela.

d) Acqua

Dovrà essere esente da oli, acidi, alcali, materia organica in quantità superiore allo 0,2% e da qualsiasi altra sostanza nociva; la quantità di acqua nella miscela sarà quella corrispondente all'umidità ottimale di costipamento, con una tolleranza compresa tra -1% e +3% della massa della miscela. In caso di dubbio la Direzione Lavori richiederà la verifica di idoneità ai sensi della norma UNI EN 1008.

All'acqua d'impasto potrà essere aggiunto, in particolari condizioni climatiche o di posa in opera e in ogni caso quando la Direzione Lavori lo riterrà opportuno, un accelerante di presa: l'ESECUTORE dovrà proporre alla Direzione Lavori l'accelerante più idoneo e il suo dosaggio, in relazione alle caratteristiche di maturazione richieste.

e) Miscela

L'ESECUTORE è tenuto a presentare alla Direzione Lavori, per preventiva accettazione, lo studio della miscela catalizzata che intende porre in opera, nonché le verifiche strutturali atte a dimostrare l'idoneità degli spessori di progetto in funzione dei parametri di resistenza e deformabilità caratteristici della miscela stessa.

Lo studio della miscela dovrà comunque garantire i seguenti parametri meccanici minimi:

- Rt (resistenza a trazione indiretta): 0,5 N/mm²;
- Rc (resistenza a compressione): 4 N/mm²;
- E (modulo elastico): 5.000 N/mm².

Tali valori minimi sono riferiti a sei mesi di maturazione alla temperatura costante di 20° C.

Ai fini dei controlli del comportamento globale della miscela catalizzata di cui al successivo punto 13.7.1.1.8 "caratteristiche finali", lo studio dovrà fornire chiare indicazioni sull'evoluzione dei parametri meccanici minimi utilizzati nella progettazione, con particolare riferimento a quelli ottenibili alle scadenze di sei mesi e un anno di maturazione della miscela in opera.


13.7.1.1.2. Confezionamento

L'impianto di miscelazione dovrà essere di tipo continuo, centralizzato, con dosatura a volume degli aggregati, della loppa e dell'acqua; la dosatura del catalizzatore e dell'eventuale filler dovrà essere realizzata con coclea alimentata da sili a velocità opportunamente regolata e di adeguato grado di precisione.

La dosatura effettiva degli aggregati, della scoria e del catalizzatore dovrà essere realizzata con la precisione del 3%.

Le tarature dovranno essere effettuate all'inizio del lavoro e successivamente verificate mensilmente o tutte le volte che la DL lo richieda sulla base di giustificati motivi tecnici.

Il dosaggio effettivo dell'acqua dovrà tenere conto del contenuto di umidità proprio dei costituenti della miscela e sarà funzione delle condizioni climatiche che si possono verificare sul luogo di confezionamento e della posa in opera; tale dosatura dovrà avvenire con la precisione del 2%.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 13 SUB-BALLAST E PAVIMENTAZIONI STRADALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 13	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 009 B</u>	FOGLIO 16 di 54

I dispositivi di misura di tutti i costituenti la miscela dovranno essere di tipo individuale.

Nel caso in cui lo studio della miscela preveda la loppa macinata, l'impianto sopra descritto dovrà essere corredato da un mulino centrifugo equipaggiato da una tramoggia d'alimentazione e nastro per l'accumulo.

La produzione e la posa in opera della miscela catalizzata dovrà essere sospesa nel caso che la temperatura scenda al di sotto 5° C, salvo diverse disposizioni che la Direzione Lavori e il Progettista potranno dare, prescrivendo, in tal caso gli accorgimenti cautelativi da adottare; per questo titolo l'ESECUTORE non potrà avanzare richiesta alcuna di maggiori compensi.

La Direzione Lavori potrà, ogni qualvolta lo riterrà opportuno e con frequenza da lui prefissata, controllare la dosatura effettiva all'atto della sua confezione: la dosatura dei singoli costituenti dovrà risultare conforme a quella indicata nello studio preliminare qualificato con una tolleranza di più o meno il 3%.

13.7.1.1.3. Trasporto e posa in opera

Il trasporto della miscela catalizzata, tra l'impianto di miscelazione e il cantiere, sarà eseguito con autocarri ordinari e in numero sufficiente al fine di evitare soste della centrale di produzione.

La miscela dovrà essere stesa sul piano di posa finito o sullo strato precedente dopo che sia stata accertata, dalla Direzione Lavori, la rispondenza di quest'ultimo ai requisiti di quota, sagoma e compattezza prescritti.

La stesa dovrà essere eseguita impiegando idonee macchine operatrici: ruspa, livellatrice o finitrice vibrante.

Per il costipamento dovranno essere impiegati un rullo vibrante liscio e un rullo gommato di almeno 35 t su ruote tutte semoventi; per la rifinitura dovrà essere impiegata una livellatrice.

La stesa della miscela non dovrà essere eseguita nel caso di temperatura ambiente inferiore a 5°C od in evenienza di pioggia battente, salvo diverse disposizioni come indicato al precedente paragrafo.

In presenza di temperature elevate l'ESECUTORE dovrà provvedere alla bagnatura abbondante del piano di posa e a un innaffiamento leggero, ma frequente, dello strato eseguito in modo da preservare l'umidità ottimale della miscela fino alla stesa del rivestimento finale.

L'ESECUTORE, in caso di danneggiamento dello strato di miscela fresca già stesa, è tenuto a rimuovere la parte pregiudicata al fine di ripristinare le condizioni iniziali.

Le attrezzature, i tempi e le modalità per la posa in opera dovranno essere quelli preventivamente approvati dalla Direzione Lavori.

13.7.1.1.4. Compattazione


Subito dopo la stesa da eseguirsi anche in più strati successivi, ciascuno di spessore comunque non superiore a cm 30, l'ESECUTORE dovrà provvedere al costipamento dello strato messo in opera stabilendo il numero necessario di passate dei rulli.

Per gli strati di spessore superiore a 30 cm o quando la granulometria della miscela supera i 10 mm, la compattazione dovrà avvenire con l'azione combinata del rullo vibrante e del rullo gommato: il numero delle passate sarà definito in base ai controlli della densità ottenuta, secondo quanto previsto al successivo punto

13.7.1.1.5. Prove in sito

Il rullo vibrante dovrà essere utilizzato per primo e con numero di passate generalmente comprese tra 4 e 8 in relazione alla velocità adottata.

La pressione del rullo gommato dovrà essere regolata in funzione della stabilità immediata e della granulometria della miscela posta in opera.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 13 SUB-BALLAST E PAVIMENTAZIONI STRADALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 13	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 009 B</u>	FOGLIO 17 di 54

Il livellamento finale della superficie dovrà essere effettuato con la sola rimozione del materiale eccedente.

13.7.1.1.6. Controlli dei materiali

L'ESECUTORE sarà tenuto a eseguire il controllo delle caratteristiche fisico-chimiche dei leganti e della granulometria dei costituenti, nonché quelle della miscela risultante, all'atto della loro fornitura, controllando la rispondenza con i fusi granulometrici e le caratteristiche fisico-chimiche fornite nello studio preliminare della miscela.

In particolare, in corso d'opera si dovrà eseguire un controllo della granulometria ogni 1000 t di aggregato base, ogni 200 t di loppa granulata e ogni 200 t di aggregato correttivo e una determinazione delle caratteristiche fisico-chimiche dei leganti a ogni fornitura.

La prova AASHTO Modificata di controllo UNI EN 13286-2 sarà eseguita sul materiale prodotto dalla centrale, al tenore d'acqua di miscelazione; si dovrà verificare la sua conformità con quella del laboratorio secondo quanto riportato nello studio preliminare della miscela. Se il risultato non si discosta di oltre il $\pm 3\%$ dalla prova di laboratorio si manterrà la densità di riferimento iniziale; se la discordanza è superiore si dovrà ripetere la prova al fine di determinare i nuovi valori di riferimento.

L'ESECUTORE è tenuto a eseguire la predetta prova una volta alla settimana e comunque alla ripresa della produzione dopo una interruzione significativa.

13.7.1.1.7. Prove in sito e criteri di accettazione

Terminata la compattazione, l'ESECUTORE dovrà provvedere, su indicazione della Direzione dei Lavori, alla misura della densità in sito quale controllo della buona esecuzione dell'opera.

La densità in sito dovrà essere pari al 98% della densità secca massima determinata con la prova AASHTO Modificata.

Il controllo di detta densità dovrà essere eseguito con continuità e comunque con una frequenza di una prova ogni 500 m², da effettuarsi secondo le disposizioni della Direzione Lavori e in conformità alla norma CNR-BU n. 22.


Nel caso che i valori delle densità in sito risultino inferiori a quelli di riferimento, la compattazione dovrà riprendere fino al raggiungimento dei valori ottimali.

Qualora questi ultimi non risultino ancora rispettati, si dovrà procedere alla determinazione dei nuovi valori di riferimento, mediante prova AASHTO Modificata sul materiale effettivamente posto in opera.

Durante la produzione e la posa in opera della miscela costituente lo strato di fondazione e di base dovranno essere pertanto assicurati i seguenti controlli giornalieri:

- controllo granulometrico degli aggregati;
- controllo del contenuto in acqua degli aggregati;
- controllo delle caratteristiche fisico-chimiche dei leganti;
- controllo granulometrico della miscela prelevata al nastro dell'impianto;
- controllo del contenuto in acqua della miscela;
- densità in sito per la determinazione della densità secca, della densità umida e del grado di compattazione della miscela.

L'ESECUTORE dovrà riassumere settimanalmente i controlli effettuati in una relazione da presentare alla Direzione Lavori, nei tempi e modi che verranno stabiliti da quest'ultima rientrando tale attività tra gli oneri

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 13 SUB-BALLAST E PAVIMENTAZIONI STRADALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 13	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 009 B</u>	FOGLIO 18 di 54

dell'ESECUTORE medesimo.

13.7.1.1.8. Caratteristiche finali

La Direzione Lavori controllerà il comportamento globale della miscela catalizzata dopo sei mesi e dopo un anno dalla posa in opera, mediante misurazione delle caratteristiche meccaniche (resistenza a trazione indiretta, resistenza a compressione e modulo elastico) su campioni prelevati con carotaggio o con altri sistemi che non provochino disturbo al provino, ogni 1000 m², in diversi punti della pavimentazione. Tali caratteristiche saranno da confrontare con i parametri di riferimento determinati con lo studio preliminare della miscela stessa.

Il valore finale sarà ricavato mediando i valori ottenuti sui singoli campioni, se ciascuno di questi non si scosta dalla media stessa di $\pm 20\%$, altrimenti dalla media dei valori restanti dopo aver scartato quelli esterni all'intervallo indicato.


Qualora dalle prove eseguite risulti un valore dei parametri meccanici inferiore a quello di progetto e determinato nel corso dello studio preliminare della miscela, la Direzione Lavori potrà richiedere di procedere, a cura e spese dell'ESECUTORE, a un ulteriore controllo sperimentale e/o teorico della struttura in sito, effettuando una verifica anche in termini di deformabilità.

Se gli ulteriori controlli sperimentali e/o teorici della struttura forniscono ancora valori di resistenza inferiori a quelli di progetto, la Direzione Lavori potrà prescrivere la demolizione della pavimentazione interessata, compreso lo strato superiore, e il suo completo rifacimento con opere e oneri a totale carico dell'ESECUTORE.

In alternativa, qualora la struttura sia accettabile a parere della DL, si potrà procedere a una detrazione pari al 5% del prezzo della tariffa contrattuale per ogni 2% di valore della resistenza inferiore.

13.7.1.2. Conglomerato bituminoso

Per le caratteristiche dei costituenti e delle miscele, per le modalità di confezionamento, trasporto, posa in opera e per i controlli finali si dovrà fare riferimento a quanto previsto al par. 13.8.4.3.4 "Strato di collegamento (binder) e strato di usura".

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 13 SUB-BALLAST E PAVIMENTAZIONI STRADALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 13	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 009 B</u>	FOGLIO 19 di 54

13.7.2. PAVIMENTAZIONE DI TIPO RIGIDO IN CALCESTRUZZO

La pavimentazione di questo tipo può essere utilizzata in alternativa a quella prevista nel paragrafo precedente 13.7.1 “PAVIMENTAZIONE COSTITUITA DA UNO STRATO DI MISCELA CATALIZZATA E DA UNO STRATO DI CONGLOMERATO BITUMINOSO” ed è costituita da:

- strato di fondazione in misto granulare cementato;
- rivestimento in lastre di conglomerato cementizio.

13.7.2.1. Indagini preliminari

Preventivamente alla realizzazione della pavimentazione si dovrà eseguire nel terreno in sito un numero rappresentativo di pozzetti di ispezione ciascuno di profondità non inferiore a 2 m dal piano di campagna con escavatore meccanizzato; dai pozzetti vanno prelevati eventualmente dei campioni rimaneggiati per la determinazione delle proprietà indici.

Sul piano di posa della pavimentazione che eventualmente dovrà essere stato preventivamente compattato, deve essere eseguita almeno n. 1 prova di carico su piastra ogni 500 m² per la determinazione del Modulo di deformazione Md (CNR-BU n. 146) che dovrà risultare superiore a 40 MPa. Il rapporto tra i moduli di deformazione del 1° e 2° ciclo, inoltre, non dovrà essere inferiore a 0,45. Qualora quest’ultimo valore non fosse conseguibile, l’ESECUTORE dovrà proporre alla DL, che sentirà in merito i progettisti, un metodo di stabilizzazione del piano di posa, oppure una bonifica dello stesso mediante sostituzione del terreno in situ.

13.7.2.2. Strato di fondazione in misto granulare cementato

Per quanto attiene alle caratteristiche e prescrizioni esecutive e di controllo del misto granulare cementato si dovrà fare riferimento a quanto previsto al par. 13.8.4.1 “Fondazione in misto cementato confezionato in centrale”.

13.7.2.3. Rivestimento in lastre di calcestruzzo armato

13.7.2.3.1. Caratteristiche del conglomerato cementizio e controlli in corso d’opera

Per quanto attiene alle caratteristiche e alle modalità di confezionamento, trasporto e posa in opera del conglomerato cementizio si dovrà fare riferimento a quanto previsto dal progettista ed a quanto riportato nella sezione 6 “Opere di conglomerato cementizio e in acciaio” del presente Capitolato.


Nella pavimentazione in calcestruzzo dovranno essere realizzati giunti di contrazione e/o di dilatazione secondo il progetto.

I giunti avranno andamento trasversale e longitudinale e saranno distanziati tra di loro in relazione allo spessore della lastra e alle caratteristiche del conglomerato cementizio.

I giunti di dilatazione dovranno interessare tutto lo spessore del conglomerato cementizio e avere la larghezza da 1,5 a 2 cm, saranno sigillati con materiale compressibile e distanziati in modo tale da evitare fessurazioni nella lastra.

Il numero e la distanza tra i giunti sarà stabilito dal progetto in relazione a tutte le sollecitazioni cui è sottoposta la pavimentazione stradale.

In corrispondenza dei bordi delle lastre l’armatura dovrà essere rinforzata.


	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 13 SUB-BALLAST E PAVIMENTAZIONI STRADALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 13	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 009 B</u>	FOGLIO 20 di 54

13.7.2.3.2. Controlli finali

A lavoro ultimato verranno prelevate ogni 500 m² di pavimentazione realizzata, n° 3 carote o provini per la determinazione di:

- massa volumica;
- resistenza a compressione e trazione;
- resistenza alla penetrazione dell'acqua (Norma ISO 7031).

Tali valori dovranno essere confrontati con i valori determinati in fase di qualificazione della miscela; per gli eventuali provvedimenti vale quanto previsto al precedente punto 13.7.1.1.8 "Caratteristiche finali".

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 13 SUB-BALLAST E PAVIMENTAZIONI STRADALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 13	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 009 B</u>	FOGLIO 21 di 54

13.8. PAVIMENTAZIONI STRADALI

13.8.1. TIPOLOGIE E CARATTERISTICHE DELLE PAVIMENTAZIONI

Le caratteristiche costruttive per le differenti tipologie sono di seguito definite; le categorie delle pavimentazioni stradali di cui alle lettere a., b., c. sono da riferirsi al D. Min. Infr. e Trasp. del 05/11/2001 n. 6792.

a. Pavimentazione per strada di categoria A

Per le strade di categoria A la pavimentazione dovrà essere costituita da:

- strato anticapillare di sottofondazione, dello spessore minimo finito non minore di cm 20;
- strato di fondazione, di aggregati stabilizzati e compattati o in misto cementato, dello spessore finito non minore di cm 25;
- strato di base, in conglomerato bituminoso dello spessore finito non minore di cm 10;
- strato di collegamento (binder), in conglomerato bituminoso dello spessore finito non minore di cm 8;
- tappeto di usura, in conglomerato bituminoso dello spessore finito non minore di cm 4.

b. Pavimentazione per strada di categoria B

Per le strade di categoria B la pavimentazione dovrà essere costituita da:

- strato anticapillare di sottofondazione, dello spessore minimo finito non minore di cm 15;
- strato di fondazione, di aggregati stabilizzati compattati o in misto cementato, dello spessore finito non minore di cm 20;
- strato di base, in conglomerato bituminoso dello spessore finito non minore di cm 8;
- strato di collegamento (binder), in conglomerato bituminoso dello spessore finito non minore di cm 4;
- tappeto di usura, in conglomerato bituminoso dello spessore finito non minore di cm 3.

c. Pavimentazione per strada di categoria C

Per le strade "minori" la pavimentazione dovrà essere costituita da:

- strato di fondazione, di aggregati stabilizzati e compattati dello spessore finito non minore di cm 20;
- strato in conglomerato bituminoso dello spessore finito non minore di cm 4.

Per le strade "poderali o campestri" la pavimentazione dovrà essere costituita da:


- strato di fondazione, di aggregati stabilizzati e compattati dello spessore finito non minore di cm 25, saturato con graniglia o pietrischetto.

d. Pavimentazione su impalcati stradali per strade di categoria A-B-C

La pavimentazione su impalcati stradali dovrà essere costituita da:

- strato di collegamento (binder), in conglomerato bituminoso dello spessore finito non minore di cm 8;
- tappeto di usura, in conglomerato bituminoso dello spessore finito non minore di cm 4.

e. Pavimentazione su massicciata ferroviaria

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 13 SUB-BALLAST E PAVIMENTAZIONI STRADALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 13	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 009 B</u>	FOGLIO 22 di 54

In corrispondenza di passatoie e/o in aree di manovra attraversate da binari ferroviari la pavimentazione dovrà essere realizzata con le seguenti modalità:

- accurata pulizia della superficie della massicciata ferroviaria per eliminazione della polvere e spandimento di emulsione bituminosa in ragione di 1,0 – 1,5 kg/m²;
- formazione di uno strato di collegamento (binder), in conglomerato bituminoso dello spessore finito non minore di cm 8;
- formazione di tappeto di usura, in conglomerato bituminoso dello spessore finito non minore di cm 4.

f. Massicciata stradale a semipenetrazione

E' costituita da pietrisco di pezzatura compresa tra 40 e 71 mm e con coefficiente Los Angeles non superiore a 30, dello spessore finito di 10 cm. Il trattamento di semipenetrazione è effettuato in due passate, la prima con 2 kg/m² di emulsione bituminosa e 28 dm³/m² di pietrischetto di pezzatura compresa fra 10 e 25 mm, la seconda con 1,5 kg/m² di emulsione bituminosa e 12dm³/m² di graniglia compresa fra 5 e 10 mm.

I materiali sopra specificati devono rispondere ai seguenti requisiti.

Il pietrisco deve essere steso in un unico strato, il costipamento va effettuato con rulli compressori di massa non inferiori a 14 t che operano a velocità comprese tra 1,5 e 3 km/ora. Il rullo deve procedere dai margini verso il centro a fasce parallele, ricoprendosi l'una con l'altra per una zona larga almeno 20 cm.

Nel costipare la prima fascia marginale deve essere costipata, dove esista, anche una fascia di 20 cm di banchina. Dopo il primo passaggio di rulli si deve umidificare, con innaffiatori, evitando il rifluimento in superficie.

Per evitare, nell'ultima fase di costipamento, di ridurre il materiale a pezzatura troppo minuta si deve aggiungere materiale aggregante costituito da residui di frantumazione di natura calcarea in quantità non superiore al 10% del materiale costipato.


Quando la massicciata avrà buone condizioni di consistenza e stabilità e si presenterà perfettamente chiusa e priva d'irregolarità, si procederà ad un'accurata pulizia della superficie da trattare allontanando la polvere o qualsiasi altro materiale che possa costituire una discontinuità tra la massicciata ed il manto bituminoso sovrastante.

L'emulsione va stesa in due riprese con apposite spruzzatrici a pressione. Alla fine di ciascuna delle due passate di emulsione deve seguire il regolare spandimento del pietrischetto, dopo la prima passata e della graniglia dopo la seconda. Successivamente deve essere eseguito un costipamento con rullo di massa da 8 a 10 t, in modo da ottenere una pavimentazione livellata e finita a regola d'arte e tale che in nessun punto possano aversi ondulazioni o irregolarità, rispetto ad un asta della lunghezza di 3 m appoggiata sul manto, superiori a 1,5 cm.

g. Pavimentazione con pietrischetto bitumato

E' costituita da un sottofondo composto a freddo da uno strato di 3 cm(4 cm sciolto), di pietrischetto di pezzatura 10/25 mm, miscelato con 120 kg/m³ di emulsione bituminosa, sulla quale è formato, a freddo, uno strato di 2 cm(3 cm sciolto) di graniglia di pezzatura 5/10 mm, miscelata con 150 kg/m³ di emulsione, cilindrata strato per strato, con rullo di massa da 6 t.

Dopo alcuni giorni (il cui numero dovrà essere concordato con la Direzione Lavori) deve essere eseguito un trattamento superficiale con emulsione bituminosa in ragione di 0,8 kg/m² di emulsione e 5,5 litri/m² di graniglia silicea da 2/5 mm.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 13 SUB-BALLAST E PAVIMENTAZIONI STRADALI	
	CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 13	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 009 B</u>	FOGLIO 23 di 54

13.8.2. LEGANTI

13.8.2.1. Leganti bituminosi di base e modificati

13.8.2.1.1. Bitumi di base

I bitumi di base per uso stradale sono quelli di normale produzione con le caratteristiche indicate in Tab. 13.8.1 impiegati per il confezionamento di conglomerati bituminosi a caldo.

Le tabelle che seguono si riferiscono nella prima parte al prodotto di base così come viene prelevato nelle cisterne e/o negli stoccaggi, nella seconda parte al prodotto sottoposto all'invecchiamento artificiale; FERROVIE si riserva anche la possibilità di rilevare le caratteristiche elencate nella seconda parte per meglio valutare l'affidabilità di impiego dei leganti.

Tab. 13.8.1 Caratteristiche dei bitumi di base

Caratteristiche	U.M.	Norma di rif.	Bitume 50/70	Bitume 70/100
			valore	
PRIMA PARTE				
penetrazione a 25° C	dmm	UNI EN 1426 - 2007	50-70	70-100
punto di rammollimento	° C	UNI EN 1427 - 2007	46-54	43-51
punto di rottura Fraass, min.	° C	UNI EN 12593 - 2007	≤-8	≤-10
punto di infiammabilità	°C	EN 22592(b)	230	230
SECONDA PARTE - valori dopo RTFOT (resistenza all'invecchiamento-UNI EN 12607-1)^(*)				
Variazione di massa	%	UNI EN 12607-1	≤ 0,5	≤ 0,8
incremento del punto di rammollimento	°C	UNI EN 1427 - 2007	≤ 11	≤ 11
penetrazione residua	%	UNI EN 1426 - 2007	≥50	≥46

^(*)Rolling Thin Film Oven Test

13.8.2.1.2. Bitumi modificati

I bitumi di base di tipo 70-100 potranno essere modificati in raffineria o tramite lavorazioni successive mediante l'aggiunta di polimeri (elastomeri e loro combinazioni) effettuata con idonei dispositivi di miscelazione al fine di ottenere migliori prestazioni dalle miscele in due modi distinti:

- in modo soft "SF" : modifica media con le caratteristiche riportate nella Tab. 13.8.2
- in modo hard "HD": modifica forte con le caratteristiche riportate nella Tab. 13.8.2

Oltre ai bitumi 70/100 di cui alla tabella 13.8.1, per la preparazione di bitumi modificati, possono essere utilizzati bitumi di base modifica "BM", aventi caratteristiche riportate nella seguente tabella 13.8.2, opportunamente preparati per una successiva modifica.

I bitumi di tipo soft potranno essere impiegati nelle miscele normali (base, binder, usura) mentre dovranno essere tassativamente impiegati i bitumi di tipo hard nelle miscele speciali salvo diversa indicazione del Committente.

Tab.13.8.2 Caratteristiche dei bitumi modificati

Caratteristiche	U.M.	Norma di rif.	Base Modifica BM	Soft 2,5%-3,5% SF	Hard 4%-6% HD
penetrazione a 25° C	dmm	UNI EN 1426 - 2007	80-100	50-70	50-70
punto di rammollimento	°C	UNI EN 1427 - 2007	43-51	60-80	70-90
punto di rottura Fraass	°C	UNI EN 12593 - 2007	≤-8	≤ -10	≤ -12
ritorno elastico a 25° C	%	UNI EN 13398 - 2010	-	≥ 70	≥ 80
viscosità dinamica a 160° C	Pa x s	UNI EN 13302 - 2010	0,01-0,10	0,10-0,35	0,15-0,4
Stabilità allo stoccaggio tube test	°C	UNI EN 13399 - 2010	-	≤ 3 ^(°)	≤ 3 ^(°)
valori dopo RTFOT – Rolling Thin Film Oven Test resistenza all'invecchiamento-UNI EN 12607-1)					
penetrazione residua a 25° C	%	UNI EN 1426 - 2007	≥ 50	≥ 40	≥ 40
Incremento del punto di rammollimento	°C	UNI EN 1427 - 2007	≤ 9	≤ 8	≤ 5

^(°)entrambi i valori del punto di rammollimento ottenuti per il tube test non devono differire dal valore di rammollimento di riferimento di più di 5°C

Tab. 13.8.2/a - Caratteristiche dei bitumi modificati per mano d'attacco

<i>BITUME SOFT O HARD</i>			
Caratteristiche	Norma di rif.	U.M.	valori
penetrazione a 25° C	UNI EN 1426 - 2007	dmm	50-70
punto di rammollimento	UNI EN 1427 - 2007	° C	60-90
punto di rottura Fraass	UNI EN 12593 - 2007	° C	≤ -10
viscosità dinamica a 160° C	UNI EN 13399 - 2010	Pa x s	0,10-0,4

13.8.2.2. Emulsioni bituminose

13.8.2.2.1. Emulsioni bituminose per mano di attacco cationiche non modificate

Le emulsioni bituminose, ved. Tab. 13.8.3, possono essere impiegate come mano di attacco solo tra fondazione e base, binder e usure normali (per usure non aperte). Negli altri casi si usa bitume modificato hard.

Tab. 13.8.3 Caratteristiche delle emulsioni bituminose

caratteristiche	unità di misura	Norma di rif.	Emulsioni a rapida rottura	Emulsioni a media velocità di rottura
contenuto d'acqua	% in peso	UNI EN 1428 - 2012	≤40	≤45
contenuto di bitume	% in peso	UNI EN 1431 - 2013	≥ 60	≥ 55
grado di acidità (pH)		UNI EN 12850 - 2009	2-5	2-5
caratteristiche del bitume estratto				
penetrazione a 25° C	dmm	UNI EN 1426 - 2007	50-120	100-150
punto di rammollimento	° C	UNI EN 1427 - 2007	≥ 40	≥ 40
punto di rottura Fraass	° C	UNI EN 12593 - 2007	≤ -8	≤ -8

13.8.2.3. Utilizzo di additivi


L'eventuale utilizzo di additivi, (es. ACF -Attivanti chimico funzionali, DP-Attivanti di adesione) dovranno essere preventivamente autorizzato dalla Direzione Lavori.

13.8.3. STRATO DI ANTICAPILLARE

Se previsto nel progetto lo strato di anticapillare sarà costituito da sabbia ghiaietto o pietrischetto, esenti da materie eterogenee di dimensioni comprese tra 1 e 20 mm con percentuale massima del 20% passante al crivello 4 UNI, eventualmente steso su uno strato di geotessile non tessuto in poliestere di massa unitaria non inferiore a 400 gr/m² con le caratteristiche riportate nella Tab. 13.8.4 seguente:

Tab. 13.8.4 Caratteristiche del geotessile non tessuto in poliestere, coesionato meccanicamente per agugliatura, con massa non inferiore a 400 g/m

CARATTERISTICHE	VALORI LIMIT.	NORME DI RIF.
Massa per unità di superficie	≥ 400 g/m ²	
Spessore: a 2,0 KPa a 200 KPa	≥ 4,0 mm ≥ 1,9 mm	UNI EN ISO 9864:2005 CNR-BU N. 110-1985
Resistenza a trazione – Media tra la direzione di produzione e la trasvers. – Media in una delle due direzioni	≥ 24 kN/m ≥ 21 kN/m	CNR-BU N. 142-1992
Deformazione a rottura – Media tra la direzione di produzione e la trasvers. – Media in una delle due direzioni	≥ 85 % ≥ 30 ÷ 95 %	CNR-BU N. 142-1992 EN ISO 10319
Resistenza a lacerazione	≥ 1,4 kN	CNR-BU N. 143-1992
Resistenza al punzonamento	≥ 4,0 kN	UNI 8279/14 EN ISO 12236

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 13 SUB-BALLAST E PAVIMENTAZIONI STRADALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 13	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 009 B</u>	FOGLIO 27 di 54

13.8.4. SOVRASTRUTTURA STRADALE

I materiali, ai fini del loro impiego, dovranno essere forniti di marcatura CE secondo quanto previsto da norme e leggi vigenti.

13.8.4.1. Fondazione in misto cementato confezionato in centrale

Il misto cementato sarà costituito da miscele di inerte calcareo di frantoio rispondente alle norme CNR BU N. 29 con fuso di tipo A1 e cemento in ragione del 3% e 5% in massa dell'inerte secco. L'acqua di impasto sarà in ragione del 6% circa della massa secca dell'inerte.

La resistenza a compressione con provini cilindrici compattati a 7 gg di stagionatura, come previsto dalla norma CNR citata dovrà essere compresa tra 3 e 7 MPa; per ottenere tali risultati potranno essere usati opportuni additivi.

L'inerte da impiegare dovrà provenire da frantumazione di rocce calcaree con preferenza per i calcari teneri con esclusione dei misti calcarei di fiume.

Il misto cementato dovrà essere costipato alla densità non inferiore al 95% di quella ottenuta in laboratorio, con le modalità previste al punto 2 della normativa CNR citata.

La resistenza a trazione determinata con il metodo brasiliano non dovrà essere inferiore a 0,2 MPa su provini cilindrici stagionati a 7 giorni. Il misto dovrà essere confezionato in cantiere di betonaggio e trasportato sul posto con autobetoniere.

13.8.4.1.1. Formazione e confezione delle miscele

Le miscele saranno confezionate in impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

Gli impianti dovranno comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare miscele del tutto rispondenti a quelle di progetto.

La zona destinata allo stoccaggio degli inerti sarà preventivamente e convenientemente sistemata per annullare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre i cumuli delle diverse classi di aggregato dovranno essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura.

Si farà uso di almeno 4 classi di aggregati con predosatori in numero corrispondenti alle classi impiegate.

13.8.4.1.2. Posa in opera


La miscela verrà stesa sul piano finito dello strato precedente dopo che sia stata accertata dalla DL la rispondenza di quest'ultimo ai requisiti di quota, sagoma e compattezza prescritti.

La stesa verrà eseguita impiegando finitrici vibranti gommate a 4 assi o cingolate e comunque dei tipi approvati dalla DL in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento sia longitudinale che trasversale.

Le operazioni di addensamento dello strato dovranno essere realizzate in ordine con le seguenti attrezzature:

- rullo a due ruote vibranti da 10 ton per ruota o rullo con una sola ruota vibrante di peso non inferiore a 18 ton;
- rullo gommato con pressione di gonfiaggio superiore a 5 atm e carico di almeno 18 ton.

Potranno essere impiegati in alternativa rulli misti, vibranti-gommati, tutti approvati dalla DL aventi le stesse caratteristiche sopra riportate.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 13 SUB-BALLAST E PAVIMENTAZIONI STRADALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 13	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 009 B</u>	FOGLIO 28 di 54

La stesa della miscela non dovrà, di norma, essere eseguita con temperatura ambiente inferiore a 5°C o superiore a 35°C e mai sotto la pioggia.

La stesa a temperature non conformi a quelle sopra indicate potrà essere consentita dalla DL.

Il tempo intercorrente tra la stesa di due strisce affiancate non dovrà superare di norma le 2 ore per garantire la continuità della struttura.

Particolari accorgimenti dovranno adottarsi nella formazione dei giunti longitudinali che andranno protetti con fogli di polietilene o materiale similare.

Il giunto di ripresa sarà ottenuto terminando la stesa dello strato a ridosso di una tavola e togliendo la tavola al momento della ripresa della stesa, se non si fa uso della tavola sarà necessario, prima della ripresa della stesa, provvedere a tagliare l'ultima parte dello strato precedente, in modo che si ottenga una parete perfettamente verticale.

Non dovranno essere eseguiti altri giunti all'infuori di quelli di ripresa.

Il transito di cantiere potrà essere ammesso sullo strato a partire dal terzo giorno successivo a quello in cui è stata effettuata la stesa e limitatamente ai mezzi gommati e previa verifica che il transito non danneggi lo strato.

Strati eventualmente compromessi dalle condizioni meteorologiche o da altre cause dovranno essere rimossi e sostituiti a totale cura e spese dell'ESECUTORE.

13.8.4.1.3. Protezione superficiale

Subito dopo il completamento delle opere di costipamento e di rifinitura dovrà essere eseguita la spruzzatura di un velo protettivo di emulsione bituminosa acida al 55% in ragione di 1 ÷ 2 kg/m², in relazione al tempo ed alla intensità del traffico di cantiere cui potrà venire sottoposto e successivo spargimento di sabbia.

13.8.4.1.4. Norme di controllo delle lavorazioni

A discrezione della Direzione dei Lavori verrà verificata la rispondenza delle caratteristiche granulometriche delle miscele.

Verrà ammessa una tolleranza di $\pm 5\%$ fino al passante al setaccio 4 e di $\pm 2\%$ per il passante al setaccio 2 e inferiori, purché non vengano superati i limiti del fuso.

La rispondenza delle caratteristiche e l'idoneità dei materiali saranno accertate mediante le medesime prove di laboratorio eseguite per la loro qualifica. La rispondenza delle granulometrie delle miscele a quelle di progetto dovrà essere verificata con controlli giornalieri e comunque ogni 300 m³ di materiale posto in opera.

Lo spessore dello strato dovrà essere verificato con la frequenza di almeno un carotaggio ogni 400 m di strada o carreggiata.

Lo spessore stabilito non dovrà avere tolleranze in difetto superiori al 5% nel 98% dei rilevamenti; in caso contrario sia per la planarità che per le zone omogenee con spessore in difetto sarà obbligo dell'ESECUTORE a sua cura e spesa compensare gli spessori carenti incrementando in egual misura lo spessore in conglomerato bituminoso sovrastante.

13.8.4.2. Misto granulare stabilizzato per fondazione e sottofondazione

La fondazione in oggetto si può utilizzare in alternativa alla fondazione di cui al par. 13.8.4.1 precedente "Fondazione in misto cementato confezionato in centrale" ed è costituita da una miscela di terre stabilizzate

granulometricamente; la frazione grossa di tale miscela (trattenuta al setaccio UNI 2 mm) può essere costituita da ghiaie, frantumati, detriti di cava, scorie o anche altro materiale ritenuto idoneo dalla DL.

La fondazione potrà essere formata da materiale di apporto idoneo oppure da correggersi con adeguata attrezzatura in impianto fisso di miscelazione.

Lo spessore da assegnare alla fondazione sarà fissato da progetto e verificato dalla DL.

13.8.4.2.1. Caratteristiche dei materiali da impiegare

Il materiale in opera, dopo l'eventuale correzione e miscelazione, risponderà alle caratteristiche seguenti:

- a) l'aggregato non deve avere dimensioni superiori a 63 mm, e deve essere senza forma appiattita, allungata o lenticolare;
- b) granulometria compresa nel seguente fuso e avente andamento continuo ed uniforme praticamente concorde a quello delle curve limite:

setacci UNI (mm)	Fuso (passante %)
setaccio 63	100-100
setaccio 40	84-100
setaccio 20	70-92
setaccio 14	60-85
setaccio 8	46-72
setaccio 4	30-56
setaccio 2	24-44
setaccio 0.25	8-20
setaccio 0.063	6-12

c) perdita in peso alla prova Los Angeles eseguita sulle singole pezzature, inferiore al 30% in peso;

d) equivalente in sabbia misurato sulla frazione passante al setaccio UNI 4 mm, compreso tra 40 e 80 (la prova va eseguita con dispositivo meccanico di scuotimento);


e) indice di portanza CBR ai sensi della norma UNI EN 13286-47 - 2012 dopo quattro giorni di imbibizione in acqua (eseguito sul materiale passante al crivello UNI 25 mm) non minore di 50.

E' inoltre richiesto che la condizione di cui alla lettera e) precedente sia verificata per un intervallo di + 2% rispetto all'umidità ottima di costipamento.

I controlli di cui sopra dovranno anche essere eseguiti per il materiale prelevato dopo costipamento.

Il limite superiore dell'equivalente in sabbia pari a 80 potrà essere modificato dalla DL in funzione delle provenienze e delle caratteristiche del materiale.

Se le miscele contengono oltre il 60% in peso di elementi frantumati a spigoli vivi, l'accettazione avverrà sulla base delle sole caratteristiche indicate ai precedenti commi a, b, c, d, e, ad eccezione di quanto prescritto al comma d) per il quale è ammesso che la miscela abbia equivalente in sabbia compreso tra 25 e 35.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 13 SUB-BALLAST E PAVIMENTAZIONI STRADALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 13	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 009 B</u>	FOGLIO 30 di 54

13.8.4.2.2. Studio preliminare

Le caratteristiche suddette dovranno essere accertate dalla DL mediante prove di laboratorio sui campioni che l'ESECUTORE avrà cura di presentare a tempo opportuno per la loro valutazione prima dell'inizio delle lavorazioni.

L'approvazione non ridurrà comunque la responsabilità dell'ESECUTORE relativa al raggiungimento dei requisiti finali richiesti per gli aggregati in opera.

Contemporaneamente l'ESECUTORE dovrà indicare, per iscritto, le fonti di approvvigionamento, il tipo di lavorazione che intende adottare, il tipo e la consistenza dell'attrezzatura di cantiere che verrà impiegata.

I requisiti di accettazione verranno inoltre accertati con controlli della DL in corso d'opera, prelevando il materiale in sito già miscelato, prima e dopo avere effettuato il costipamento.

13.8.4.2.3. Modalità esecutive

Il piano di posa dello strato dovrà avere le quote, la sagoma, i requisiti di compattezza ed essere ripulito da materiale estraneo non idoneo.

Il materiale verrà steso in strati di spessore finito non superiore a 20 cm e non inferiore a 10 cm e dovrà presentarsi, dopo costipato, uniformemente miscelato in modo da non presentare segregazione dei suoi componenti.

L'eventuale aggiunta di acqua, per raggiungere l'umidità prescritta in funzione della densità è da effettuarsi mediante dispositivi spruzzatori.

A questo proposito si precisa che tutte le operazioni anzidette non devono essere eseguite quando le condizioni ambientali (pioggia, neve, gelo) siano tali da danneggiare la qualità dello strato stabilizzato.

Verificandosi comunque eccesso di umidità o danni dovuti al gelo lo strato compromesso dovrà essere rimosso e ricostituito a cura e spese dell'ESECUTORE.

Il materiale pronto per il costipamento dovrà presentare in ogni punto la prescritta granulometria.

Per il costipamento e la rifinitura verranno impiegati rulli vibranti o vibranti gommati, tutti semoventi.


L'idoneità dei rulli e le modalità di costipamento verranno, per ogni cantiere, determinate dalla DL con una prova sperimentale, usando le miscele messe a punto per quel cantiere (prove di costipamento), tali da portare alla eventuale taratura dei mezzi costipanti.

Il costipamento di ogni strato dovrà essere eseguito sino a ottenere una densità in sito non inferiore al 98 % della densità massima fornita dalla prova AASHTO modificata (UNI EN 13286-2/2010)

Il modulo di deformazione, misurato mediante prova di carico su piastra, misurato al primo ciclo di carico nell'intervallo 0,15 MPa – 0,25 MPa, non dovrà essere inferiore a 50MPa e inoltre il rapporto dei moduli del 1° e 2° ciclo dovrà essere non inferiore a 0,45 (CNR-BU n. 146/92).

La superficie finita non dovrà scostarsi dalla sagoma di progetto di oltre 1 cm, controllata a mezzo di un regolo di 4,5 m di lunghezza e disposto secondo due direzioni ortogonali. Lo spessore dovrà essere quello prescritto, con una tolleranza in più o in meno del 5% purché questa differenza si presenti solo saltuariamente.

Per quanto riguarda il controllo delle lavorazioni si richiamano espressamente le norme di cui al par. 13.8.4.1.4 "Norme di controllo delle lavorazioni"

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 13 SUB-BALLAST E PAVIMENTAZIONI STRADALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 13	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 009 B</u>	FOGLIO 31 di 54

13.8.4.3. Strati in conglomerato bituminoso di base, binder e usura

Il conglomerato è costituito da una miscela di inerti nuovi (ghiaie, pietrischi, graniglie, sabbie ed additivi) impastata a caldo con bitume semisolido di cui al par. 13.8.2.1“Leganti bituminosi di base e modificati” di seguito denominato "Bitume", in impianti di tipo fisso automatizzati. Il conglomerato per i vari strati (base, binder, usura) è posto in opera mediante macchina vibrofinitrice e costipato. Ai fini del loro impiego i conglomerati bituminosi dovranno avere la marcatura CE di cui al par. 13.5.1.

13.8.4.3.1. Leganti bituminosi, emulsioni e loro modificati

Si dovrà fare riferimento a quanto previsto nel par. 13.8.2.1“Leganti bituminosi di base e modificati” e par.13.8.2.2 “Emulsioni bituminose”.

13.8.4.3.2. Materiali inerti

Gli inerti dovranno essere costituiti da elementi sani, duri, di forma poliedrica, puliti esenti da polvere e da materiali estranei secondo le norme UNI EN 13043.

Gli elementi litoidi non dovranno mai avere forma appiattita, allungata o lenticolare.

La miscela degli inerti è costituita dall'insieme degli aggregati grossi e dagli aggregati fini ed eventuali additivi (filler) secondo la definizione delle norme UNI EN 13108-1. Ai fini dell'impiego è obbligatoria l'attestazione di conformità (CE) da parte del produttore relativamente ai requisiti richiesti.

Per l'aggregato grosso (pezzature da 31,5 a 4 mm), per quanto concerne il valore di levigabilità dovuto alla miscela di aggregati vale quanto di seguito riportato:

Per le miscele di aggregati da impiegare per gli strati superficiali, esclusivamente sugli aggregati che presentano trattenuto al setaccio 2mm, si calcola l'indice PSV_{mix}.


Il PSV_{mix} è un indice determinato in base ai valori del PSV delle singole pezzature con le relative masse volumiche apparenti (MVA,) così da valutare l'aderenza sulla superficie stradale “pesata” in base al contributo “volumetrico” dei vari aggregati presenti.

A partire dalle percentuali in peso di impiego (% inerte 1, % inerte 2, ecc.):

- si misurano le masse volumiche apparenti MVA (MVA1, MVA2, ecc.) di tutte le pezzature che presentano trattenuto al setaccio 2mm;
- per ogni pezzatura si escludono le percentuali di impiego passanti al setaccio 2mm, si sommano le percentuali di trattenuto uguali o superiori al 2mm e la risultante si moltiplica per la percentuale di impiego;
- si riporta la somma a 100 per avere le nuove percentuali di impiego “trattenute al 2mm”;
- le nuove percentuali di impiego vengono trasformate in percentuali volumetriche (VOL_i) utilizzando le MVA e riportate anch'esse a 100%)

Il PSV_{mix} si calcola sommando il prodotto della percentuale volumetrica di ogni pezzatura (compresa la sabbia) utilizzata per il relativo valore di PSV diviso per 100:

$$PSV_{mix} = \sum_i (PSV_i \cdot VOL_i) / 100$$

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 13 SUB-BALLAST E PAVIMENTAZIONI STRADALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 13	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 009 B</u>	FOGLIO 32 di 54

13.8.4.3.3. Strato di base

a) *Aggregati*

I requisiti di accettazione degli aggregati impiegati per lo strato di base dovranno essere conformi a quanto previsto nelle norme UNI EN 13043 e UNI EN 13055-2 per gli aggregati leggeri.

Per il prelevamento dei campioni destinati alle prove di controllo dei requisiti di accettazione vale la norma UNI EN 932 – 1 mentre per le modalità di esecuzione delle prove stesse valgono le normative riportate nel par. 13.8.4.2 “Misto granulare stabilizzato per fondazione e sottofondazione”.

L'aggregato grosso (pezzature da 4 a 31,5 mm) dovrà essere costituito da elementi sani, duri, durevoli, a superficie ruvida, puliti ed esenti da polvere e da materiali estranei che non dovranno avere forma appiattita, allungata o lenticolare.

Le caratteristiche degli elementi che compongono la frazione grossa dovranno essere le seguenti:

- perdita di massa alla prova di abrasione Los Angeles, eseguita sulle singole pezzature, inferiore al 25% del totale UNI EN 1097-2;
- il coefficiente di appiattimento, escluso la massa di aggregati con pezzature inferiore a 4 mm, determinato in accordo alla UNI EN 933-3, deve essere inferiore o uguale a 15;
- inerti frantumati (privi di facce tonde) in percentuale superiore al 70% in peso;
- coefficiente di imbibizione (EN 13755) inferiore a 1%;

L'aggregato fino (pezzature inferiori a 4 mm) dovrà essere costituito da sabbie naturali e di frantumazione; la percentuale di queste ultime verrà determinata in relazione ai valori di scorrimento delle prove Marshall, ma comunque non dovrà essere inferiore al 70% della miscela delle sabbie che dovranno rispondere al seguente requisito:

- equivalente in sabbia determinato secondo UNI EN 933-8 non inferiore a 70;

Gli additivi (filler) provenienti dalla macinazione di rocce preferibilmente calcaree o costituiti da cemento, calce idrata, calce idraulica, dovranno soddisfare ai seguenti requisiti:


- alla prova UNI EN 933-10 dovranno risultare compresi nei seguenti limiti minimi:
- setaccio UNI 2 mm passante in peso 100%
- setaccio UNI n. 0,125 passante in peso 85 - 100%
- setaccio UNI n. 0,063 passante in peso 70 - 100%
- palla e anello (filler/bitume = 1.5) (UNI EN 13179-1): $\Delta R \& B > 5\%$

L'ESECUTORE dovrà eseguire le prove di verifica delle caratteristiche sopra richieste alla qualificazione e ogni 500 m³ di conglomerato bituminoso fornito.

Nella confezione dei conglomerati bituminosi dei vari strati possono essere impiegate speciali sostanze chimiche attivanti l'adesione bitume-aggregato (agenti tensioattivi di adesività). Potranno essere impiegati negli strati di base e di collegamento mentre per quello di usura lo saranno a esclusivo giudizio del Direttore dei Lavori e senza che l'ESECUTORE possa chiedere compensi od indennizzi di sorta in quanto l'onere è compreso e compensato nei prezzi delle voci di tariffa.

Dovrà essere scelto tra i prodotti in commercio quello che, sulla base di prove comparative effettuate presso Laboratori, approvati da FERROVIE, avrà dato i migliori risultati e conservi le caratteristiche chimiche anche se sottoposto a temperature elevate e prolungate.

La presenza degli agenti tensioattivi nel legante bituminoso dovrà essere accertata mediante prova di

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 13 SUB-BALLAST E PAVIMENTAZIONI STRADALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 13	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 009 B</u>	FOGLIO 33 di 54

separazione cromatografica su strato sottile.

Il dosaggio potrà variare in relazione alle condizioni di impiego, alla natura degli aggregati e alle caratteristiche del prodotto, tra lo 0,3% e lo 0,6% rispetto alla massa del bitume.

I tipi, i dosaggi e le tecniche d'impiego dovranno ottenere il preventivo benessere della Direzione Lavori.

L'immissione delle sostanze tensioattive nel bitume dovrà essere realizzata con idonee attrezzature tali da garantirne la loro perfetta dispersione e l'esatto dosaggio.

b) Legante bituminoso

Il legante bituminoso dovrà avere le caratteristiche indicate al par. 13.8.2.1 "Leganti bituminosi di base e modificati".

c) Miscela

Le miscele dovranno avere una composizione granulometrica determinata in conformità con la UNI EN 13108-1 e UNI EN 12697-2 utilizzando i setacci appartenenti al gruppo base +2 e compresa nei fusi di seguito elencati e una percentuale di bitume riferita al peso della miscela, compresa tra i sotto indicati intervalli per i diversi tipi di conglomerato.

Composizioni granulometriche indicative (fusi da usare come limiti nelle curve di progetto).

Il tenore di bitume dovrà essere compreso tra il 3,8% e 5,2% (UNI EN 12697-1 e 39) e spessori compresi tra 8 e 18 cm.

Il conglomerato bituminoso di base dovrà avere i seguenti requisiti:

- la miscela degli aggregati da adottarsi dovrà avere una composizione granulometrica contenuta nel fuso indicato nella Tab. 13.8.5:

Tab. 13.8.5 Fuso granulometrico per conglomerato bituminoso di base

MISCELA	Passante
Serie setacci UNI	% totale in massa
Setaccio31,5	100
Setaccio20	68 - 88
Setaccio16	55 - 78
Setaccio8	36 - 60
Setaccio4	25 - 48
Setaccio2	18 - 38
Setaccio0,5	8 - 21
Setaccio0,25	5 - 16
Setaccio0,063	4 - 8

- il valore della Stabilità Marshall UNI EN 12697-34 eseguita a 60° C su provini costipati con 75 colpi di maglio per faccia, non deve risultare inferiore a 8 kN; inoltre il valore della rigidità Marshall, cioè il rapporto tra la Stabilità misurata in kN e lo scorrimento misurato in mm, dovrà essere superiore a 2,5 kN/mm;
- gli stessi provini per i quali viene determinata la stabilità Marshall dovranno presentare una percentuale di vuoti residui compresa fra 4% e 7%.
- la perdita di stabilità Marshall non deve risultare superiore al 25% (ottenuta dal confronto della stabilità Marshall originaria con quella misurata su provini mantenuti per 24 ore in acqua a 60° C);
- la resistenza a trazione indiretta determinata mediante prova Brasiliana (UNI EN 12697-23) non deve risultare minore di 0.5 N/mm².

I provini per le misure di stabilità, rigidità e trazione indiretta dovranno essere confezionati presso l'impianto di produzione e/o presso la stesa.

La temperatura all'atto della compattazione dovrà essere uguale a quella della stesa.

d) Controllo dei requisiti di accettazione

L'ESECUTORE ha l'obbligo di fare eseguire tutte le prove sperimentali richieste sui campioni di aggregato e di legante per la relativa accettazione.

L'ESECUTORE è tenuto a presentare con almeno 30 giorni di anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni e per ogni cantiere di confezione, lo studio delle miscele che intende adottare, secondo il metodo Marshall.

Ogni composizione proposta dovrà essere corredata da una completa documentazione delle determinazioni effettuate in laboratorio, attraverso le quali l'ESECUTORE avrà ricavato la composizione ottimale.

La Direzione Lavori si riserva di approvare le miscele o di fare eseguire nuove sperimentazioni.

L'approvazione non ridurrà comunque la responsabilità dell'ESECUTORE, relativa al raggiungimento dei requisiti finali dei conglomerati in opera.

Non saranno ammesse variazioni delle singole percentuali del contenuto di aggregato, per il passante maggiore o uguale al 2mm, superiori ai valori sotto riportati:

- $\pm 5\%$ per lo strato di base;
- $\pm 3\%$ per gli strati di binder ed usura.

Per il passante minore di 2mm e maggiore di 0,063, non saranno ammesse variazioni delle singole percentuali del contenuto di aggregato superiori a $\pm 3\%$.

Per il passante al setaccio 0,063 mm, $\pm 1,5\%$.

Per la percentuale di bitume non sarà tollerato uno scostamento da quella di progetto di $\pm 0,25\%$ e sempre contenuta nei limiti indicati per ciascuna miscela.

Tali valori dovranno essere soddisfatti dall'esame delle miscele prelevate all'impianto come pure dall'esame delle carote prelevate in sito tenuto conto per queste ultime della quantità teorica del bitume di ancoraggio.

In ogni cantiere di lavoro dovrà essere installato a cura e spese dell'ESECUTORE un laboratorio idoneamente attrezzato per le prove e i controlli in corso di produzione e finali, condotto da personale appositamente addestrato.

In quest'ultimo laboratorio dovranno essere effettuate, quando necessarie e almeno con frequenza giornaliera:

- la verifica granulometrica dei singoli aggregati approvvigionati in cantiere e quella degli aggregati stessi

all'uscita dei vagli di riclassificazione;

- la verifica della composizione del conglomerato che andrà effettuata mediante estrazione del legante con ignizione o sistemi a solvente dalla quale verrà ricavata la granulometria e la percentuale di legante, prelevando il conglomerato all'uscita del mescolatore o dietro finitrice;
- la verifica delle caratteristiche Marshall del conglomerato e precisamente:
 - massa volumica UNI EN 12697-9;
 - percentuale di vuoti UNI EN 12697-8;
 - stabilità e rigidità Marshall UNI EN 12697-34;
 - la verifica dell'umidità residua degli aggregati all'uscita dall'essiccatore e ogni altro controllo ritenuto opportuno dalla Direzione Lavori.

Inoltre saranno effettuati i seguenti controlli:

- taratura delle bilance e dei termometri dell'impianto (mensile);
- verifica delle caratteristiche del bitume.

In particolare la verifica delle caratteristiche del bitume dovrà essere fatta almeno una volta a settimana con prelievi a norma UNI EN 58 sulle cisterne di stoccaggio dell'impianto; all'atto del prelievo sul campione verrà indicata la quantità Q (in tonnellate) della fornitura a cui il prelievo si riferisce.

In corso d'opera e in ogni fase delle lavorazioni la Direzione Lavori effettuerà, a sua discrezione, tutte le verifiche, prove e controlli, atti ad accertare la rispondenza qualitativa e quantitativa dei lavori alle prescrizioni contrattuali.

e) Confezione delle miscele

Il conglomerato sarà confezionato mediante impianti fissi automatizzati, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

La produzione di ciascun impianto non dovrà essere spinta oltre la sua potenzialità per non pregiudicare il perfetto essiccamento, l'uniforme riscaldamento della miscela e una perfetta vagliatura che assicuri una idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati; resta pertanto escluso l'uso dell'impianto a scarico diretto.

L'impianto dovrà comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare miscele del tutto rispondenti a quelle di progetto.

Il dosaggio dei costituenti della miscela dovrà essere eseguito a massa mediante idonea apparecchiatura la cui efficienza dovrà essere costantemente controllata.


Ogni impianto dovrà assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta e a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione nonché il perfetto dosaggio sia del bitume che dell'additivo.

La zona destinata allo stoccaggio degli aggregati sarà preventivamente e convenientemente sistemata per eliminare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre i cumuli delle diverse classi dovranno essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura.

Si dovrà far uso di almeno 4 classi di aggregati in tramogge con predosatori in numero corrispondente alle classi impiegate.

Il tempo di mescolazione effettivo sarà stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto e dell'effettiva temperatura raggiunta dai costituenti la miscela, in misura tale da permettere un completo e uniforme rivestimento degli aggregati con il legante; comunque esso non dovrà mai scendere al di sotto dei 30 secondi.

La temperatura degli aggregati all'atto della mescolazione dovrà essere compresa tra 150° e 170° C mentre

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 13 SUB-BALLAST E PAVIMENTAZIONI STRADALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 13	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 009 B</u>	FOGLIO 36 di 54

quella del legante dovrà essere 5 °C superiore a quella degli aggregati salvo diverse disposizioni del Progettista in rapporto al tipo di bitume impiegato.

Per la verifica delle suddette temperature, gli essiccatori, le caldaie e le tramogge “calde” degli impianti dovranno essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e tarati mensilmente.

L'umidità residua degli aggregati all'uscita del tamburo essiccatore non dovrà di norma superare lo 0,5%.

f) Trasporto e posa in opera delle miscele

Il trasporto del conglomerato dall'impianto di confezione al cantiere di stesa dovrà avvenire mediante mezzi di trasporto di adeguata portata, efficienti e comunque sempre dotati di telone di copertura per evitare raffreddamenti superficiali eccessivi e formazione di crostoni. La percorrenza stradale dall'impianto di confezionamento al cantiere di stesa non dovrà essere superiore a 70 Km.

Prima della stesa del conglomerato sullo strato di fondazione, per garantire l'adesione, si dovrà provvedere alla rimozione della sabbia e/o parti fini eventualmente presenti e alla stesa di una mano di primer bituminoso in ragione di almeno 1,0 – 1,5 kg/m².

Qualora si dovesse procedere alla stesa in doppio strato, i due strati dovranno essere sovrapposti nel più breve tempo possibile; tra di essi dovrà essere interposta una mano di attacco di emulsione bituminosa acida o bitume preferibilmente modificato in ragione di 0,6÷1,2 (rif. par. 13.8.2.1 “Leganti bituminosi di base e modificati” 13.8.2.2 “Emulsioni bituminose”).

Tra i vari strati deve comunque essere sempre prevista la mano di attacco.

La miscela bituminosa verrà stesa sul piano finito della fondazione dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza di quest'ultima ai requisiti richiesti di quota, sagoma, densità e portanza previsti alle relative voci.

La posa in opera dei conglomerati bituminosi verrà effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici del tipo approvato dalla Direzione Lavori, in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento. La DL si riserva la facoltà di poter far variare la tecnologia ritenuta non opportuna.

Le vibrofinitrici dovranno comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti a segregazioni degli elementi litoidi più grossi.

Nella stesa si dovrà porre la massima cura alla formazione di giunti longitudinali preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una strisciata alla precedente con l'impiego di 2 o più finitrici.

Qualora ciò non fosse possibile, il bordo della striscia già realizzata dovrà essere spalmato con emulsione bituminosa acida (rif. par. 13.8.2.1 “Leganti bituminosi di base e modificati” 13.8.2.2 “Emulsioni bituminose”), al 55% in massa, per assicurare la saldatura della striscia successiva.

Se il bordo risulterà danneggiato o arrotondato si dovrà procedere al taglio verticale con idonea attrezzatura.

I giunti trasversali derivanti dalle interruzioni giornaliere dovranno essere realizzati sempre dopo taglio e asportazione della parte terminale di azzeramento, mentre sui giunti di inizio lavorazione si dovrà provvedere all'asporto dello strato sottostante mediante fresatura.

La sovrapposizione dei giunti longitudinali tra i vari strati sarà programmata e realizzata in maniera che essi risultino fra di loro sfalsati di almeno 10 cm e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia normalmente interessata dalle ruote dei veicoli pesanti.

Nel caso la lavorazione interessi tratti in cui siano presenti giunti di dilatazione (giunti a tampone, acciaio gomma ecc.) per viadotti o ponti, la lavorazione deve essere complanare (mediante fresatura e /o rimozione del conglomerato adiacente al giunto) per avere una superficie viabile con elevate caratteristiche di planarità.

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la finitrice, non dovrà essere inferiore a 140°C. Nel caso di conglomerati bituminosi confezionati con bitume modificato la temperatura di stesa non dovrà essere inferiore a 160 °C.

La stesa dei conglomerati dovrà essere sospesa quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro, in particolare quando la temperatura dell'aria scende sotto 5°C; gli strati eventualmente compromessi, con densità inferiori a quelle richieste, dovranno essere immediatamente rimossi e successivamente ricostruiti a cura e spese dell'ESECUTORE. La compattazione dei conglomerati dovrà iniziare subito dopo la stesa con vibrofinitrice e condotta a termine senza soluzione di continuità.

La compattazione sarà realizzata di norma a mezzo di rulli tutti semoventi e a rapida inversione di marcia in numero adeguato e aventi massa di almeno 14 t e caratteristiche tecnologiche avanzate in modo da assicurare il raggiungimento delle massime densità ottenibili.

Ugualmente potrà realizzarsi con rulli dei seguenti tipi:

- strato di base e di collegamento - rullo combinato vibrante gommato più rullo gommato con almeno sette ruote e peso del rullo di 12 ton;
- strato di usura - rulli gommati e vibranti tandem con peso di almeno 10 ton.

Potrà essere utilizzato un rullo tandem a ruote metalliche del peso massimo di 10tonn per le operazioni di rifinitura dei giunti e riprese.

Per lo strato di base a discrezione della DL potranno essere utilizzati rulli con ruote metalliche vibranti e/o combinati.

Si avrà cura inoltre che la compattazione sia condotta con la metodologia più adeguata per ottenere uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

L'ESECUTORE prima dell'inizio dell'attività di stesa (almeno 15 giorni) dovrà presentare alla Direzione Lavori, per approvazione, una relazione, o un'Istruzione operativa, nella quale venga descritto il sistema di compattazione, elencando il numero dei rulli, le loro caratteristiche tecniche, la velocità durante la compattazione ed i tempi o le temperature d'inizio compattazione. Il sistema di stesa e compattazione e le caratteristiche, in opera, del conglomerato bituminoso dovranno essere qualificate, sulla base dell'Istruzione operativa, realizzando uno strato di prova dello stesso spessore e larghezza, di lunghezza non inferiore a 25 m.


g) Controlli finali

Per ogni lavorazione descritta nel presente Capitolato sono indicati i mezzi più adatti per eseguire un buon costipamento.

A riprova della presenza e del buon uso dei sistemi di compattazione dei diversi strati presenti in opera la percentuale dei vuoti (rilevabile da carotaggi) dovrà risultare nei limiti della Tab. 13.8.6 seguente:

Tab. 13.8.6 Limiti percentuale dei vuoti

Lavorazioni	% dei vuoti (Vm : UNI EN 12697-8)	
	min.	max.
Base	3	9
Binder	3	8
Usure A e B	3	8

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 13 SUB-BALLAST E PAVIMENTAZIONI STRADALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 13	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 009 B</u>	FOGLIO 38 di 54

Le verifiche potranno essere fatte anche in corso d'opera con possibilità di richiesta da parte della DL di variazione del sistema di compattazione..

Al termine della compattazione lo strato di base dovrà avere una densità uniforme, in tutto lo spessore, non inferiore al 98% di quella Marshall dello stesso giorno, determinata sul materiale prelevato all'impianto o alla stesa. Tale valutazione, da determinarsi attraverso prove su sei carote di almeno 10 cm di diametro prelevate nei punti indicati dalla DL, sarà eseguita sulla produzione giornaliera secondo UNI EN 12697-9 e almeno ogni 1000 m² realizzati. Il valore risulterà dalla media di due provini che serviranno anche per la determinazione degli spessori finali. Nel caso gli spessori delle carote risultassero inferiori a quelli teorici previsti per lo strato di base si procederà al prelievo di ulteriori 4 carote rappresentative degli stessi 1000 m².

Lo spessore medio di riferimento risulterà dalla media della lunghezza delle 6 carote prelevate.

In ogni caso non saranno ammessi sottospessori superiori al 15% dello spessore dello strato.

In caso di non accettabilità dello strato, si dovrà procedere a totale cura e spese dell'ESECUTORE, alla rimozione e al rifacimento delle parti difettose.

Sulle carote dovranno inoltre essere determinati:

- contenuto di bitume;
- granulometria degli aggregati;
- percentuale dei vuoti residui;
- trazione indiretta Brasiliana.

La superficie degli strati dovrà presentarsi priva di irregolarità e ondulazioni.

Un'asta rettilinea lunga 4,50 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita di ciascuno strato dovrà aderirvi uniformemente; saranno tollerati scostamenti contenuti nel limite di 10 mm, il tutto nel rispetto degli spessori e delle sagome di progetto, Tale controllo dovrà essere ripetuto ogni 1000 m² di pavimentazione finita.

13.8.4.3.4. Strato di collegamento (binder) e strato di usura

a) Aggregati

aa. Strato di collegamento (binder):

Per lo strato di collegamento (binder) valgono le seguenti prescrizioni:


I requisiti di accettazione degli aggregati impiegati per lo strato di collegamento dovranno essere conformi a quanto previsto dalle norme UNI EN 13043 e UNI EN 13055-2 per gli aggregati leggeri.

Per il prelevamento dei campioni destinati alle prove di controllo dei requisiti di accettazione vale la norma UNI EN 932 – 1 mentre per le modalità di esecuzione delle prove stesse valgono le normative di riportate nei par.13.8.2.1 “Leganti bituminosi di base e modificati” 13.8.2.2 “Emulsioni bituminose” e comunque funzione delle caratteristiche degli aggregati stessi richieste.

L'aggregato grosso dovrà essere costituito da elementi sani, duri, durevoli, a superficie ruvida, puliti ed esenti da polvere e da materiali estranei che non dovranno avere forma appiattita, allungata o lenticolare.

Le caratteristiche degli elementi che compongono la frazione grossa dovranno essere le seguenti:

- perdita di massa alla prova di abrasione Los Angeles, eseguita sulle singole pezzature, inferiore al 25% del totale UNI EN 1097-2

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 13 SUB-BALLAST E PAVIMENTAZIONI STRADALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 13	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 009 B</u>	FOGLIO 39 di 54

- coefficiente di appiattimento, escluso la massa di aggregati con pezzature inferiore a 4 mm, determinato in accordo alla UNI EN 933-3, deve essere inferiore o uguale a 15;
- esclusivo impiego di inerti frantumati (privi di facce tonde);
- coefficiente di imbibizione (UNI EN 13755) inferiore a 1%;

L'aggregato fino dovrà essere costituito da sabbie naturali e di frantumazione; la percentuale di queste ultime verrà determinata in relazione ai valori di scorrimento delle prove Marshall, ma comunque non dovrà essere inferiore al 70% della miscela delle sabbie che dovranno rispondere al seguente requisito:

- equivalente in sabbia determinato secondo UNI EN 933-8 non inferiore a 70.

Gli additivi (filler) provenienti dalla macinazione di rocce preferibilmente calcaree o costituiti da cemento, calce idrata, calce idraulica, dovranno soddisfare ai seguenti requisiti:

- alla prova UNI EN 933-10 dovranno risultare compresi nei seguenti limiti minimi:

setaccio UNI 2 mm	passante in peso 100%
setaccio UNI n. 0,125	passante in peso 85 - 100%
setaccio UNI n. 0,063	passante in peso 70 - 100%

- palla e anello (filler/bitume=1.5) (UNI EN 13179-1): $\Delta R \& B > 5\%$

L'ESECUTORE dovrà eseguire le prove di verifica delle caratteristiche sopra richieste alla qualificazione e ogni 500 m³ di conglomerato bituminoso fornito.

Nella confezione dei conglomerati bituminosi dei vari strati possono essere impiegate speciali sostanze chimiche attivanti l'adesione bitume-aggregato (agenti tensioattivi di adesività). Potranno essere impiegati negli strati di base e di collegamento mentre per quello di usura lo saranno a esclusivo giudizio del Direttore dei Lavori e senza che l'ESECUTORE possa chiedere compensi o indennizzi di sorta in quanto l'onere è compreso e compensato nei prezzi delle voci di tariffa.

Dovrà essere scelto tra i prodotti in commercio quello che, sulla base di prove comparative effettuate presso Laboratori autorizzati dal Direttore dei Lavori, avrà dato i migliori risultati e conservi le caratteristiche chimiche anche se sottoposto a temperature elevate e prolungate.

La presenza degli agenti tensioattivi nel legante bituminoso dovrà essere accertata mediante prova di separazione cromatografica su strato sottile.

Il dosaggio potrà variare in relazione alle condizioni di impiego, alla natura degli aggregati e alle caratteristiche del prodotto, tra lo 0,3% e lo 0,6% rispetto alla massa del bitume.

I tipi, i dosaggi e le tecniche di impiego dovranno ottenere il preventivo benessere della Direzione Lavori.


L'immissione delle sostanze tensioattive nel bitume dovrà essere realizzata con idonee attrezzature tali da garantirne la loro perfetta dispersione e l'esatto dosaggio.

ab. Strato di usura:

Per lo strato di usura valgono le seguenti prescrizioni:

I requisiti di accettazione degli aggregati impiegati per lo strato di usura dovranno essere conformi a quanto previsto dalle norme UNI EN 13043 e UNI EN 13055-2 per gli aggregati leggeri.

Per il prelevamento dei campioni destinati alle prove di controllo dei requisiti di accettazione vale la norma

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 13 SUB-BALLAST E PAVIMENTAZIONI STRADALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 13	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 009 B</u>	FOGLIO 40 di 54

UNI EN 932 – 1 mentre per le modalità di esecuzione delle prove stesse valgono le normative di riportate nel par.13.8.2.1 “Leganti bituminosi di base e modificati”, 13.8.2.2 “Emulsioni bituminose” e comunque funzione delle caratteristiche degli aggregati stessi richieste.

L'aggregato grosso dovrà essere costituito da elementi sani, duri, durevoli, a superficie ruvida, puliti ed esenti da polvere e da materiali estranei che non dovranno avere forma appiattita, allungata o lenticolare.

Le caratteristiche degli elementi che compongono la frazione grossa dovranno essere le seguenti:

- perdita di massa alla prova di abrasione Los Angeles, eseguita sulle singole pezzature, inferiore al 20% del totale UNI EN 1097-2;
- il coefficiente di appiattimento, esclusa la massa di aggregati con pezzature inferiore a 4 mm, determinato in accordo alla UNI EN 933-3, deve essere inferiore o uguale a 15;
- Esclusivo impiego di inerti frantumati (privi di facce tonde);
- coefficiente di imbibizione (UNI EN 13755) inferiore a 1%;
- resistenza alla levigatezza pari a PSV= 44 (UNI EN 1097-8), calcolato col metodo del PSVmix;
- resistenza al gelo/disgelo inferiore o uguale a 1% (UNI EN 1367-1)

L'aggregato fino dovrà essere costituito da sabbie naturali e di frantumazione; la percentuale di queste ultime verrà determinata in relazione ai valori di scorrimento delle prove Marshall, ma comunque non dovrà essere inferiore al 70% della miscela delle sabbie che dovranno rispondere al seguente requisito:

- equivalente in sabbia determinato secondo UNI EN 933-8 non inferiore a 70.

Gli additivi (filler) provenienti dalla macinazione di rocce preferibilmente calcaree o costituiti da cemento, calce idrata, calce idraulica, dovranno soddisfare ai seguenti requisiti:

- alla prova UNI EN 933-10 dovranno risultare compresi nei seguenti limiti minimi:
 - setaccio UNI 2 mm passante in peso 100%
 - setaccio UNI n. 0,125 passante in peso 85 - 100%
 - setaccio UNI n. 0,063 passante in peso 70 - 100%
- palla e anello (filler/bitume=1.5) (UNI EN 13179-1): $\Delta R \& B > 5\%$

L'ESECUTORE dovrà eseguire le prove di verifica delle caratteristiche sopra richieste alla qualificazione e ogni 500 m³ di conglomerato bituminoso fornito.


Nella confezione dei conglomerati bituminosi dei vari strati possono essere impiegate speciali sostanze chimiche attivanti l'adesione bitume-aggregato (agenti tensioattivi di adesività). Potranno essere impiegati negli strati di base e di collegamento mentre per quello di usura lo saranno a esclusivo giudizio del Direttore dei Lavori e senza che l'ESECUTORE possa chiedere compensi od indennizzi di sorta in quanto l'onere è compreso e compensato nei prezzi delle voci di tariffa.

Dovrà essere scelto tra i prodotti in commercio quello che sulla base di prove comparative effettuate presso Laboratori autorizzati dal Direttore dei Lavori avrà dato i migliori risultati e conservi le caratteristiche chimiche anche se sottoposto a temperature elevate e prolungate.

La presenza degli agenti tensioattivi nel legante bituminoso dovrà essere accertata mediante prova di separazione cromatografica su strato sottile.

Il dosaggio potrà variare in relazione alle condizioni di impiego, alla natura degli aggregati e alle caratteristiche del prodotto, tra lo 0,3% e lo 0,6% rispetto alla massa del bitume.

I tipi, i dosaggi e le tecniche di impiego dovranno ottenere il preventivo benessere della Direzione Lavori.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 13 SUB-BALLAST E PAVIMENTAZIONI STRADALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 13	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 009 B</u>	FOGLIO 41 di 54

L'immissione delle sostanze tensioattive nel bitume dovrà essere realizzata con idonee attrezzature tali da garantirne la loro perfetta dispersione e l'esatto dosaggio.

b) Legante

Il legante bituminoso dovrà avere le caratteristiche indicate al par. par.13.8.2.1 "Leganti bituminosi di base e modificati".

c) Miscela

Le miscele degli aggregati nel caso di strato di collegamento e tappeto di usura dovranno avere rispettivamente la composizione granulometrica contenuta nei fusi della Tab. 13.8.7:

Tab. 13.8.7 Fusso granulometrico per strato di collegamento e tappeto di usura


MISCELA	Passante % totale in massa		
	Binder	Strato di usura tipo A	Strato di usura tipo B
Setaccio20	100	-	-
Setaccio16	90 - 100	100	-
Setaccio12,5	66 - 86	90 - 100	100
Setaccio8	52 - 72	70 - 88	90 - 100
Setaccio4	34 - 54	40 - 58	44 - 64
Setaccio2	25 - 40	25 - 38	28 - 42
Setaccio0,5	10 - 22	10 - 20	12 - 24
Setaccio0,25	6 - 16	8 - 16	8 - 18
Setaccio0,063	4 - 8	6 - 10	6 - 10

Le caratteristiche degli strati saranno:

- Per il binder, quantità di bitume riferito alla miscela in rapporto al 4,1%-5,5% (UNI EN 12697-1 e 39) e spessori compresi tra 4 e 8 cm;
- Per gli strati di usura, quantità di bitume riferiti alla miscela in rapporto al 4,5%-6,1% (UNI EN 12697-1 e 39) e spessori compresi tra 4 e 6 cm per l'usura tipo A e 3 cm per il tipo B.

Il tenore di bitume riferito alla massa totale degli aggregati dovrà comunque essere il minimo che consenta il raggiungimento dei valori di Stabilità Marshall e compattezza richiesti.

Il conglomerato bituminoso dello strato di collegamento e del tappeto di usura dovrà avere i requisiti indicati nella Tab. 13.8.8:

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 13 SUB-BALLAST E PAVIMENTAZIONI STRADALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 13	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 009 B</u>	FOGLIO 42 di 54

Tab. 13.8.8 Requisiti fisico-meccanici dello strato di binder e del tappeto di usura

Caratteristiche	Norma di riferimento	Strato di collegamento	Tappeto di usura
a) Stabilità Marshall (kN)	UNI EN 12697-34	≥ 10	≥ 12
b) Scorrimento (mm)	UNI EN 12697-34	≤ 14	≤ 13,5
c) Rigidità (a/b)	UNI EN 12697-34	> 3,5	> 5,0
d) Vuoti residui (%)	UNI EN 12697-8	≥ 3 e ≤ 6	≥ 4 e ≤ 6
e) Perdita stabilità Marshall (%)		≤ 25	≤ 25
f) Prova trazione indiretta (brasileana) (vedere se mettere)	UNI EN 12697-23	0,6	0,7

Per la preparazione dei provini valgono le stesse prescrizioni indicate per il conglomerato di base al par. 13.8.4.3.3 “Strato di base”

Nel caso di impiego di bitumi modificati dovranno essere eseguite, per ogni 1.000 m² di pavimentazione finita, le seguenti prove con i relativi limiti di accettazione:

- deformazione mediante prova d'impronta a 60°C, per un'ora, minore di 2,5 mm (CNR-BU n. 136);
- prova di trazione indiretta a 25 °C maggiore di 1,2 N/mm²(UNI EN 12697-23).

Nel caso in cui la prova Marshall venga effettuata a titolo di controllo della stabilità del conglomerato prodotto, i relativi provini dovranno essere confezionati con materiale prelevato presso l'impianto di produzione e immediatamente costipato senza alcun ulteriore riscaldamento. In tal modo la temperatura di costipamento consentirà anche il controllo delle temperature operative.

d) Controllo dei requisiti di accettazione

Valgono le stesse prescrizioni indicate per lo strato di base al par. 13.8.4.3.3-d).

e) Confezionamento delle miscele


Valgono le stesse prescrizioni indicate per lo strato di base al par. 13.8.4.3.3-e).

f) Trasporto e posa in opera delle miscele

Valgono le stesse prescrizioni indicate per lo strato di base al par. 13.8.4.3.3-f).

g) Controlli finali

Valgono le stesse prescrizioni indicate per lo strato di base al par. 13.8.4.3.3-g).

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 13 SUB-BALLAST E PAVIMENTAZIONI STRADALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 13	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 009 B</u>	FOGLIO 43 di 54

13.9. SUB – BALLAST

Lo strato di sub-ballast dovrà essere eseguito con conglomerato bituminoso impastato a caldo in adatto impianto di miscelazione di tipo stradale, steso in opera in strato finito compreso tra 8 cm e 12 cm con macchina vibrofinitrice e costipato con idonei rulli metallici e gommati, secondo le caratteristiche e modalità indicate nel seguito.

Soltanto in caso d'interventi particolari, in manutenzione straordinaria, potrà utilizzarsi sub-ballast in misto cementato, con caratteristiche analoghe a quelle indicate nel par. 13.8.4.1 "Fondazione in misto cementato confezionato in centrale". In quest'ultimo caso, salvo diversa indicazione del progettista, il misto cementato dovrà essere steso in strato dello spessore finito di 20 cm dando alla superficie superiore la pendenza trasversale, a partire dall'asse, del 3,5%. Tale strato dovrà essere protetto sulla superficie superiore con emulsione bituminosa con contenuto del 50% di bitume e in ragione di 1,5 Kg/m². All'occorrenza lo strato di misto cementato dovrà essere steso con piani di ripresa verticali.

13.9.1. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI COSTITUENTI

Il conglomerato è costituito da una miscela di inerti nuovi (ghiaie, pietrischi, graniglie, sabbie ed additivi) impastata a caldo con bitume semisolido di cui al par. 13.8.2.1 "Leganti bituminosi di base e modificati" di seguito denominato "Bitume", in impianti di tipo fisso automatizzati. Ai fini del loro impiego i conglomerati bituminosi dovranno avere la marcatura CE di cui al par. 13.5.1 "CARATTERISTICHE DEI MATERIALI".

13.9.1.1. Materiali inerti

Gli inerti dovranno essere costituiti da elementi sani, duri, di forma poliedrica, puliti esenti da polvere e da materiali estranei secondo le norme UNI EN 13043.

Gli elementi litoidi non dovranno mai avere forma appiattita, allungata o lenticolare.

La miscela degli inerti è costituita dall'insieme di aggregati grossi e di aggregati fini e di eventuali additivi (filler) secondo la definizione delle norme UNI EN 13108-1. Ai fini dell'impiego è obbligatoria l'attestazione di conformità (CE) da parte del produttore relativamente (almeno) ai requisiti richiesti.

13.9.1.2. Aggregati


I requisiti di accettazione degli aggregati impiegati dovranno essere conformi a quanto previsto alle norme UNI EN 13043 e UNI EN 13055-2 per gli aggregati leggeri.

Per il prelevamento dei campioni destinati alle prove di controllo dei requisiti di accettazione vale la norma UNI EN 932 – 1 mentre per le modalità di esecuzione delle prove stesse valgono le normative riportate nel par. 13.8.4.2 "Misto granulare stabilizzato per fondazione e sottofondazione" e comunque in funzione delle caratteristiche degli aggregati stessi richieste.

L'aggregato grosso dovrà essere costituito da elementi sani, duri, durevoli, a superficie ruvida, puliti ed esenti da polvere e da materiali estranei e non dovranno avere forma appiattita, allungata o lenticolare.

Le caratteristiche degli elementi che compongono la frazione grossa dovranno essere le seguenti:

- perdita di massa alla prova di abrasione Los Angeles, eseguita sulle singole pezzature, inferiore al 30% del totale (UNI EN 1097-2)
- coefficiente di appiattimento, esclusa la massa di aggregati con pezzature inferiore a 4 mm, determinato in

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 13 SUB-BALLAST E PAVIMENTAZIONI STRADALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 13	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 009 B</u>	FOGLIO 44 di 54

accordo alla UNI EN 933-3, inferiore o uguale a 15;

- coefficiente di imbibizione (EN 13755) inferiore a 1%.

L'aggregato fino dovrà essere costituito da sabbie naturali e/o di frantumazione che si integrino opportunamente dal punto di vista granulometrico. La percentuale di queste ultime verrà determinata in relazione ai valori di scorrimento delle prove Marshall ma, comunque, non dovrà essere inferiore al 70%. La miscela dovrà essere inoltre caratterizzata da un valore di "equivalente in sabbia" non inferiore a 70 (UNI EN 933-8).

Gli eventuali additivi dovranno essere perfettamente asciutti e privi di agglomerazioni provenienti dalla macinazione di rocce preferibilmente calcaree o costituiti da cemento, calce idrata, calce idraulica, polveri d'asfalto e dovranno soddisfare i seguenti requisiti:

- passante in massa al setaccio UNI 0,60 (ASTM n. 30) 100%
- passante in massa al setaccio UNI 0,15 (ASTM n. 100) $\geq 90\%$;
- passante in massa al setaccio UNI 0,063 (ASTM n 200) $\geq 70\%$.

L'analisi granulometrica dovrà essere eseguita per via umida.

L'ESECUTORE dovrà eseguire le prove di verifica delle caratteristiche soprarichieste alla qualificazione e ogni 500 m³ di conglomerato bituminoso fornito.

Nel caso di aggregati di natura acida dovranno essere impiegate speciali sostanze chimiche attivanti l'adesione bitume - aggregato (agenti tensioattivi di adesività) secondo le percentuali ottimali previste per ciascun tipo di attivante senza che l'ESECUTORE possa chiedere compensi od indennizzi di sorta.

Dovrà essere scelto tra i prodotti in commercio quello che sulla base di prove comparative effettuate presso Laboratori qualificati dal Direttore dei Lavori avrà dato i migliori risultati e conservi le caratteristiche chimiche anche se sottoposto a temperature elevate e prolungate.

La presenza degli agenti tensioattivi nel legante bituminoso dovrà essere accertata mediante prova di separazione cromatografica su strato sottile.

Il dosaggio potrà variare in relazione alle condizioni di impiego, alla natura degli aggregati e alle caratteristiche del prodotto, tra lo 0,3% e lo 0,6% rispetto alla massa del bitume.


I tipi, i dosaggi e le tecniche di impiego dovranno ottenere il preventivo benessere della Direzione Lavori.

L'immissione delle sostanze tensioattive nel bitume dovrà essere realizzata con idonee attrezzature tali da garantirne la loro perfetta dispersione e l'esatto dosaggio.

13.9.1.3. Legante bituminoso, caratteristiche di confezionamento e controllo delle miscele

Il legante bituminoso, di norma, dovrà essere del tipo 50/70 e avere le caratteristiche indicate nella Tab. 13.8.1 Caratteristiche dei bitumi di base.

Quando necessario, il conglomerato bituminoso può essere additivato senza richiesta di maggiori compensi, con elastomeri o con inerti speciali (loppe di altoforno, ecc.). I tratti in cui viene effettuata tale additivazione devono essere preventivamente concordati con le FERROVIE alle quali devono essere comunicate le caratteristiche dei materiali che si intendono impiegare, i relativi dosaggi ottimali nonché i miglioramenti effettivi che si intendono raggiungere. Comunque l'aggiunta dell'elastomero va effettuata durante la miscelazione dell'impasto, mediante una pompa dosatrice o altro sistema idoneo a non alterare la stabilità dell'elastomero; l'immissione di questo deve avvenire dopo l'inizio della spruzzatura del bitume e terminare in tempo utile per consentire l'uniforme mescolamento finale dell'impasto. Il conglomerato bituminoso,

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 13 SUB-BALLAST E PAVIMENTAZIONI STRADALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 13	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 009 B</u>	FOGLIO 45 di 54

additivato con elastomero richiede temperatura di impasto, stesa e rullatura più elevata di almeno 10 °C rispetto a quella del conglomerato normale. Nel laboratorio di cantiere o comunque in laboratorio devono essere effettuate prove del complesso delle caratteristiche dei componenti della miscela e del conglomerato finito con la frequenza stabilita dal Committente tutte le volte che verrà cambiato l'impianto di produzione.

13.9.2. MISCELA

Le miscele dovranno avere una composizione granulometrica determinata in conformità con la UNI EN 13108-1 e UNI EN 12697-2 utilizzando i setacci appartenenti al gruppo base +2 e compresa nei fusi di seguito elencati e una percentuale di bitume riferita al peso della miscela, compresa tra i sotto indicati intervalli per i diversi tipi di conglomerato.

Il tenore di bitume riferito alla massa totale degli aggregati dovrà essere compreso tra 4,1% e 4,8%(UNI EN 12697-1 e 39). Il rapporto in peso filler-bitume deve essere compreso tra 1,5 e 2.


Il conglomerato bituminoso per sub-ballast dovrà avere i seguenti requisiti:

- la miscela degli aggregati da adottarsi dovrà avere una composizione granulometrica contenuta nel fuso indicato nella Tab. 13.9.1:

Tab. 13.9.1 Fuso granulometrico per sub-ballast

MISCELA	Passante
Serie setacci UNI	% totale in massa
Setaccio31,5	100
Setaccio20	80 - 100
Setaccio10	54 - 76
Setaccio4	36 - 56
Setaccio2	23 - 40
Setaccio0,5	10 - 22
Setaccio0,25	8 - 16
Setaccio0,063	6 - 10

- valore della Stabilità Marshall UNI EN 12697-34 eseguita a 60° C su provini costipati con 75 colpi di maglio per faccia, non inferiore a 10 kN e lo scorrimento compreso tra 2,0 e 4,0 mm. Il valore della rigidità Marshall, cioè il rapporto tra la stabilità misurata in kN e lo scorrimento misurato in mm, dovrà essere superiore a 2,5 kN/mm;
- gli stessi provini per i quali viene determinata la stabilità Marshall dovranno presentare una percentuale di vuoti residui compresa fra 3% e 6% secondo la UNI EN 12697-8;
- perdita di stabilità Marshall: non superiore al 25% (ottenuta dal confronto della stabilità Marshall originaria con quella misurata su provini mantenuti per 24 ore in acqua a 60° C);
- trazione indiretta con la prova Brasiliana (EN 12697-23) superiore a 8 daN/cm² (prova eseguita su provini Marshall a 20°C e velocità di 51 mm/min);

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 13 SUB-BALLAST E PAVIMENTAZIONI STRADALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 13	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 009 B</u>	FOGLIO 46 di 54

Il comportamento della miscela ad azioni dinamiche sarà verificato determinando:

- il modulo dinamico a 20° C e a 30° C (frequenza 10 Hertz);
- la resistenza allo scorrimento dinamico: (frequenza 10 Hertz, 2 bar di ampiezza della pressione verticale sinusoidale, a 30° C e con pressione laterale di 1,5 bar).

L'ESECUTORE dovrà prestare particolare attenzione nelle seguenti operazioni:

- gli impasti devono essere preparati in idonei impianti di mescolamento atti ad assicurare la perfetta essiccazione degli inerti ed il loro riscaldamento uniforme alla temperatura di impasto;
- l'efficace separazione, mediante vagliatura, delle varie classi granulometriche e la loro successiva miscelazione con idonee apparecchiature che ne assicurino il preciso dosaggio in peso;
- la separazione della polvere dagli aggregati ed il suo accumulo nell'apposito sito di recupero; tale polvere potrà essere reimpiegata come filler solo se di natura calcarea ed in percentuale tale da coprire non più della metà del fabbisogno totale del filler, comunque subordinatamente all'approvazione di FERROVIE;
- lo stoccaggio del filler extra in apposito silos, la sua uniforme alimentazione ed il suo corretto dosaggio e peso;
- lo stoccaggio del bitume in quantità adeguata alla capacità di produzione dell'impianto, il suo riscaldamento uniforme alla temperatura d'impasto ed il suo corretto dosaggio a peso;
- lo stoccaggio degli eventuali additivi, la loro uniforme alimentazione ed il corretto dosaggio a volume o a peso;
- il miscelamento completo ed uniforme degli inerti con il legante o con gli eventuali additivi. L'impianto di mescolamento deve inoltre essere munito di termometri collegati all'uscita del cilindro essiccatore ed alle tramogge a caldo. Le cisterne del bitume devono essere fornite di sistema di riscaldamento, di tipo adatto ad evitare surriscaldamenti locali nonché di termostato e di termometro. I sistemi di dosaggio, i termometri ed i termostati devono essere verificati periodicamente onde assicurarne sempre la precisione.

13.9.3. CONTROLLO DEI REQUISITI DI ACCETTAZIONE

L'ESECUTORE ha l'obbligo di fare eseguire tutte le prove richieste sui campioni di aggregato e di legante per la relativa accettazione.

L'ESECUTORE è tenuto a presentare con almeno 30 giorni di anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni e per ogni cantiere di confezione lo studio delle miscele che intende adottare, secondo il metodo Marshall.

Ogni composizione proposta dovrà essere corredata da una completa documentazione delle determinazioni effettuate in laboratorio, attraverso le quali l'ESECUTORE avrà ricavato la composizione ottimale.


La Direzione Lavori si riserva di approvare le miscele o di fare eseguire nuove sperimentazioni.

L'approvazione non ridurrà comunque la responsabilità dell'ESECUTORE, in merito al raggiungimento dei requisiti finali dei conglomerati in opera.

Non sarà ammessa una variazione del contenuto di aggregato grosso superiore a $\pm 5\%$, di sabbia superiore a $\pm 3\%$ e di additivo superiore a $\pm 1,5\%$ sulla percentuale corrispondente alla curva granulometrica definita nello studio preliminare.

Per la quantità di bitume non sarà tollerato uno scostamento dalla percentuale stabilita maggiore di $\pm 0,3\%$.

In ogni cantiere di lavoro dovrà essere installato a cura e spese dell'ESECUTORE un laboratorio idoneamente attrezzato per le prove e i controlli in corso di produzione e finali, condotto da personale appositamente addestrato.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 13 SUB-BALLAST E PAVIMENTAZIONI STRADALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 13	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 009 B</u>	FOGLIO 47 di 54

In questo laboratorio dovranno essere effettuate, quando necessarie e almeno con frequenza giornaliera:

- la verifica granulometrica dei singoli aggregati approvvigionati in cantiere e quella degli aggregati stessi all'uscita dei vagli di riclassificazione;
- la verifica della composizione del conglomerato (granulometria degli aggregati, percentuale del bitume, percentuale di additivo) prelevando il conglomerato all'uscita del mescolatore o a quella della tramoggia di stoccaggio;
- la verifica delle caratteristiche Marshall del conglomerato e precisamente:
 - massa volumica (UNI EN 12697-9);
 - percentuale di vuoti (UNI EN 12697-8);
 - stabilità e rigidità Marshall (UNI EN 12697-34);
 - umidità residua degli aggregati all'uscita dall'essiccatore;
 - ogni altro controllo ritenuto opportuno dalla Direzione Lavori.

Inoltre saranno effettuati i seguenti controlli:

- taratura delle bilance e dei termometri dell'impianto (mensile);
- caratteristiche del bitume (settimanale).

In cantiere dovrà essere tenuto apposito registro numerato e vidimato dalla Direzione Lavori sul quale l'ESECUTORE dovrà giornalmente registrare tutte le prove e i controlli effettuati.

In corso d'opera e in ogni fase delle lavorazioni la Direzione Lavori effettuerà, a sua discrezione, tutte le verifiche, prove e controlli, atti ad accertare la rispondenza qualitativa e quantitativa dei lavori alle prescrizioni contrattuali.

13.9.4. CONFEZIONE DELLE MISCELE

Il conglomerato sarà confezionato mediante impianti fissi automatizzati, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

La produzione di ciascun impianto non dovrà essere spinta oltre la sua potenzialità per non pregiudicare il perfetto essiccamento, l'uniforme riscaldamento della miscela e una perfetta vagliatura che assicuri un' idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati; resta pertanto escluso l'uso dell'impianto a scarico diretto.


L'impianto dovrà comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare miscele del tutto rispondenti a quelle di progetto.

Il dosaggio dei costituenti della miscela dovrà essere eseguito a massa mediante idonea apparecchiatura la cui efficienza dovrà essere costantemente controllata.

Ogni impianto dovrà assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta e a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione nonché il perfetto dosaggio sia del bitume che dell'additivo.

La zona destinata allo stoccaggio degli aggregati sarà preventivamente e convenientemente sistemata per eliminare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre i cumuli delle diverse classi dovranno essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura.

Il tempo di miscelazione effettivo sarà stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto e dell'effettiva temperatura raggiunta dai costituenti la miscela, in misura tale da permettere un completo e uniforme rivestimento degli aggregati con il legante; comunque esso non dovrà mai scendere al di sotto dei 30 secondi.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 13 SUB-BALLAST E PAVIMENTAZIONI STRADALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 13	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 009 B</u>	FOGLIO 48 di 54

Le temperature d'impasto devono essere, di norma, salvo diverse disposizioni del Progettista in rapporto al tipo di bitume impiegato, le seguenti:

- bitume 170° ± 10 C
- aggregati 165 ° ± 10 C
- filler ambiente
- additivi ambiente

Per la verifica delle suddette temperature, gli essiccatori, le caldaie e le tramogge “calde” degli impianti dovranno essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e tarati mensilmente.

L'umidità residua degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non dovrà di norma superare lo 0,2 %.

13.9.5. TRASPORTO E POSA IN OPERA DELLE MISCELE

Il trasporto del conglomerato dall'impianto di confezione al cantiere di stesa dovrà avvenire mediante mezzi di trasporto a cassone metallico a perfetta tenuta, di adeguata portata, puliti, efficienti e comunque sempre dotati di coperture per evitare raffreddamenti superficiali eccessivi e formazione di crostoni. Per evitare l'adesione dell'impasto al fondo e alle pareti del cassone, questi possono essere umettati con olio o gasolio, avendo però cura di asportare ogni eccesso di tali materiali onde evitare l'inquinamento dell'impasto. La percorrenza stradale dall'impianto di confezionamento al cantiere di stesa non dovrà essere superiore a 70 Km.

Prima della stesa del conglomerato sullo strato di supercompattato, per garantire l'adesione, si dovrà provvedere alla rimozione della sabbia e/o parti fini eventualmente presenti.

La miscela bituminosa verrà stesa sul piano finito della piattaforma dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza di quest'ultima ai requisiti richiesti di quota, sagoma, densità e portanza previsti nella sezione 5 “Opere in terra e scavi” del presente Capitolato.

La posa in opera dei conglomerati bituminosi verrà effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici munite di piastre vibranti riscaldate, del tipo approvato dalla Direzione Lavori, in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento atti ad assicurare che la superficie finale dello strato steso e compatto risulti perfettamente sagomata e conforme ai profili ed alle pendenze in progetto.

La DL si riserva la facoltà di poter far variare la tecnologia ritenuta non opportuna.

Le vibrofinitrici dovranno comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti a segregazioni degli elementi litoidi più grossi.


Nella stesa si dovrà porre la massima cura alla formazione di giunti longitudinali preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una strisciata alla precedente con l'impiego di 2 o più finitrici.

Qualora ciò non fosse possibile, il bordo della striscia già realizzata dovrà essere spalmato con emulsione bituminosa acida, al 55% in massa, per assicurare la saldatura della striscia successiva.

Se il bordo risulta danneggiato o arrotondato si dovrà procedere al taglio verticale con idonea attrezzatura.

I giunti trasversali derivanti dalle interruzioni giornaliere dovranno essere realizzati sempre dopo taglio e asportazione della parte terminale di azzeramento, mentre sui giunti d'inizio lavorazione si dovrà provvedere all'asporto dello strato sottostante mediante fresatura.

La sovrapposizione dei giunti longitudinali tra i vari strati sarà programmata e realizzata in maniera che essi risultino fra di loro sfalsati di almeno cm 20.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 13 SUB-BALLAST E PAVIMENTAZIONI STRADALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 13	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 009 B</u>	FOGLIO 49 di 54

Nel caso che l'ESECUTORE scelga di realizzare lo strato di 12 cm in un'unica stesa ma su metà piattaforma, il giunto longitudinale deve coincidere con l'asse piattaforma.

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la finitrice, non dovrà essere inferiore a 140°C. Nel caso di conglomerati bituminosi confezionati con bitume modificato la temperatura di stesa non dovrà essere inferiore a 160 °C.

La stesa del sub-ballast dovrà essere sospesa quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro, in particolare quando la temperatura dell'aria scende sotto 5°C, quando il piano di posa si presenta sporco e/o bagnato. Per evitare soste durante la lavorazione, che possono provocare irregolarità nella stesa, la velocità di avanzamento della finitrice deve essere regolata in base all'effettiva capacità di approvvigionamento del conglomerato bituminoso.

Gli strati eventualmente compromessi, con densità inferiori a quelle richieste, dovranno essere immediatamente rimossi e successivamente ricostruiti a cura e spese dell'ESECUTORE.

La compattazione dei conglomerati dovrà iniziare subito dopo la stesa con vibrofinitrice e sarà condotta a termine senza soluzione di continuità.

La compattazione del conglomerato bituminoso deve essere eseguita immediatamente dopo la stesa, con rulli che consentano un adeguato ed uniforme costipamento dell'impasto nonché la corretta finitura e sagomatura della superficie dello strato. Devono pertanto essere impiegati almeno un rullo gommato e uno metallico, semoventi e a rapida inversione di marcia o sistemi misti. La rullatura deve essere iniziata alla più alta temperatura possibile dell'impasto steso, comunque, non inferiore a 130 gradi °C, procedendo a compattare anzitutto il giunto longitudinale con la striscia precedentemente stesa, previa spalmatura di una mano di bitume nel giunto, passando poi a rullare l'altro lato della nuova striscia, proseguendo, quindi, gradualmente verso il centro (ogni passaggio del rullo deve essere sovrapposto per circa metà larghezza al passaggio precedente) e tornando infine sul giunto longitudinale. La piattaforma completa deve essere ottenuta con sole due strisciate con giunto coincidente con l'asse della piattaforma. Questa operazione va ripetuta per ciascun rullo adoperato finché l'impasto non mostri più alcun aggrinzamento al passaggio del rullo; per contro l'operazione deve essere interrotta se si manifesta una eccessiva tendenza al dislocamento dell'impasto per temperatura troppo alta o alla fessurazione per temperatura troppo bassa. Allo scopo di impedire la formazione di impronte permanenti, si deve assolutamente evitare che i rulli vengano arrestati sullo strato ancora caldo. La stesa e la rullatura devono essere eseguite in modo che l'avanzamento giornaliero sia completo sull'intera larghezza della piattaforma.


L'ESECUTORE prima dell'inizio dell'attività di stesa (almeno 15 giorni) dovrà presentare alla Direzione Lavori, per approvazione, una relazione o un'Istruzione operativa nella quale venga descritto il sistema di compattazione, elencando il numero dei rulli, le loro caratteristiche tecniche, la velocità durante la compattazione ed i tempi o le temperature d'inizio compattazione. Il sistema di stesa e compattazione e le caratteristiche in opera del conglomerato bituminoso dovranno essere qualificate, sulla base della suddetta Istruzione operativa, realizzando uno strato di prova dello stesso spessore e larghezza e di lunghezza non inferiore a 25 (venticinque) m.

Si avrà cura inoltre che la compattazione venga condotta con la metodologia più adeguata per ottenere uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

13.9.6. CONTROLLI FINALI

Al termine della compattazione dovranno essere eseguiti i seguenti controlli finali:

1.Densità: La densità (UNI EN 12697-9) di tasselli o carote indisturbati, prelevati dallo strato completato,

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 13 SUB-BALLAST E PAVIMENTAZIONI STRADALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 13	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 009 B</u>	FOGLIO 50 di 54

non deve essere inferiore al 98% della densità dei provini Marshall corrispondenti.

Tale valutazione sarà eseguita sulla produzione giornaliera secondo UNI EN 12697-9e almeno ogni 1.000 m² realizzati. La densità dello strato realizzato sarà determinata dalla media di quella relativa a due carote di diametro non inferiore a 10 cm che dovranno essere prelevate nei punti indicati dal DL.

2. Caratteristiche del conglomerato: sulle stesse due carote del punto 1. dovranno inoltre essere determinati:

- contenuto di bitume: si ammette uno scostamento massimo rispetto al valore di qualifica pari allo 0,2%;
- granulometria degli aggregati: sono ammesse le seguenti tolleranze rispetto ai valori di qualifica:
 - aggregato grosso: +/- 5%;
 - aggregato fino (sabbia): +/- 3%;
 - filler (additivo): +/- 0,3%.
- trazione indiretta Brasiliana (UNI EN 12697-23): non minore di 0,6 N/mm²;
- percentuale dei vuoti residui (UNI EN 12697-8): compresa fra il 3% ed il 6%.

3. Spessore dello strato: le stesse carote saranno utilizzate anche per la determinazione dello spessore finale dello strato, per il quale si ammette una tolleranza massima di 0,5 cm in meno rispetto allo spessore di progetto.

Nel caso in cui lo spessore, anche di una sola carota, risultasse inferiore a tale limite, si procederà al prelievo di almeno ulteriori 4 carote in punti scelti dalla DL nell'ambito dei 1.000 m² (o della superficie realizzata nella giornata) da controllare.

In prossimità dei punti in cui è stato riscontrato il ridotto spessore saranno eseguite prove di carico su piastra aggiuntive rispetto a quelle sotto indicate.

Lo spessore dello strato sarà considerato accettabile se:

- non si saranno ottenuti complessivamente più di due valori fuori tolleranza;
- non si saranno ottenuti casi di sottospessori maggiori di 1 cm;
- tutte le prove di carico su piastra avranno dato risultato positivo.

4. Modulo di deformazione: lo strato finito dovrà avere un modulo di deformazione misurato con prova di carico su piastra (primo modulo di deformazione con modalità di cui al Bollettino Ufficiale CNR n° 146 dell'14/12/1992, ma con temperatura dello strato compresa tra 20°C e 30°C) non inferiore a 200 N/mm².

Qualora la prova venga eseguita quando la temperatura dello strato è compresa tra 10°C e 19,9°C, il modulo risultante dovrà essere non inferiore a 220 N/mm².


La prova non può essere eseguita quando la temperatura dello strato è inferiore a 10°C.

Tale determinazione deve essere eseguita attraverso due prove effettuate presso i punti dai quali sono state prelevate le prime due carote ed eventualmente attraverso le prove aggiuntive eseguite, come sopra indicato, nei punti con ridotto spessore.

5. Regolarità della superficie: la superficie degli strati dovrà presentarsi priva di irregolarità e ondulazioni. Un'asta rettilinea lunga 4,50 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita di ciascuno strato dovrà aderirvi uniformemente; saranno tollerati scostamenti contenuti nel limite di 10 mm, il tutto nel rispetto degli spessori e delle sagome di progetto; tale controllo dovrà essere ripetuto ogni 1000 m² di strato di sub-ballast finito.


6. Quota: la quota finale dell'asse e dei cigli del rilevato misurata sopra il sub-ballast deve rispettare quella di progetto con il margine di tolleranza +1cm, -2cm.

La misura deve essere presa a cedimenti esauriti o quando il gradiente di sviluppo dei cedimenti sia prossimo

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 13 SUB-BALLAST E PAVIMENTAZIONI STRADALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 13	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 009 B</u>	FOGLIO 51 di 54

a zero e lasci prevedere un cedimento residuo trascurabile in rapporto alle tolleranze.

Nel caso in cui anche uno solo dei requisiti sopra indicati non sia rispettato, si procederà, a totale cura e spese dell'ESECUTORE, all'individuazione della zona non accettabile, alla sua demolizione ed al suo rifacimento.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 13 SUB-BALLAST E PAVIMENTAZIONI STRADALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 13	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 009 B</u>	FOGLIO 52 di 54

13.10. PAVIMENTAZIONI DI OPERE STRADALI ACCESSORIE

Perimetralmente alle aree di lavoro e/o manovra e lungo le strade ove sia previsto il transito di persone, dovranno essere previsti appositi percorsi preferenziali per la viabilità pedonale realizzati mediante marciapiedi.

Le dimensioni e la sezione trasversale dei marciapiedi saranno definiti dai disegni di progetto; le caratteristiche principali dei materiali e quelle inerenti la realizzazione sono definite nel seguito.

13.10.1. Marciapiedi

a - Cordoli

I marciapiedi saranno di norma delimitati (verso il piano viario) da un cordolo in conglomerato cementizio prefabbricato (o in pietra da taglio); le dimensioni del cordolo saranno quelle specificate nei disegni di progetto.

Gli elementi costituenti i cordoli, rettilinei o curvilinei con spigoli vivi o arrotondati, dovranno essere dotati di idonei sistemi di incastro (maschio-femmina) e i giunti dovranno essere sigillati con malta cementizia a ritiro compensato e con rapporto a/c inferiore a 0,50.

I cordoli dovranno essere posati su malta cementizia di allettamento e dovranno essere realizzati in maniera tale da consentire il convogliamento e il regolare deflusso delle acque meteoriche.

b - Pavimentazione

I marciapiedi potranno essere pavimentati con:

- asfalto colato;
- mattonelle di asfalto naturale compresso;
- cubetti di porfido;
- masselli di calcestruzzo.

b.1 - Pavimentazione in asfalto colato


Dovrà essere eseguita su idoneo sottofondo, per uno spessore finito di 2 cm, e con una miscela preparata a caldo dei seguenti costituenti indicati con le percentuali in massa:

- mastice di asfalto 50%;
- bitume 5% con penetrazione Dow compresa fra 40 e 50 cm;
- sabbia 5%;
- graniglia 40%.

b.2 - Pavimentazione con mattonelle di asfalto naturale compresso

Le mattonelle, di spessore di 3 o 4 cm, dovranno essere posate su uno strato di malta cementizia, di spessore non inferiore a cm 2, e le connesure (di spessore non superiore a 1 mm) saranno successivamente sigillate con cemento.

La malta cementizia sarà formata da 1.500 kg di sabbia con curva granulometrica compresa tra 0,05 e 2 mm e 400 kg di cemento pozzolanico.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 13 SUB-BALLAST E PAVIMENTAZIONI STRADALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 13	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 009 B</u>	FOGLIO 53 di 54

E' consentito l'uso di premiscelati aventi le stesse caratteristiche per la posa di mattonelle precomprese.

Il coefficiente di usura delle mattonelle di asfalto non dovrà superare i 13 mm, l'impronta non dovrà risultare superiore a 0.2 mm e la resistenza a flessione dovrà essere maggiore di 3 N/mm² (R.D. 16/11/39 n° 2234).

b.3 - Pavimentazione in cubetti di porfido

I cubetti dovranno essere posati su un letto di sabbia di spessore minimo 5 cm steso su sottofondo di conglomerato cementizio, con giacitura ad archi contrastati, battitura della pavimentazione, sigillatura dei giunti con mastice bituminoso a caldo e spolveratura superficiale di sabbia.

b.4 - Pavimentazione in masselli di calcestruzzo autobloccanti.

Nelle lavorazioni di posa dei masselli autobloccanti, sono quando utilizzati per le pavimentazioni pedonali e carrabili, devono comprendere in entrambi i casi anche la posa dei cordoli. I masselli autobloccanti devono essere marcati CE in conformità alla norma UNI EN 1338.

I masselli dovranno essere posati su un letto di sabbia dello spessore non minore di 10 cm ovvero su un sottofondo di calcestruzzo magro poroso.

Nel caso di posa su un letto di sabbia le modalità d'esecuzione saranno:

- posa in opera di telo "tessuto non tessuto" della massa di kg 0,3/m²;
- formazione del sottofondo mediante stendimento, livellamento con realizzazione delle pendenze e costipamento di un primo strato di pietrischetto, con pezzatura da 1 cm e 3 cm, e di un secondo strato di sabbia;
- posa in opera dei masselli e successivo costipamento con piastra vibrante;
- sigillatura dei giunti su tutta la superficie pavimentata con sabbia e sigillatura laterale con mastice d'asfalto.

c. - Controlli

Le caratteristiche delle miscele e dei prodotti impiegati nonché gli spessori del sottofondo dovranno essere verificati ogni 500 metri di marciapiede realizzato con un minimo di una prova per ogni singolo marciapiede.


Sui masselli di calcestruzzo le prove e i limiti di accettazione saranno quelli previsti dalla norma UNI EN 1338.

13.10.1.1. Parcheggi

La pavimentazione dei parcheggi sarà eseguita come indicato nei disegni di progetto con la pavimentazione di categoria D oppure con masselli in calcestruzzo vibro compresso autobloccanti, di spessore 6 cm, con strato superiore antiusura in quarzo.

I masselli in calcestruzzo saranno posti in opera a secco, sul letto di sabbia, di spessore minimo 5 cm, costituito da elementi di granulometria non superiore a 5 mm. Ai lati del percorso o delle aree di sosta saranno posti elementi di bordatura con funzione di contenimento della sabbia e della spinta orizzontale della pavimentazione sottoposta a carichi.

I singoli elementi della pavimentazione, accostati tra loro, saranno battuti con mazzuola di gomma a posa finita; tutta la superficie pavimentata sarà vibrata con apposita macchina dotata di piastra rotante in acciaio con protezione inferiore in gomma.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 13 SUB-BALLAST E PAVIMENTAZIONI STRADALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 13	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 009 B</u>	FOGLIO 54 di 54


La sigillatura finale si realizzerà stendendo sul pavimento vibrato uno strato di sabbia finemente vagliata, con granulometria non superiore a 2 mm, così da completare la sigillatura tra i giunti autobloccanti.

**CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE
OPERE CIVILI**

**PARTE II - SEZIONE 14
BARRIERE ANTIRUMORE**

- 14.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE
- 14.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO
- 14.3 DEFINIZIONI
- 14.4 ABBREVIAZIONI
- 14.5 ONERI GENERALI
- 14.6 ELEMENTI E MATERIALI COSTITUENTI LE BARRIERE ANTIRUMORE ARTIFICIALI
- 14.7 CARATTERISTICHE DELLE BARRIERE ANTIRUMORE ARTIFICIALI
- 14.8 PROVE
- 14.9 PROCEDURA PER L'OMOLOGAZIONE DELLE BARRIERE ANTIRUMORE PER IMPIEGHI FERROVIARI
- 14.10 ACCETTAZIONE DELLA FORNITURA IN CANTIERE
- 14.11 CONTROLLI IN OPERA
- 14.12 COLLAUDO
- 14.13 TIPOLOGIE DI BARRIERE ANTIRUMORE PER IMPIEGHI FERROVIARI

Rev.	Data	Descrizione	Redazione	Verifica tecnica	Autorizzazione
A	22/12/17	Emissione per applicazione	A. Rabotti	C. Giangrande	F. Jacobini


	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 14 BARRIERE ANTIRUMORE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 14	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>AM</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 2 di 50

INDICE

14.1	SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE.....	5
14.2	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO.....	5
14.2.1	NORMATIVA EUROPEA.....	5
14.2.2	NORMATIVA NAZIONALE.....	8
14.2.3	NORMATIVA FERROVIARIA.....	9
14.2.4	DOCUMENTAZIONE TECNICA.....	9
14.3	DEFINIZIONI	9
14.4	ABBREVIAZIONI	10
14.5	GENERALITA'.....	11
14.6	ELEMENTI COSTITUENTI LE BARRIERE ANTIRUMORE ARTIFICIALI.....	12
14.6.1	PREMESSA.....	12
14.6.2	PANNELLI.....	12
14.6.2.1	PANNELLI IN ACCIAIO INOX.....	12
14.6.2.2	PANNELLI IN CEMENTO ARMATO.....	16
14.6.2.3	PANNELLI IN VETRO	17
14.6.2.4	PANNELLI REALIZZATI CON ALTRI MATERIALI O CON SOLUZIONI INNOVATIVE	17
14.6.3	MONTANTI.....	17
14.6.3.1	MONTANTI METALLICI.....	17
14.6.3.2	MONTANTI IN MATERIALI DIVERSI	18
14.6.4	ACCESSORI.....	18
14.6.4.1	ACCESSORI METALLICI	18
14.6.4.2	GUARNIZIONI	20
14.6.5	PORTE DI SERVIZIO	22
14.7	CARATTERISTICHE DELLE BARRIERE ANTIRUMORE	22
14.7.1	CARATTERISTICHE ACUSTICHE DEI PANNELLI.....	22
14.7.1.1	PANNELLI FONOASSORBENTI	23
14.7.1.2	PANNELLI NON FONOASSORBENTI.....	24
14.7.2	CARATTERISTICHE ACUSTICHE DELLA BARRIERA	24
14.7.3	CARATTERISTICHE NON ACUSTICHE DELLA BARRIERA	24
14.7.3.1	PREMESSA	24
14.7.3.2	CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE DELLE BARRIERE.....	24
14.7.3.2.1	<i>Geometria delle barriere</i>	<i>24</i>
14.7.3.2.2	<i>Sentiero pedonale e Vie di accesso</i>	<i>24</i>
14.7.3.2.3	<i>Sistemazione del corpo stradale</i>	<i>25</i>
14.7.3.2.4	<i>Particolarità costruttive delle barriere.....</i>	<i>25</i>
14.7.3.2.5	<i>Barriere sui ponti</i>	<i>25</i>
14.7.3.2.6	<i>Tolleranze di costruzione e montaggio</i>	<i>26</i>
14.7.3.2.7	<i>Protezione elettrica</i>	<i>26</i>

14.7.3.2.8	<i>Protezione ambientale</i>	26
14.8	PROVE	28
14.8.1	PROVA DI FONOASSORBIMENTO	28
14.8.2	PROVA DI FONOSOLAMENTO	28
14.8.3	ACCETTABILITA' PROVVISORIA DELLA BARRIERA	28
14.8.4	PROVA DI DETERMINAZIONE DEL PESO PROPRIO	29
14.8.5	PROVA DI STABILITA'	29
14.8.6	PROVA DI IMPATTO	29
14.8.7	PROVA A FATICA	29
14.8.7.1	OGGETTO DELLA PROVA	29
14.8.7.2	ESEMPIO DI ATTREZZATURA DI PROVA	30
14.8.7.3	CAMPIONI DA SOTTOPORRE A PROVE	30
14.8.7.4	PROCEDURA DI PROVA	31
14.8.7.4.1	<i>Test a flessione</i>	31
14.8.7.4.2	<i>Test a torsione</i>	31
14.8.7.5	CRITERI DI ACCETTAZIONE.....	32
14.8.7.6	RAPPORTO DI PROVA	32
14.9	PROCEDURA PER L'OMOLOGAZIONE DELLE BARRIERE ANTIRUMORE PER IMPIEGHI FERROVIARI	36
14.9.1	VALIDITÀ E LIMITI DELL'OMOLOGAZIONE	37
14.10	ACCETTAZIONE DELLA FORNITURA IN CANTIERE	38
14.10.1	PROCEDURA DI CONTROLLO DELLA PRODUZIONE	38
14.10.2	PANNELLI	39
14.10.2.1	CONTROLLO DEI PANNELLI IN ACCIAIO INOX FINITO.....	40
14.10.2.2	CONTROLLO DEI PANNELLI IN CEMENTO ARMATO FINITO.....	40
14.10.2.3	CONTROLLO DEI PANNELLI IN VETRO FINITO	41
14.10.2.4	CONTROLLO DEI MATERIALI COSTITUENTI I PANNELLI	42
14.10.2.4.1	<i>Acciaio inox</i>	42
14.10.2.4.2	<i>Acciaio zincato e verniciato</i>	43
14.10.2.4.3	<i>Gomma (EPDM)</i>	43
14.10.2.4.4	<i>Bulloneria</i>	44
14.10.2.4.5	<i>Lana minerale</i>	44
14.10.2.4.6	<i>Polipropilene</i>	45
14.10.2.4.7	<i>Acciaio per cemento armato e calcestruzzo</i>	45
14.10.2.4.8	<i>Vetro</i>	45
14.10.3	MONTANTI, BULLONI E TIRAFONDI	45
14.10.3.1	CONTROLLO DEI MATERIALI.....	45
14.10.3.2	CONTROLLO SUL MONTANTE FINITO.....	46
14.11	CONTROLLI IN OPERA	47

14.12	COLLAUDO	47
14.12.1	COLLAUDO STATICO	48
14.12.2	COLLAUDO ACUSTICO	48
14.12.2.1	PROVA DI PERDITA PER INSERZIONE (INSERTION LOSS) DELLA BARRIERA IN OPERA (ACCETTABILITÀ DEFINITIVA)	48
14.12.2.2	VERIFICHE POST OPERAM DELL'AVVENUTA MITIGAZIONE.....	49
14.13	TIPOLOGIE DI BARRIERE ANTIRUMORE PER IMPIEGHI FERROVIARI.....	49
14.13.1	BARRIERA STANDARD TIPO "HS"	49
14.13.2	BARRIERE VEGETALI	50

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 14 BARRIERE ANTIRUMORE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 14	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>AM</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 5 di 50

14.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

Lo scopo della presente sezione di Capitolato è:

- definire i materiali e le caratteristiche, costruttive, acustiche e funzionali, delle barriere antirumore ferroviarie e dei componenti che la costituiscono;
- definire le metodologie di prova per la verifica della conformità delle barriere e dei componenti alle prescrizioni di legge, alle specifiche ferroviarie e ai requisiti progettuali;
- fornire una procedura per l'omologazione sia della pannellatura ("sistema pannello – guarnizioni – fissaggi ai montanti e modalità di messa in opera") sia del "sistema barriera antirumore";
- indicare le modalità per l'accettazione delle forniture in cantiere;
- definire le prove finalizzate al collaudo acustico delle barriere antirumore;
- descrivere le tipologie di barriere antirumore standard per impieghi ferroviari.

La presente sezione di Capitolato si applica alle barriere antirumore da realizzare ai lati di linee ferroviarie.

Essa dovrà essere richiamata nei contratti, nei capitolati d'appalto, nelle specifiche di costruzione e nelle convenzioni con gli Enti, aventi per oggetto la realizzazione di barriere antirumore ferroviarie.

Questo documento recepisce, limitatamente alle parti trattate nel presente Capitolato, i seguenti documenti:

- Disciplinare Tecnico per Barriere Antirumore per impieghi ferroviari Ed. '98 e s.m.i;
- Procedura per la omologazione delle barriere antirumore per impieghi ferroviari (di cui alla nota RFI-DIN\A\0011\P\2008\0000721 del 8.04.2008).

14.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO


I lavori saranno eseguiti in accordo alle norme di legge, istruzioni e normative tecniche applicabili, nonché a tutte quelle indicate nel presente documento e nelle sezioni di Capitolato richiamate nel testo.

Si elencano di seguito la principale normativa e documentazione di riferimento.


Tali documenti sono da intendersi nello stato di revisione vigente, e con le successive modifiche ed integrazioni.

14.2.1 NORMATIVA EUROPEA


- Direttiva 97/69/CE della Commissione del 5 dicembre 1997, Recante ventitreesimo adeguamento al progresso tecnico della direttiva 67/548/CEE del Consiglio concernente il ravvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari ed amministrative relative alla classificazione, all'imballaggio e all'etichettatura delle sostanze pericolose;
- ISO 34-1:2010, Rubber, vulcanized or thermoplastic -- Determination of tear strength -- Part 1: Trouser, angle and crescent test pieces;
- UNI ISO 188:2012, Gomma vulcanizzata o termoplastica - Prove di invecchiamento accelerato e di resistenza al calore;
- UNI EN 206:2014, Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità;
- UNI ISO 247:2014, Gomma - Determinazione della cenere;
- UNI EN 356:2002, Vetro per edilizia - Vetro di sicurezza - Prove e classificazione di resistenza contro l'attacco manuale;
- UNI EN ISO 354:2003, Acustica - Misura dell'assorbimento acustico in camera riverberante;
- UNI EN ISO 527-1:2012, Materie plastiche - Determinazione delle proprietà a trazione - Parte 1: Principi generali;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 14 BARRIERE ANTIRUMORE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 14	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>AM</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 6 di 50

- UNI EN ISO 527-2:2012, Materie plastiche - Determinazione delle proprietà a trazione - Parte 2: Condizioni di prova per materie plastiche per stampaggio ed estrusione;
- UNI ISO 812:2012, Gomma vulcanizzata o termoplastica - Determinazione della fragilità a bassa temperatura;
- UNI EN ISO 898-1:2013, Caratteristiche meccaniche degli elementi di collegamento di acciaio - Parte 1: Viti e viti prigioniere con classi di resistenza specificate - Filettature a passo grosso e a passo fine;
- UNI EN ISO 898-2:2013, Caratteristiche meccaniche degli elementi di collegamento di acciaio al carbonio e acciaio legato - Parte 2: Dadi con classi di resistenza specificate - Filettatura a passo grosso e filettatura a passo fine;
- UNI EN ISO 1183-1:2013, Materie plastiche - Metodi per la determinazione della massa volumica delle materie plastiche non alveolari - Parte 1: Metodo ad immersione, metodo del picnometro in mezzo liquido e metodo per titolazione;
- UNI ISO 1431-1:2013, Gomma vulcanizzata o termoplastica - Resistenza al deterioramento in ozono - Parte 1: Prova in condizioni di deformazione statiche e dinamiche;
- UNI EN ISO 1461:2009, Rivestimenti di zincatura per immersione a caldo su prodotti finiti ferrosi e articoli di acciaio - Specificazioni e metodi di prova
- UNI EN ISO 1519:2011, Pitture e vernici - Prova di piegatura (mandrino cilindrico);
- UNI EN ISO 1520:2011, Pitture e vernici - Prova di imbutitura;
- UNI EN 1794-1:2011, Dispositivi per la riduzione del rumore da traffico stradale - Prestazioni non acustiche - Parte 1: Prestazioni meccaniche e requisiti di stabilità;
- UNI EN ISO 2409:2013, Pitture e vernici - Prova di quadrettatura;
- UNI ISO 2781:2011, Gomma, vulcanizzata o termoplastica - Determinazione della massa volumica;
- UNI EN ISO 2808:2007, Pitture e vernici - Determinazione dello spessore del film;
- UNI EN ISO 3231:1999, Pitture e vernici - Determinazione della resistenza alle atmosfere umide contenenti diossido di zolfo;
- UNI EN ISO 3651-2:2000, Determinazione della resistenza alla corrosione intergranulare degli acciai inossidabili - Acciai inossidabili ferritici, austenitici ed austenitici- ferritici (duplex) - Prova di corrosione in ambienti contenenti acido solforico
- UNI EN ISO 4624:2011, Pitture e vernici - Misura dell'adesione mediante prova di trazione
- UNI EN ISO 4628-2:2013, Pitture e vernici - Valutazione del degrado dei rivestimenti - Indicazione della quantità e delle dimensioni dei difetti, e dell'intensità di variazioni di aspetto uniformi - Parte 2: Valutazione del grado di vescicamento;
- UNI ISO 4650:2013, Gomma - Identificazione - Metodi spettrometrici nell'infrarosso;
- UNI ISO 4661-2:1990, Elastomeri: Prove su vulcanizzati. Preparazione di campioni e di provini. Prove chimiche;
- UNI EN ISO 6892-1:2009, Materiali metallici - Prova di trazione - Parte 1: Metodo di prova a temperatura ambiente;
- UNI EN ISO 6272-1:2013, Pitture e vernici - Prove di deformazione rapida (resistenza all'urto) - Parte 1: Prova con massa cadente con punzone di larga superficie;
- UNI EN ISO 6272-2:2013, Pitture e vernici - Prove di deformazione rapida (resistenza all'urto) - Parte 2: Prova della caduta di un peso con punzone a superficie ridotta;
- UNI EN ISO 7089:2001, Rondelle piane - Serie normale - Categoria A;
- UNI ISO 7619-1:2011, Gomma, vulcanizzata o termoplastica - Determinazione della durezza di penetrazione - Parte 1: Metodo mediante durometro (durezza Shore);
- ISO 7724-3:1984, Paints and varnishes - Colorimetry - Part 3: Calculation of colour differences;
- UNI EN ISO 9227:2012, Prove di corrosione in atmosfere artificiali - Prove di nebbia salina;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 14 BARRIERE ANTIRUMORE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 14	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>AM</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 7 di 50

- UNI EN 10025-1:2005, Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 1: Condizioni tecniche generali di fornitura;
- UNI EN 10025-2:2005, Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 2: Condizioni tecniche di fornitura di acciai non legati per impieghi strutturali;
- UNI EN 10080:2005, Acciaio d'armatura per calcestruzzo - Acciaio d'armatura saldabile – Generalità;
- UNI EN 10083-1:2006, Acciai da bonifica - Parte 1: Condizioni tecniche generali di fornitura;
- UNI EN 10083-2:2006, Acciai da bonifica - Parte 2: Condizioni tecniche di fornitura per acciai non legati;
- UNI EN 10083-3:2006, Acciai da bonifica - Parte 3: Condizioni tecniche di fornitura per acciai legati;
- UNI EN 10088-1:2005, Acciai inossidabili - Parte 1: Lista degli acciai inossidabili;
- UNI EN 10088-2:2005, Acciai inossidabili - Parte 2: Condizioni tecniche di fornitura delle lamiere, dei fogli e dei nastri di acciaio resistente alla corrosione per impieghi generali;
- UNI EN 10088-3:2005, Acciai inossidabili - Parte 3: Condizioni tecniche di fornitura dei semilavorati, barre, vergella, filo, profilati e prodotti trasformati a freddo di acciaio resistente alla corrosione per impieghi generali;
- UNI EN 10204:2005, Prodotti metallici - Tipi di documenti di controllo;
- UNI EN ISO 10684:2005, Elementi di collegamento - Rivestimenti di zinco per immersione a caldo;
- UNI EN 51048-1:2016, Assiemi di bulloneria strutturale non da precarico - Parte 1: Requisiti generali;
- UNI EN 51048-2:2016, Assiemi di bulloneria strutturale non da precarico - Parte 2 : Idoneità all'impiego;
- UNI EN 12504-2:2012, Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Parte 2: Prove non distruttive - Determinazione dell'indice sclerometrico;
- UNI EN 13501-1:2009, Classificazione al fuoco dei prodotti e degli elementi da costruzione - Parte 1: Classificazione in base ai risultati delle prove di reazione al fuoco;
- UNI EN ISO 15630-1:2010, Acciaio per calcestruzzo armato e calcestruzzo armato precompresso - Metodi di prova - Parte 1: Barre, rotoli e fili;
- UNI EN ISO 15630-2:2010, Acciaio per calcestruzzo armato e calcestruzzo armato precompresso - Metodi di prova - Parte 2: Reti saldate;
- UNI EN 16272-1:2012, Applicazioni ferroviarie - Binario - Barriere antirumore e dispositivi correlati che agiscono sulla propagazione del suono per via aerea - Metodo di prova per determinare la prestazione acustica - Parte 1: Caratteristiche intrinseche - Assorbimento acustico in laboratorio in condizioni di campo diffuso;
- UNI EN 16272-2:2012, Applicazioni ferroviarie - Binario - Barriere antirumore e dispositivi correlati che agiscono sulla propagazione del suono per via aerea - Metodo di prova per determinare la prestazione acustica - Parte 2: Caratteristiche intrinseche - Isolamento acustico per via aerea in laboratorio in condizioni di campo diffuso;
- UNI EN 16272-3-1:2012, Applicazioni ferroviarie - Binario - Barriere antirumore e dispositivi correlati che agiscono sulla propagazione del suono per via aerea - Metodo di prova per determinare la prestazione acustica - Parte 3-1: Spettro normalizzato del rumore ferroviario e indice di valutazione per applicazioni in campo diffuso;
- UNI EN 16272-3-2:2014, Applicazioni ferroviarie - Binario - Barriere antirumore e dispositivi correlati che agiscono sulla propagazione del suono per via aerea - Metodo di prova per determinare la prestazione acustica - Parte 3-2: Spettro normalizzato del rumore ferroviario e indice di valutazione per applicazioni in campo diretto (in inglese);
- CEN/TS 16272-5:2014, Applicazioni ferroviarie - Binario - Barriere antirumore e dispositivi correlati che agiscono sulla propagazione del suono per via aerea - Metodo di prova per determinare la prestazione acustica - Parte 5: Caratteristiche intrinseche - Valori "in situ" della riflessione sonora nelle condizioni di


	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 14 BARRIERE ANTIRUMORE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 14	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>AM</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 8 di 50

campo acustico diretto (in inglese);

- UNI EN 16272-6:2014, Applicazioni ferroviarie - Binario - Barriere antirumore e dispositivi correlati che agiscono sulla propagazione del suono per via aerea - Metodo di prova per determinare la prestazione acustica - Parte 6: Caratteristiche intrinseche - Valori in situ dell'isolamento acustico per via aerea in condizioni di campo acustico diretto (in inglese);
- FprEN16727-1:2017, Railway applications - Track - Noise barriers and related devices acting on airborne sound propagation - Non-acoustic performance - Part 1: Mechanical performance under static loadings - Calculation and test method;
- EN16727-3:2017, Railway applications - Track - Noise barriers and related devices acting on airborne sound propagation - Non- acoustic performance - Part 3: General safety and environmental requirements;UNI EN ISO 717/1-2013:2013 -Valutazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio - Parte 1: Isolamento acustico per via aerea;
- UNI EN ISO 16474-1:2014, Pitture e vernici - Metodi di esposizione a sorgenti di luce di laboratorio - Parte 1: Guida generale;
- UNI EN ISO 16474-3:2014, Pitture e vernici - Metodi per l'esposizione a sorgenti di luce di laboratorio - Parte 3: Lampade UV fluorescenti;
- UNI ISO 23529:2011, Gomma - Procedure generali per la preparazione e il condizionamento dei provini per prove fisiche;
- EN 50122-1:2011, Railway applications - Fixed installations - Electrical safety, earthing and the return circuit - Part 1: Protective provisions against electric shock;
- ASTM A240:2014, Standard Specification for Chromium and Chromium-Nickel Stainless Steel Plate, Sheet, and Strip for Pressure Vessels and for General Applications;
- ASTM E1252:2013, Standard Practice for General Techniques for Obtaining Infrared Spectra for Qualitative Analysis.

14.2.2 **NORMATIVA NAZIONALE**

- Legge del 5 novembre 1971, n. 1086, "Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica" e successive circolari applicative;
- Legge del 26 aprile 1974, n. 191 "Prevenzione degli infortuni sul lavoro nei servizi e negli impianti gestiti dall'Azienda autonoma delle ferrovie dello Stato";
- D.P.R. del 1 giugno 1979, n. 469 "Regolamento di attuazione della legge 26 aprile 1974 n. 191 sulla prevenzione degli infortuni sul lavoro nei servizi e negli impianti gestiti dall'azienda autonoma delle ferrovie dello stato;
- D.P.R. del 11 agosto 1980, n. 753, "Norme in materia di polizia, sicurezza e regolarità dell'esercizio delle Ferrovie e di altri servizi di trasporto";
- D.M. del 16 marzo 1998, "Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico";
- D.P.R. del 31 marzo 1998, "Atto di indirizzo e coordinamento recante criteri generali per l'esercizio dell'attività del tecnico competente in acustica, ai sensi dell'art. 3, comma 1, lettera b), e dell'art. 2, commi 6, 7 e 8, della Legge quadro sull'inquinamento acustico n. 447 del 26 ottobre 1995";
- D.M. del 1 settembre 1998 e s.m.i. "Disposizioni relative alla classificazione, imballaggio ed etichettatura di sostanze pericolose (fibre artificiali vetrose)";
- D.P.R. del 6 giugno 2001, n. 380 "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia".
- D.M. del 14 gennaio 2008, "Norme tecniche per le costruzioni";
- Circolare del 2 febbraio 2009 n. 617, "Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni»";

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 14 BARRIERE ANTIRUMORE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 14	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>AM</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 9 di 50

14.2.3 **NORMATIVA FERROVIARIA**

- Manuale di progettazione delle opere civili RFI DTC SI MA IFS 001 B
- COP n. 316/RFI del 29 lug. 2014 - Procedura Operativa “ La Direzione dei Lavori negli appalti gestiti da RFI” - RFI DPR PD IFS 005 D;

14.2.4 **DOCUMENTAZIONE TECNICA**

- EN ISO 4032:2012 : Hexagon regular nuts (style 1) - Product grades A and B (ISO 4032:2012)
- UNI 6065:2001, Elastomeri - Prove su gomma vulcanizzata e termoplastica - Prova di trazione;
- UNI 6484:1969, Prodotti di fibre di vetro per isolamento termico ed acustico. Determinazione del diametro medio delle fibre mediante microscopio;
- UNI 6485:1969, Prodotti di fibre di vetro per isolamento termico ed acustico. Feltri resinati e pannelli. Determinazione della densità apparente;
- UNI 6543:1969, Prodotti di fibre di vetro per isolamento termico ed acustico. Feltri resinati, pannelli e coppelle. Determinazione dell'igroscopicità;
- UNI 6823:1998, Prodotti di fibre minerali per isolamento termico ed acustico - Determinazione del contenuto di perle di fusione - Metodo della levigazione.
- UNI 11104:2004 Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1;
- ISO 9001:2015, Sistemi di gestione per la qualità;
- ISO 14001:2015, Sistemi di Gestione Ambientale;

14.3 **DEFINIZIONI**

Ai fini del presente Capitolato si adottano le seguenti definizioni:

ESECUTORE: Soggetto incaricato dell'esecuzione dei lavori (Appaltatore, General Contractor, Contraente Generale);

FORNITORE: soggetto incaricato della fornitura delle pannellature antirumore per impieghi ferroviari;

FERROVIE: RFI S.p.A. o chi agisce in nome e per conto di RFI S.p.A. (Direzione lavori, Alta sorveglianza);


Barriera antirumore: manufatto in grado di ostacolare la propagazione dell'energia sonora dalla sorgente di rumore al ricettore;

Barriera antirumore artificiale: barriera antirumore costituita da elementi modulari o monolitici di materiale non naturale (scatolato metallico con inserto di materiale fonoassorbente, calcestruzzo, vetro, ecc.).

Barriera antirumore composita: barriera costituita da una combinazione di elementi modulari o monolitici con caratteristiche diverse sia per quanto riguarda i materiali (calcestruzzo, metallo, vetro, ecc.) sia per quanto riguarda la forma o i colori e vengono utilizzate per soddisfare particolari esigenze formali (inserimento ambientale, interruzione della monotonia dovuta ad eccessiva lunghezza della barriera, ecc.).

Area equivalente di assorbimento acustico (di una camera riverberante): area di una superficie ideale totalmente assorbente che, se fosse l'unico elemento assorbente nella camera, fornirebbe lo stesso tempo di riverbero della camera in esame;

Coefficiente di assorbimento acustico α_s - di un pannello: rapporto tra la variazione dell'area equivalente di assorbimento acustico determinata dall'introduzione del pannello in prova nella camera riverberante e l'area del pannello stesso;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 14 BARRIERE ANTIRUMORE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 14	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>AM</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 10 di 50

Indice di valutazione del potere fonoisolante – R_w (di un pannello): valore determinato sulla curva di riferimento di cui alla norma ISO 717/1-2013, in corrispondenza della frequenza di 500 Hz, secondo la metodologia indicata nella norma stessa;

RI: Reflection index misurato in campo sonoro diretto in accordo della alla EN 16272-5;

SI: Sound Insulation Index misurato in campo sonoro diretto in accordo della alla EN 16272-6;

$DL\alpha$: Indice di valutazione dell'assorbimento acustico per prodotti sottoposti a prova in accordo alla EN 16272-1, calcolato in funzione dello spettro di rumore da traffico ferroviario riportato nella EN 16272-3-1;

DLR: Indice di valutazione dell'isolamento acustico per via aerea per prodotti sottoposti a prova in accordo alla EN 16272-2, calcolato in funzione dello spettro di rumore da traffico ferroviario riportato nella EN 16272-3-1;

DLRI: Indice di valutazione dell'assorbimento acustico per prodotti sottoposti a prova in accordo alla EN 16272-5, calcolato in funzione dello spettro di rumore da traffico ferroviario riportato nella EN 16272-3-2;

DLSI: Indice di valutazione dell'isolamento acustico per prodotti sottoposti a prova in accordo alla EN 16272-6, calcolato in funzione dello spettro di rumore da traffico ferroviario riportato nella EN 16272-3-2;

Indice di riduzione del rumore (di un pannello): dieci volte il logaritmo del rapporto tra la potenza acustica incidente sul campione e la potenza acustica trasmessa attraverso esso;

Livello di esposizione ad un singolo evento - L_E (transito di un treno): livello continuo equivalente di pressione sonora relativo al tempo di transito del treno e normalizzato all'intervallo temporale $T=1$ s;

Perdita per inserzione (Insertion Loss): attenuazione del livello di pressione sonora determinata, in un dato punto di ricezione, dall'introduzione di una barriera antirumore;

Piano del ferro: quota altimetrica definita dalla superficie di rotolamento della rotaia più bassa;


Prova: forma di verifica a cui è soggetta una parte d'opera per determinare la sua capacità a soddisfare prescrizioni e/o prestazioni specificate.

Rumore residuo (rispetto ad una sorgente specifica): livello di pressione sonora determinato, in un dato punto di ricezione, da tutte le sorgenti di rumore presenti con l'esclusione della sola sorgente specifica;

Tempo di transito di un treno: intervallo temporale in cui il livello di pressione sonora indotto dal transito del treno supera il livello massimo diminuito di 10 dB(A).

14.4 ABBREVIAZIONI

p.m.:

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 14 BARRIERE ANTIRUMORE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 14	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>AM</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 11 di 50

14.5 GENERALITA'

Le barriere antirumore da installare su linee ferroviarie ed i relativi componenti, così come risultanti da progetti debitamente approvati ai sensi della normativa vigente, devono, prima della fornitura, essere oggetto di un processo di omologazione secondo quanto indicato al paragrafo 14.8 del presente capitolato.

A valle del processo di omologazione, in fase di realizzazione della barriera, la Direzione Lavori, o l'Alta Sorveglianza nel caso di lavori affidati a General Contractor/Contraente Generale, deve effettuare i dovuti controlli sulla conformità delle forniture ai sensi delle Condizioni Generali di Contratto.

I sistemi antirumore per impieghi ferroviari e i loro componenti devono rispondere ai requisiti acustici e non acustici riportate nella presente sezione di Capitolato e mantenere le prestazioni per tutta la durata della vita di progetto.

Le barriere, i componenti che le costituiscono e i relativi materiali, per poter essere impiegati in campo ferroviario, devono soddisfare le prescrizioni tecniche indicate dalla normativa vigente, dalle specifiche ferroviarie dagli elaborati di progetto e dal presente Capitolato Generale.

I materiali, i componenti e le barriere nel complesso devono essere sottoposti alle prove descritte nei paragrafi successivi. Le prove saranno effettuate da un laboratorio presso cui le prove stesse risultano accreditate (da ACCREDIA - l'Ente Italiano di Accreditamento - o da equivalente organismo di accreditamento europeo) o da un laboratorio specializzato preventivamente autorizzato dalle FERROVIE.


Il presente documento fornisce indicazioni relative alla fase di realizzazione delle barriere antirumore ed è strutturato nei seguenti capitoli:

- **Elementi costituenti le barriere antirumore artificiali.**
- **Caratteristiche delle barriere antirumore artificiali;**
- **Procedura per l'omologazione delle barriere antirumore;**
- **Prove;**
- **Accettazione della fornitura in cantiere;**
- **Collaudo;**
- **Tipologie di Barriera antirumore per impieghi ferroviari: Standard HS.**

Nelle prescrizioni facenti parte del presente Capitolato, per brevità ed uniformità, è solitamente indicato, con il termine generico di "FERROVIE", RFI S.p.A. o chi agisce in nome e per conto di RFI S.p.A. (Direzione lavori, Alta sorveglianza). Il termine generico di "ESECUTORE" è usato per indicare il soggetto incaricato dell'esecuzione dei lavori (Appaltatore, General Contractor, Contraente Generale).

Al fine di verificare la rispondenza delle opere eseguite alle norme vigenti, alle specifiche tecniche e agli standard prefissati, l'ESECUTORE deve eseguire o far eseguire a proprie spese tutte le prove e i controlli previsti dalla normativa vigente, quelli prescritti dal presente Capitolato nonché quelli integrativi richiesti dalle FERROVIE, in base a motivate esigenze, ovvero dal Collaudatore statico e/o dalla Commissione di Collaudo.

Per le opere e gli elementi in cemento armato, i controlli di accettazione dei materiali ed eventualmente, a discrezione delle FERROVIE, le prove complementari di cui al DM 14/1/2008, devono essere effettuate facendo riferimento, oltre che alla normativa vigente, alla sezione 6 "Opere in conglomerato cementizio" del presente Capitolato.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 14 BARRIERE ANTIRUMORE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 14	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>AM</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 12 di 50

Tutti gli oneri diretti ed indiretti derivanti dall'applicazione delle presenti prescrizioni, compresi quelli necessari per il prelievo, il confezionamento, il trasporto dei campioni dei materiali da sottoporre a prove fisiche, chimiche, meccaniche e, funzionali, nonché i costi di esecuzione di queste ultime presso i Laboratori Ufficiali/Autorizzati si intendono compresi e compensati dai prezzi contrattuali.

Per tutti i tipi di prova, l'ESECUTORE deve fornire la manodopera e le attrezzature, deve predisporre le eventuali opere provvisorie ed i ponteggi in quantità e tipologie adeguate all'esecuzione delle prove medesime, nel rispetto delle garanzie di sicurezza durante le fasi operative. Resta inteso che il ripristino integrale delle parti d'opera interessate da prove e prelievi è da intendersi a carico dell'ESECUTORE e deve essere eseguito con materiali e modalità approvati dalle FERROVIE.

Le garanzie associate alle forniture ed all'esecuzione dei lavori sono quelle previste dalla normativa vigente e dalle Condizioni Generali di Contratto.

L'utilizzo di innovazioni tecnologiche, migliorative, che potranno intervenire nel corso di validità del presente Capitolato, relativamente ad attrezzature, modalità di esecuzione, prove in sito e/o in laboratorio, dovrà essere approvato dalle FERROVIE.

14.6 ELEMENTI COSTITUENTI LE BARRIERE ANTIRUMORE ARTIFICIALI

14.6.1 PREMESSA

Il presente capitolo riporta le tipologie di elementi (montanti, pannelli etc.) e materiali che dovranno essere utilizzati per la costruzione delle barriere antirumore ferroviarie e, per ognuno di essi, le caratteristiche significative ai fini della durabilità e della resistenza ed i relativi valori limite, riferiti a metodi di prova normalizzati.

14.6.2 PANNELLI

14.6.2.1 Pannelli in acciaio inox


I pannelli saranno realizzati con una struttura scatolare in lamiera di acciaio inossidabile (INOX) del tipo X5CrNi18 10 (AISI 304) secondo le UNI EN 10088, verniciato, con spessore della lamiera non minore di 12/10 di mm, e contenente all'interno materiale fonoassorbente, tale da realizzare le richieste caratteristiche di fono-assorbimento, secondo la classificazione prevista al paragrafo 14.7.1.

La lamiera forata rivolta verso la sorgente di rumore, qualora presenti aperture circolari, dovrà avere per singolo foro un'area inferiore a 78 mm² (raggio = 5 mm circa). Se le aperture sono di forma rettangolare, il lato minore dovrà essere compreso tra 6 e 10 mm e il lato maggiore dovrà essere non superiore a 150 mm. In ogni caso la superficie forata dovrà avere un rapporto vuoto/pieno non superiore al 50%. Il disegno del forato deve essere, comunque, preventivamente approvato dalle FERROVIE.

Il materiale fonoassorbente, inserito all'interno della struttura scatolare metallica, è generalmente costituito da uno strato di lana minerale, conformato in modo tale da assorbire sia per porosità che per risonanza.

Per evitare l'impregnazione del materiale fonoassorbente e/o la ritenzione del liquido, che potrebbero degradare le caratteristiche meccaniche ed acustiche del materiale stesso, devono essere impiegati sistemi protetti da una membrana microporosa ed idrorepellente (es. tessuto non tessuto in fibra di vetro impregnata), posta sul lato forato dell'elemento acustico rivolto verso la sorgente del rumore.

Il materiale fonoassorbente deve avere uno spessore di almeno 6 cm, di densità > 85 kg/m³, se trattasi di lana di roccia, oppure > 48 kg/m³, se trattasi di lana di vetro. Deve essere imputrescibile, inerte agli agenti chimici

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 14 BARRIERE ANTIRUMORE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 14	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>AM</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 13 di 50

ed atmosferici, non infiammabile o autoestinguente. In ogni caso, non deve contenere fibre di diametro inferiore a 3 µm né queste devono prodursi per effetto d'invecchiamento e/o di manipolazioni.

Per la lana minerale dovrà essere esclusa la classificazione di sostanza pericolosa in relazione a quanto previsto dalla Direttiva 97/69/CE del 5/12/97 - recepita come legge dello Stato con D.M. della Sanità del 1/09/1998 - recante il "ventitreesimo adeguamento al progresso tecnico della Direttiva 67/548/CEE". In particolare, le fibre devono essere del tipo classificato "non cancerogene" in base alla nota Q della Direttiva 97/69/CE. Il rispetto della nota Q deve essere comprovato dal relativo attestato; inoltre deve essere prevista la totale assenza di materiale non fibrato in conformità alla norma UNI 6823.

Il materiale fonoassorbente dovrà soddisfare i requisiti riportati nelle tabelle 14.6.2.1-1 e 14.6.2.1-2 nelle quali sono riportate le norme di riferimento, le prove previste e i criteri di accettazione.

In particolare, per quanto riguarda le proprietà di resistenza all'acqua, resistenza al calore e di ancoraggio del materiale fonoassorbente alla struttura del pannello, non esistono metodi di prova normalizzati. Pertanto, nella tabella 14.6.2.1-2 sono riportati i metodi di prova da adottare per la valutazione di tali proprietà ed i relativi criteri di accettazione.

Prove per accertare l'idoneità della lana minerale:

- diametro medio delle fibre secondo UNI 6484-69;
- massa volumica apparente secondo UNI 6485-69;
- grado di igroscopicità secondo UNI 6543-69 (tempo di prova 1 giorno);
- grado di reazione al fuoco;
- resistenza all'acqua ;
- resistenza al calore;
- ancoraggio della lana minerale.

Tabella 14.6.2.1-1: Caratteristiche della lana minerale

PROVA	NORMA DI RIFERIMENTO	LIMITI/CRITERI DI ACCETTAZIONE
Diametro medio delle fibre	UNI 6484	6 - 9 µm
Massa volumica apparente a. Lana di roccia b. Lana di vetro	UNI 6485	> 85 Kg/m ³ > 48 Kg/m ³
Grado di igroscopicità	UNI 6543	(Tempo di prova 1 g) < 0,2 % in volume
Classe di reazione al fuoco	UNI EN 13501-1	A1 (non combustibili)


	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 14 BARRIERE ANTIRUMORE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 14	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>AM</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 14 di 50

Tabella 14.6.2.1-2: Requisiti di resistenza all'acqua, al calore e di ancoraggio della lana minerale

PROVA	MODALITÀ	LIMITI/CRITERI DI ACCETTAZIONE
Resistenza all'acqua	Si pone un provino del campione in esame di dimensioni 100 x 100 x S mm completamente immerso in acqua distillata per 24 h alla temperatura ambiente.	Al termine della prova si verifica che non siano avvenuti né sfaldamenti né colorazione rispettivamente del provino e dell'acqua
Resistenza al calore	Si pone un provino del campione in esame di dimensioni 100 x 100 x S mm in una stufa a 150 °C per 24 h poggiandolo su una delle due facce quadrate (100 x 100 mm).	Al termine della prova si verifica che, relativamente ai parametri lunghezza e larghezza, non siano avvenute variazioni delle dimensioni originarie del provino superiori a ± 5 mm. Resta ininfluente l'eventuale variazione che si verifica sullo spessore
Ancoraggio lana minerale	Il pannello, disposto in posizione verticale, verrà sottoposto per 24 h a vibrazione, anch'essa verticale, a 10 Hz di ampiezza picco-picco 1 mm	Al termine della prova, il materiale fonoassorbente deve risultare privo di sfaldamenti ed ancora saldamente ancorato alla struttura

Tra il materiale fonoassorbente e la faccia anteriore e posteriore del pannello deve essere previsto, mediante distanziatori, un interstizio che faciliti al massimo lo scolo delle acque, permettendone per aerazione il rapido asciugamento in modo da non pregiudicare l'efficienza fonoassorbente del materiale stesso.

Per evitare l'impregnazione del materiale fonoassorbente e/o la ritenzione del liquido, che potrebbero degradare le caratteristiche meccaniche ed acustiche del materiale stesso, possono essere impiegati sistemi protetti da una membrana microporosa ed idrorepellente, posta sul lato dell'elemento acustico rivolto verso la sorgente del rumore.

Il materiale fonoassorbente deve essere assicurato in modo tale da evitarne spostamenti e piegature e deve essere protetto in modo che non possa impregnarsi d'acqua e non possa essere facilmente danneggiato.

Il rivestimento protettivo del pannello dovrà essere realizzato con prodotti vernicianti liquidi di tipo alifatico o a polveri; essi dovranno avere le caratteristiche richieste nella tabella 14.6.2.1-3.


Il FORNITORE del pannello dovrà indicare il numero, lo spessore e la natura degli strati protettivi nonché allegare le schede tecniche relative al rivestimento protettivo e ai prodotti vernicianti impiegati.

Lo spessore minimo dovrà essere almeno di 80 μ m, e comunque tale da garantire il rispetto di tutti i requisiti prestazionali richiesti in tab. 14.6.2.1-3 e sarà determinato in fase di omologazione del pannello.

Le prove e i controlli dovranno essere svolti alla presenza di personale delle FERROVIE, presso laboratori accreditati, in conformità alla norma UNI CEI EN ISO/IEC 17025 (per le singole tipologie di prove da effettuare), da Organismi autorizzati dallo Stato a svolgere attività di accreditamento. L'interpretazione degli esiti delle prove dovrà essere effettuata da un ispettore qualificato NACE o FROSIO, interno al laboratorio o incaricato a spese del laboratorio stesso.

Tabella 14.6.2.1-3: Requisiti del film di verniciatura

PROVA	NORMA DI RIFERIMENTO	LIMITI/CRITERI DI ACCETTAZIONE
Aderenza a. Trazione b. Quadrettatura	UNI EN ISO 4624 UNI EN ISO 2409	≥ 2 Mpa Grado 0 (nessun distacco)
Resistenza agli urti	UNI EN ISO 6272 parti 1-2	- la pellicola non deve presentare screpolature o distacchi per caduta di una massa di 1 kg da un'altezza di 70-80 cm sul dritto - sullo stesso provino sottoposto alla prova sul dritto, la pellicola non deve presentare screpolature o distacchi per caduta di una massa di 1 kg da un'altezza di 30 cm sul rovescio
Resistenza alle atmosfere umide contenenti anidride solforosa	UNI EN ISO 3231	Dopo 1000 ore di esposizione con concentrazione di anidride solforosa per ciclo (1 giorno) pari a 1 litro: - assenza di blistering e/o di perdita di aderenza lungo l'incisione l'arrugginimento e la bollatura non devono penetrare per più di 2 mm
Corrosione da nebbia salina neutra.	UNI EN ISO 9227 UNI EN ISO 4628 parti 2-3-4-5	Dopo 1500 ore di esposizione: l'arrugginimento e/o la bollatura lungo l'incisione con croce di S. Andrea con cutter 301 non devono penetrare per più di 2 mm. Non è ammessa nessun'altra alterazione visibile o perdita di aderenza.
Piegatura su mandrino cilindrico	UNI EN ISO 1519	La pellicola piegata su mandrino di 4 mm non deve fessurarsi.
Quantità e dimensione dei difetti tramite esposizione a lampade UV fluorescenti	UNI EN ISO 16474 parti 1-3 UNI EN ISO 4628 parti 2-3-4-5	Dopo 1000 ore di esposizione: - assenza di cracking, blistering, flaking e rusting
Calcolo di differenze di colore (da eseguirsi dopo la prova ai raggi UV)	UNI 8941-3 UNI EN ISO 11664-4	Non dovranno aversi differenze di colore nel tempo ($\Delta E \leq 2$).
Calcolo di differenze di brillantezza (da eseguirsi dopo la prova ai raggi UV)	UNI EN ISO 2813	Con angolo 60°, riduzione della finitura ≤ 20%

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 14 BARRIERE ANTIRUMORE	
	CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 14	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>AM</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 16 di 50

Imbutitura statica (profondità 3 mm)	UNI EN ISO 1520	Assenza di screpolature e distacchi.
Gelo/disgelo	ISO 9142	30 cicli - assenza di cracking, blistering, flaking e rusting
Spettro IR	-	Per identificazione con prodotto finito
Prova termogravimetrica (TGA)	ISO 11358	Per identificazione con prodotto finito
Prova di calorimetria differenziale a scansione (DSC)	ISO 11357 parti 2-3	Per identificazione con prodotto finito

Dovranno essere presi idonei accorgimenti al fine di ridurre l'ingresso di acqua meteorica nei pannelli e, comunque, di favorirne la fuoriuscita mediante pendenze e fori di drenaggio.

Il pannello in acciaio inox deve inoltre essere sottoposto alle prove di cui al paragrafo 14.8.

14.6.2.2 Pannelli in cemento armato

Sono costituiti da uno strato portante in cemento armato avente spessore minimo 10 cm e tale da realizzare le richieste caratteristiche acustiche previste al paragrafo 14.7.1.

Il calcestruzzo deve essere prodotto ed impiegato a regola d'arte, secondo quanto prescritto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al D.M. 14/01/2008 e dalla Circolare n. 617 del 2/2/2009 – Istruzioni per l'applicazione delle "Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al D.M. 14/01/2008.

In particolare, per ciò che concerne la durabilità, tenuto conto dell'ambiente di utilizzo, le caratteristiche del calcestruzzo e del pannello in c.a. (per esempio il copriferro) dovranno essere adeguate alla classe di esposizione corrispondente, nel rispetto di quanto indicato nelle norme di riferimento (DM. 14/01/2008, Circolare n. 617 del 2/2/2009, UNI EN 206-1, UNI 11104). In particolare, per la classe di esposizione si dovrà considerare quella corrispondente alle condizioni ambientali più severe tra quelle che interessano lo sviluppo lineare dell'intero intervento (*es. da pk1 a pk2*), tenendo conto della destinazione d'uso del territorio "esistente" e di quella "prevista negli strumenti di pianificazione urbanistica".

Il calcestruzzo dovrà avere le caratteristiche minime riportate in Tabella 14.6.2.2-1.

Tabella 14.6.2.2-1: Caratteristiche del calcestruzzo strutturale


CARATTERISTICA	LIMITI/CRITERI DI ACCETTAZIONE
Classe di resistenza Rck	C32/40
Rapporto H2O	≤ 0,5

Il mix design del calcestruzzo dovrà essere qualificato secondo quanto previsto nella sezione n. 6 "Opere in conglomerato cementizio" del presente Capitolato.

L'acciaio per l'armatura in barre, in fili o in rete elettrosaldata, deve essere del tipo B450C e di diametro minimo pari a 6 mm. Per le caratteristiche valgono le prescrizioni indicate dalle Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al D.M. 14/01/2008 e dalla Circolare n. 617 del 2/2/2009.

I pannelli in c.a. potranno essere colorati in fase di produzione mediante l'uso di ossidi miscelati direttamente nell'impasto secondo le indicazioni progettuali o della Direzione Lavori.

Il pannello in cemento armato deve inoltre essere sottoposto alle prove di cui al paragrafo 14.8.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 14 BARRIERE ANTIRUMORE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 14	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>AM</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 17 di 50

14.6.2.3 Pannelli in vetro

Qualora particolari esigenze architettoniche o di inserimento ambientale lo impongano, in caso di specifiche e giustificate richieste nella fase di approvazione degli interventi di mitigazione i pannelli acustici metallici, posizionati oltre i 2 m sul piano del ferro, potranno essere sostituiti con pannelli trasparenti in vetro.

I pannelli trasparenti saranno in vetro temperato e stratificato, composto da due lastre di almeno 8 mm di spessore l'una, con interposto un film in polivinilbutirrale (PVB) dello spessore di 1.52 mm (spessore totale minimo 17,52 mm). I pannelli saranno costituiti da un telaio portante in acciaio S275JR, zincato a caldo, avente spessore minimo 2,5 mm.

L'unione delle lastre di vetro con il telaio dovrà essere realizzato con l'applicazione di guarnizioni di gomma aventi le caratteristiche riportate al paragrafo 14.10.2.4.3.

Le caratteristiche del rivestimento di zinco devono essere conformi alla UNI EN ISO 1461. Il rivestimento di zinco deve avere uno spessore locale minimo di 55 μm ed uno spessore medio minimo di 70 μm . Il trattamento di zincatura deve essere effettuato per immersione a caldo, dopo tutte le lavorazioni meccaniche, compreso il taglio della lamiera.

Per la verniciatura del telaio si adotteranno i cicli omologati dalle FERROVIE secondo quanto previsto nella sezione 6 del presente Capitolato per acciai zincati a caldo.

Al fine di assicurare nel tempo la pulizia e la trasmissione luminosa del manufatto, dovrà essere previsto l'autopulimento dei pannelli trasparenti per dilavamento con acqua piovana senza interventi di pulizia esterni.

Dovranno essere adottate soluzioni atte a ridurre il rischio d'impatto degli uccelli sui pannelli (decalcomanie, marcature, impiego di lastre colorate etc.). Nel caso di utilizzo di decalcomanie o di lacche o vernici per eventuali disegni, deve essere garantito che tali prodotti siano compatibili con il materiale dei pannelli.

Il vetro dovrà essere inoltre fornito con la marcature CE.

Le garanzie di cui al par. 14.5 si intendono estese anche al fenomeno di rottura spontanea del vetro, per limitare il quale, il FORNITORE potrà prevedere l'effettuazione del test HST di cui al par. 14.10.2.4.8 della presente sezione di Capitolato.

Il pannello in vetro deve infine essere sottoposto alle prove di cui al paragrafo 14.8.

14.6.2.4 Pannelli realizzati con altri materiali o con soluzioni innovative


Ove vengano adottati pannelli o realizzati con materiali diversi da quelli sopra indicati o integrati con sistemi innovativi di attenuazione del rumore, dovranno essere fornite tutte le caratteristiche necessarie per il controllo qualitativo dei materiali, e/o dei sistemi integrativi, ai fini strutturali, di durabilità, acustici e di corretto inserimento paesaggistico/ambientale nonché la casistica delle situazioni in cui sono stati applicati, corredata delle certificazioni degli Enti appaltanti.

Detti pannelli devono comunque essere sottoposti alla preventiva approvazione delle FERROVIE.

14.6.3 MONTANTI

14.6.3.1 Montanti metallici

I montanti devono essere realizzati in acciaio con caratteristiche meccaniche non inferiori a quelle del tipo S275J2 per elementi saldati e di tipo S275J0 per elementi non saldati, secondo la norma UNI EN 10025. Tali elementi saranno zincati a caldo per immersione in accordo alla Norma UNI EN ISO 1461, per uno spessore non inferiore a 85 μm , previo ciclo di sabbiatura Sa 2-1/2 oppure trattamento di decapaggio chimico. I montanti, dopo la zincatura, dovranno subire un ulteriore trattamento della superficie che prevede l'utilizzo di

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 14 BARRIERE ANTIRUMORE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 14	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>AM</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 18 di 50

un ciclo di verniciatura omologato dalle FERROVIE secondo quanto previsto nella sezione 6 del presente Capitolato per acciai zincati a caldo.

In merito alla scelta del ciclo omologato, si dovrà adottare per la barriera quello idoneo all'ambiente atmosferico più severo tra quelli che interessano lo sviluppo lineare dell'intero intervento (*es. da pk1 a pk2*), tenendo conto della destinazione d'uso del territorio "esistente" e di quella "prevista negli strumenti di pianificazione urbanistica".

Il collaudo dei materiali e le lavorazioni previste sui montanti devono essere effettuate nel rispetto della normativa vigente e di quanto previsto nella sezione 6 del presente Capitolato.

Le saldature dovranno essere di prima classe ed eseguite e controllate nel rispetto di quanto previsto nella sezione 6 del presente Capitolato.

14.6.3.2 Montanti in materiali diversi

Ove vengano adottati montanti realizzati con materiali diversi dall'acciaio, dovranno essere fornite tutte le caratteristiche necessarie per il controllo qualitativo dei materiali nonché la casistica delle situazioni in cui sono stati applicati. Dette tipologie di montanti devono comunque essere sottoposti alla preventiva approvazione delle FERROVIE.

14.6.4 ACCESSORI

14.6.4.1 Accessori metallici

Tutti gli elementi metallici devono essere scelti avendo cura di evitare problemi di corrosione catodica dovuta al diverso valore del potenziale elettrochimico dei materiali a contatto.

Per quanto riguarda i **bulloni**, saranno unicamente del tipo ad alta resistenza ai sensi del DM 14.1.2008 e di caratteristiche previste nella sezione 6 del presente Capitolato.

Le viti e i dadi devono essere associati nel modo indicato nella tabella 11.3.XIIa delle NTC 2008 (UNI EN 898-2).

Il gioco foro-bullone delle unioni a taglio e il serraggio da applicare saranno conformi alle indicazioni della normativa vigente, del manuale di progettazione di RFI e degli elaborati di progetto.

La bulloneria sarà zincata a caldo per immersione e centrifugata per evitare accumuli di materiale nelle parti filettate.

La bulloneria utilizzata per l'assemblaggio del telaio del pannello in vetro può essere zincata elettroliticamente.

I bulloni dovranno essere sottoposti alle prove riportate in tabella 14.6.4.1-1.


	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 14 BARRIERE ANTIRUMORE	
	CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 14	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>AM</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 19 di 50

Tabella 14.6.4.1-1: Prove sui bulloni

	PROVA	NORMA DI RIFERIMENTO	LIMITI/CRITERI DI ACCETTAZIONE
VITI	Rottura con trazione a cuneo/Resistenza trazione assieme	UNI EN ISO 898-1 UNI EN 898-2 UNI EN 15048-1	≥ 830 Mpa (Classe 8.8 - d ≤ 16 mm)
			≥ 830 Mpa (Classe 8.8 - d > 16 mm)
	Tenacità della testa per viti corte		≥ 1040 Mpa (Classe 10.9)
			Nessuna frattura
	Durezza HV		250 ÷ 320 (Classe 8.8 - d ≤ 16 mm)
			255 ÷ 335 (Classe 8.8 - d > 16 mm)
Analisi chimica	320 ÷ 380 (Classe 10.9)		
DADI			/
	Durezza HV		200 ÷ 302 (Classe 8 - d ≤ 16 mm)
			233 ÷ 355 (Classe 8 - d > 16 mm)
	Analisi chimica	272 ÷ 353 (Classe 10.9)	
RONDELLE		/	
	Durezza HV	≥ 300	

Per le viti a testa svasata si dovrà fare riferimento alla norma UNI EN ISO 10642.

Per la bulloneria zincata a caldo, le caratteristiche del rivestimento di zinco devono essere conformi alla UNI EN ISO 10684. Il rivestimento di zinco deve avere uno spessore locale minimo di 40 μm ed uno spessore medio minimo di 50 μm .

I tirafondi devono essere realizzati con:


- barre in acciaio interamente filettate e zincate a caldo con filettatura metrica ISO a passo grosso, di caratteristiche meccaniche equivalenti o superiori alla classe 8.8 in conformità alla norma **UNI EN ISO 898 parte I**;
- dadi con caratteristiche meccaniche equivalenti o superiori alla classe 8 secondo **UNI EN 898 parte II** conformi per le caratteristiche dimensionali alla EN ISO 4032;
- rosette in acciaio temperato e rinvenuto HV 300 conformi per le caratteristiche dimensionali alla **UNI EN ISO 7089**.

I tirafondi saranno serrati garantendo una tensione (precarico) pari almeno al 60% di quella prescritta nelle norme di riferimento e comunque almeno pari a quella generata dalle azioni di progetto, se superiore al 60%. Resta inteso che l'ancoraggio del tirafondo dovrà essere garantito nelle condizioni di precarico.

Il serraggio del tirafondo dovrà essere controllato a 10 e 20 giorni dalla messa in opera del montante.

I tirafondi dovranno essere sottoposti alle prove riportate in tabella 14.6.4.1-2.

Note:

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 14 BARRIERE ANTIRUMORE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 14	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>AM</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 20 di 50

- i bulloni dovranno essere montati con una rosetta sotto la testa e sotto il dado;
- i tirafondi dovranno essere montati con dado e controdado e con una rosetta sotto il dado. bulloni e tirafondi dovranno essere montati con dado e controdado, come dispositivo antisvitamento. Qualora il controdado non fosse compatibile con la geometria e gli ingombri del collegamento, si dovranno prevedere dadi ribassati o idonei dispositivi di antisvitamento, preventivamente approvati dalle FERROVIE.

Tabella 14.6.4.1-2: Prove sui tirafondi


		PROVA	NORMA DI RIFERIMENTO	LIMITI/CRITERI DI ACCETTAZIONE	
VITI		Trazione	UNI EN ISO 898-1 UNI EN 898-2	≥ 830 Mpa (Classe 8.8 - d \leq 16 mm)	
				≥ 830 Mpa (Classe 8.8 - d $>$ 16 mm)	
				≥ 1040 Mpa (Classe 10.9)	
DADI		Durezza HV	UNI EN ISO 898-1 UNI EN 898-2	250 \div 320 (Classe 8.8 - d \leq 16 mm)	
				255 \div 335 (Classe 8.8 - d $>$ 16 mm)	
				320 \div 380 (Classe 10.9)	
RONDELLE		Analisi chimica	UNI EN ISO 898-1 UNI EN 898-2	/	
				Durezza HV	200 \div 302 (Classe 8 - d \leq 16 mm)
					233 \div 355 (Classe 8 - d $>$ 16 mm)
RONDELLE		Durezza HV	UNI EN ISO 898-1 UNI EN 898-2	272 \div 353 (Classe 10.9)	
				≥ 300	

Per i tirafondi, le caratteristiche del rivestimento di zinco devono essere conformi alla UNI EN ISO 10684. Il rivestimento di zinco deve avere uno spessore locale minimo di 40 μ m ed uno spessore medio minimo di 50 μ m.

I rivetti dovranno essere in acciaio inox AISI 304 e, sottoposti alla prova di corrosione secondo la UNI EN 3651-2, non devono evidenziare nessuna cricca.

14.6.4.2 Guarnizioni

Il FORNITORE dovrà specificare preventivamente le caratteristiche tecniche dei materiali utilizzati per le guarnizioni e i sigillanti, specie per quanto riguarda la qualità dell'elemento elastico e la sua resistenza all'invecchiamento.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 14 BARRIERE ANTIRUMORE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 14	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>AM</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 21 di 50

Il profilo della guarnizione dovrà essere studiato in modo tale da evitare la fuoriuscita del pannello nel momento di maggiore sollecitazione ed ammortizzare le vibrazioni dello stesso.

Le guarnizioni dovranno essere conformi, per tipologia e caratteristiche, a quelle sottoposte a prova nell'ambito del procedimento di omologazione di cui al par. 14.8.

Le guarnizioni devono essere realizzate in EPDM e devono avere le caratteristiche minime elencate in Tab. 14.6.4.2-1.

Tabella 14.6.4.2-1: Caratteristiche delle guarnizioni

PROVA	NORMA DI RIFERIMENTO	LIMITI/CRITERI DI ACCETTAZIONE
Carico a rottura	UNI 6065	≥ 10 Mpa
Allungamento a rottura	UNI 6065	≥ 300 %
Durezza	UNI ISO 7619-1	70 ± 5 Shore A3
Resistenza all'ozono	UNI ISO 1431-1	Nessuna cricca
Temperatura limite di fragilità	UNI ISO 812	≤ -25 °C
Resistenza alla lacerazione	ISO 34-1	≥ 12 KN/m
Spettro IR	UNI ISO 4650	Per identificazione con prodotto finito
Densità	UNI ISO 2781	Per identificazione con prodotto finito
Residuo in cenere	UNI 5613	Per identificazione con prodotto finito

Dopo invecchiamento termico di 7 giorni alla temperatura di 70°C, secondo UNI ISO 188, non dovranno verificarsi variazioni delle caratteristiche superiori a quelle riportate in Tab. 14.6.4.2-2.

Tabella 14.6.4.2-2: Caratteristiche delle guarnizioni dopo invecchiamento di 7 giorni a 70°

PROVA	NORMA DI RIFERIMENTO	LIMITI/CRITERI DI ACCETTAZIONE
Carico a rottura	UNI ISO 188	15%
Allungamento a rottura	UNI ISO 188	25%
Durezza	UNI ISO 188	-5/+10 Shore A3


Per la sigillatura del varco tra il primo pannello ed il cordolo di si dovrà far riferimento a quanto riportato al par. 14.7.3.2.4.

Laddove sia previsto negli elaborati di progetto, si potranno utilizzare, per i compensatori di gola, elementi in polipropilene.

Su tale materiale dovranno essere eseguite le seguenti prove di qualifica:

- Trazione (Carico di rottura minimo pari a 15 MPa);
- Densità;
- Residuo in cenere;
- Spettro IR;
- Flessione a fatica.

Per le prove sopra riportate dovrà essere fornito un protocollo di prova che dovrà essere preventivamente

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 14 BARRIERE ANTIRUMORE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 14	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>AM</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 22 di 50

accettato dalle FERROVIE. Tuttavia tali prove dovranno essere effettuate sia su materiale tal quale che su materiale invecchiato (secondo criteri stabiliti nel protocollo di prova), e le prove di fatica per un numero di cicli non inferiore a 12000.

Le FERROVIE si riservano la facoltà di eseguire ogni ulteriore prova ritenuta necessaria per la verifica delle caratteristiche dei predetti materiali.

14.6.5 PORTE DI SERVIZIO

Le porte di servizio, se richieste, devono essere apribili verso l'esterno rispetto alla sede ferroviaria; di norma, saranno costituite da un telaio in acciaio con relativi accessori e da specchiatura in vetro, aventi le caratteristiche riportate al par. 14.6.2.3.

Tutti i dispositivi (maniglie, maniglioni, cerniere, ecc.) dovranno essere di acciaio inox.

Analogamente alla barriera e a i suoi componenti, le porte saranno sottoposte alle prove di cui al paragrafo 14.8 e saranno oggetto di omologazione secondo la procedura di cui al paragrafo 14.9 della presente sezione di Capitolato.

Non sono richiesti valori minimi dei coefficienti di assorbimento acustico, mentre deve essere garantito un indice di valutazione del potere fonoisolante minimo R_w di 24 dB, determinato secondo le norme UNI EN ISO 717/1 e UNI EN 16272-2.

Le porte dovranno avere dispositivi di apertura azionabili dall'esterno con l'uso di chiavi. All'interno dovranno essere previsti dispositivi di apertura senza l'uso di chiavi con un maniglione di tipo "antipanico".

Deve essere previsto un dispositivo di chiusura automatica (molla di richiamo) al fine di evitare che le porte restino inavvertitamente aperte lasciando liberi varchi dall'esterno.

Per quanto riguarda i requisiti di resistenza al fuoco, le porte devono essere di classe R60.

Ove ne sia previsto l'impiego, le caratteristiche tecniche di dette porte e la loro dislocazione lungo la barriera dovranno essere preventivamente approvate dalle FERROVIE, in fase di progettazione.

Le scale previste in corrispondenza delle porte devono essere realizzate in conformità alle norme di sicurezza vigenti.

14.7 CARATTERISTICHE DELLE BARRIERE ANTIRUMORE

14.7.1 CARATTERISTICHE ACUSTICHE DEI PANNELLI

I pannelli utilizzati per la realizzazione di barriere acustiche sono suddivisi nelle seguenti classi:

Classe I: Pannelli fonoassorbenti

Classe II: Pannelli non fonoassorbenti

La Classe I comprende:


Classe Ia: Pannelli fonoassorbenti con elevate prestazioni;

Classe Ib: Pannelli fonoassorbenti con medie prestazioni.

I pannelli appartenenti alla Classe I sono caratterizzati dalla capacità di assorbire, in modo significativo, l'energia acustica incidente su di essi riducendo l'energia acustica riflessa.

Per i pannelli appartenenti alla Classe II non vengono richieste particolari caratteristiche di fonoassorbimento.

Sia i pannelli della Classe I sia quelli della Classe II devono garantire, comunque, un'elevata capacità di fonoisolamento.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 14 BARRIERE ANTIRUMORE	
	CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 14	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>AM</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>
		FOGLIO 23 di 50

14.7.1.1 Pannelli fonoassorbenti

Per i pannelli fonoassorbenti, in genere costituiti da una struttura scatolare contenente all'interno un materiale fonoassorbente, i valori minimi prescritti dei coefficienti di assorbimento acustico α_s e dell'indice di valutazione del potere fonoisolante R_w sono i seguenti:

Classe Ia: Pannelli fonoassorbenti con elevate prestazioni

a) Coefficienti di assorbimento acustico misurati secondo EN 16272-1:

f [Hz]	125	160	200	250	315	400	500	630
α_s	0,30	0,45	0,60	0,60	0,70	0,75	0,80	0,80
f [Hz]	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000
α_s	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,80	0,75	0,70

Durante la prova il campione deve essere posizionato a contatto con una superficie della camera riverberante sigillando adeguatamente la linea perimetrale di contatto.

Nel caso di pannelli biassorbenti le misurazioni sono effettuate separatamente per ciascuna faccia.

b) Valori dei parametri di isolamento acustico per pannelli monoassorbenti e biassorbenti:

- $R_w \geq 30$ dB
- $DLR \geq 30$ dB con tolleranza di 2dB

Classe Ib: Pannelli fonoassorbenti con medie prestazioni

a) Coefficienti di assorbimento acustico misurati secondo EN 16272-1:


f [Hz]	125	160	200	250	315	400	500	630
α_s	0,10	0,15	0,25	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55
f [Hz]	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000
α_s	0,60	0,65	0,65	0,65	0,65	0,60	0,50	0,45

Durante la prova il campione deve essere posizionato a contatto con una superficie della camera riverberante sigillando adeguatamente la linea perimetrale di contatto.

Nel caso di pannelli biassorbenti le misurazioni sono effettuate separatamente per ciascuna faccia.

b) Valori dei parametri di isolamento acustico per pannelli monoassorbenti e biassorbenti:

- $R_w \geq 30$ dB
- $DLR \geq 30$ dB con tolleranza di 2dB

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 14 BARRIERE ANTIRUMORE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 14	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>AM</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 24 di 50

14.7.1.2 Pannelli non fonoassorbenti

Per i pannelli non fonoassorbenti, in genere costituiti da materiali quali calcestruzzo, vetro, ecc., non sono prescritti valori minimi dei coefficienti di assorbimento acustico. I valori minimi dei parametri per la misura della capacità di isolamento acustico non dovranno essere, comunque, inferiori a quanto riportato al paragrafo 14.7.1.1.

14.7.2 CARATTERISTICHE ACUSTICHE DELLA BARRIERA

Al fine della valutazione di accettabilità provvisoria e definitiva della barriera dal punto di vista del comportamento acustico, dovranno essere eseguite, le prove di cui al paragrafo 14.8.3 sia in fase di accettazione che di collaudo in opera.

Al fine di verificare la correttezza del dimensionamento acustico dell'intervento dovrà essere effettuata la verifica della perdita per inserzione "in opera", secondo quanto previsto al paragrafo 14.12.2.1 della presente Sezione di Capitolato.

14.7.3 CARATTERISTICHE NON ACUSTICHE DELLA BARRIERA

14.7.3.1 Premessa

Nel rispetto delle indicazioni contenute negli elaborati di progetto, nella normativa di riferimento nazionale ed europea applicabile e nelle specifiche tecniche ferroviarie, le barriere antirumore per impieghi ferroviari dovranno soddisfare:

- verifiche di resistenza (statica, dinamica, a fatica);
- verifiche di deformabilità;
- verifiche di resistenza al fuoco;
- verifica di resistenza all'impatto del pietrisco.

In particolare, per la pannellatura dei sistemi antirumore i documenti di riferimento per la specificazione di valori accettabili delle caratteristiche non acustiche sono le FprEN 16727-1, EN 16727-2-2, EN 16727-3 e la UNI EN 1794-1, le specifiche tecniche ferroviarie e la presente sezione di capitolato (rif. paragrafo 14.8).

14.7.3.2 Caratteristiche costruttive delle barriere

14.7.3.2.1 Geometria delle barriere


La geometria della barriera sarà quella indicata negli elaborati grafici di progetto, approvati dalle FERROVIE. Le barriere dovranno essere poste ad opportuna distanza dalla più vicina rotaia in modo da consentire un agevole uso delle infrastrutture ferroviarie e da ottimizzare l'abbattimento di energia sonora.

14.7.3.2.2 Sentiero pedonale e Vie di accesso

Le barriere dovranno essere posizionate esternamente al sentiero pedonale in modo da assicurarne il libero accesso dal binario. La distanza dell'asse del sentiero pedonale dal bordo interno della più vicina rotaia è prescritta dal Regolamento di attuazione della Legge 26/04/1974 n. 191 (articolo 6 del DPR 469/79).

Eventuali deroghe a tale disposizione dovranno essere sottoposte all'approvazione delle FERROVIE.

Le barriere antirumore sono posizionate in modo da non occupare la fascia di rispetto di larghezza pari a 2,65 m a partire dal bordo interno della più vicina rotaia (o pari a 3,37 m dall'asse del binario più esterno) necessaria per soddisfare esigenze di sicurezza, esercizio e manutenzione dell'infrastruttura.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 14 BARRIERE ANTIRUMORE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 14	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>AM</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 25 di 50

Nel caso in cui si rendano necessarie interruzioni di barriera, ogni interruzione deve essere protetta da uno schermo opportunamente arretrato e di lunghezza almeno pari all'interruzione più due volte la distanza fra la barriera principale e la barriera arretrata.

Tali interruzioni, da adottare solo dove è strettamente necessario, dovranno essere comunque preventivamente approvate dalle FERROVIE.

Laddove previsto in progetto, ogni 250 m di barriera antirumore deve essere realizzata una via d'accesso all'infrastruttura dimensionata secondo i vigenti standard di sicurezza ed in accordo al paragrafo 14.6.5 del presente Capitolato. Nel caso di barriere su entrambi i lati dell'infrastruttura, le vie di accesso si disporranno affacciate. Il posizionamento delle vie di accesso dovrà tenere conto della preesistenza di scale e della necessità di un agevole accesso ad installazioni che dovessero rimanere all'esterno della barriera.

14.7.3.2.3 *Sistemazione del corpo stradale*

Di regola, laddove è possibile, all'esterno della barriera sarà realizzato uno stradello di servizio con lo scopo di consentire l'ispezionabilità e la manutenzione dall'esterno delle barriere stesse.

In alcuni casi, come a volte nei tratti di sede in rilevato, può rendersi necessario allargare il corpo stradale tramite un rinterro delle scarpate. Ove necessario, tale rinterro sarà sostenuto con gabbionate posizionate al piede dello stesso rilevato o con altra soluzione preliminarmente approvata dalle FERROVIE.

La realizzazione degli interventi di mitigazione dovrà prevedere, secondo le indicazioni contenute in progetto, la sistemazione delle scarpate del corpo stradale interessate dai lavori di realizzazione delle barriere stesse con idoneo inerbimento che impedisca la rigenerazione della vegetazione spontanea senza necessità di sfalcio o di irrigazione.

14.7.3.2.4 *Particolarità costruttive delle barriere*

I materiali costituenti le barriere devono essere forniti nei colori che saranno indicati dalle FERROVIE.

Fra montanti e pannelli e tra pannello e pannello devono essere previste guarnizioni acusticamente ermetiche, descritte negli elaborati di progetto, mentre tra pannelli e fondazioni in c.a. si potrà utilizzare l'EPDM così come per le guarnizioni, le cui caratteristiche sono riportate al par. 14.6.4.2, o altra soluzione tecnica approvata dalle FERROVIE, quali ad esempio un lamierino in acciaio o in alluminio, opportunamente sagomato, ancorato al cordolo di fondazione, con tasselli meccanici ad interasse 50 cm, e posizionato, preferibilmente, sul lato esterno alla barriera, ossia sul lato prospiciente i ricettori.


Tutta la barriera deve essere costruita in modo da consentire il rapido e regolare deflusso delle acque e da evitare in ogni punto il ristagno dell'acqua. In particolare, per i pannelli compositi l'acqua deve fuoriuscire facilmente dai singoli pannelli (fori sul fondo) e non ristagnare sia tra pannello e pannello sia tra il pannello inferiore della parete e la superficie di appoggio.

Dovranno essere previsti dei dispositivi atti a impedire o a rendere difficoltosa con opportuni accorgimenti l'asportazione dei pannelli.

L'eventuale inghisaggio dei tirafondi dovrà essere realizzato con malte espansive tipo ex Emaco S55 o tipo simile o, in alternativa, con resine epossidiche, se preventivamente qualificate ed accettate dalle FERROVIE per le specifiche condizioni di applicazione previste in progetto.

14.7.3.2.5 *Barriere sui ponti*

Nel caso di insonorizzazione di ponti metallici la struttura portante dei pannelli dovrà essere preferibilmente distinta da quella della travata stessa e, intorno ad esse e ai relativi apparecchi d'appoggio, dovrà essere lasciato uno spazio sufficiente a consentire l'effettuazione delle ispezioni e degli interventi di manutenzione. Si dovrà inoltre tenere conto delle deformazioni dei ponti metallici sia per effetto dei sovraccarichi ferroviari che delle

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 14 BARRIERE ANTIRUMORE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 14	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>AM</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 26 di 50

dilatazioni termiche. Per le opere di scavalco si dovranno privilegiare soluzioni strutturali in acciaio allo scopo di evitare interferenze con le opere esistenti, con particolare riguardo alle opere di fondazione.

Nella zona di giunto dei ponti dovrà essere prevista una doppia parete su due lati degli elementi affiancati ravvicinati il più possibile, ma sempre in modo da permettere le libere dilatazioni dell'opera d'arte.

Le due pareti dovranno avere una sovrapposizione pari all'escursione massima del giunto maggiorata di almeno 50 cm e dovranno essere vincolate alle strutture in modo che non sia impedito il movimento di dilatazione del ponte.

Per dilatazioni inferiori a 5 cm si disporrà un giunto in neoprene tra i due montanti della barriera.

In alternativa a quanto proposto, nella zona di giunto dei ponti potrà essere adottata una differente soluzione tecnica da sottoporre preventivamente al benessere delle FERROVIE.

Per i pannelli in c.a., previsti fino a 2 m sul p.d.f., si potrà prevedere l'utilizzodi calcestruzzo alleggerito, omologati secondo la procedura di cui al par. 14.8 e conformi alle NTC 228 e s.m.i.

14.7.3.2.6 Tolleranze di costruzione e montaggio

Le tolleranze di costruzione e di montaggio saranno quelle indicate negli elaborati di progetto; dovranno essere tali da garantire comunque una battuta minima dei pannelli, su entrambi i montanti, pari a 50 mm. A tale scopo potranno essere adottati dei dispositivi di centraggio.

Nella fase di montaggio della barriera dovranno essere curati con particolare attenzione l'allineamento e la verticalità dei montanti.

Per ottenere la massima precisione di montaggio degli elementi, il posizionamento dei tirafondi nel cordolo di base sarà eseguito tramite dime.

14.7.3.2.7 Protezione elettrica

Il sistema di messa a terra delle barriere antirumore deve rispondere alle prescrizioni riportate al paragrafo II.4.5.7 del Manuale di Progettazione di RFI

Va applicato a qualsiasi tipologia di barriera antirumore, con le opportune modifiche ed integrazioni, in funzione delle diverse tipologie di alimentazione elettrica (linee tradizionali a 3 kV, linee AV/AC a 25 kV).

14.7.3.2.8 Protezione ambientale


Ai fini della protezione dell'uomo e dell'ambiente, per tutti i materiali utilizzati per la realizzazione di barriere antirumore, si applicano le prescrizioni previste dalla EN 16727-3, annex C.

Per i prodotti pericolosi utilizzati in fase di installazione, manutenzione o altra lavorazione dovranno essere fornite anche le schede dei dati di sicurezza redatte secondo allegato II del regolamento (CE) n. 1907/2006 (REACH).

In ogni caso non è ammesso l'uso di materiali per la cui produzione occorrono le sostanze elencate nel nell'allegato XVII del suddetto regolamento (Restrizioni in materia di fabbricazione, immissione sul mercato e uso di talune sostanze, miscele e articoli pericolosi).


In pratica, il FORNITORE del sistema antirumore per impieghi ferroviari deve dichiarare chiaramente e compiutamente.

- elenco dei materiali che costituiscono il sistema antirumore, utilizzando la nomenclatura chimica ed evitando nomi commerciali;
- elenco delle sostanze che risultano dalla decomposizione a seguito di esposizione naturale durante l'intera vita di riferimento del sistema antirumore;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 14 BARRIERE ANTIRUMORE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 14	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>AM</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 27 di 50

- elenco delle sostanze che risultano dalla esposizione al fuoco del sistema antirumore;
- elenco delle condizioni fisiche o chimiche che potrebbero determinare il rilascio nell'ambiente di sostanze potenzialmente nocive o tossiche per l'uomo e per l'ambiente;
- elenco dei materiali costituenti che possono venire riciclati, indicando in quale misura sono presenti ed eventuali limitazioni d'uso;
- elenco dei materiali costituenti riciclati ed la relativa misura percentuale;
- elenco dei materiali costituenti che devono essere smaltiti secondo particolari procedure, da indicare in dettaglio;
- elenco di eventuali benefici legati al riutilizzo dei materiali costituenti, indicando tutte le limitazioni esistenti alle condizioni di trasformazione.

Per tale dichiarazione, il produttore del sistema antirumore per infrastrutture di trasporto può avvalersi anche di attestazioni rilasciate dai produttori dei singoli materiali componenti.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 14 BARRIERE ANTIRUMORE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 14	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>AM</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 28 di 50

14.8 PROVE

Per l'effettuazione di tutte le prove, comprese quelle sui materiali, occorrerà prevedere un adeguato numero di pannelli, che saranno identificati dal personale delle FERROVIE addetto al controllo.

MATERIALE PANNELLO	NUMERO PANNELLI DA PRELEVARE E IDENTIFICARE	DIMENSIONI NOMINALI DEI PANNELLI
INOX	24	500 x 3000 mm
VETRO	12	1000 x 3000 mm
	6	2000 x 3000 mm
CLS	12	1000 x 3000 mm
	6	2000 x 3000 mm

14.8.1 PROVA DI FONOASSORBIMENTO

La capacità di fonoassorbimento è valutata attraverso i coefficienti di assorbimento acustico α_s , determinati secondo la metodologia di cui alla norma UNI EN 16272-1, alle frequenze centrali di banda 1/3 d'ottava da 125 a 5000 Hz, con riferimento ai valori riportati al precedente paragrafo 14.7.1.1 della presente sezione di Capitolato, con una tolleranza del 5%. E' richiesto inoltre il calcolo dell'indice $DL\alpha$ secondo la norma EN 16272-3-1.

14.8.2 PROVA DI FONOIOLAMENTO

La capacità di fonoiolamento va valutata in laboratorio secondo la metodologia riportata nella norma UNI 16272-2, alle frequenze centrali di banda 1/3 d'ottava da 125 a 5000 Hz. Nel rapporto di prova dovranno essere riportati sia l'Indice di valutazione del potere fonoiolante R_w secondo UNI EN ISO 717-1, sia l'indice di valutazione dell'isolamento acustico per via aerea DLR secondo EN 16272-3-1. I limiti di riferimento sono riportati nei paragrafi 14.7.1.1 e 14.7.1.2 della presente sezione di Capitolato.

14.8.3 ACCETTABILITA' PROVVISORIA DELLA BARRIERA

Prima di procedere all'installazione della barriera è prevista la realizzazione di un campione della stessa per la verifica delle caratteristiche acustiche del sistema nel suo complesso (accettabilità provvisoria).


La proprietà di riflessione acustica sul campione del sistema barriera è valutata attraverso i coefficienti di riflessione acustica RI determinati secondo la metodologia di cui alla norma EN 16272-5, alle frequenze centrali di banda 1/3 d'ottava da 200 a 5000 Hz. E' richiesto il calcolo dell'indice DL_{RI} secondo la norma EN 16272-3-2.

Non sono previsti limiti di accettazione per la prova di riflessione acustica.

La proprietà di fonoiolamento sul campione del sistema barriera è valutata attraverso i coefficienti di isolamento acustico "SI" determinati secondo la metodologia di cui alla norma EN 16272-6, alle frequenze centrali di banda 1/3 d'ottava da 200 a 5000 Hz. E' richiesto il calcolo dell'indice DL_{SI} secondo la norma EN 16272-3-2.

L'indice di isolamento $DLSI$ misurato sul sistema barriera deve essere ≥ 30 dB per la misura di fronte agli elementi acustici e ≥ 27 dB per la misura di fronte ai montanti.

Prima di effettuare la prova, dovrà essere presentato uno specifico protocollo di prova, che dovrà essere approvato preliminarmente dalle FERROVIE.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 14 BARRIERE ANTIRUMORE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 14	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>AM</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 29 di 50

Nel protocollo di prova, oltre ad essere indicate le prove da effettuare, dovranno indicarsi tutte le attrezzature e i dispositivi di prova, i telai di supporto, e i dispositivi di misura.

14.8.4 PROVA DI DETERMINAZIONE DEL PESO PROPRIO

Per i pannelli acustici si dovranno determinare il peso asciutto ed il peso bagnato ridotto così come definiti nelle norme FprEN 16727-1 e UNI EN 1794-1 Appendice B.

14.8.5 PROVA DI STABILITA'

I pannelli dovranno essere sottoposti alla prova di stabilità sotto l'azione del vento e della pressione aerodinamica prodotta al passaggio dei convogli. Nel caso di elementi di barriera non verticali, dovranno essere valutati anche gli altri carichi agenti (peso proprio, neve, etc.). La prova sarà effettuata secondo la metodologia prevista nelle norme FprEN 16727-1 e nelle Appendici A e B della norma UNI EN 1794-1. L'appoggio/fissaggio del pannello dovrà essere quello previsto per l'effettiva realizzazione dell'opera; in particolare dovranno essere utilizzati gli stessi elementi quali montanti, guarnizioni etc..

Qualora i compensatori di gola sui pannelli non siano simmetrici, detta prova dovrà essere ripetuta sulle due facce dei pannelli.

Per la determinazione dell'azione totale da applicare e per i requisiti statici da richiedere si fa riferimento a quanto riportato nella sezione 1 del Manuale di Progettazione di RFI.

14.8.6 PROVA DI IMPATTO

I pannelli devono resistere all'impatto causato dal pietrisco, subendo al più danni superficiali. Per i requisiti e la metodologia di prova si dovrà fare riferimento alle norme FprEN 16727-1 e UNI EN 1794-1 Appendice C.

Per i pannelli in vetro si dovrà condurre la prova di resistenza all'urto secondo la procedura di prova riportata nella UNI EN 356 (*Vetro per edilizia - Vetro di sicurezza - Prove e classificazione di resistenza contro l'attacco manuale*) ed il pannello stesso dovrà appartenere almeno alla Classe P2A, salvo diversa specifica indicazione in merito a maggiori prestazioni da parte del Progettista o della Direzione Lavori.

14.8.7 PROVA A FATICA

Si riporta di seguito la "Procedura per la prova a fatica delle barriere antirumore per impieghi ferroviari", necessaria per verificare i pannelli acustici considerando le sollecitazioni torsionali dovute alla controfase fra i montanti consecutivi sottoposti alla deformazione massima indotta dall'azione aerodinamica dinamizzata.


La procedura prevede due prove a fatica: una a flessione e l'altra a torsione, da effettuarsi sullo stesso pannello; le due prove non devono necessariamente essere eseguite nell'ordine indicato ma è possibile invertirne la sequenza.

Il sistema da sottoporre a prova è costituito dall'insieme "*pannello, guarnizioni, fissaggi ai montanti*" realizzato seguendo le modalità di posa in opera indicate in progetto.

La procedura è valida per ogni genere di pannello, indipendentemente dal materiale che lo costituisce.

14.8.7.1 Oggetto della prova

La prova è finalizzata a verificare l'idoneità strutturale del sistema costituito da pannelli acustici, guarnizioni, fissaggi ai montanti nonché l'idoneità delle modalità di posa in opera. In particolare, la prova è diretta alla verifica del comportamento a fatica dei pannelli sollecitati sequenzialmente a:

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 14 BARRIERE ANTIRUMORE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 14	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>AM</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 30 di 50

- flessione generata dalla pressione aerodinamica del convoglio;
- torsione dovuta alla pressione aerodinamica che induce una deformazione non in fase fra i diversi montanti della barriera stessa.

14.8.7.2 Esempio di attrezzatura di prova

Le prove devono essere concepite ed organizzate in modo tale da riprodurre le reali condizioni in opera del sistema da testare.

In via esemplificativa, nel seguito, viene descritto un tipo di attrezzatura di prova.

Detta attrezzatura può essere costituita da un telaio (si veda figg. 14.8.7.3-1-2-3) atto a riprodurre una campata di barriera di dimensioni nominali 2x3 m. Il telaio è composto da due profilati (montanti) di altezza sufficiente ad accogliere 2 metri di pannelli.

Uno dei profilati è incastrato alla base per mezzo di una piastra saldata ad un basamento metallico vincolato a sua volta ad una apposita fondazione di contrasto. Questo profilato sarà irrigidito con puntoni per garantire che non subisca spostamenti durante le prove.

L'altro profilato è vincolato al basamento metallico a mezzo di una cerniera realizzata con piastre saldate al profilato ed al basamento. Questo secondo profilato sarà quindi libero di ruotare in un piano ortogonale all'asse longitudinale della barriera per generare la voluta torsione sul pannello. Durante la prova a flessione questo secondo profilato sarà bloccato da opportuni controventi per evitare spostamenti e rotazioni alla base.

I montanti sono indicativamente costituiti da profilati HE, di dimensione opportuna, e dovranno riprodurre le dimensioni geometriche degli elementi del montante a cui il pannello è vincolato nella realtà. Le dimensioni indicate nelle figure 14.8.7.3-1-2-3 riportano un profilato HE. Nel protocollo di prova e nel successivo rapporto sarà comunque registrata la dimensione dei montanti su cui è stato installato il campione.

14.8.7.3 Campioni da sottoporre a prove

Il campione di barriera da sottoporre a prova sarà costituito da un numero variabile di pannelli acustici con una configurazione prossima alla più severa condizione di esercizio prevista per un'altezza di almeno 2 metri.


Per ciascuna tipologia di pannello da omologare, le prove a fatica, flessionale e torsionale, dovranno essere effettuate in modo da sottoporre a prova anche la connessione mutua dei pannelli sul lato lungo (pannelli montati in sovrapposizione come nella reale condizione in opera). Ove i materiali dei pannelli accoppiati fossero diversi, occorrerà documentare il superamento delle prove dell'elemento di contatto per ciascuna tipologia e geometria di contatto tra i pannelli.

I pannelli testati devono essere completi di tutti gli accessori (viti, guarnizioni, fissaggi e quant'altro) previsti per il montaggio nelle reali condizioni e per il vincolo ai montanti.

Ove le dimensioni delle strutture di supporto lo consentano, potranno essere testate anche due tipologie di pannello contemporaneamente (ad esempio, sui due metri di altezza dei montanti di supporto potranno essere disposti più pannelli sovrapposti: due pannelli metallici h=0,5 m della stessa tipologia ed un pannello trasparente h=1 m) purché si riproduca per ogni pannello la più severa condizione di esercizio prevista.

I pannelli dovranno essere provati sui montanti più grandi e sui montanti più piccoli della gamma dei montanti che si vuole adottare.

Qualora le guarnizioni e/o i fissaggi dei pannelli ai montanti non siano simmetrici (uguali sui due lati dei pannelli), la prova flessionale dovrà essere ripetuta due volte per sollecitare i pannelli sulle due facce onde poter testare i differenti componenti posti sui due lati. Successivamente, sullo stesso pannello dovrà essere fatta la prova torsionale.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 14 BARRIERE ANTIRUMORE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 14	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>AM</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 31 di 50

14.8.7.4 Procedura di prova

Prima di effettuare le prove flessionali e torsionali dovrà essere presentato uno specifico protocollo di prova, redatto in modo coerente alla presente sezione, che dovrà essere approvato preliminarmente dalle FERROVIE.

Nel protocollo di prova, oltre ad essere indicate tutte le prove da effettuare, dovranno indicarsi tutte le attrezzature e i dispositivi di prova, i telai di supporto, le macchine per l'applicazione dei carichi, la distribuzione dei carichi nonché i dispositivi di misura.

I test di funzionalità dovranno essere sia di tipo flessionale che torsionale e saranno condotti, in modo sequenziale, sullo stesso sistema da omologare. Le prove dovranno essere condotte facendo in modo che il vincolo del pannello ai montanti sia tale da azzerare tutti i giochi presenti nell'ambito delle guarnizioni. Nel seguito vengono descritti i due tipi di test. Le due prove non devono necessariamente essere eseguite nell'ordine indicato ma è possibile invertirne la sequenza.

14.8.7.4.1 Test a flessione

Su un lato dei pannelli sarà esercitata una pressione uniforme su tutta la superficie, variabile da un minimo di 0.0 ad un massimo di 2,5 KN/mq. Qualora si ricorra ad azioni concentrate, esse dovranno essere tali da indurre effetti equivalenti alla suddetta pressione, in termini di sollecitazioni flessionali. Il numero e la posizione dei punti di applicazione così come il lato di applicazione del carico dovranno essere indicati nelle schede specifiche per ogni tipologia di pannello nel rapporto di prova.

Il sistema di carico dovrà essere dotato di un dispositivo di misurazione della forza esercitata (es. cella di carico), a garanzia della trasmissione del corretto carico. Il numero dei punti di applicazione del carico e le dimensioni dell'elemento di trasferimento del carico (es. piastra) dovranno essere tali da garantire la maggiore diffusione possibile del carico.

Il carico sarà applicato per 2.000.000 di cicli (un ciclo = 0; +2,5 KN/mq) con frequenza da stabilire in funzione delle caratteristiche del pannello. Durante la prova dovranno essere registrati gli spostamenti dei pannelli in corrispondenza almeno della mezzeria dello stesso e in prossimità dell'attacco al montante. La registrazione dovrà essere effettuata all'inizio della prova e per step successivi di circa 200.000 cicli fino alla conclusione della stessa.

Alla fine della prima prova dovrà essere effettuata un'ispezione visiva degli elementi montati, verificando lo stato di integrità dei pannelli e di tutti i dispositivi di collegamento e di vincolo ai montanti e l'assenza di giochi significativi fra montante e pannello la cui entità andrà comunque registrata; inoltre, dovrà essere redatto un dettagliato rapporto di prova che dovrà contenere tutte le informazioni necessarie.


14.8.7.4.2 Test a torsione

Il test a torsione dovrà essere effettuato sullo stesso pannello sottoposto o da sottoporre alla prova di flessione. Per evitare possibili danneggiamenti connessi con le operazioni di smontaggio e rimontaggio degli elementi è opportuno effettuare le due prove in sequenza, senza rimuovere gli elementi acustici, previa verifica che durante e a compimento della prima prova non si siano verificati problemi sulle parti visibili dei pannelli (struttura del pannello, guarnizioni e fissaggi ai montanti).

Dopo aver constatato il presunto buon esito della prima prova si potrà dare inizio alla successiva di torsione.

Detta prova dovrà effettuarsi applicando fra le due estremità del generico pannello una rotazione relativa con asse orizzontale variabile da 0 a 8.89 mrad. Il centro di rotazione sarà alla base del montante e la rotazione dovrà essere applicata per 2.000.000 di cicli con frequenza da stabilire in funzione delle caratteristiche del pannello.

Tale rotazione coincide con quella misurata nel punto di maggiore flessione elastica di una mensola di inerzia

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 14 BARRIERE ANTIRUMORE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 14	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>AM</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 32 di 50

costante incastrata alla base alla quale è impresso in sommità uno spostamento trasversale, ortogonale al suo asse, pari ad 1/150 dell'altezza. Tale valore è indipendente dall'altezza del montante e, per un elemento incernierato alla base, corrisponde ad uno spostamento orizzontale pari a 8,89 mm per ogni metro di altezza.

Il sistema da verificare dovrà essere costituito da materiali, componenti e modalità di posa in opera identici alla reale condizione di esercizio.

A conclusione della prova dovrà essere redatto un dettagliato rapporto di prova, che dovrà contenere tutte le informazioni di seguito richiamate.

14.8.7.5 Criteri di accettazione

Al termine delle due prove di flessione/torsione saranno verificate le condizioni dei pannelli, delle guarnizioni e dei fissaggi ai montanti descrivendo eventuali danneggiamenti e/o usure di tutti i componenti.

La doppia prova a fatica si considererà superata se il pannello ed i suoi componenti, al termine delle due prove, non avranno subito cricche estese (fessure e/o lesioni rilevabili ad occhio nudo), rotture e/o usure anomale tali da compromettere la resistenza nel tempo del componente, dislocazioni, deformazioni plastiche di tipo stabile e giochi tali da compromettere la battuta e la tenuta del pannello.

Pertanto, al termine delle suddette prove sui pannelli, dovranno essere effettuate le prove di caratterizzazione di tutti i materiali costituenti la tipologia di pannello, al fine di verificarne la rispondenza al progetto.

14.8.7.6 Rapporto di prova

Alla fine delle suddette prove dovrà essere redatto un dettagliato rapporto di prova da parte del Laboratorio Autorizzato contenente le seguenti informazioni:

- denominazione del richiedente, estremi identificativi del sistema sottoposto a prova allegando i disegni di dettaglio di tutti gli elementi costituenti il pannello ed i relativi sistemi di fissaggio (quali guarnizioni, agganci, compensatori, pressori, collegamenti al montante, etc.);
- protocollo di prova approvato dalle FERROVIE con la descrizione di tutte le attrezzature, l'insieme delle misure e dei controlli effettuati nel corso della prova (sia in forma analitica che grafica), nonché una esauriente documentazione fotografica attestante lo stato dei diversi elementi prima, durante e a compimento delle prove stesse.

Nel rapporto di prova dovrà essere posta particolare cura nell'evidenziare sugli elementi provati eventuali rotture, cricche estese (fessure e/o lesioni rilevabili ad occhio nudo), rotture e/o usure anomale tali da compromettere la resistenza nel tempo del componente, dislocazioni, deformazioni plastiche di tipo stabile e giochi tali da compromettere la battuta e la tenuta del pannello.

In detto rapporto ci si dovrà astenere dall'esprimere giudizi di idoneità poiché gli stessi saranno a cura delle FERROVIE.

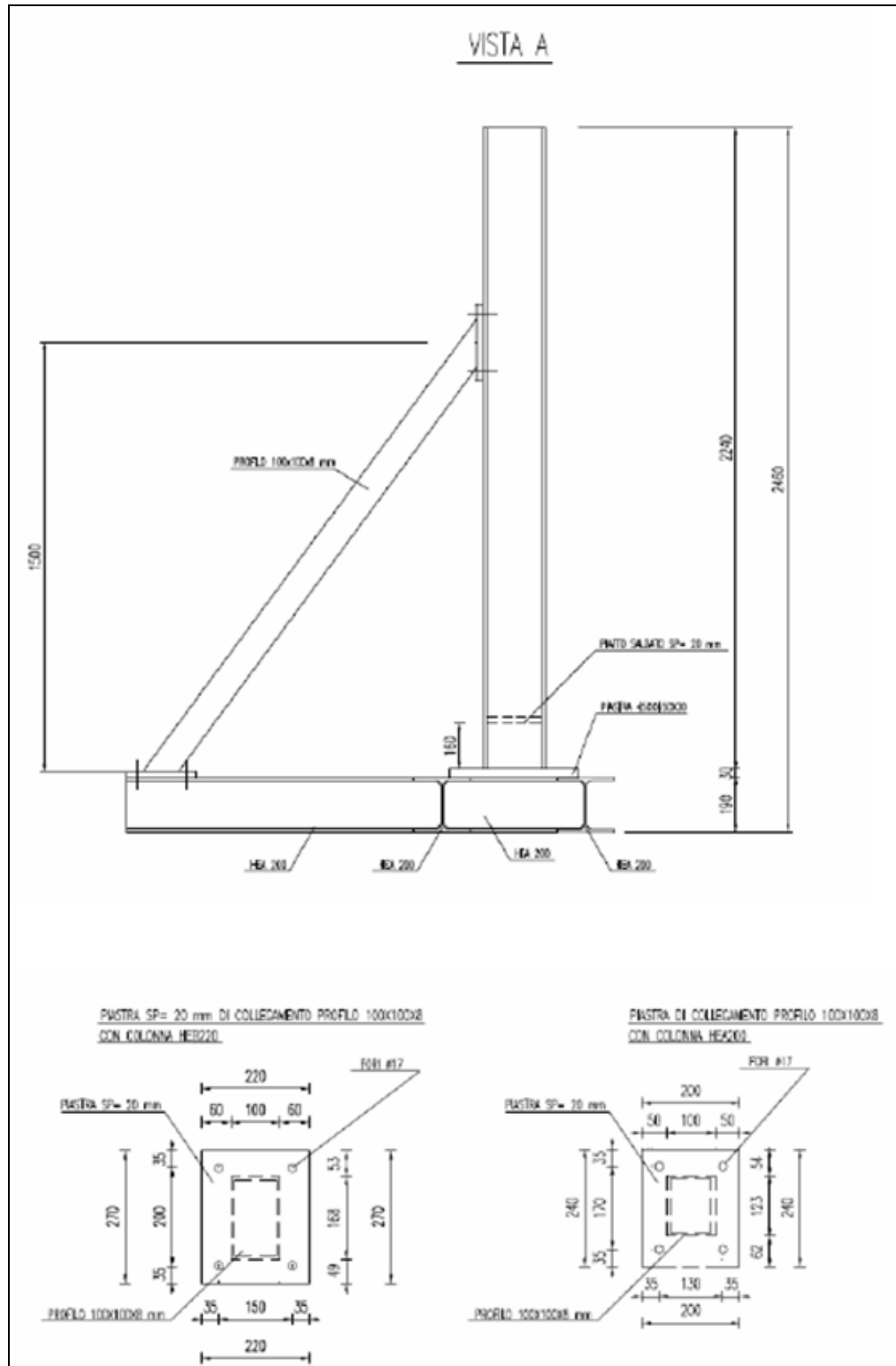


Figura 14.8.7.2-2: Telaio di supporto campionature per prove a fatica – Vista A

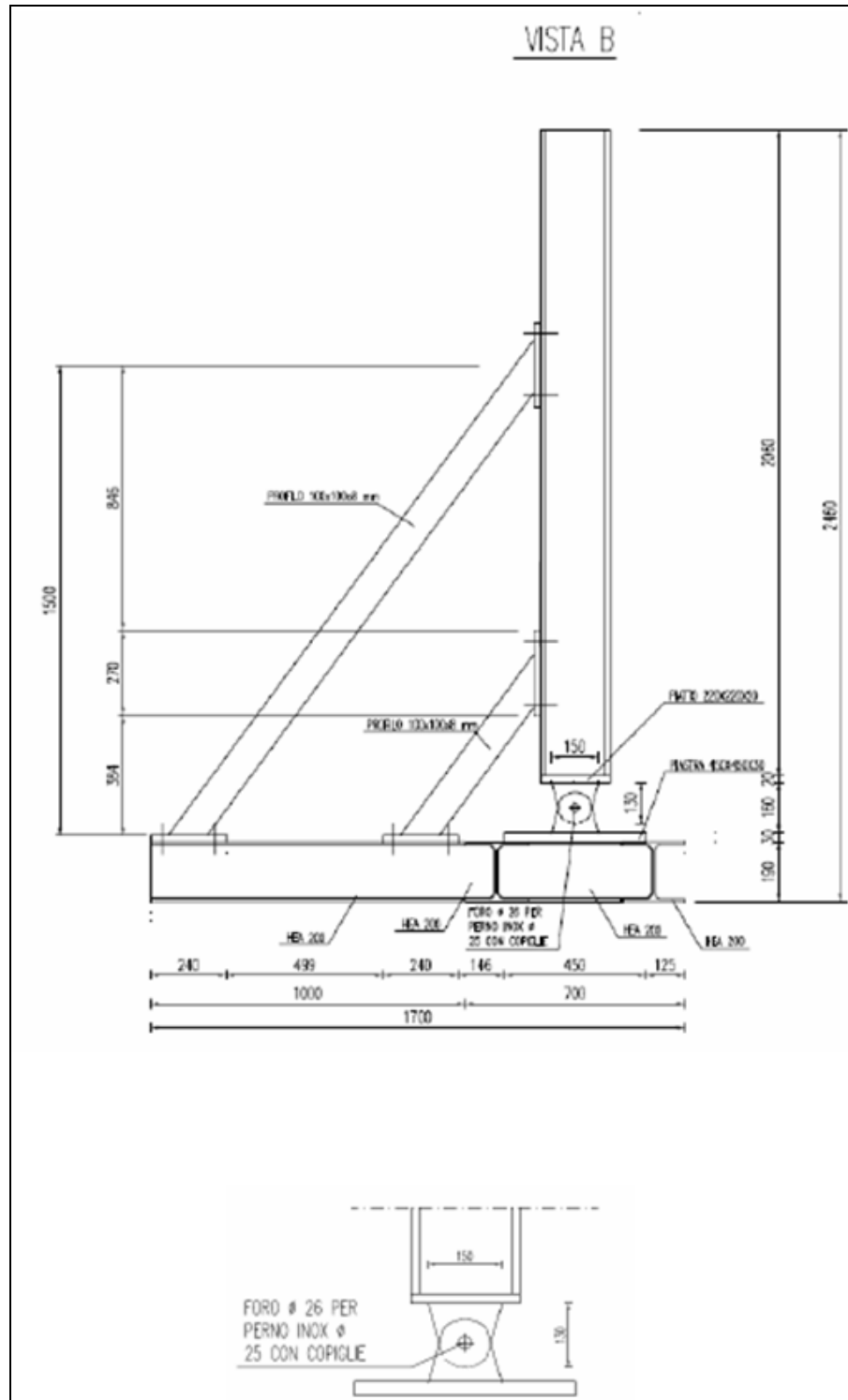



Figura 14.8.7.2-3: Telaio di supporto campionature per prove a fatica – Vista B

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 14 BARRIERE ANTIRUMORE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 14	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>AM</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 36 di 50

14.9 PROCEDURA PER L'OMOLOGAZIONE DELLE BARRIERE ANTIRUMORE PER IMPIEGHI FERROVIARI

Al fine di migliorare il processo di realizzazione delle barriere antirumore, la loro fornitura in opera deve essere preceduta, oltre che dagli usuali processi di verifica e validazione della progettazione ai sensi della normativa vigente, da un processo di omologazione dei componenti e del sistema nel suo complesso, basato sulla verifica delle caratteristiche e delle prove prescritte nel presente Capitolato.

L'omologazione delle barriere antirumore e dei singoli componenti deve essere richiesta dal FORNITORE o dall'ESECUTORE con apposita domanda, indirizzata alle FERROVIE (RFI-DTC-SI), a cui dovrà essere allegata la seguente documentazione.

1) Progetto costruttivo della barriera antirumore con montanti e pannelli

Il progetto dovrà essere costituito da:

A) Relazione di calcolo:

- documento contenente tutte le verifiche previste dal quadro normativo e le caratteristiche dei materiali componenti. Pertanto, dovranno essere presentati i calcoli di verifica di tutti gli elementi costituenti la barriera, comprese le relative pannellature e le fondazioni. Nella relazione di calcolo dovranno essere riportate anche le verifiche di resistenza di tutti i collegamenti bullonati, saldati e con rivetti, presenti sugli elementi costituenti le barriere fonoassorbenti (montanti, pannelli, piastre di base ecc.), nelle condizioni più severe d'esercizio, tenendo conto anche degli effetti dinamici.
Al fine di verificare gli aspetti concernenti la durabilità dei pannelli in c.a., la relazione di calcolo di tali pannelli dovrà essere corredata anche dalla verifica a fessurazione, in relazione alle condizioni ambientali.

B) Elaborati grafici in scala adeguata consistenti in:


- un elaborato d'insieme del campo di barriera assemblato con prospetto, pianta e sezione degli elementi e con le relative quote d'ingombro. Inoltre, sullo stesso elaborato dovranno essere riportate, su apposita tabella, le posizioni di tutti gli elementi strutturali ed accessori con l'indicazione, per ogni elemento, del tipo di materiale che lo costituisce e della relativa norma di riferimento;
- un elaborato costruttivo di dettaglio (es. disegno esploso) con l'indicazione di tutti gli elementi del campo di barriera, quotati in ogni loro dimensione con le relative tolleranze. Su tale elaborato dovrà essere indicata altresì la stessa tabella di cui al precedente punto indicante, per ogni elemento, la posizione, la qualità del materiale che lo costituisce nonché la relativa norma di riferimento;
- un elaborato schematico con i cicli di protezione contro la corrosione per ogni elemento strutturale ed accessorio del campo di barriera;
- un elaborato relativo alla posa in opera dei pannelli nei montanti comprendente tutte le fasi e le relative operazioni di montaggio (sequenza di montaggio) e con l'indicazione degli eventuali elementi accessori (dispositivi di imbracaggio, dispositivi di imbocco dei pannelli nei montanti, dispositivi di centraggio ecc.) necessari per effettuare le suddette operazioni di posa.

Tutti gli elaborati di progetto dovranno essere timbrati (timbro dell'ordine) e firmati dal progettista.

Nel caso di pannelli in c.a., dovrà essere fornito inoltre il dossier contenente i risultati delle prove svolte per la qualifica delle miscele in calcestruzzo.

2) Protocolli di prova

I protocolli sono relativi alle prove indicate nella presente sezione di Capitolato e alle verifiche sperimentali a fatica indicate nel Manuale di Progettazione Opere Civili Parte II Sezione 1 e la cui procedura è riportata al punto 14.8.7.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 14 BARRIERE ANTIRUMORE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 14	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>AM</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 37 di 50

L'esame della documentazione, di cui il punto 1), sarà effettuato rispetto, oltre che alla normativa vigente, alle specifiche tecniche ferroviarie, al presente Capitolato e nel Manuale di Progettazione Opere Civili Parte II Sezione 1 e, in caso di esito positivo, potrà essere dato il benestare all'avvio delle prove sperimentali.

Le prove dovranno essere condotte da Laboratori preventivamente autorizzati, secondo quanto previsto al paragrafo 14.6.1 della presente sezione di Capitolato, dalle FERROVIE alle quali sarà poi data, con il dovuto anticipo, comunicazione delle date di svolgimento.


Le prove dovranno essere presenziate da personale delle FERROVIE e, nel caso in cui siano superate positivamente, il FORNITORE predisporrà un "Dossier di omologazione" contenente la documentazione tecnica sopra richiamata e i rapporti di prova debitamente vidimati dal personale ferroviario. Tale dossier dovrà essere inviato alle FERROVIE unitamente alla richiesta del rilascio del documento di omologazione.

Resta, infine, inteso che i costi relativi alle prestazioni del personale delle FERROVIE, inerenti sia la prima omologazione che i successivi rinnovi, saranno a totale carico del soggetto richiedente (FORNITORE/ESECUTORE) l'omologazione. Tali costi dovranno essere accreditati dal FORNITORE/ESECUTORE a seguito dell'accettazione del preventivo di spesa formulato dalle FERROVIE e comunque prima dell'avvio delle attività di omologazione (esame tecnico e prove sperimentali).

14.9.1 VALIDITÀ E LIMITI DELL'OMOLOGAZIONE

Il superamento delle prove costituirà elemento imprescindibile per la omologazione sia della pannellatura ("sistema pannello – guarnizioni – fissaggi ai montanti e modalità di messa in opera") sia del "sistema barriera antirumore". Il cambiamento di qualsiasi elemento o componente del sistema sopra descritto comporterà una nuova omologazione. A valle del processo di omologazione, la Direzioni Lavori o l'Alta Sorveglianza nel caso di lavori affidati a General Contractor, devono effettuare i dovuti controlli sulla conformità delle forniture ai sensi delle Condizioni Generali di Contratto. Non saranno ritenuti conformi installazioni in opera che non rispettino in toto le caratteristiche e le modalità di messa in opera del sistema omologato. Tutte le eventuali sostituzioni o varianti, sia nelle strutture che nei materiali, che il FORNITORE intendesse apportare rispetto alle indicazioni contenute negli elaborati progettuali approvati dovranno essere immediatamente comunicate, indicandone le motivazioni, alle FERROVIE, che, a proprio insindacabile giudizio, potranno decidere in merito alla necessità di effettuare una nuova omologazione.

Il documento di omologazione avrà la validità di due anni e sarà rinnovabile alla scadenza per ulteriori due anni a seguito di esplicita richiesta da parte dell'interessato, purchè nel periodo precedente non siano state riscontrate anomalie sul sistema stesso da parte delle FERROVIE. In caso contrario, il rinnovo sarà possibile solo se tali anomalie verranno eliminate.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 14 BARRIERE ANTIRUMORE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 14	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>AM</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 38 di 50

14.10 ACCETTAZIONE DELLA FORNITURA IN CANTIERE

Tali controlli sono finalizzati solo alla verifica di rispondenza della fornitura in cantiere, fatti salvi tutti gli obblighi di legge per i controlli di materiali che saranno effettuati dalla Direzione Lavori nel rispetto delle normativa vigente, delle prescrizioni ferroviarie e del presente Capitolato.

14.10.1 PROCEDURA DI CONTROLLO DELLA PRODUZIONE

Il controllo delle barriere antirumore comprenderà:

- la verifica delle caratteristiche chimico - fisiche dei materiali costituenti i montanti, i pannelli nonché gli elementi acustici della barriera.
- la verifica visiva e dimensionale dei montanti e dei pannelli secondo quanto riportato nei relativi elaborati di progetto e nella documentazione di omologazione.

Le prove relative alla verifica visiva e dimensionale dei montanti e dei pannelli potranno essere eseguite presso lo stabilimento del costruttore se fornito delle apparecchiature necessarie, tarate da Enti ufficialmente riconosciuti conformemente alle norme ed alle leggi vigenti, oppure presso laboratori accreditati da ACCREDIA.

Le prove tecnologiche di caratterizzazione dei materiali dovranno invece essere eseguite presso laboratori ufficiali accreditati dal Ministero dei LL.PP in base all'art. 59 del D.P.R. 380/2001 ed alla Circolare dello stesso Ministero n° 346/STC del 14-12-1999.


Per ogni prodotto e/o materiale provato, risultato non idoneo, sono ammesse le riprove. Qualora le riprove dessero esito negativo il prodotto e/o materiale sarà definitivamente qualificato non idoneo. Se al contrario le riprove dessero esito positivo, si procederà ad un ulteriore prelievo e prove con le quali lo stesso prodotto e/o materiale sarà reso idoneo oppure non idoneo a seconda se le prove daranno esito positivo oppure negativo.

Sui pannelli costituiti da materiali scindibili, la non idoneità riguarderà soltanto il materiale risultato anomalo e non l'intero pannello. Al contrario, se i materiali del pannello non sono scindibili (es: CLS + armatura) la non idoneità del singolo materiale riguarderà l'intero pannello. Tuttavia la non accettabilità del lotto omogeneo da sottoporre a controllo, riguarderà soltanto la produzione realizzata con il materiale anomalo. Pertanto, il costruttore dovrà redigere una distinta dei pannelli da controllare indicando per ogni gruppo i materiali con cui sono stati realizzati.

Il prodotto e/o il materiale qualificato definitivamente non idoneo sarà identificato in maniera indelebile dalle FERROVIE e dovrà essere accantonato e tenuto a disposizione delle FERROVIE.

Di norma tutte le richieste di controllo dovranno pervenire per iscritto, ad opera del costruttore, con almeno 10 giorni di anticipo rispetto alla data prevista per le operazioni di collaudo. La richiesta, da indirizzare a FERROVIE dovrà riportare l'indicazione completa dei materiali e degli elementi da controllare. Tuttavia per particolari esigenze cantieristiche, riconosciute dalle FERROVIE, ed a rischio della ditta fornitrice, si potrà inviare il materiale in cantiere prima del controllo provvedendo successivamente al controllo stesso prelevando i pannelli a piè d'opera oppure in opera a discrezione delle ferrovie. In tal caso se il controllo dovesse dare esito negativo saranno a totale carico del FORNITORE gli oneri per il ripristino della partita non idonea.

Per le operazioni di controllo dovranno essere messi a disposizione del collaudatore i mezzi di trasporto dalla stazione ferroviaria più vicina rispetto al luogo del collaudo nonché le strutture logistiche, le apparecchiature e le attrezzature necessarie per l'espletamento rapido delle operazioni di cui alla presente procedura.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 14 BARRIERE ANTIRUMORE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 14	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>AM</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 39 di 50

Il FORNITORE dovrà:

- avere un sistema interno di "controllo qualità" certificato in grado di controllare e registrare il livello di qualità richiesto per la fornitura del materiale soggetto a controllo;
- espletare tutte le attività necessarie secondo le vigenti norme di sicurezza e le procedure di pratica comune atte ad assicurare a tutti gli interessati al controllo condizioni di lavoro sicure;
- produrre alle FERROVIE tutta la documentazione necessaria per l'identificazione e la classificazione dei materiali e dei pannelli.

14.10.2 PANNELLI

Il controllo dei pannelli dovrà essere effettuato sui prodotti finiti realizzati in conformità agli elaborati progettuali costruttivi di cui al paragrafo 14.9 (punto 1-B).

Ogni pannello dovrà essere identificato con una targhetta di acciaio inox, di alluminio o di altro materiale durevole accettato dalle FERROVIE riportante i dati, secondo gli schemi indicati, di seguito elencati:

- **PANNELLO IN INOX**


Logo del produttore .....commessa n°.....
Cliente.....
Pannello INOX AISI 304 dim. (L x h)
Lotto di fornitura n°.....Pannelli da n°.....a n°.....
Anno di costr.....Pannello n°.....

- **PANNELLO IN C.A.**

Logo del produttore .....commessa n°.....
Cliente.....
Pannello in CLS dim. (Lxh)
Lotto di fabbr. n°.....Pannelli da n°.....a n°.....
Data di fabbr.....Pannello n°.....

- **PANNELLO IN VETRO**

Logo del produttore .....commessa n°.....
Cliente.....
Pannello in VETRO dim. (L x h)
Lotto di fornitura n°.....Pannelli da n°.....a n°.....
Anno di costr.....Pannello n°.....

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 14 BARRIERE ANTIRUMORE	
	CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 14	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>AM</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 40 di 50

La targhetta dovrà essere indelebile e ben visibile anche dopo il montaggio in opera dei pannelli e dovrà essere fissata meccanicamente ai pannelli stessi con tasselli, rivetti e quant'altro approvato dalle FERROVIE.

Il FORNITORE dovrà produrre al controllo lotti omogenei di pannelli per dimensioni e tipologia, sui quali saranno prelevati i campioni per l'estrazione dei materiali da sottoporre a prove distruttive come meglio specificato nel seguito.

Il controllo dovrà essere eseguito nel rispetto delle prescrizioni del presente Capitolato, che riguarderà sia le modalità di prelievo del prodotto finito sia le prove da effettuare sullo stesso e sui materiali che lo costituiscono.

14.10.2.1 Controllo dei pannelli in acciaio inox finito

Il controllo dei pannelli avverrà prelevando alcuni pannelli finiti su cui saranno effettuate le prove indicate di seguito, nel rispetto delle relative normative di riferimento.

Il numero di pannelli da prelevare, opportunamente individuati dalla DL, sarà il seguente:

LOTTO OMOGENEO DA SOTTOPORRE A CONTROLLO m ²	NUMERO DI PANNELLI DA PRELEVARE
750	1

Sui campioni prelevati saranno effettuate le seguenti prove:

Tabella 14.10.2.1-1: Controlli sul pannello in acciaio inox finito


PANNELLO	CONTROLLI E PROVE	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO
ACCIAIO INOX	Esame visivo e dimensionale dell'elemento	progetto costruttivo
	Controllo foratura pannelli (interassi, diametri, v/p, ect)	progetto costruttivo
	Controllo degli interassi e dei diametri dei rivetti	progetto costruttivo
	Controllo dei centraggi e della loro posizione	progetto costruttivo
	Controllo delle guarnizioni e della loro posizione geometrica	progetto costruttivo
	Controllo degli elementi di testa del pannello	progetto costruttivo
	Controllo degli eventuali compensatori di gola	progetto costruttivo
	Controllo della verniciatura	progetto costruttivo

14.10.2.2 Controllo dei pannelli in cemento armato finito

Il controllo dei pannelli avverrà prelevando per ogni lotto omogeneo di produzione alcuni pannelli finiti su cui saranno effettuate le prove indicate di seguito nel rispetto delle relative norme di riferimento.

Il numero di pannelli da prelevare, opportunamente individuati dalla DL, sarà il seguente:

LOTTO OMOGENEO DA SOTTOPORRE A CONTROLLO m ²	NUMERO DI PANNELLI DA PRELEVARE
1000	1

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 14 BARRIERE ANTIRUMORE	
	CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 14	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>AM</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 41 di 50

Sui campioni prelevati saranno effettuati i seguenti controlli e prove:

Tabella 14.10.2.2-1: Controlli sul pannello in c.a. finito

PANNELLO	CONTROLLI E PROVE	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO
CLS	Esame visivo e dimensionale dell'elemento	progetto costruttivo
	Prove sclerometriche	UNI EN 12504-2
	Controllo della geometria e dei diametri delle armature	progetto costruttivo
	Controllo delle boccole di imbracaggio e della loro posizione geometrica	progetto costruttivo
	Controllo dei centraggi e della loro posizione	progetto costruttivo
	Controllo delle guarnizioni e della loro posizione geometrica	progetto costruttivo

14.10.2.3 Controllo dei pannelli in vetro finito

Il controllo dei pannelli avverrà prelevando per ogni lotto omogeneo di produzione alcuni pannelli finiti su cui saranno effettuate le prove indicate di seguito nel rispetto delle relative norme di riferimento.

Il numero di pannelli da prelevare, opportunamente individuati dalla DL, sarà il seguente:

LOTTO OMOGENEO DA SOTTOPORRE A CONTROLLO m ²	NUMERO DI PANNELLI DA PRELEVARE
1000	1

Sui campioni prelevati saranno effettuate le seguenti prove:

Tabella 14.10.2.3-1: Controlli sul pannello in vetro finito

PANNELLO	CONTROLLI E PROVE	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO
VETRO	Esame visivo e dimensionale dell'elemento	progetto costruttivo
	Controllo della posizione e dei diametri delle viti e/o rivetti	progetto costruttivo
	Controllo degli imbracaggi e della loro posizione geometrica	progetto costruttivo
	Controllo dei centraggi e della loro posizione	progetto costruttivo
	Controllo delle guarnizioni in gomma e della loro posizione geometrica	progetto costruttivo
	Controllo della zincatura sul telaio	UNI EN ISO 1461
	Prova resistenza agli urti	UNI EN 356
	Controllo della verniciatura sul telaio (presenza di bolle, sfogliature, uniformità di colore ecc.)	progetto costruttivo

14.10.2.4 Controllo dei materiali costituenti i pannelli

Tutti i materiali costituenti i pannelli per barriere antirumore dovranno essere corredati di certificato di origine emesso dal produttore.

14.10.2.4.1 Acciaio inox

Le provette per le prove dovranno essere ricavate dai prodotti finiti.

Sulla lamiera di acciaio inox verranno effettuate le prove riportate in tabella 14.10.2.4.1-1.


Tabella 14.10.2.4.1-1: Prove acciaio inox

PROVA	NORMA DI RIFERIMENTO	LIMITI/CRITERI DI ACCETTAZIONE
Snervamento	UNI EN 10088-1	≥ 230 N/mm ²
Rottura	UNI EN 10088-2	$540 \div 750$ N/mm ²
Allungamento a rottura	UNI EN ISO 6892-1	≥ 45 %
Analisi chimica	ASTM A240	Tipo S304
Corrosione	UNI EN 3651-2	Nessuna cricca

Sulla vernice, dovranno essere effettuate le seguenti prove:

Tabella 14.10.2.4.1-2: Prove sul film di verniciatura

PROVA	NORMA DI RIFERIMENTO	LIMITI/CRITERI DI ACCETTAZIONE
Aderenza a. Trazione b. Quadrettatura	UNI EN ISO 4624 UNI EN ISO 2409	≥ 2 Mpa Grado 0 (nessun distacco)
Resistenza agli urti	UNI EN ISO 6272 parti 1-2	- la pellicola non deve presentare screpolature o distacchi per caduta di una massa di 1 kg da un'altezza di 70-80 cm sul dritto - la pellicola non deve presentare screpolature o distacchi per caduta di una massa di 1 kg da un'altezza di 30 cm sul rovescio
Calcolo di differenze di colore (da eseguirsi dopo la prova ai raggi UV)	UNI 8941-3 UNI EN ISO 11664-4	Non dovranno aversi differenze di colore nel tempo rispetto al qualificato $\Delta E \leq 2$
Calcolo di differenze di brillantezza (da eseguirsi dopo la prova ai raggi UV)	UNI EN ISO 2813	Con angolo 60°, brillantezza della finitura con scostamento massimo del 20% rispetto alla qualifica
Spettro IR	-	Deviazioni da spettro di qualifica max 10%
Prova termogravimetrica (TGA)	ISO 11358	Deviazioni da spettro di qualifica max 10%
Prova di calorimetria differenziale a scansione (DSC)	ISO 11357 parti 2-3	Deviazioni da spettro di qualifica max 10%

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 14 BARRIERE ANTIRUMORE	
	CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 14	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>AM</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 43 di 50

14.10.2.4.2 Acciaio zincato e verniciato

L'acciaio del telaio del pannello in vetro dovrà essere sottoposto alle prove riportate in tabella 14.10.2.4.2-1.

Tabella 14.10.2.4.2-1: Prove acciaio zincato

PROVA	NORMA DI RIFERIMENTO	LIMITI/CRITERI DI ACCETTAZIONE
Snervamento	UNI EN 10025-1-2 UNI EN ISO 6892-1	≥ 275 N/mm ² (S275JR)
Rottura		$430 \div 580$ N/mm ² (S275JR)
Allungamento a rottura		≥ 15 % (sp. ≤ 1)
		≥ 16 % ($1 < \text{sp.} \leq 1,5$)
		≥ 17 % ($1,5 < \text{sp.} \leq 2$)
		≥ 18 % ($2 < \text{sp.} \leq 2,5$)
Analisi chimica	≥ 19 % ($2,5 < \text{sp.} < 3$)	
		In funzione della tipologia di acciaio

Le caratteristiche meccaniche dell'acciaio zincato a caldo potranno essere accettate ridotte del 10% rispetto ai valori della normativa del prodotto grezzo.

Il controllo della rispondenza dei prodotti vernicianti al ciclo di verniciatura omologato sarà effettuato secondo le procedure e le modalità operative previste nella sezione 6 del presente Capitolato.

14.10.2.4.3 Gomma (EPDM)

Le modalità da seguire per la preparazione dei campioni sono quelle descritte nella norma UNI ISO 23529, UNI ISO 4661-2.

Per l'intervallo di tempo tra la vulcanizzazione del prodotto, preparazione del campione ed esecuzione delle prove vale quanto indicato nella norma UNI ISO 23529.


Deve inoltre possedere le caratteristiche fisico-meccaniche riportate nelle tabelle del paragrafo **14.6.4.2** della presente sezione di Capitolato.

Le prove di norma dovranno essere effettuate su prodotti finiti. Per produzioni con particolari geometrie, previo accordo con il personale incaricato dei controlli delle FERROVIE, tutte le prove meccaniche e chimiche della suddette tabelle potranno essere effettuate su placche provenienti dallo stesso lotto di mescolanza del prodotto finito. In tal caso, dovranno prevedersi sul prodotto finito le seguenti prove di comparazione non particolarmente invasive per il prodotto stesso:

- determinazione della densità;
- determinazione del residuo in cenere;
- determinazione dello spettro IR.

In alternativa alle suddette prove di comparazione, potrà essere effettuata un'analisi termo-gravimetrica sul prodotto finito da confrontare con le placche provenienti dallo stesso lotto di mescolanza.

Per quanto concerne lo spettro IR (UNI ISO 4650), ricavato dal pezzo finito, lo stesso dovrà essere confrontato con il grafico ricavato dalla placca. I due grafici, oltre ad essere rappresentativi della miscela EPDM, dovranno avere le ascisse dei picchi massimi pressoché coincidenti.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 14 BARRIERE ANTIRUMORE	
	CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 14	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>AM</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 44 di 50

In merito alla densità ed al residuo in cenere ricavati sul pezzo finito, sono ammesse le seguenti tolleranze rispetto ai valori ricavati su placca:

Tabella 14.10.2.4.3-1: Tolleranze guarnizioni

PROVA	NORMA DI RIFERIMENTO	LIMITI/CRITERI DI ACCETTAZIONE
Densità	UNI ISO 2781	$\pm 2 \%$ (rispetto alla placchetta)
Residuo in cenere	UNI ISO 247	$\pm 1,5 \%$ (rispetto alla quantità di materiale prelevato dalla placchetta per la prova)

14.10.2.4.4 Bulloneria

Tutti gli elementi della bulloneria dovranno essere conformi a quanto riportato nel paragrafo 14.6.4.1 della presente sezione di Capitolato.


I bulloni dovranno essere sottoposti alle prove riportate in tabella 14.10.2.4.4-1.

Tabella 14.10.2.4.4-1: Prove bulloneria

	PROVA	NORMA DI RIFERIMENTO	LIMITI/CRITERI DI ACCETTAZIONE
VITI	Rottura con trazione a cuneo/Resistenza trazione assieme	UNI EN ISO 898-1 UNI EN 898-2 UNI EN 15048-1	≥ 830 Mpa (Classe 8.8 - $d \leq 16$ mm)
			≥ 830 Mpa (Classe 8.8 - $d > 16$ mm)
	≥ 1040 Mpa (Classe 10.9)		
	Nessuna frattura		
Tenacità della testa per viti corte			250 ÷ 320 (Classe 8.8 - $d \leq 16$ mm)
Durezza HV			255 ÷ 335 (Classe 8.8 - $d > 16$ mm)
			320 ÷ 380 (Classe 10.9)
Analisi chimica			/
DADI	Durezza		200 ÷ 302 (Classe 8 - $d \leq 16$ mm)
			233 ÷ 355 (Classe 8 - $d > 16$ mm)
	Analisi chimica		272 ÷ 353 (Classe 10.9)
			/
RONDELLE	Durezza		≥ 300

14.10.2.4.5 Lana minerale

La lana minerale deve possedere le caratteristiche fisico-meccaniche riportate nella tabella 14.6.2.1-1 del paragrafo 14.6.2.1 ed essere sottoposta alle prove riportate nella tabella 14.6.2.1-2 del medesimo paragrafo.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 14 BARRIERE ANTIRUMORE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 14	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>AM</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 45 di 50

14.10.2.4.6 Polipropilene

La procedura adottata per la gomma nel paragrafo 14.10.2.4.3 dovrà essere adottata anche per il polipropilene per il quale i valori delle tolleranze ammesse per la densità ed il residuo in cenere ricavati sul pezzo finito, rispetto a quelli ricavati su placca, dovranno essere quelli riportati in tab. 14.10.2.4.6-1.

La placca in produzione dovrà essere conforme alle risultanze delle prove di qualifica di cui al par. 14.6.4.2.

Tabella 14.10.2.4.6-1: Tolleranze polipropilene

PROVA	NORMA DI RIFERIMENTO	LIMITI/CRITERI DI ACCETTAZIONE
Densità	UNI EN ISO 1183-1	± 2 % (rispetto alla placchetta)
Residuo in cenere	UNI EN ISO 3451-1	± 2 % (rispetto alla quantità di materiale prelevato dalla placchetta per la prova)

Per quanto concerne lo spettro IR (UNI ISO 4650), ricavato dal pezzo finito, lo stesso dovrà essere confrontato con il grafico ricavato dalla placca. I due grafici, oltre ad essere rappresentativi della miscela del polipropilene, dovranno avere le ascisse dei picchi massimi pressoché coincidenti.

14.10.2.4.7 Acciaio per cemento armato e calcestruzzo

Per i controlli di qualità dell'acciaio per c.a. (armatura in barre, in fili ed in rete elettrosaldata) e del calcestruzzo si rimanda alle NTC 2008 ed alla sezione 6 del presente Capitolato.

14.10.2.4.8 Vetro

La lastra di vetro dovrà avere le caratteristiche riportate al paragrafo 14.6.2.3 della presente sezione di Capitolato.

Inoltre, sottoposto alla prova di resistenza all'urto secondo la procedura si cui alla norma UNI 356, dovrà appartenere almeno alla Classe **P2A** (paragrafo 14.10.2.3), salvo diversa specifica indicazione in merito a maggiori prestazioni da parte del Progettista o della Direzione Lavori.

Con riferimento a quanto riportato al par. 14.6.2.3 della presente sezione di Capitolato, la prova finalizzata a limitare le rotture spontanee è denominata HST. Il vetro dovrà essere sottoposto a stabilizzazione termica a temperatura costante, controllata ed uniforme di 280 - 290°C per un tempo pari ad almeno 2 ore.

14.10.3 MONTANTI, BULLONI E TIRAFONDI

14.10.3.1 Controllo dei materiali


Per il collaudo dei materiali, per il controllo delle lavorazioni d'officina e per il montaggio in opera, si richiama l'osservanza della sezione 6 del presente Capitolato.

Per quanto concerne le saldature per la realizzazione delle strutture metalliche si richiama l'osservanza della sezione 6 del presente Capitolato.

I montanti dovranno essere conformi a quanto riportato nel paragrafo 14.6.3.1 della presente sezione di Capitolato.

I tirafondi e gli elementi della bulloneria dovranno essere conformi a quanto riportato nel paragrafo 14.6.4.1 della presente sezione di Capitolato.

Il controllo dei bulloni e dei tirafondi avverrà prelevando alcuni elementi finiti su cui saranno effettuate le prove indicate di seguito, nel rispetto delle relative normative di riferimento.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 14 BARRIERE ANTIRUMORE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 14	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>AM</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 46 di 50

Il numero di elementi da prelevare, opportunamente individuati dalla DL, sarà il seguente:

N° elementi dello stesso lotto di produzione e stesso diametro	N° campioni da prelevare sui quali effettuare le prove (par. 14.6.4.1)
≤ 5000	2
$5000 < N < 10000$	4
≥ 10000	6

Sui campioni prelevati saranno effettuate le prove di cui alle tabb. 14.6.4.1-1 e 14.6.4.1-2.

14.10.3.2 Controllo sul montante finito

Le saldature ed i relativi controlli dovranno essere eseguiti nel rispetto sezione 6 del presente Capitolato.

Il trattamento di verniciatura dei montanti zincati a caldo dovrà essere eseguito con cicli omologati - su supporto zincato - in accordo alla sezione 6 del presente Capitolato.

Per il trattamento protettivo le prove sono quelle previste nella sezione 6 del presente Capitolato e, in particolare, le seguenti:

- verifica della zincatura secondo la Norma UNI EN ISO 1461;
- misura degli spessori degli strati protettivi secondo UNI EN ISO 2808;
- controllo dell'aderenza secondo UNI EN ISO 4624;
- controllo della rispondenza dei prodotti vernicianti al ciclo di verniciatura omologato, secondo le procedure e le modalità operative previste nella sezione 6 del presente Capitolato.

Sui pezzi zincati a caldo si dovranno eseguire controlli visivi e di rilevamento dello spessore, il materiale dovrà risultare privo di scaglie, eccessi di zinco, noduli, rigonfiamenti, rugosità e parti taglienti che possano causare lesioni, cenere, residui di flusso, aree non rivestite e dovrà essere idoneo a ricevere il trattamento di verniciatura.


Lo zincatore dovrà procedere alla riparazione dei difetti in accordo al punto 6.3 della norma UNI EN ISO 1461; inoltre, per ogni lotto lavorato, dovrà rilasciare un certificato di conformità del prodotto fornito ai requisiti della norma su richiamata con riferimento al punto 6.1 (aspetto), al punto 6.2 (spessore) al punto 6.3 (riparazioni).

Prima dell'applicazione delle vernici le stesse dovranno essere sottoposte a controlli (spettro IR) per ogni **lotto di produzione**. I controlli dovranno essere eseguiti da laboratori accreditati secondo quanto riportato al paragrafo 14.6.1 della presente sezione di Capitolato.

Dopo l'applicazione, il verniciatore dovrà eseguire e certificare per ogni lotto di spedizione le caratteristiche del ciclo adottato. L'aspetto visivo, il rilevamento dello spessore e le prove di aderenza (pull-off e/o quadrettatura) secondo UNI EN ISO 2409 e UNI EN ISO 4624.

Avvertenze

Ultimate le lavorazioni in officina, sul prodotto finito dovranno essere effettuati in sequenza controlli da parte del Produttore, da un Ente Esterno autorizzato e qualificato e dalle Ferrovie nel rispetto della normativa

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 14 BARRIERE ANTIRUMORE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 14	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>AM</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 47 di 50

vigente e delle istruzioni ferroviarie.

Per ogni prodotto e/o materiale provato, risultato non idoneo, sono ammesse le riprove. Qualora le riprove dessero esito negativo il prodotto e/o materiale sarà definitivamente qualificato non idoneo. Se al contrario le riprove dessero esito positivo, si procederà ad un ulteriore prelievo e prove con il quale lo stesso prodotto e/o materiale sarà definitivamente qualificato idoneo oppure non idoneo a seconda se le prove daranno esito positivo oppure negativo.

Il prodotto e/o il materiale qualificato definitivamente non idoneo sarà identificato in maniera indelebile dalle FERROVIE e sarà accantonato e tenuto a disposizione delle FERROVIE stesse fino al termine della commessa.

Prima di procedere alla spedizione in cantiere, il materiale dovrà essere sottoposto a verifiche (certificati, esame visivo, controllo spessori e aderenza) da parte delle FERROVIE.

Tutti i montanti dovranno essere identificati con un numero seriale progressivo, visibile anche dopo la posa in opera, da apporre con punzonatura. Tale numero dovrà essere progressivo per tipologia e altezza di montante.

14.11 CONTROLLI IN OPERA

Dopo il montaggio in opera saranno effettuate a campione da parte delle FERROVIE verifiche di posizionamento dei montanti (interasse, verticalità, inghisaggi, ecc) e delle coppie di serraggio, in ragione minimo del 30% degli elementi, fatta salva altra percentuale indicata dalla Direzione Lavori. Tali controlli potranno essere estesi in funzione dell'esito fino al 100% degli elementi stessi.

Per tali controlli si dovrà fare riferimento a lotti di circa 100 m di barriera della stessa tipologia.

In particolare, relativamente alle coppie di serraggio, il numero totale di tirafondi da controllare sarà il 60% interno alla linea ed il 40% esterno alla linea.

Per i controlli sarà utilizzata una chiave dinamometrica con certificato di taratura.


Nel caso in cui la verifica del posizionamento dei montanti non dia esito positivo, è necessario ripristinare gli stessi secondo la corretta geometria e posa in opera. Nel caso in cui la verifica del tirafondo non dia esito positivo si dovrà procedere nel seguente modo:

- nel caso in cui all'interno di un lotto di verifica un tirafondo non soddisfi i valori di serraggio, verranno controllati anche i valori dei tirafondi dei 2 montanti adiacenti. Nel caso questi soddisfino i valori, si provvederà solo al ripristino del tirafondo non verificato;
- in caso contrario, cioè anche il tirafondo di un montante adiacente non soddisfi i valori, le verifiche verranno estese ai tirafondi di altri 4 montanti adiacenti ai precedenti; se questi soddisfano i valori, si provvederà solo al ripristino dei tirafondi non verificati. In caso contrario, sarà necessario controllare tutti i tirafondi del lotto.

In caso di esecuzione di ritocchi del rivestimento protettivo, saranno effettuati controlli sulla finitura del rivestimento stesso e sui prodotti utilizzati dovranno essere eseguite le stesse prove che si effettuano di regola sui prodotti adottati in officina

14.12 COLLAUDO

Le barriere antirumore rientrano tra le categorie di opere soggette a collaudo al fine di accertarne la rispondenza a requisiti progettuali. Esso prevede il collaudo Tecnico Amministrativo, il collaudo Statico e il collaudo Acustico.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 14 BARRIERE ANTIRUMORE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 14	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>AM</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 48 di 50

14.12.1 COLLAUDO STATICO

Le barriere sono opere che includono sia la parte in fondazione che quella in elevazione, a sua volta composta dalla struttura portante e dalla pannellatura acustica.

Sono soggette a collaudo statico tutte le opere o le parti di opere che svolgono funzione portante e che interessano la sicurezza dell'opera e, conseguentemente, la pubblica incolumità.

Le attività da svolgere ai fini del collaudo statico sono descritte nella sezione 19 del presente Capitolato.

14.12.2 COLLAUDO ACUSTICO

Il collaudo delle caratteristiche acustiche della barriera deve essere eseguito e firmato da un tecnico competente in acustica ambientale.

Il collaudatore, dopo aver controllato la documentazione relativa alla progettazione acustica, provvederà alla misurazione dell'efficacia del sistema antirumore in esame in relazione agli obiettivi progettuali conformemente a quanto riportato nei seguenti paragrafi.

14.12.2.1 Prova di perdita per inserzione (Insertion Loss) della barriera in opera (accettabilità definitiva)

Sono previste le seguenti prove:

- a) ripetizione in fase di collaudo della barriera installata delle prove di cui al paragrafo 14.8.3 della presente sezione di Capitolato.

Il valore di DL_{RI} e DL_{SI} ottenuto non deve discostarsi in difetto per più di 1 dB rispetto al valore ottenuto nella prova di accettabilità provvisoria.

- b) prova per la determinazione della perdita per inserzione media Δ_i (in dB(A)) nei punti di misura di seguito specificati.

Si distinguono due situazioni:


- 1) linee esistenti;
- 2) linee di nuova costruzione o linee esistenti interessate da raddoppi, quadruplicamenti, velocizzazioni, etc..

Nella situazione 1), in assenza e presenza della barriera, per ogni punto P_i di misurazione saranno rilevati i livelli di esposizione L_{AE} per un numero complessivo di transiti di rotabili pari almeno a 40, equamente distribuiti sul binario più vicino e più lontano dalla barriera.

La tipologia dei convogli sarà costituita da treni viaggiatori (IC, Espressi, IR, ecc.) e merci con una ripartizione sul numero totale dei transiti pari rispettivamente al 75% e al 25%. I valori misurati per ogni transito saranno utilizzati per calcolare le medie aritmetiche delle perdite per inserzione relative ai transiti di treni viaggiatori e di treni merci. I due valori così ricavati saranno utilizzati per determinare il valore di attenuazione globale Δ_i , nei singoli punti P_i , con la stessa ripartizione di traffico viaggiatori/merci presa in considerazione per il progetto acustico della barriera.

I punti di misura P_i (almeno tre) saranno posti, in linea di massima, in un piano mediano rispetto all'intera lunghezza della barriera alle distanze di 10 e 25 metri dalla mezzera del binario più vicino (lato misura) e all'altezza, riferita al p.d.f., rispettivamente di 1,5 metri (per $d=10$ m) e di 3,5 e 6,5 metri (per $d=25$ m).

Nella situazione 2) non ha significato l'effettuazione di misurazioni in assenza di barriera in quanto la

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 14 BARRIERE ANTIRUMORE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 14	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>AM</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 49 di 50

situazione acustica successiva alla realizzazione o al potenziamento della linea è radicalmente diversa da quella antecedente. La prova, pertanto, sarà eseguita con il cosiddetto “metodo indiretto”: le misurazioni saranno effettuate contemporaneamente in punti in corrispondenza della barriera e in un sito ‘analogo’, con gli stessi criteri previsti per il caso di linee esistenti (punti di misurazione, numero di transiti, grandezze da rilevare, determinazione della perdita per inserzione media, ecc.).

Prima di effettuare le misurazioni, comunque, occorre verificare che i due siti abbiano le stesse caratteristiche acustiche. A tale scopo si procede al confronto tra i livelli di esposizione ad almeno 10 transiti di convogli ferroviari, per ciascun binario, in due punti alla stessa altezza rispetto al piano del ferro ed alla stessa distanza dalla linea ferroviaria, uno in corrispondenza della barriera ed un altro nel sito ‘analogo’. La posizione dei due punti di misurazione deve essere tale che, in corrispondenza della barriera, i livelli di pressione sonora indotti dai transiti dei convogli ferroviari non risentano dell’effetto schermante della barriera stessa. Detti punti sono posti ad una distanza dalla linea ferroviaria maggiore di quella della barriera e ad un’altezza sul piano del ferro tale che l’angolo di elevazione del microfono rispetto alla rotaia più vicina sia maggiore dell’angolo di elevazione del bordo superiore della barriera per almeno 10°.

La media delle differenze tra i livelli di esposizione rilevati nei due siti non deve risultare maggiore di ± 1 dB in ogni banda di frequenza d'ottava nel campo 125÷4000 Hz e globalmente in ponderazione A. In presenza di valori maggiori si applicano, durante la prova di perdita per inserzione, dei termini correttivi (pari alla predetta media) ai valori rilevati nei punti di misurazione in corrispondenza della barriera o del sito ‘analogo’.

I valori della perdita per inserzione globale, nei punti P_i, non dovranno essere inferiori a quelli risultanti dagli elaborati di progetto.

14.12.2.2 Verifiche post operam dell’avvenuta mitigazione

Per l’acceptabilità definitiva della barriera in opera, dal punto di vista della sua efficacia acustica, deve essere anche verificato il rispetto dei limiti di legge assunti a riferimento nella progettazione, seguendo la metodologia di prova descritta nell’allegato C del decreto del ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio del 16.03.1998 “*Tecniche di rilevamento e di misurazione dell’inquinamento acustico*”.

La verifica post operam dell’avvenuta mitigazione dei livelli di rumore ai ricettori potrà essere eseguita contestualmente ai rilievi effettuati per la valutazione dell’insertion loss di cui al punto precedente. Tale verifica deve essere eseguita da un tecnico competente in acustica ambientale.


Le prove dovranno essere condotte sui ricettori maggiormente esposti e localizzati nelle zone centrali e terminali dell’opera di mitigazione. Per le opere di lunghezza non superiore a 1000 metri, occorrerà prevedere un numero minimo di postazioni di misura pari a tre; per le opere di lunghezza maggiore, tale numero dovrà essere aumentato in maniera appropriata prevedendo una postazione di misura almeno ogni 350 metri di barriera.

Resta inteso che al fine di verificare la rispondenza delle prestazioni della barriera realizzata a quanto previsto in progetto, le misure ottenute in fase di monitoraggio post operam dovranno essere opportunamente riproporzionate tenendo conto del traffico di progetto.

14.13 TIPOLOGIE DI BARRIERE ANTIRUMORE PER IMPIEGHI FERROVIARI

14.13.1 BARRIERA STANDARD TIPO “HS”

Il progetto delle Barriere antirumore standard per impieghi ferroviari tipo HS è stato emanato nel 2005 (nota RFI-DIN\A0011\P\2005\0002423 del 6/10/2005) ed aggiornato nel 2010 con nota

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 14 BARRIERE ANTIRUMORE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 14	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>AM</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>A</u>	FOGLIO 50 di 50

RFI\DTC\INC\A0011\P\2010\0000600 del 6/10/2010 e nel 2014 per recepire le nuove Norme Tecniche 2008. Per gli elaborati progettuali si rimanda all'allegato A della parte II sezione 1 del Manuale di Progettazione di RFI.

14.13.2 BARRIERE VEGETALI

Per tali tipologie di barriere, si richiama la parte II sezione 1 paragrafo 1.6.3 della parte II sezione 1 del Manuale di Progettazione di RFI.

**CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO
DELLE OPERE CIVILI**

**PARTE II - SEZIONE 15
OPERE A VERDE**


- 15.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE
- 15.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO
- 15.3 DEFINIZIONI
- 15.4 ABBREVIAZIONI
- 15.5 PRESCRIZIONI GENERALI
- 15.6 TIPOLOGIE DI INTERVENTO
- 15.7 PROGRAMMAZIONE DELLE ATTIVITA'
- 15.8 QUALITA' DEI MATERIALI DA IMPIEGARE
- 15.9 TRASPORTO DEL MATERIALE VEGETALE E MANTENIMENTO PRIMA DELL'IMPIANTO
- 15.10 MODALITA' ESECUTIVE ATTIVITA' DI IMPIANTO
- 15.11 ULTIMAZIONE D'IMPIANTO E GARANZIA DI ATTECCIMENTO
- 15.12 PIANO DI MANUTENZIONE POST-IMPIANTO E GARANZIE DI MANUTENZIONE
- 15.13 CONTROLLI SULL'ESECUZIONE DEI LAVORI

Rev.	Data	Descrizione	Redazione	Verifica Tecnica	Autorizzazione
A	22/12/2017	Emissione per applicazione	Valentina Ranucci <i>Ranucci</i> Vittorio Morelli <i>Morelli</i>	Cinzia Giangrande <i>Giangrande</i>	Franco Iacobini <i>Iacobini</i>

INDICE

15.1	SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE	4
15.2	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	4
15.2.1	NORMATIVA NAZIONALE.....	4
15.2.2	NORMATIVA EUROPEA	6
15.2.3	DOCUMENTAZIONE TECNICA	6
15.3	DEFINIZIONI.....	7
15.4	ABBREVIAZIONI.....	9
15.5	PRESCRIZIONI GENERALI	10
15.6	TIPOLOGIE DI INTERVENTO.....	11
15.7	PROGRAMMAZIONE DELLE ATTIVITA'	13
15.7.1	REQUISITI MINIMI DELLA PROGETTAZIONE DELLE OPERE A VERDE	13
15.8	QUALITA' DEI MATERIALI DA IMPIEGARE	15
15.8.1	MATERIALE AGRARIO.....	15
15.8.1.1	Terra naturale	15
15.8.1.2	Terreno vegetale o agrario	16
15.8.1.3	Sabbia	16
15.8.1.4	Compost.....	16
15.8.1.5	Torba.....	17
15.8.1.6	Substrati di coltivazione	17
15.8.1.7	Concimi.....	17
15.8.1.8	Prodotti di pacciamatura.....	17
15.8.1.9	Fitofarmaci.....	17
15.8.1.10	Paletti di sostegno, ancoraggi, legature e protezioni del fusto	18
15.8.1.11	Materiale per drenaggi ed opere antierosione.....	18
15.8.1.12	Acqua	18
15.8.2	MATERIALE VIVAISTICO.....	19
15.8.2.1	Specie arboree	19
15.8.2.2	Specie arbustive.....	20
15.8.2.3	Specie tappezzanti	20
15.8.2.4	Specie rampicanti, sarmentose, ricadenti	20
15.8.2.5	Sementi	20
15.8.2.6	Zolle erbose.....	21
15.9	TRASPORTO DEL MATERALE VEGETALE E MANTENIMENTO PRIMA DELL'IMPIANTO	21
15.10	MODALITA' ESECUTIVE ATTIVITA' DI IMPIANTO	21
15.10.1	PROTEZIONE DELLA VEGETAZIONE ESISTENTE DURANTE LE ATTIVITA' DI CANTIERE.....	21
15.10.2	ACCANTONAMENTO DEL TERRENO VEGETALE FERTILE	22

15.10.3	PULIZIA GENERALE DELL'AREA DI INTERVENTO	22
15.10.4	LAVORAZIONI MECCANICHE DEL TERRENO	23
15.10.4.1	Lavori di rastrellatura.....	23
15.10.4.2	Lavori di vangatura	23
15.10.4.3	Lavori di aratura.....	24
15.10.4.4	Lavori di fresatura	24
15.10.4.5	Lavori di erpicatura	24
15.10.4.6	Lavori di sarchiatura.....	24
15.10.5	DRENAGGI LOCALIZZATI E IMPIANTI TECNICI	24
15.10.6	OPERAZIONI DI PREPARAZIONE AGRARIA DEL TERRENO.....	25
15.10.7	TRACCIAMENTI E PICCHETTATURE.....	25
15.10.8	PREPARAZIONE DELLE BUCHE.....	25
15.10.9	APPORTO DI TERRA DI COLTIVO	26
15.10.10	LIVELLAMENTO E SPIANAMENTO DEL TERRENO	26
15.10.11	MESSA A DIMORA DELLE PIANTAGIONI	26
15.10.11.1	Messa a dimora di specie arboree e arbustive	27
15.10.11.2	Messa a dimora di specie tappezzanti, rampicanti, sarmentose e ricadenti.....	27
15.10.12	SEMINA DEI PRATI.....	27
15.10.13	MESSA A DIMORA DELLE ZOLLE ERBOSE.....	28
15.10.14	PROTEZIONE DELLE PIANTE MESSE A DIMORA	28
15.11	ULTIMAZIONE D'IMPIANTO E GARANZIA DI ATTECCIMENTO	29
15.12	PIANO DI MANUTENZIONE POST-IMPIANTO E GARANZIE DI MANUTENZIONE.....	30
15.12.1	MANUTENZIONE COMPONENTI VEGETALI.....	30
15.12.1.1	Sostituzione delle fallanze	31
15.12.1.2	Innaffiamento.....	32
15.12.1.3	Controlli e ripristini.....	32
15.12.1.4	Sfalcio, diserbi e sarchiature.....	33
15.12.1.5	Potatura e rimondatura	35
15.13	CONTROLLI SULL'ESECUZIONE DEI LAVORI	35

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 15 OPERE A VERDE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 15	Codifica: <u>RFI DTC SI AM SP IFS 002 A</u>	FOGLIO 4 di 35

15.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente sezione del Capitolato (RFI DTC SI AM SP IFS 002 A) è parte integrante del Capitolato generale Tecnico di Appalto delle Opere Civili (RFI DTC SI SP IFS 001 B) e disciplina le condizioni e le modalità di esecuzione delle **Opere a Verde**, con lo scopo di:

- favorire la realizzazione di **interventi di qualità, in termini di risultato finale e di adattabilità all'ambiente delle specie vegetali**;
- **elevare lo standard qualitativo del materiale utilizzato** nelle sistemazioni ambientali;
- **preservare la vegetazione esistente**;
- fornire gli strumenti adeguati per **realizzare la sistemazione ambientale a perfetta regola d'arte** e per mantenerla in perfetto stato di funzionamento e conservazione.

L'obiettivo è quello di fornire gli strumenti atti a garantire la qualità delle Opere a Verde attraverso:

- i **richiami normativi** inerenti l'esecuzione dell'appalto;
- la promozione del **coordinamento tra tutti i soggetti coinvolti** (Committente, Progettista, Direttore Lavori, Appaltatore);
- la formulazione di **indicazioni tecniche sulla qualità dei materiali** da impiegarsi per le sistemazioni ambientali e sullo svolgimento delle varie fasi operative;
- la descrizione dei **controlli sull'esecuzione** dei lavori e dei requisiti del **Piano di manutenzione post-impianto**.

Si applica alle Opere a Verde da realizzare:

- **“lungo linea”**, ovvero lungo il corridoio adiacente alla linea ferroviaria;
- **“fuori linea”**, ovvero in corrispondenza di aree puntuali, localizzate al di fuori del corridoio ferroviario (ad esempio, in prossimità delle stazioni ferroviarie o degli impianti di manutenzione, etc.).

15.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

I lavori saranno eseguiti in accordo alle norme di legge, istruzioni e normative tecniche applicabili, nonché a tutte quelle indicate nel presente documento e nelle sezioni di Capitolato richiamate nel testo. In caso di discordanza tra la normativa citata a riferimento e la descrizione nel presente Capitolato Generale Tecnico di Appalto, ha la priorità quanto riportato per esteso nel presente Capitolato.

Si elencano di seguito la principale documentazione e normativa di riferimento.

15.2.1 NORMATIVA NAZIONALE

Le sistemazioni ambientali sono regolamentate dalle seguenti norme:

- **Codice Civile:**
- agli articoli 892 e seguenti stabilisce le distanze e le dimensioni massime che la vegetazione può raggiungere, in funzione della prossimità ai confini di proprietà.
- **D.L. 30 aprile 1992 n. 285 e s.m.i.** - Nuovo Codice della Strada:

- all'articolo 29, stabilisce l'obbligo per i proprietari confinanti di mantenere le siepi e la vegetazione latistante le strade entro i confini stradali, nonché la loro responsabilità in caso di danneggiamenti;
- all'articolo 31 estende la manutenzione obbligatoria e la responsabilità di danneggiamenti alle ripe confinanti con sedi stradali.
- **D.P.R. 16 dicembre 1992, n. 495 e s.m.i.** - Regolamento di esecuzione ed attuazione del Codice della strada:
 - agli articoli 26-27-28 stabilisce le fasce di rispetto per l'impianto di siepi vive e piantagioni rispetto al confine stradale.
- **D.P.R. 17 luglio 1980, n. 753** - Nuove norme in materia di polizia, sicurezza e regolarità dell'esercizio delle ferrovie e di altri servizi di trasporto:
stabilisce le distanze e le dimensioni massime che la vegetazione può raggiungere in funzione della prossimità alle ferrovie.
- **Legge 22 maggio 1973, n. 269** - Disciplina della produzione e del commercio di sementi e piante da rimboschimento.
- **Legge 20 aprile 1976, n. 195**, recante modifiche e integrazioni alla legge 25 novembre 1971, n. 1096, sulla disciplina dell'attività sementiera.
- **D.Lgs. 19 maggio 2000, n. 151** - Attuazione della direttiva 98/56/CE relativa alla commercializzazione dei materiali di moltiplicazione delle piante ornamentali.
- **D.Lgs. 10 novembre 2003, n. 386** - Attuazione della direttiva 1999/105/CE. Ha abrogato la precedente normativa (Legge n. 269/73) ed ha introdotto nuove norme relative ai requisiti dei materiali forestali di base, alla licenza per la produzione, ai certificati di provenienza, alle modalità di movimentazione ed identificazione dei materiali di moltiplicazione, ai requisiti per la commercializzazione, al registro dei materiali di base, ai controlli.
- **D.Lgs. 19 agosto 2005, n. 214 e s.m.i.** - Attuazione della Direttiva 2002/89/CE concernente le misure di protezione contro l'introduzione e la diffusione nella Comunità di organismi nocivi ai vegetali o ai prodotti vegetali.
- **D.Lgs. del 3 aprile 2006 n. 152 e s.m.i.** - Norme in materia ambientale.
- **D.Lgs. n. 81 del 2008 e s.m.i.:** Testo Unico sulla Salute e Sicurezza sul Lavoro.
- **D.Lgs. 75 del 29 aprile 2010:** "Riordino e revisione della disciplina in materia di fertilizzanti a norma dell'articolo 13 della legge 7 luglio 2009, n. 88" che abroga e sostituisce il precedente D.Lgs. 217 del 29 04 2006.
- **D.L. 31 maggio 2010, n. 78:** "Misure urgenti in materia di stabilizzazione finanziaria e di competitività economica" convertito, con modificazioni, dalla legge 30 luglio 2010, n. 122. Con tale decreto l'ENSE è stato soppresso e i compiti e le attribuzioni esercitati sono stati trasferiti all'INRAN.
- **D.Lgs. 25 giugno 2010, n. 124** - Attuazione della direttiva 2008/90 relativa alla commercializzazione dei materiali di moltiplicazione delle piante da frutto destinate alla produzione di frutti (refusione).
- **D.M. 27 settembre 2010** - Definizione dei criteri di ammissibilità dei rifiuti in discarica, in sostituzione di quelli contenuti nel decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio 3 agosto 2005.


- **D.L. 6 luglio 2012, n. 95** - “Disposizioni urgenti per la revisione della spesa pubblica con invarianza dei servizi ai cittadini”. All’art. 12 ha disposto la chiusura immediata dell’INRAN, con il trasferimento al CRA delle funzioni e del personale relativo alla ricerca nel campo degli alimenti e della nutrizione ed il passaggio all’Ente Nazionale RISI delle competenze in materia di controllo e certificazione ufficiale delle sementi, acquisite a seguito della soppressione dell’ENSE.
- **D.M. 5 febbraio 1998 e s.m.i.** - Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero ai sensi degli articoli 31 e 33 del D.Lgs 5 febbraio 1997, n.22.
- **D.L. 21 giugno 2013, n.69** - Disposizioni urgenti per il rilancio dell'economia.
- **LEGGE 9 agosto 2013, n. 98** - Conversione, con modificazioni, del D.L. 69/2013.
- **D.L. 24 giugno 2014, n. 91** - “Disposizioni urgenti per il settore agricolo, la tutela ambientale e l’efficientamento energetico dell’edilizia scolastica e universitaria, il rilancio e lo sviluppo delle imprese, il contenimento dei costi gravanti sulle tariffe elettriche, nonché per la definizione immediata di adempimenti derivanti dalla normativa europea.”- art.14 comma 8.
- **D.Lgs. 14 agosto 2012, n. 150** “Attuazione della direttiva 2009/128/CE che istituisce un quadro per l’azione comunitaria ai fini dell’utilizzo sostenibile dei pesticidi”.
- **Decreto 22 gennaio 2014** “Adozione del Piano di azione nazionale per l’uso sostenibile dei prodotti fitosanitari, ai sensi dell’articolo 6 del decreto legislativo 14 agosto 2012, n. 150 recante: «Attuazione della direttiva 2009/128/CE che istituisce un quadro per l’azione comunitaria ai fini dell’utilizzo sostenibile dei pesticidi»”.
- **D.M. 15 Febbraio 2017** recante “Adozione dei criteri ambientali minimi da inserire obbligatoriamente nei capitolati tecnici delle gare d’appalto per l’esecuzione dei trattamenti fitosanitari sulle o lungo le linee ferroviarie e sulle o lungo le strade”.
- **D.P.R. 13 Giugno 2017, n. 120:** “Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell’articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n. 164”.

15.2.2 **NORMATIVA EUROPEA**

- **Dir 98/56/CE** relativa alla commercializzazione dei materiali di moltiplicazione delle piante ornamentali;
- **Dir 1999/105/CE** relativa alla commercializzazione dei materiali forestali di moltiplicazione;
- **Dir 2002/89/CE** concernente le misure di protezione contro l’introduzione e la diffusione nella Comunità di organismi nocivi ai vegetali o ai prodotti vegetali;
- **Dir 2008/72/CE** del Consiglio relativa alla commercializzazione delle piantine di ortaggi e dei materiali di moltiplicazione di ortaggi, ad eccezione delle sementi;
- **Dir 2008/90/CE** del Consiglio relativa alla commercializzazione dei materiali di moltiplicazione delle piante da frutto e delle piante da frutto destinate alla produzione di frutti.

15.2.3 **DOCUMENTAZIONE TECNICA**

- **Capitolato Speciale d’Appalto tipo per lavori stradali** -Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 15 OPERE A VERDE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 15	Codifica: <u>RFI DTC SI AM SP IFS 002 A</u>	FOGLIO 7 di 35

- **Linee guida per capitolati speciali per interventi di ingegneria naturalistica** – edizione 2006- Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio, Ministero dell’Economia e delle Finanze;
- **Linee guida ISPRA** “Il trattamento dei suoli nei ripristini ambientali legati all’infrastruttura” del 2010;
- **Linee guida ISPRA** “Interventi di rivegetazione e Ingegneria Naturalistica nel settore delle infrastrutture di trasporto elettrico” del 2012;
- **Manuale di Progettazione delle Opere Civili** (RFI DTC SI MA IFS 001 B - **parte II - Sezione 1 “Ambiente”** (RFI DTC SI AM MA IFS 001 A): capitolo 1.6 “Progettazione di Opere a verde” e **Sezione 3 “Corpo Stradale”** (RFI DTC SI CS MA IFS 001 B): capitoli 3.8 “Opere in Terra”, 3.10 “Opere di sostegno” e 3.11 “Stabilizzazione dei pendii”.
- **Capitolato Generale Tecnico di appalto delle Opere Civili** (RFI DTC SI SP IFS 001 B) – **Parte II – Sezione 5 “Opere in Terra e scavi”** (RFI DTC SI CS SP IFS 004 B).

Il presente documento dovrà inoltre correlarsi con:

- il Progetto esecutivo;
- la Documentazione di gara;
- gli Strumenti urbanistici comunali (PSC, PUC, RUE ed analoghi) e i Piani Territoriali Sovraordinati (PB, PTR., PTPR, PTCP ed analoghi);
- la Carta dei vincoli territoriali e paesaggistici;
- la Normativa nazionale e regionale vigente in materia di tutela ed uso del territorio.

15.3 DEFINIZIONI

Nel testo sono utilizzati i seguenti termini:

Opere a Verde: interventi pubblici o di interesse pubblico che prevedono l'utilizzo di specie vegetali arboree, arbustive ed erbacee.

Opere di mitigazione: misure necessarie a ridurre al minimo, o addirittura a sopprimere, gli impatti negativi dovuti ad un’opera, sia essa già esistente o in fase progettuale, tali da assicurare il corretto inserimento paesaggistico ed ecosistemico nel sito.

Opere di compensazione: opere con valenza ambientale, non strettamente collegate con gli impatti indotti da progetto stesso, ma realizzate a parziale compensazione del danno prodotto, specie se non completamente mitigabile.

Sesto di impianto: in arboricoltura è la disposizione delle specie di impianto secondo linee geometriche, con indicazione delle relative interdistanze.

Generalmente è impostato con criteri geometrici, distribuendo le piante in allineamenti paralleli, detti file o filari, separati da fasce rettangolari dette interfile.

Gli scopi della distribuzione geometrica sono molteplici tra cui:

- rendere omogenea la distribuzione delle risorse in termini di illuminazione, elementi nutritivi e disponibilità idrica, allo scopo di ottimizzare il grado di sfruttamento delle risorse e il grado di competizione intraspecifica tra le piante (competizione tra individui della stessa specie);

- razionalizzare l'esecuzione delle operazioni colturali, con particolare riferimento a quelle eseguite meccanicamente;
- razionalizzare l'installazione di manufatti e impianti, come le strutture di sostegno e gli impianti d'irrigazione;
- adattare la piantagione a condizioni ambientali specifiche che possono causare danni economici o impatti sull'ambiente (disposizione rispetto ai venti dominanti, giacitura del terreno e suscettività all'erosione, esposizione rispetto ai punti cardinali);
- sfruttare eventuali consociazioni tra colture erbacee e arboree.

Irrigazione di soccorso: irrigazione che si fa ad un terreno quando si verificano condizioni climatiche non previste, tali da pregiudicare la resa della coltura in atto.

Scotico: operazione di asportazione del terreno vegetale più superficiale (in genere per una profondità di circa 20-30 cm).

Specie arboree: piante legnose con un fusto perenne ben definito, che cioè, a pieno sviluppo, presentano un asse principale (fusto o tronco) prevalente sulla massa delle ramificazioni; i rami si sviluppano in alto sul tronco a formare una chioma o corona fogliosa, variamente conformata a seconda della specie.

Specie arbustive: piante legnose, di piccolo e medio sviluppo, ramificate per lo più sin dalla base, nelle quali cioè la massa dei rami predomina sull'asse principale.

Specie rampicanti: piante con fusto lungo, poco rigido, ramoso, incapaci di sostenersi da sole, munite di cirri, viticci, radici avventizie, ecc. con i quali si aggrappano ad altre piante o a sostegni adiacenti.

Specie tappezzanti: pratica alternativa al tappeto erboso in zone ristrette, in un angolo appartato o di forma irregolare; sono ottime per contenere le infestanti.

Potatura: gamma di interventi cesori, atti a modificare il modo naturale di vegetare e di fruttificare di una pianta, con una serie di obiettivi:

- dare alla pianta una forma idonea all'utilizzazione ottimale della luce (ma anche per facilitare le operazioni colturali);
- accelerazione dello sviluppo dei giovani alberi, per raggiungere al più presto lo scheletro definitivo e l'entrata in produzione;
- avere una migliore e più rapida produzione di frutti;
- raggiungimento di un equilibrio chioma/radici e fase vegetativa/fase riproduttiva, per una produzione alta, costante e di qualità;
- far adattare le piante alla fertilità agronomica;
- estendere il ciclo produttivo nelle piante senescenti.

La potatura è distinta in base allo scopo e alla stagione in cui viene eseguita. Quelle più utilizzate sono le seguenti:

- **potatura di allevamento o di formazione**, praticata con l'intento di dare alle giovani piante la forma ottimale per lo sfruttamento razionale dello spazio e della luce;
- **potatura di risanamento o di rimonda**, praticata per eliminare le parti di chioma disseccate, spezzate o attaccate da parassiti.

Colletto: zona di passaggio tra il fusto e la radice, a livello del terreno. È una zona specializzata, che consente di resistere alla pressione del terreno circostante ed è il punto fino al quale le piante devono essere interrare al momento del trapianto; se la pianta viene interrata meno, rischia di morire per esposizione delle radici, mentre, se viene interrata troppo, viene lesionato il fusto e possono insorgere patologie (es. marciume del colletto).

Scheletro: insieme degli elementi presenti nel suolo, con diametri superiori a 2 mm (frammenti grossolani).

Struttura: proprietà delle particelle elementari del suolo di riunirsi per formare unità strutturali più grandi dette "aggregati".


Terreno in tempera: terreno con il giusto grado di umidità, tale che si possa lavorare senza recare danno né al terreno né alle attrezzature usate.

Suola di lavorazione: strato impermeabile che si può formare nei terreni argillosi e medi in seguito all'aratura e alla fresatura.

15.4 ABBREVIAZIONI

Nel testo sono utilizzate le seguenti abbreviazioni:

PB	Piano di Bacino
PSC	Piano Strutturale Comunale
RUE	Regolamento Urbanistico Edilizio
PUC	Piano Urbanistico Comunale
PTR	Piano Territoriale Regionale
PTPR	Piano Territoriale Paesaggistico Regionale
PTCP	Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale
DPR	Decreto Presidente della Repubblica
D.L.	Decreto Legge
DLgs	Decreto Legislativo
DM	Decreto Ministeriale
Dir	Direttiva
D.L.	Direttore dei Lavori
SISS	Società Italiana della Scienza e del Suolo
ENSE	Ente Nazionale delle Sementi Elette (Ente soppresso con il DL 31/05/2010, n.78. I relativi compiti ed attribuzioni vengono assorbiti dall'Istituto nazionale di ricerca per gli alimenti e la nutrizione - INRAN)
INRAN	Istituto Nazionale di Ricerca per gli Alimenti e la Nutrizione
CRA	Consiglio per la Ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura
IN	Ingegneria Naturalistica
PAN	Piano di Azione Nazionale
CAM	Criteri Minimi Ambientali

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 15 OPERE A VERDE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 15	Codifica: <u>RFI DTC SI AM SP IFS 002 A</u>	FOGLIO 10 di 35

15.5 PRESCRIZIONI GENERALI

Sarà onere dell'ESECUTORE, ma non limitatamente:

- realizzare opere rispondenti alle caratteristiche di progetto e alle specifiche tecniche applicabili e garantire la loro conformità al momento dell'ultimazione lavori;
- eseguire tutte le lavorazioni secondo le norme tecniche vigenti in materia di buona tecnica e manutenzione di aree a verde, rispettando le norme di sicurezza e prevenzione del rischio inerente le attività dei lavoratori (D.Lgs 81/08 e s.m.i.), nonché le norme di legge e i regolamenti emanati dagli Enti competenti in materia;
- provvedere, a sue spese, a tutte le opere provvisorie necessarie ad evitare possibili danni ai lavori ed alle proprietà adiacenti, nonché a garantire l'incolumità degli operai, restando in ogni caso unico responsabile delle conseguenze di ogni genere, che derivassero dall'insufficiente solidità ed, infine, dalla scarsa diligenza posta nel sorvegliare gli operai;
- procedere in modo da impedire scossoni e franamenti del terreno, restando, oltre che totalmente responsabile di eventuali danni alle persone ed alle opere, obbligato anche a provvedere, a sua cura e spese, alla rimozione di eventuali materie franate;
- garantire la qualità dei materiali impiegati per le sistemazioni ambientali;
- rimuovere e accantonare gli strati fertili del suolo (terreno di scotico) destinati ad essere riutilizzati nella realizzazione delle Opere a Verde;
- approvvigionare l'acqua necessaria all'innaffiamento delle essenze per tutto il periodo di garanzia e manutenzione;
- nel corso dei lavori, preservare la vegetazione esistente da ogni danneggiamento ed eventualmente ripristinare le aree, gli impianti, le piantagioni ed i tappeti erbosi danneggiati, salvo i casi di vandalismo riconosciuti dalle parti;
- prima dell'avvio dei lavori, ripulire le aree di intervento da materiali fuori terra estranei;
- fornire i mezzi e la manodopera per caricare e trasportare i residui di lavorazione dal cantiere all'eventuale sito di smaltimento o su altre aree individuate d'intesa con la D.L.;
- ripulire i piani viabili e gli accessi ai lavori, eventualmente lasciati pieni di terra, detriti o altro;
- riconoscere e segnalare tempestivamente alle FERROVIE tutte quelle circostanze, riguardanti le aree a verde, che richiedono un intervento di manutenzione straordinaria;
- fornire una garanzia di attecchimento del 100% di tutte le piante;
- predisporre un'efficiente e razionale organizzazione, con mezzi adeguati e maestranze specializzate, e usare tutti gli accorgimenti tecnici e pratici, in funzione delle condizioni stagionali e ambientali, per mantenere in ottimo stato di funzionamento e di conservazione gli spazi verdi e le piantagioni durante tutto il periodo di manutenzione post-impianto e di garanzia dell'impianto stesso;
- effettuare controlli periodici, previsti dal piano di manutenzione post-impianto per verificare l'effettiva esecuzione delle manutenzioni programmate ed il grado di attecchimento delle piante;
- gestire i materiali di risulta e quelli da utilizzare per l'esecuzione delle lavorazioni oggetto della presente sezione del Capitolato nel rispetto dei principi generali di tutela ambientale, secondo quanto disciplinato

sia dalla normativa ambientale vigente (D.Lgs. 152/06 e s.m.i., DPR 120/2017, D.M. 05/02/98 e s.m.i., D.M. 27/09/2010, etc) che dai documenti specialistici di riferimento (progetto e documenti contrattuali).

L'opera non eseguita a regola d'arte e dichiarata inaccettabile dalle FERROVIE, a proprio giudizio insindacabile, dovrà essere rifatta o ripristinata, a cura e spese dell'ESECUTORE che è l'unico responsabile, civilmente e penalmente, di come vengano eseguite le sistemazioni ambientali e le relative manutenzioni. Tutti i danni derivanti da imperizia, negligenza o cattivo impiego di materiali non idonei, saranno a carico dell'ESECUTORE, che, quindi, sarà tenuto di sua iniziativa ad adottare tutti i provvedimenti atti ad evitare danni a persone o cose, incidenti o sinistri.

A tale riguardo e ad avvenuta consegna degli impianti la ditta aggiudicataria dovrà, entro un mese dalla data del verbale, redigere apposita relazione sullo stato delle aree a verde e gli interventi che si rendono necessari per il buon funzionamento e conservazione.

15.6 TIPOLOGIE DI INTERVENTO

Le Opere a Verde includono:

- **interventi di compensazione ambientale**, quali recuperi di aree degradate e ripristini ambientali;
- **interventi di mitigazione ambientale**, tra i quali in particolare gli **interventi di ingegneria naturalistica** di cui alle *“Linee guida per capitolati speciali per interventi di ingegneria naturalistica – edizione 2006. Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio, Ministero dell’Economia e delle Finanze”*, e di seguito elencati.

A - INTERVENTI DI SEMINA E RIVESTIMENTI

1. Semina a spaglio
2. Semina con fiorume
3. Semina a paglia e bitume
4. Idrosemina
- 5.a Idrosemina a spessore (passaggio unico)
- 5.b Idrosemina a spessore (due passaggi)
6. Semina a strato con terriccio
7. Semina con microfibre
8. Semina di piante legnose
9. Biotessile in juta (geojuta)
10. Biostuoia in paglia
11. Biostuoia in cocco
12. Biostuoia in cocco e paglia
13. Biostuoia in trucioli di legno
14. Biotessile in cocco (sin. Biorete di cocco)
15. Biotessile in agave
16. Geostuoia tridimensionale in materiale sintetico
17. Geostuoia tridimensionale in materiale sintetico bitumata in opera a freddo
18. Geostuoia tridimensionale in materiale sintetico prebitumata industrialmente a caldo
19. Geocelle a nido d'ape in materiale sintetico
20. Rete metallica a doppia torsione
21. Rivestimento vegetativo in rete metallica a doppia torsione galvanizzata e plastificata e biostuoie
22. Rivestimento vegetativo in rete metallica a doppia torsione galvanizzata e geostuoia tridimensionale sintetica

23. Rivestimento vegetativo a materasso preconfezionato in rete metallica a doppia torsione galvanizzata e plastificata foderato con stuoie
24. Rivestimento vegetativo a materasso confezionato in opera in rete metallica a doppia torsione galvanizzata e plastificata foderato con biostuoie o geostuoia tridimensionale
25. Rivestimento vegetativo a tasche in rete galvanizzata e non tessuto o geostuoia
26. Rivestimento in griglia o rete metallica ancorata e geotessuto e terriccio

B. INTERVENTI STABILIZZANTI

27. Messa a dimora di talee
28. Piantagione di arbusti
29. Piantagione di alberi
30. Trapianto dal selvatico di zolle erbose
31. Trapianto dal selvatico di ecocelle
32. Tappeto erboso pronto
33. Trapianto di rizomi e di cespi
34. Copertura diffusa con ramaglia viva
35. Copertura diffusa con culmi di canna
36. Viminata viva
37. Viminata viva spondale
38. Fascinata viva su pendio
39. Fascinata viva drenante su pendio
40. Fascinata spondale viva di specie legnose
41. Fascinata sommersa
42. Fascinata spondale viva con culmi di canna
43. Cordonata viva
44. Cordonata orizzontale esterna viva con piloti
45. Gradonata viva
46. Graticciata di ramaglia
47. Fastelli di ramaglia a strati
48. Graticciata in rete zincata e stuoia
49. Ribalta viva
50. Palizzata viva
51. Palizzata con geotessile

C. INTERVENTI COMBINATI DI CONSOLIDAMENTO

52. Grata viva
53. Palificata spondale con palo verticale frontale
54. Palificata viva di sostegno
55. Palificata viva Roma
56. Sbarramento vivo
57. Pennello vivo
58. Traversa viva a pettine
59. Repellente di ramaglia a strati
60. Rullo spondale con zolle (pani) di canne
61. Rullo con ramaglia viva
62. Rullo spondale in fibra di cocco
63. Muro cellulare (alveolare) rinverdito

64. Gabbionata in rete metallica zincata rinverditata
65. Materasso in rete metallica rinverdito
66. Terra rinforzata a paramento vegetato
67. Muro a secco rinverdito
68. Cuneo filtrante
69. Rampa a blocchi
70. Blocchi incatenati
71. Scogliera rinverditata
72. Briglia viva in legname e pietrame
73. Palizzata viva in putrelle e traverse
74. Barriera vegetativa antirumore in terrapieno compresso (sin. Biomuro).

Gli interventi dovranno essere eseguiti nel rispetto delle specifiche prescrizioni riportate nella presente sezione del Capitolato e nei seguenti documenti:

- Manuale di Progettazione delle Opere Civili - parte II - Sezione 1 “Ambiente”: capitolo 1.6 “Progettazione di Opere a verde” e capitolo 1.8 “Gestione terre e rocce da scavo”;
- Manuale di Progettazione delle Opere Civili - parte II - Sezione 3 “Corpo Stradale”: capitoli 3.8 “Opere in Terra”, 3.10 “Opere di sostegno” e 3.11 “Stabilizzazione dei pendii”;
- Capitolato Generale Tecnico di appalto delle Opere Civili - Parte II – Sezione 5 “Opere in Terra e scavi”.

15.7 PROGRAMMAZIONE DELLE ATTIVITA'

Per programmazione si intende la **messa a sistema di tutte le fasi** che riguardano:

- la progettazione delle Opere a Verde;
- la qualità dei materiali impiegati;
- l'esecuzione delle attività d'impianto;
- la manutenzione post-impianto;
- il controllo finale.

La programmazione delle attività offre una maggiore garanzia sulla buona riuscita e qualità finale delle opere. I vantaggi, per tutti i soggetti coinvolti a diverso titolo, sono:

- efficienza nei tempi di realizzazione;
- migliore organizzazione delle attività;
- miglior utilizzo delle risorse, in particolare di quelle destinate al materiale vegetale, evitando il risparmio sull'acquisto delle piante, a discapito dell'adattabilità e della qualità.

15.7.1 REQUISITI MINIMI DELLA PROGETTAZIONE DELLE OPERE A VERDE

Le Opere a Verde saranno progettate basandosi su una visione ecosistemica per la ricerca delle scelte progettuali e delle soluzioni tecniche più idonee alla salvaguardia del territorio, dell'ambiente e del paesaggio. In quest'ottica tutti gli interventi devono essere tesi a ristabilire il naturale assetto dell'ecosistema o comunque a favorire il ritorno, nei tempi più brevi possibile ed in funzione degli obiettivi prestabiliti, dell'equilibrio ambientale tipico dei luoghi.

La realizzazione delle Opere a Verde deve tenere conto dei seguenti aspetti:

- esistono fattori limitanti, legati alla crescita delle specie vegetali, che condizionano l'impiego delle diverse tecniche, a seconda del tipo di ambiente in cui si deve operare;
- è necessario operare una corretta scelta delle specie vegetali da impiegare; per garantire la riuscita degli interventi;
- è indispensabile rispettare scrupolosamente le corrette modalità ed epoche di semina e piantumazione delle specie prescelte;
- i risultati di attecchimento e consolidamento spesso non sono immediati ma richiedono un certo periodo di tempo per poter verificarne l'efficacia;
- queste opere richiedono in genere una regolare manutenzione, scaglionata nel tempo ed eseguita da personale qualificato.

Per i motivi sopracitati motivi nel **progetto** saranno indicati:


- **la descrizione tecnica dell'intervento** da realizzare e la sua **ubicazione**;
- l'elenco delle **specie da impiegare, la densità d'impianto ed il sesto di impianto**;
- **gli interventi colturali, le modalità di esecuzione dei lavori.**

In particolare, andranno specificate:

- **le caratteristiche stazionali, ovvero le caratteristiche agronomiche, pedologiche e meteorologiche, geomorfologiche, idrologiche**, anche con riferimento all'altezza della falda freatica, ed ogni intervento eventualmente necessario alla correzione chimico – fisica e strutturale del suolo di impianto, la bonifica o ripristino della fertilità;
- **il contesto paesaggistico**, con particolare riferimento agli aspetti visuali e morfologici, oltre che vegetazionali, dei siti di impianto;
- **la scelta delle specie e la tipologia di materiale vivaistico**, sulla base alle caratteristiche dell'impianto e della stazione;
- **la scelta del sesto di impianto e del modello colturale**, indicando in particolare la distanza delle piante tra le file e sulle file, il tipo di consociazione con specie arbustive ed erbacee;
- **l'epoca di impianto e la modalità della messa a dimora delle piante** ovvero la dimensione delle buche d'impianto, il periodo di impianto in relazione alle forme di coltivazione e confezionamento di consegna, le concimazioni localizzate, eventuale pacciamatura, eventuale uso di tutori e di protezioni individuali;
- **le modalità, le quantità e il periodo di irrigazione di soccorso per radicazione ed affrancamento**;

Parte integrante del progetto sarà il “**Piano delle manutenzioni**” che dovrà:

- avere una durata non inferiore a tre anni;
- individuare, per tutti gli interventi colturali, le modalità di attuazione dei lavori;
- definire, in dettaglio, le attività di manutenzione ordinaria, straordinaria e di gestione necessarie per l'affermazione e il mantenimento dell'impianto.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 15 OPERE A VERDE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 15	Codifica: <u>RFI DTC SI AM SP IFS 002 A</u>	FOGLIO 15 di 35

15.8 QUALITA' DEI MATERIALI DA IMPIEGARE

L'ESECUTORE ha l'obbligo di fornire tutto il materiale (impiantistico, agrario e vegetale) occorrente per la realizzazione delle Opere a Verde, nelle quantità necessarie, e di effettuare l'accettazione di ogni lotto dei materiali (da effettuarsi prima dello scarico dei materiali stessi o contestualmente ad esso) dandone evidenza formale alla D.L.

Tutto il materiale, utilizzato per la sistemazione ambientale, dovrà essere della migliore qualità, senza difetti e, in ogni caso, conforme al presente Capitolato, al progetto e alla normativa vigente, nonché idoneo all'esecuzione a regola d'arte delle Opere a Verde.

Tutte le forniture dovranno essere accompagnate dalle certificazioni e dalle etichettature eventualmente previste dalla normativa nazionale e/o comunitaria; lo stesso dicasi per passaporti, certificati di provenienza, schede tecniche fornite dal produttore, prove sperimentali documentate e simili.

L'ESECUTORE ha l'obbligo di dimostrare la provenienza delle forniture con la necessaria documentazione esibendo, se richieste, bolle di accompagnamento e simili.

L'ESECUTORE dovrà disporre, a proprie spese, l'esecuzione di campionature, analisi e prove per il materiale ausiliario che comprendano:

- analisi pedologiche del suolo in sito e della terra agraria fornita,
- analisi dei concimi organici e minerali,
- eventuali analisi di carattere diagnostico sul materiale vegetale.

Tali analisi dovranno essere effettuate da laboratorio specializzato, secondo le metodologie di analisi ufficiali.

La qualità di tutti i materiali e le modalità di fornitura saranno verificate dalla D.L. e registrate su appositi verbali, che dovranno essere conservati dalla D.L. stessa tra la documentazione relativa alle Opere a Verde.

L'ESECUTORE dovrà sostituire eventuali partite non ritenute conformi dalla D.L., a sua cura e spese, con altre corrispondenti ai requisiti concordati.

Di seguito, si riportano le caratteristiche dei materiali da impiegarsi, nell'ottica di garantire la buona riuscita di tutte le opere previste in progetto.

15.8.1 MATERIALE AGRARIO


Per "materiale agrario" si intende tutto il materiale, usato in agricoltura, necessario alla messa a dimora, alla cura e alla manutenzione delle piante occorrenti per la sistemazione (terreni e substrati di coltivazione, concimi, fitofarmaci, tutori etc.).

15.8.1.1 Terra naturale

Si considera tale il terreno estratto da orizzonti sottostanti quelli ordinariamente interessati dalle lavorazioni colturali e, normalmente, esplorati dagli apparati radicali.

Per questo tipo di terra non sono richieste le caratteristiche fisico-chimiche biologiche previste per la terra agraria.

Questa terra deve trovare impiego solamente come materiale di riempimento su cui riportare il substrato adatto alla vita vegetale.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 15 OPERE A VERDE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 15	Codifica: <u>RFI DTC SI AM SP IFS 002 A</u>	FOGLIO 16 di 35

15.8.1.2 Terreno vegetale o agrario

Si considera terreno vegetale, adatto per lavori di ripristino e mitigazione, lo strato superficiale (30-40 cm) di ogni terreno di campagna, ossia quello spessore ove la presenza di humus e le caratteristiche fisico-microbiologiche del terreno permettono la normale vita dei vegetali.

In generale, il terreno vegetale da mettere in opera dovrà risultare a reazione chimicamente neutra, sufficientemente dotato di sostanza organica e di elementi nutritivi, di medio impasto; dovrà essere comunque idoneo a garantire l'attecchimento e lo sviluppo di colture erbacee e/o arbustive e/o arboree. Prima del prelievo e della fornitura della terra, le Ferrovie si riservano il diritto di richiedere certificati di idoneità del materiale rilasciati da laboratori di chimica agraria riconosciuti, a seguito di analisi su campioni prelevati in contraddittorio.

Il terreno dovrà essere privo di pietre, di tronchi, di rami, di radici ed erbe infestanti, nonché di materiali di origine antropica che possono ostacolare e/o alterare le lavorazioni agronomiche del terreno dopo la messa in dimora; in ogni caso, dovrà essere idoneo a garantire l'attecchimento e lo sviluppo di colture erbacee e/o arbustive e/o arboree.

La terra di coltivo dovrà avere la massima purezza, cioè essere priva di agenti patogeni e di sostanze tossiche. La quantità di scheletro con diametro maggiore di mm. 2,0 non dovrà eccedere il 25% del volume totale.

L'ESECUTORE, prima di effettuare il riporto di terra vegetale, dovrà accertarne la qualità mediante analisi di laboratorio, e dovrà sottoporre all'approvazione della D.L. l'impiego di terra le cui analisi abbiano oltrepassato i valori agro-pedologici tipici.

Di regola, va utilizzato il terreno scoticato in fase di cantierizzazione al quale, pertanto, devono essere state applicate le corrette modalità di accantonamento, oggetto di specifico monitoraggio periodico. In particolare, si dovrà prevedere l'inerbimento del cumulo di terreno stoccato, che non dovrà essere frammisto a terreno sterile e non dovrà avere indicativamente altezza superiore a 3 m e larghezza superiore a 10 m per evitare che gli strati interni siano soggetti a fenomeni di fermentazione/asfissia.

Per quanto riguarda l'eventuale fabbisogno aggiuntivo di terreno vegetale o agrario, non soddisfatto da quello proveniente dagli scotichi, la D.L. si esprimerà in merito alla qualità del terreno vegetale fornito da terzi. **L'eventuale terreno vegetale o agrario acquistato deve possedere l'indicazione, verificabile, della provenienza.**


15.8.1.3 Sabbia

La sabbia deve avere un diametro delle particelle non superiore a 2,00 mm e non inferiore a 0,02 mm. Si parla di sabbia grossa quando il diametro delle particelle è compreso fra 2,0 e 0,20 mm mentre si parla di sabbia fine quando esso è compreso fra 0,20 e 0,02 mm. La sabbia dovrà essere ben pulita per mezzo di lavaggio, asciutta, vagliata, scevra da materiali estranei, proveniente da cava o da fiume. La sabbia deve essere silicea e, pertanto, la fornitura deve essere accompagnata da analisi chimico-fisica prodotta dal fornitore di provenienza. Il tenore in calcare attivo deve essere tendenzialmente uguale a zero.

15.8.1.4 Compost

Con questo termine si intende un prodotto organico che ha subito un processo di decomposizione aerobica stimolato ed accelerato dalla presenza di lombrichi e/o microflora, a partire da letame maturo e/o residui organici di varia natura.

Il prodotto ottenuto, all'atto dell'impiego, deve essere stabilizzato ed avere le seguenti caratteristiche, rispondenti ai requisiti della normativa vigente: **colore bruno omogeneo, struttura glomerulare ed assenza di sostanza organica indecomposta.**

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 15 OPERE A VERDE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 15	Codifica: <u>RFI DTC SI AM SP IFS 002 A</u>	FOGLIO 17 di 35

15.8.1.5 Torba

Salvo altre specifiche richieste, per le esigenze dell'opera la torba dovrà essere della migliore qualità e del tipo **"biondo", acida, poco decomposta e confezionata in balle compresse e sigillate.**

15.8.1.6 Substrati di coltivazione

Con "substrati di coltivazione" si intendono materiali di origine minerale e/o vegetale utilizzati singolarmente o miscelati, in proporzioni note, per impieghi particolari e per ottenere un ambiente di crescita adatto alle diverse specie che si vogliono mettere a dimora.

Le confezioni di substrati imballati dovranno riportare la composizione, il rapporto fra le diverse componenti, la quantità, la provenienza e la certificazione di legge. Per i substrati forniti sfusi l'ESECUTORE dovrà, comunque, certificare, sotto la propria responsabilità, la provenienza, la composizione, le proporzioni in cui si trovano le diverse componenti e le eventuali materie prime di derivazione.

In mancanza delle suddette indicazioni, l'ESECUTORE dovrà fornire, oltre ai dati indicati, i risultati delle analisi realizzate, a propria cura e spese, secondo i metodi normalizzati dalla SISS.

L'accettazione da parte della D.L., tuttavia, non esime l'ESECUTORE dalla sostituzione di quei materiali che dovessero ostacolare o alterare le lavorazioni agronomiche del terreno.

I substrati, una volta pronti per l'impiego, dovranno essere omogenei e i componenti distribuiti in proporzioni costanti all'interno della loro massa.

15.8.1.7 Concimi

I concimi minerali, semplici e complessi, usati per la concimazioni di fondo o in copertura, dovranno essere di marca nota sul mercato nazionale e avere titolo dichiarato e valutato di volta in volta in base alle caratteristiche agronomiche del terreno. In caso di concimi complessi, il rapporto azoto-fosforo-potassio deve essere precisato e conservato nella documentazione relativa alle Opere a Verde.

L'ESECUTORE dovrà verificare, scegliendoli di volta in volta in base alle analisi di laboratorio sul terreno e sui concimi e alle condizioni delle piante durante la messa a dimora e nel periodo di manutenzione, quale tipo di concime minerale deve essere usato.

I fertilizzanti organici (letame, residui organici vari, etc.) dovranno esser forniti o raccolti solo presso fornitori o luoghi autorizzati dalle Ferrovie che si riservano, comunque, la facoltà di richiedere le opportune analisi. Nel caso di fornitura i concimi dovranno essere consegnati negli involucri originali e sigillati della fabbrica.


15.8.1.8 Prodotti di pacciamatura

I materiali, destinati alla copertura del terreno per varie finalità operative, quali il controllo dell'evapotraspirazione, la limitazione della crescita di essenze infestanti, la protezione da sbalzi termici.

I prodotti di pacciamatura, confezionabili, dovranno essere forniti, in accordo con la D.L., nei contenitori originali con dichiarazione della quantità, del contenuto e dei componenti; per quelli sfusi, invece, la D.L. si riserva la facoltà di valutare, di volta in volta, la qualità e la provenienza.

15.8.1.9 Fitofarmaci

Tutti i fitofarmaci (es. anticrittogamici, insetticidi, diserbanti, antitranspiranti) dovranno essere rispondenti alle normative vigenti, emesse dal Ministero della Salute; essi dovranno essere forniti nei contenitori originali e sigillati dalla fabbrica, con l'indicazione della composizione, della classe di tossicità e delle altre informazioni a norma di legge.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 15 OPERE A VERDE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 15	Codifica: <u>RFI DTC SI AM SP IFS 002 A</u>	FOGLIO 18 di 35

Impiego, caratteristiche del prodotto, dosi e modalità di somministrazione verranno decisi di volta in volta in funzione del tipo e della gravità dell'attacco parassitario, dell'ubicazione della zona infestata, della presenza di colture agrarie, di allevamenti e di insediamenti abitativi. L'ESECUTORE dovrà, ogni volta che risulti possibile, utilizzare prodotti a basso impatto ambientale.

15.8.1.10 Paletti di sostegno, ancoraggi, legature e protezioni del fusto

Per fissare al suolo gli alberi di rilevanti dimensioni, dovranno essere utilizzati paletti di sostegno (tutori) di diametro ed altezza adeguati.

I tutori dovranno essere preferibilmente in legno, diritti, scortecciati, e, se destinati ad essere infissi nel terreno, appuntiti dalla parte dell'estremità di maggiore diametro. La parte appuntita dovrà essere resa imputrescibile, per un'altezza di cm. 100 circa, mediante bruciatura superficiale o impregnamento in autoclave o per spennellamento con appositi prodotti, di cui sia ammesso l'utilizzo dalla normativa vigente.

Anche i picchetti di legno, per l'eventuale bloccaggio a terra dei tutori, dovranno avere analoghe caratteristiche di imputrescibilità.

I pali di sostegno potranno essere sostituiti con ancoraggi eseguiti con cavi di acciaio di adeguata sezione muniti di tendifilo, ove la D.L. disponga in tal senso e qualora si dovessero presentare problemi di natura particolare (mancanza di spazio, esigenze estetiche o altro). Le legature, per rendere solidali le piante ai pali di sostegno e agli ancoraggi, al fine di non provocare strozzature al tronco, dovranno essere realizzate per mezzo di collari speciali o di idoneo materiale elastico (cinture di gomma, nastri di plastica etc.) o, in subordine, con corda di canapa e mai con filo di ferro. Per evitare danni alla corteccia, è indispensabile interporre, fra tutore e tronco, un cuscinetto antifrizione di adatto materiale.

Per proteggere le specie dall'attacco di animali (lagomorfi essenzialmente) e dai decespugliatori, le specie arboree e arbustive di piccola dimensione, comprese le rampicanti, saranno protette con reti a maglia forata e rigida, ovvero da elementi (shelter) in materiale plastico stabilizzato di tipo tubolare, di altezza superiore a 80 cm, dotate di adeguato sistema di ancoraggio al terreno.

15.8.1.11 Materiale per drenaggi ed opere antierosione

Il materiale utilizzato per la realizzazione di sistemi drenanti (es. tubi impiegati per la costruzione di dreni, membrane impermeabilizzanti) e quello impiegato per la realizzazione di opere antierosione (biostuoie, geostuoie) dovranno corrispondere a quanto indicato in progetto o nel presente Capitolato.


I materiali forniti in confezione dovranno essere consegnati nei loro imballaggi originali, attestanti quantità e caratteristiche del contenuto (resistenza, composizione chimica, requisiti idraulici e fisici e quanto altro occorra per una migliore identificazione dei materiali stessi). La D.L. si riserva, in ogni caso, la facoltà di rifiutare, a suo insindacabile giudizio, tutti quei materiali ritenuti non rispondenti ai requisiti di progetto e non idonei ai lavori da eseguire.

Per i prodotti non confezionati, invece, la D.L. ne verificherà di volta in volta la qualità e la provenienza.

15.8.1.12 Acqua

L'acqua da utilizzare per l'innaffiamento non dovrà contenere sostanze inquinanti e sali nocivi oltre i limiti di tolleranza di fitotossicità.

L'ESECUTORE sarà tenuto, su richiesta della D.L., a verificare periodicamente, per mezzo di analisi effettuate secondo le procedure normalizzate, la qualità dell'acqua da utilizzare ed a segnalare le eventuali alterazioni riscontrate.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 15 OPERE A VERDE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 15	Codifica: <u>RFI DTC SI AM SP IFS 002 A</u>	FOGLIO 19 di 35

15.8.2 MATERIALE VIVAISTICO

Per "materiale vivaistico" si intendono le specie arboree, arbustive, tappezzanti e rampicanti, le sementi e le zolle erbose.

Il materiale vivaistico dovrà essere certificato in base alla normativa forestale vigente (D.Lgs. 19 agosto 2005, n. 214 e s.m.i.).

Il materiale vivaistico dovrà provenire da areale analogo a quello di impianto, con parametri climatico-meteorologici simili a quelli del comprensorio di destinazione, al fine di massimizzare le probabilità di attecchimento, minimizzare l'introduzione di fitopatologie e di ridurre il rischio di ibridazione con specie autoctone.

Dovrà provenire da uno o più vivai indicati dall'ESECUTORE ed accettati dalle FERROVIE che si riservano la facoltà di effettuare visite per scegliere le piante di migliore aspetto e portamento e di scartare quelle ritenute inadatte ai lavori. Le piante fornite dovranno esser esenti da malattie, attacchi parassitari (in corso o passati) e deformazioni nonché corrispondere per genere, specie, cultivar e dimensioni a quanto prescritto negli elaborati di progetto; dovranno inoltre esser etichettate con cartellini in materiale plastico ove sia riportato in modo leggibile ed indelebile il nome botanico (genere, specie e varietà).

La D.L. si riserva, comunque, la facoltà di effettuare visite ai vivai di provenienza delle piante, allo scopo **di verificare la qualità dei materiali da fornirsi** e scartare quelle non conformi ai requisiti fisiologici e fitosanitari che garantiscono la buona riuscita dell'impianto, o quelle che non ritenga adatte alla sistemazione da realizzare.

L' ESECUTORE dovrà far pervenire alla D.L., con almeno 48 ore di anticipo, una comunicazione scritta della data in cui le piante verranno consegnate in cantiere.

15.8.2.1 Specie arboree

Le specie arboree sviluppate (pronto effetto) fornite dovranno:

- presentare una circonferenza del tronco (misurata ad un metro dal colletto) almeno pari a 12 cm;
- presentare **portamento e dimensioni rispondenti alle caratteristiche richieste e tipici della specie, della varietà e dell' età al momento della messa a dimora;**
- avere la **parte aerea a portamento e forma regolare**, simile agli esemplari cresciuti spontaneamente, a sviluppo robusto, non filato e che non dimostri una crescita troppo rapida per eccessiva densità di coltivazione in vivaio, in terreno troppo irrigato o concimato;
- essere **esenti da attacchi d'insetti, malattie crittogamiche, virus, altri patogeni e alterazioni di qualsiasi natura** che possano compromettere il regolare sviluppo e il portamento tipico della specie;
- **essere forniti in zolla, vaso o altro sistema analogo di contenimento e trasporto adeguato alle dimensioni della pianta.** La terra dovrà essere compatta, di buona qualità e consistenza, ben aderente alle radici, senza crepe evidenti, con struttura e tessitura tali da non creare condizioni di asfissia. Le zolle dovranno essere ben imballate, con apposito involucro degradabile (juta, paglia, teli), rinforzato per le piante che raggiungono i 5 metri di altezza (in generale di grandi dimensioni), con rete metallica degradabile, oppure con pellicola plastica porosa o altri materiali equivalenti;
- **essere avvolte al colletto con fascia di gomma** di altezza 5 cm, estendibile, quale protezione dagli urti meccanici e dall'azione dei decespugliatori;
- essere di **provenienza certa e documentabile;**

- essere **etichettati** singolarmente o per gruppi omogenei per mezzo di cartellini di materiale resistente alle intemperie sui quali sia stata riportata, in modo leggibile ed indelebile, la denominazione botanica (genere, specie, varietà cultivar) del gruppo a cui si riferiscono.

Nel caso di coltivazione in vivaio delle piante, questo deve avere compreso un minimo di due trapianti per ogni individuo, l'ultimo dei quali deve essere stato eseguito non più di due anni prima.

Il fusto e le branche principali dovranno essere esenti da deformazioni, capitozzature, ferite di qualsiasi origine e tipo, grosse cicatrici o segni conseguenti ad urti, grandine, scortecciamenti, legature, ustioni da sole, lesioni meccaniche in genere; la chioma dovrà essere ben ramificata, uniforme ed equilibrata per simmetria e distribuzione delle branche principali e secondarie all'interno della stessa;

L'apparato radicale dovrà essere proporzionato allo sviluppo aereo della piantina, privo di marciume, in buono stato di conservazione, ricco di piccole ramificazioni e di radici capillari sane.

Gli esemplari arborei di piccole dimensioni (indicativamente $h = 60 \div 80$ cm) dovranno essere di età non inferiore ai due anni e forniti in contenitore.

15.8.2.2 Specie arbustive

Le specie arbustive devono essere con chioma equilibrata e uniforme con almeno tre ramificazioni aeree, a portamento non filato e con un apparato radicale ricco di piccole ramificazioni e di radici capillari sane, racchiuso in contenitori o in zolle.

Le specie arbustive di piccole dimensioni (indicativamente $h = 40 \div 80$ cm) dovranno essere di età non inferiore ai due anni e forniti in contenitore.

15.8.2.3 Specie tappezzanti

Le specie tappezzanti dovranno avere **portamento basso e/o strisciante** e buona capacità di copertura, garantita da ramificazioni uniformi.

Dovranno essere sempre fornite in contenitore con le radici pienamente compenstrate nel substrato di coltura, senza fuoriuscire dal contenitore stesso.

15.8.2.4 Specie rampicanti, sarmentose, ricadenti

Le specie appartenenti a queste categorie dovranno avere almeno due getti robusti, essere dell'altezza richiesta (dal colletto all'apice vegetativo più lungo) ed essere fornite in zolla o in contenitore, secondo quanto prescritto precedentemente.

15.8.2.5 Sementi

L'ESECUTORE dovrà fornire sementi di ottima qualità e rispondenti perfettamente a genere, specie e varietà richiesti, nelle confezioni originali sigillate, munite di certificato di identità ed autenticità con l'indicazione del grado di purezza, di germinabilità e della data di scadenza stabilita dalle leggi vigenti.

Non sono ammesse partite di seme con valore reale di peso inferiore al 20% rispetto a quello dichiarato, nel qual caso l'ESECUTORE dovrà sostituirle con altre che rispondano ai requisiti richiesti. La mescolanza delle sementi di specie diverse, secondo le esigenze progettuali, qualora non disponibile in commercio, va effettuata alla presenza delle FERROVIE.

Per evitare che possano alterarsi o deteriorarsi, le sementi devono essere immagazzinate in locali freschi, ben aerati e privi di umidità.

15.8.2.6 Zolle erbose

Le zolle erbose, provenienti da luoghi approvati dalle FERROVIE e costituite dalle specie richieste, dovranno presentarsi a cotica continua e prive di erbe infestanti. Saranno fornite, a seconda delle esigenze, in strisce di 1-1,5 m di lunghezza o in zolle rettangolari o quadrate o comunque dallo spessore di 2-4 cm.

Le zolle erbose non vanno lasciate accatastate o arrotolate per più di 24 ore dalla consegna, nel qual caso vanno aperte, poste all'ombra e mantenute umide.

15.9 TRASPORTO DEL MATERALE VEGETALE E MANTENIMENTO PRIMA DELL'IMPIANTO

Per quanto riguarda il **trasporto del materiale vivaistico fino al luogo dell'impianto**, dovranno essere prese tutte le precauzioni necessarie a **garantire la vitalità, la forma e la qualità sanitaria delle piante**, effettuandone il trasferimento con autocarri o vagoni coperti da teloni e dislocandole in modo tale che rami e corteccia non subiscano danni e le zolle non abbiano a frantumarsi a causa dei sobbalzi o per il peso delle piante sovrastanti. Il **tempo intercorrente tra il prelievo in vivaio e la messa a dimora definitiva** (o la sistemazione in vivaio provvisorio) dovrà essere il **più breve possibile**.

La D.L. dovrà, al momento del ritiro del materiale dal vivaio, verificare la qualità del materiale e verbalizzarne l'accettazione.

In particolare, l'ESECUTORE curerà che le zolle e le radici delle piante, che non possono essere messe immediatamente a dimora, non subiscano deterioramenti e mantengano il tenore di umidità adeguato alla loro buona conservazione.

15.10 MODALITA' ESECUTIVE ATTIVITA' DI IMPIANTO

L'ESECUTORE ha l'obbligo di eseguire correttamente i lavori preparatori, i lavori di impianto del materiale vegetale e di semina, secondo quanto previsto dal progetto e/o dal presente Capitolato e, comunque, secondo le buone pratiche e la regola d'arte, dandone evidenza formale alla D.L. per tutte le tipologie di Opere a Verde.

15.10.1 PROTEZIONE DELLA VEGETAZIONE ESISTENTE DURANTE LE ATTIVITA' DI CANTIERE

In corso d'opera, **tutta la vegetazione esistente, destinata a rimanere in loco secondo il progetto, e quella, eventualmente** individuata dalla D.L., **dovranno essere preservate da ogni danneggiamento con recinzioni e barriere**, provvisorie ma solide.

Pertanto, l'ESECUTORE dovrà usare la massima cautela nell'eseguire le prescrizioni di progetto o del presente Capitolato e della D.L. ogni volta che si troverà a operare nei pressi delle piante esistenti.

Le lavorazioni del terreno sono vietate nelle adiacenze delle alberature per una distanza pari alla proiezione della chioma nel terreno e con distanza minima dal tronco pari a 3 m.

Analogamente è **vietato l'accumulo di terreno, inerti o altri materiali nelle adiacenze di alberature**.

A) Protezione del tronco

L'ESECUTORE, ove indicato in progetto o su richiesta della D.L., è tenuto a **proteggere il tronco con una rete** di materiale plastico a maglia forata e rigida (shelter), che garantisca il passaggio dell'aria, evitando, così, la formazione di un ambiente troppo caldo e umido particolarmente favorevole all'instaurarsi di organismi patogeni.

B) Protezione delle radici

La **posa di tubazioni** dovrà avvenire **al di fuori della proiezione della chioma dell'albero sul terreno**; tranne per le specie la cui chioma abbia uno sviluppo fuori dal normale portamento, a causa di una consistente potatura di contenimento, o per le piante con portamento ascendente, dove l'area di rispetto avrà un raggio minimo di 4 metri, misurati alla base del tronco. Qualora ciò non sia possibile, i lavori di scavo nell'area di rispetto dovranno essere eseguiti a mano.

Le radici asportate dovranno presentare un taglio netto, facendo attenzione a **tagliare solamente le radici con diametro inferiore ai 3 cm**, altrimenti l'attraversamento dovrà passare al di sotto di esse.

Lo scavo dovrà rimanere aperto il minor tempo possibile e, comunque, per un tempo non superiore ad una settimana. Ove ciò non sia possibile, occorrerà coprire le radici affioranti con juta e bagnarle periodicamente a seconda dell'andamento stagionale.

C) Protezione del suolo

Le operazioni di cantiere non devono peggiorare le condizioni strutturali, chimiche e biochimiche del terreno interessato dagli apparati radicali delle specie vegetali.

E' vietato depositare, nell'area di rispetto (corrispondente alla proiezione della chioma dell'albero sul terreno), materiali di cantiere, quali inerti, prefabbricati, materiali da costruzione, macchinari, gru, al fine di evitare costipamenti del terreno; è altresì fatto divieto versare acqua di lavaggio dei pavimenti e dei macchinari, in particolare le acque contenenti polveri di cemento, oli, petrolio e suoi derivati, vernici, solventi, liquidi impermeabilizzanti e quanto altro possa nuocere o risultare fitotossico per gli apparati radicali.

15.10.2 ACCANTONAMENTO DEL TERRENO VEGETALE FERTILE

Prima dell'allestimento del cantiere, dovrà essere accantonato e conservato il terreno di scotico presente sull'area di intervento (i primi 30-40 cm corrispondenti allo strato fertile).

E' importante porre in atto alcune tecniche agronomiche di conservazione dello strato fertile del suolo, al fine di preservarne le caratteristiche chimico-fisiche e biologiche, **per poterlo poi riutilizzare** al termine dell'attività del cantiere **come substrato per gli interventi di ripristino finale**. In tal modo, si eviterà l'onere economico ed ambientale di procurarsi terreno vegetale proveniente da altri siti.


In particolare, i cumuli di terreno vegetale dovranno essere inerbiti a mezzo di idrosemina, che potrà, ad esempio, essere effettuata utilizzando un miscuglio di leguminose a base di trifoglio (*Trifolium* spp.), al fine di evitare fenomeni erosivi che comporterebbero il dilavamento della sostanza organica, e non dovranno essere miscelati con terreno sterile. I cumuli dovranno avere dimensioni contenute (altezza massima pari a 3 m e larghezza massima di 10 m, misurata al piede).

I luoghi e le modalità attuative di tale operazione saranno definite d'intesa con la D.L.

15.10.3 PULIZIA GENERALE DELL'AREA DI INTERVENTO

Qualora nell'area oggetto della sistemazione, all'atto della consegna, siano presenti specie arboree o arbustive infestanti o in cattivo stato fitosanitario, pietre e/o eventuali ostacoli, che possono impedire la lavorazione agronomica del terreno, questi materiali dovranno essere rimossi e trasportati in discarica o spostati in luogo idoneo, secondo le modalità definite d'intesa con la D.L. e, comunque, posti in condizioni di non costituire pericolo futuro e intralcio alle successive operazioni.

Se le dimensioni delle piante sono tali da far ritenere che i rispettivi apparati radicali possano essere portati in superficie con le successive lavorazioni di aratura, sarà sufficiente procedere al loro taglio al colletto; in caso

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 15 OPERE A VERDE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 15	Codifica: <u>RFI DTC SI AM SP IFS 002 A</u>	FOGLIO 23 di 35

contrario, l'ESECUTORE dovrà procedere all'estirpazione, avendo cura di asportare completamente la ceppaia. Le buche, derivanti da questa operazione, dovranno essere richiuse. Tutto il materiale di risulta dell'opera di decespugliamento deve essere conferito agli impianti autorizzati secondo la normativa vigente.

Nel caso di esemplari che siano dichiarati particolarmente importanti per le loro caratteristiche ecologiche, di età, di dimensioni, ecc., questi dovranno essere salvaguardati. Dovranno essere segnalati con apposite indicazioni e saranno rivestiti, in corrispondenza del fusto, con idonee protezioni imbottite e colorate in modo evidente. Nel caso in cui gli scavi possano in qualsiasi modo danneggiare gli apparati radicali, sempre nell'ipotesi di un'attenta valutazione dell'importanza del mantenimento di tali alberi esemplari, si dovrà procedere con opportune protezioni degli apparati radicali, costituite da paratie in legno, posate nel terreno attorno agli apparati radicali precedentemente preparati con recisioni nette.

15.10.4 LAVORAZIONI MECCANICHE DEL TERRENO

L'ESECUTORE dovrà procedere alla lavorazione del terreno fino alla profondità necessaria, preferibilmente eseguita con l'impiego di mezzi meccanici ed attrezzi specifici a seconda della lavorazione prevista dagli elaborati di progetto.

Le lavorazioni saranno eseguite nei periodi idonei, con il terreno "in tempera", evitando di danneggiarne la struttura e di formare "suole di lavorazione".

Nel corso di questa operazione l'ESECUTORE dovrà rimuovere gli eventuali ostacoli sotterranei che potrebbero impedire la corretta esecuzione dei lavori.

Nel caso si dovesse imbattere in ostacoli naturali di rilevanti dimensioni che presentino difficoltà ad essere rimossi, oppure manufatti sotterranei di qualsiasi natura di cui si ignori l'esistenza (es. cavi, fognature, tubature, reperti archeologici, ecc.), **l'ESECUTORE dovrà interrompere i lavori e chiedere istruzioni specifiche alla D.L.**

Ogni danno, conseguente alla mancata osservanza di quanto su indicato, dovrà essere riparato o risarcito a cura e spese dell'ESECUTORE.

Al fine di ridurre la compattazione del terreno, occorre ricorrere a mezzi movimento terra di medie dimensioni con ruote gommate e pneumatici a largo profilo e bassa pressione.

15.10.4.1 Lavori di rastrellatura

Il lavoro di rastrellatura si esegue con rastrello o con il rastrellone, a seconda delle dimensioni dei materiali che si devono rastrellare e la finitura del lavoro che si vuole ottenere. Quando si parla di rastrellatura si intende il lavoro che si fa con il rastrello normale, con il quale **si asportano dal terreno i materiali grossolani, le piante infestanti, le loro radici e ogni altro materiale inadatto alla vegetazione.** Con la rastrellatura si dà, inoltre, alla superficie del terreno, la voluta pendenza e baulatura, regolarizzandone la superficie in preparazione della semina. **A lavoro ultimato, la superficie del terreno dovrà risultare regolare senza buche, avvallamenti o groppe.**

15.10.4.2 Lavori di vangatura

Nel caso di superfici di limitata estensione si può ricorrere alla vangatura del terreno che dovrà essere eseguita avendo cura di eliminare sassi, erbe infestanti con le loro radici e materiali che possano impedire la corretta esecuzione dei lavori.

15.10.4.3 Lavori di aratura

Per aratura si intende il lavoro eseguito dall'aratro. Il mezzo trainante dovrà essere adatto al lavoro da compiere e non dovrà essere troppo pesante, al fine di evitare probabili danneggiamenti lungo viali ed i piazzali attraverso ai quali dovrà transitare.

Durante gli spostamenti, i cingoli e le ruote in ferro, dovranno essere ricoperti con battistrada di gomma. Saranno preferiti i trattori con due ruote munite di pneumatici. La profondità della lavorazione può variare, a seconda della necessità, da cm 50 a cm 100. **Le fette dovranno essere rovesciate con successione regolare senza lasciare intervallate, sia pure minime, strisce di terreno sodo.**

Le macchine non dovranno danneggiare le testate degli appezzamenti, le recinzioni, le specie arboree ed arbustive, gli impianti di irrigazione e quant'altro possa insistere sull'appezzamento in lavorazione. Laddove si dovesse sospendere l'impiego della macchina, la lavorazione dovrà essere completata a mano, con la vanga. Il verso da seguire nella lavorazione sarà stabilito dalla D.L.

15.10.4.4 Lavori di fresatura

Il lavoro si effettua, generalmente, con motocoltivatore munito della fresa, quale corpo lavorante.

In base alla potenza del motore varia la profondità della lavorazione che va da 5 cm per le piccole fresatrici, ai 20 cm per i trattori. Le buone regole agronomiche richiedono che il **terreno** sia **sminuzzato** e reso soffice in profondità per poi essere **coperto da zollette in superficie, onde assicurare una buona penetrazione dell'acqua nel terreno ed ostacolare la formazione della crosta.** Si ricorre sovente alla fresatura sia per preparare il terreno alle semine che per sostituire il lavoro di sarchiatura.

15.10.4.5 Lavori di erpicatura

Tale lavoro è successivo all'aratura e consiste nel **rompere le zolle, estirpare le erbacce e spianare il terreno.** Fra i vari tipi di erpici, il miglior lavoro è fornito da un erpice a denti piuttosto lunghi e ricurvi in avanti, allo scopo di raggiungere una maggiore profondità di lavorazione. Occorrerà ripetere l'erpicatura fino al completo sminuzzamento ed estrazione completa delle erbacce e alla raggiunta idoneità della superficie.

15.10.4.6 Lavori di sarchiatura

Il lavoro di sarchiatura ha lo scopo di estirpare le erbacce e di rompere la crosta del terreno per eliminare la capacità superficiale che disperde nell'aria la provvista idrica del terreno. Tale lavoro può essere eseguito con la zappa o con la sarchiatrice.

15.10.5 DRENAGGI LOCALIZZATI E IMPIANTI TECNICI

Successivamente ai movimenti di terra e alle lavorazioni del terreno, **l'ESECUTORE dovrà predisporre**, sulla scorta degli elaborati di progetto e delle indicazioni della D.L., **gli scavi, necessari alla installazione degli eventuali sistemi di drenaggio, e le trincee per alloggiare le tubazioni ed i cavi degli impianti tecnici** (es. irrigazione, illuminazione, ecc.) le cui linee debbano seguire percorsi sotterranei.

Le canalizzazioni degli impianti tecnici, al fine di consentire la regolare manutenzione della sistemazione, dovranno essere installate ad una profondità che garantisca uno spessore minimo di ricoprimento pari a 40 cm. di terreno e, per agevolare gli eventuali futuri interventi di riparazione, essere convenientemente protette e segnalate.

15.10.6 OPERAZIONI DI PREPARAZIONE AGRARIA DEL TERRENO

In occasione delle lavorazioni di preparazione del terreno, di cui ai precedenti paragrafi, e prima della messa a dimora delle specie arboree, arbustive e rampicanti, l'ESECUTORE, d'intesa con la D.L., dovrà incorporare nel terreno tutte le sostanze eventualmente necessarie ad ottenere la **correzione, l'ammendamento e la concimazione di fondo**, nonché **somministrare gli eventuali fitofarmaci e/o diserbanti**.

La composizione e la proporzioni della concimazione di fondo, da effettuarsi con la somministrazione di idonei concimi minerali e/o organici, saranno individuati in base alle analisi chimiche del terreno effettuate a cura e spese dell'ESECUTORE. Oltre alla concimazione di fondo, l'ESECUTORE dovrà effettuare anche le opportune concimazioni in copertura con concimi complessi.

I trattamenti con fitofarmaci dovranno essere tempestivi ed eseguiti da personale specializzato che dovrà attenersi, per il loro uso, alle istruzioni specificate dalla casa produttrice ed alle leggi vigenti in materia ed usare ogni possibile misura preventiva atta ad evitare danni alle persone e alle cose.

15.10.7 TRACCIAMENTI E PICCHETTATURE

Prima della messa a dimora delle specie rampicanti, arboree ed arbustive e dopo le operazioni di preparazione agraria del terreno, l'ESECUTORE, sulla scorta degli elaborati di progetto e delle indicazioni della D.L., predisporrà la **picchettatura delle aree di impianto**, rispettando le distanze di interasse tra le singole specie, **mediante tondini metallici** con diametro di 12 cm. ed altezza di 150 cm., segnando la posizione **nella quale dovranno essere eseguite le piantagioni singole** (specie rampicanti, arboree ed arbustive, altre specie segnalate in progetto etc.) e **tracciando sul terreno il perimetro delle piantagioni omogenee** (tappezzanti, macchie arbustive, boschetti, ecc.).

Prima di procedere alle operazioni successive, l'ESECUTORE dovrà ottenere il benestare della D.L.

A piantagione eseguita, l'ESECUTORE, nel caso siano state apportate varianti al progetto esecutivo, dovrà consegnare una copia degli elaborati relativi opportunamente aggiornati, ovvero con l'indicazione della posizione definitiva delle piante e dei gruppi omogenei messi a dimora.

15.10.8 PREPARAZIONE DELLE BUCHE


Le **buche o fosse** saranno predisposte prima dell'arrivo delle essenze vegetali con dimensioni più ampie possibili in rapporto a quelle delle piante, con larghezza e profondità pari almeno a due volte e mezzo il diametro della zolla e, comunque, non inferiori a 1,00 x 1,00 x 1,00 m per alberi ed arbusti (pronto effetto) e a 0,50 x 0,50 x 0,50 m per alberi ed arbusti di piccole dimensioni.

Durante la preparazione delle buche, l'ESECUTORE dovrà assicurarsi che non ci siano ristagni d'umidità nelle zone in cui le piante svilupperanno le radici; nel qual caso, dovrà prevedere idonee opere idrauliche (scoli, drenaggi). Qualora lo strato di terreno al fondo delle buche si presenti eccessivamente compatto, formando una suola impermeabile, si dovrà provvedere alla "rottura" della stessa ed intervenire con tutti gli accorgimenti necessari, affinché lo scolo delle acque superficiali avvenga in modo corretto.

Se necessario, le pareti ed il fondo delle buche o fosse verranno opportunamente spicconate affinché le radici possano penetrare in un ambiente sufficientemente morbido ed aerato.

Di regola, le buche e le fosse dovranno essere aperte manualmente o meccanicamente e non dovranno restare aperte per un periodo superiore ad otto giorni. Durante l'esecuzione degli scavi andrà posta la massima attenzione all'eventuale presenza di cavi e tubazioni sotterranee.

Per le buche ed i fossi che dovranno essere realizzati su un eventuale preesistente tappeto erboso, l'ESECUTORE è tenuto ad adottare tutti gli accorgimenti necessari per contenere al minimo i danni al prato

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 15 OPERE A VERDE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 15	Codifica: <u>RFI DTC SI AM SP IFS 002 A</u>	FOGLIO 26 di 35

circostante, recuperando lo strato superficiale di terreno per il riempimento delle buche stesse, in accordo con la D.L.

15.10.9 APPORTO DI TERRA DI COLTIVO

Prima di effettuare qualsiasi impianto o semina, l'ESECUTORE, in accordo con la D.L., dovrà verificare che il terreno in sito sia adatto alla piantagione; in caso contrario, dovrà **apportare terra di coltivo in quantità sufficiente a formare uno strato di spessore adeguato, concordato preventivamente con la D.L., per i prati ed a riempire totalmente le buche ed i fossi per gli alberi e gli arbusti**, curando che vengano frantumate tutte le zolle e gli ammassi di terra.

La terra di coltivo, rimossa ed accantonata nelle fasi iniziali degli scavi, sarà utilizzata, d'intesa con la D.L., insieme a quella apportata.

Le quote definitive del terreno dovranno essere quelle indicate negli elaborati di progetto e dovranno, comunque, essere approvate dalla D.L.

15.10.10 LIVELLAMENTO E SPIANAMENTO DEL TERRENO

Dopo aver eseguito le operazioni di pulizia delle terre, le lavorazioni preliminari e gli eventuali movimenti ed apporti di terra, l'ESECUTORE, a sua cura e spese, dovrà eseguire un lavoro di livellamento e spianamento del terreno, che consiste nell'**eliminazione degli avvallamenti e di ogni asperità, con asporto totale di tutti i materiali risultanti in eccedenza e di quelli di rifiuto, anche preesistenti**. L'ESECUTORE deve provvedere, altresì, a reperire i luoghi di scarico, comunicandoli alla D.L.

Il lavoro dovrà essere eseguito a mano o con mezzi meccanici, a seconda della situazione dei luoghi, e, in ogni caso, curando che vengano assolutamente protette le piante e il loro apparato radicale. Al termine del lavoro, la superficie dovrà risultare perfettamente livellata in relazione alle quote fissate in progetto o d'intesa con la D.L.

15.10.11 MESSA A DIMORA DI SPECIE RAMPICANTI, ARBOREE ED ARBUSTIVE

L'impianto vegetazionale dovrà essere realizzato nel periodo di riposo vegetativo, quando le condizioni stagionali lo permettano.

Prima della messa a dimora delle piante, la buca sarà riempita parzialmente da terreno vegetale e da un adeguato quantitativo di concime, che dovrà essere mescolato con il terreno, al fine di evitare un contatto diretto del concime con gli apparati radicali o le zolle.

La buca così parzialmente riempita dovrà avere ancora spazio sufficiente per la zolla o le radici della pianta, tenendo conto dell'assestamento della terra vegetale riportata. Le piante andranno poste a dimora prestando attenzione a non lasciare le radici allo scoperto o interrate oltre il livello del colletto.

Occorrerà, dunque, collocare il colletto superiormente al piano campagna, ad un'altezza che sarà dettata dalla consistenza del terreno e dalle dimensioni della zolla e della buca di escavazione.

L'imballo della zolla costituito da materiale degradabile (es. paglia, canapa, juta, ecc.) **dovrà essere tagliato al colletto e aperto sui fianchi** senza rimuoverlo da sotto la zolla, togliendo soltanto le legature metalliche ed il materiale di imballo in eccesso.

La zolla deve essere integra, sufficientemente umida, aderente alle radici; se si presenta troppo asciutta, dovrà essere immersa temporaneamente in acqua con tutto l'imballo. Analogamente si dovrà procedere per le piante fornite in contenitore.

Per le piante a radice nuda, parte dell'apparato radicale dovrà essere, ove occorra, spuntato alle estremità delle radici, privato di quelle rotte o danneggiate.

Le piante dovranno essere collocate ed orientate in modo da ottenere il miglior risultato estetico e tecnico in relazione agli scopi della sistemazione.

Prima del riempimento definitivo delle buche, gli alberi, gli arbusti e i cespugli di rilevanti dimensioni dovranno essere resi stabili per mezzo di pali di sostegno, ancoraggi e legature. L'ESECUTORE provvederà, poi, al **riempimento definitivo delle buche con terra di coltivo**, costipandola con cura in modo che non rimangano vuoti attorno alle radici o alla zolla (cuscini d'aria) e facendo attenzione a non rovinare la corteccia delle piante in nessuna fase della piantumazione.

Il riempimento delle buche potrà essere effettuato, a seconda delle necessità, con terra di coltivo semplice oppure miscelata con torba.

A riempimento ultimato, **attorno alle piante dovrà essere formata una conca o bacino per la ritenzione dell'acqua** da addurre subito dopo in quantità abbondante, onde favorire la ripresa della pianta e facilitare il costipamento e l'assettamento della terra vegetale attorno alle radici e alla zolla.

Alla base delle specie arboree e arbustive di piccole dimensioni, comprese le specie rampicanti, verrà successivamente collocato **un disco pacciamante, in fibra naturale biodegradabile 100%**, avente lo scopo di impedire o ridurre lo sviluppo delle specie erbacee infestanti a ridosso della piantina e di trattenere l'umidità del terreno.

Ove necessario, si dovrà prevedere una protezione del fusto delle giovani piante dai danni della fauna.

15.10.11.1 Messa a dimora di specie arboree e arbustive

Come già detto in precedenza la messa a dimora di specie arboree e arbustive dovrà essere eseguita in periodo di riposo vegetativo.

L'eventuale potatura di trapianto della chioma deve essere autorizzata dalla D.L. e dovrà seguire rigorosamente le disposizioni impartite, rispettando il portamento naturale e le caratteristiche specifiche delle singole specie.

15.10.11.2 Messa a dimora di specie tappezzanti, rampicanti, sarmentose e ricadenti

La messa a dimora di queste piante va effettuata in buche preparate al momento, più grandi di circa 15 cm del diametro dei contenitori. Se le piante sono fornite in contenitori di materiale deperibile (torba, pasta di cellulosa compressa, ecc.), possono essere messe a dimora con tutto il vaso; se di materiale non deperibile vanno rimossi.

In ogni caso, le buche dovranno essere poi colmate con terra di coltivo mista a concime ben pressata intorno alle piante.

L'ESECUTORE è tenuto, infine, a **completare la piantagione** delle specie rampicanti, sarmentose e ricadenti, **legandone i getti alle apposite strutture di sostegno** in modo da guidarne lo sviluppo per ottenere i migliori risultati in relazione agli scopi della sistemazione.

15.10.12 SEMINA DEI PRATI

La semina dei prati dovrà avvenire dopo la messa a dimora specie arboree o arbustive o tappezzanti, eventualmente previsti dal progetto. Dopo una lavorazione del terreno a carattere superficiale, consistente in una aratura a 10 - 20 cm o in una zappatura, si procederà alla somministrazione con erpicatura a mano di concimi fosfatici e potassici mentre quelli azotati saranno somministrati successivamente alla germinazione.

La composizione e le proporzioni dei concimi saranno indicati dall'ESECUTORE in base alle analisi chimiche del terreno, effettuate a sua cura e spesa, d'intesa con la D.L.. Dovranno, inoltre, essere eliminati dal terreno tutti i materiali estranei e i ciottoli eventualmente presenti. Nell'eventualità che lo spessore della terra vegetale e la sua natura non dessero garanzie di buono attecchimento e successivo sviluppo delle piantagioni, l'ESECUTORE è

tenuto ad effettuare la sostituzione del materiale stesso con altro più adatto. Il tipo di miscuglio da impiegare, che deve essere comunicato alle FERROVIE ed approvato prima dell'uso, va scelto in funzione del tipo di prato desiderato e delle caratteristiche ambientali del luogo (vegetazione, clima, suolo, fattori topografici). In particolare, per tappeti erbosi di carattere ornamentale (giardini, parchi, tappeti verdi temporanei) potrà usarsi in linea di massima un miscuglio di graminacee e leguminose appartenenti ai generi *Agrostis* sp., *Festuca* sp., *Lolium* sp., *Poa* sp., *Bromis* sp., *Trifolium* sp. etc.

Nei tappeti erbosi tecnici (scarpate, rilevati, argini, arce da ripristinare) che hanno il compito di frenare l'azione erosiva dell'acqua e di contribuire ad un gradevole inserimento dell'opera nel paesaggio, le specie da usare devono essere rustiche e formare un prato polifita stabile; il miscuglio, a base di graminacee e leguminose ed eventualmente di specie arbustive, va scelto in linea di massima tra le seguenti specie:

GRAMINACEE: *Poa* sp. pl., *Agropyron repens*., *Brachypodium pinnatum*, *Bromus inermis*, *Bromus erectus*, *Cynodon dactylon*, *Dactyloctenium aegyptium*, *Festuca rubra*, *Festuca arundinacea*, *Lolium italicum*, *Lolium perenne*, *Arrhenatherum elatius*, *Agrostis tenax*.

LEGUMINOSE: *Medicago* sp. pl., *Onobrychis viscaria*, *Hedysarum coronarium*, *Lotus corniculatus*, *Anthyllus vulneraria*, *Trifolium* sp. pl.

ARBUSTI: *Acer campestre*, *Cercis siliquastrum*, *Cistus salvifolius*, *Corylus avellana*, *Cornus sanguinea*, *Cornilla emerus*, *Crataegus monogyna*, *Cytisus scoparius*, *Eleagnus angustifolia*, *Hippophae rhamnoides*, *Laburnum anagyroides*, *Pistacia lentiscus*, *Pistacia terebinthus*, *Prunus spinosa*, *Rosa canina*, *Spartium juncea*, *Tamarix* sp.

La semina va effettuata a spaglio, in giornate senza vento, nel periodo scelto dall'ESECUTORE che è comunque tenuto alla risemina se la germinazione non è regolare ed uniforme. La ricopertura del seme va effettuata con rastrelli a mano e erpici a sacco; dopo la semina l'ESECUTORE provvederà inoltre alla rullatura ed alla bagnatura del terreno e invierà un tecnico per la visita di controllo a scadenza quindicinale fino alla prima tosatura. A lavori ultimati ed alla data di collaudo il manto di copertura dovrà risultare a densità uniforme e senza vuoti.

15.10.13 MESSA A DIMORA DELLE ZOLLE ERBOSE


Le zolle erbose dovranno essere messe a dimora stendendole sul terreno così da formare una superficie uniforme senza spazi intermedi.

Per favorire l'attecchimento, le zolle dovranno essere cosparse con uno strato di terriccio miscelato con torba, sabbia, humus e agripelite concimata (60% terra vegetale 10% per ciascun correttivo e/o concime), compattate per mezzo di battitura e di rullatura e, infine, abbondantemente irrigate. Nel caso che le zolle erbose debbano essere collocate sui terreni in pendio o su scarpate, dovranno essere anche fissate al suolo per mezzo di picchetti di legno, costipando i vuoti con terriccio. Qualora l'appezzamento venisse infestato dalle formiche, che porterebbero via il seme, si dovrà trattare il seminato con appositi preparati contro le formiche. Se tale trattamento non fosse stato eseguito in tempo e le formiche avessero asportato il seme, si dovrà provvedere a nuova semina.

Al collaudo si dovrà pretendere che le erbe del prato coprano regolarmente il terreno, senza che risultino punti di addensamento o di diradamento; in quest'ultimo caso, si pretenderà la risemina.

15.10.14 PROTEZIONE DELLE SPECIE MESSE A DIMORA

Nelle zone dove potrebbero verificarsi danni causati da animali domestici o selvatici oppure dal transito di persone e automezzi, l'ESECUTORE dovrà proteggere, singolarmente o in gruppo, le specie messe a dimora con opportune protezioni adeguatamente ancorate al terreno (es. shelter in materiale fotossidabile biodegradabile).

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 15 OPERE A VERDE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 15	Codifica: <u>RFI DTC SI AM SP IFS 002 A</u>	FOGLIO 29 di 35

o in legno) e/o sostanze repellenti previste in progetto o precedentemente concordati ed approvati dalla Direzione Lavori.

Se è previsto in progetto, alcune specie (tappezzanti, piccoli arbusti, ecc..) dovranno essere **protette dai danni della pioggia battente, dalla essiccazione e dallo sviluppo di erbe infestanti per mezzo di pacciami** (paglia, foglie secche, segatura, cippatura di ramaglia e di corteccia di conifera, ecc.) od altro analogo materiale precedentemente approvato dalla Direzione Lavori.

15.11 ULTIMAZIONE D'IMPIANTO E GARANZIA DI ATTECCHIMENTO

L'impianto si riterrà ultimato quando tutte le operazioni di cui sopra saranno state completate e ne sarà stata data evidenza alla D.L.

Le obbligazioni contrattuali dell'ESECUTORE non si esauriscono con la messa a dimora delle essenze prative, arbustive e arboree, ma richiedono un ulteriore periodo di interventi finalizzati ad un completo attecchimento delle varie specie vegetali.

La garanzia di attecchimento dovrà essere prestata per l'intero periodo di manutenzione che non potrà essere inferiore a 3 anni calcolata a partire dalla data di ultimazione dei lavori (ovvero con il completamento della messa a dimora dell'impianto).

L'ESECUTORE, infatti, ha l'obbligo di garantire un attecchimento delle Opere a Verde superiore od uguale all'80%, fatto salvo per il verificarsi di eventi straordinari non dipendenti da volontà o colpe specifiche. A tal fine, l'ESECUTORE attua un piano di controllo degli attecchimenti per ciascuna tipologia di opera a verde, della cui attuazione dà evidenza formale alla D.L.

Tale piano di controllo si articola in **tre momenti**:

1. **prima verifica di attecchimento: dopo un anno** dalla data di ultimazione dei lavori;
2. **seconda verifica di attecchimento: dopo due anni** dalla data di ultimazione dei lavori;
3. **terza verifica di attecchimento: dopo tre anni** dalla data di ultimazione dei lavori.

L'attecchimento si intende avvenuto quando le piante si presentano sane ed in buono stato vegetativo.

In ogni verifica la D. L., in contraddittorio con l'ESECUTORE, procederà all'analitica rilevazione di stato delle Opere a Verde e redazione del verbale di verifica attecchimento; soltanto in caso di esito positivo della verifica, ovvero rilevando un grado di attecchimento superiore od uguale all'80%, la D.L. potrà disporre all'ESECUTORE il pagamento di un'aliquota dell'importo previsto in funzione dello stato di avanzamento dell'opera, ovvero:

- il 30% al **completamento della messa a dimora dell'impianto**;
- il 30 % all'esito positivo della **prima verifica di attecchimento**;
- il 20% all'esito positivo della **seconda verifica di attecchimento** ;
- il 20 % all'esito positivo della **terza verifica di attecchimento**.

Si precisa che l'ESECUTORE dovrà comunque provvedere a sostituire ogni pianta fallata con n. 1 pianta di pari taglia, specie e varietà.

Nel caso in cui l'attecchimento risulti essere inferiore all'80%, la D.L. non disporrà il pagamento dell'aliquota spettante all'ESECUTORE e potrà imporre allo stesso di ampliare, senza alcun compenso aggiuntivo, il periodo di garanzia e la contestuale attività manutentoria per un ulteriore ciclo vegetativo.

Fino all'ultimazione delle verifiche di attecchimento, l'ESECUTORE dovrà proseguire l'azione manutentoria.

L'ESECUTORE cesserà da tale obbligazione soltanto dopo l'emissione degli atti di verifica finale di attecchimento, **che in ogni caso dovrà avvenire entro 5 anni dalla prima messa a dimora pena la non corresponsione del saldo.**

15.12 PIANO DI MANUTENZIONE POST-IMPIANTO E GARANZIE DI MANUTENZIONE

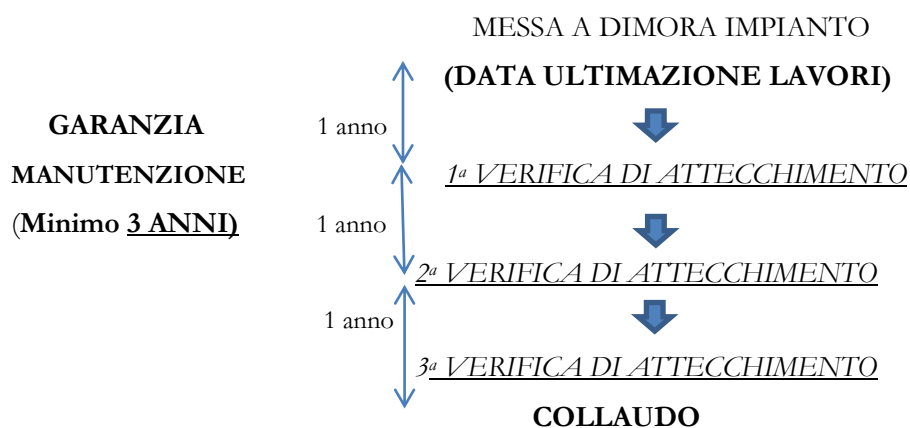
L'ESECUTORE ha l'obbligo di redigere un piano di manutenzione post-impianto per ciascuna opera a verde, dandone evidenza formale alla D.L.; in detto piano è integrato il piano di controllo degli attecchimenti.

Il piano di manutenzione prevede altresì tempi, modalità e condizioni per l'asportazione di pali tutori, protezioni dei fusti, legacci, teli di pacciamatura, picchetti e di quant'altro non sia più utile alla protezione e difesa degli impianti al termine dei tre anni di garanzia.

Il piano di manutenzione non interferisce con gli obblighi dell'ESECUTORE in ordine alle garanzie di attecchimento che dovranno comunque essere prestate.

L'ESECUTORE ha l'obbligo di effettuare le irrigazioni di soccorso che si rendessero necessarie; ha inoltre l'obbligo di dare evidenza formale alla D.L., con cadenza trimestrale, dell'attuazione dei piani colturali post-impianto (finalizzati all'attecchimento delle piante e alla buona riuscita degli interventi stessi) e degli interventi straordinari eseguiti, giustificandoli sulla base dell'andamento climatico del periodo e della risposta degli impianti.


In caso di esito sempre positivo delle verifiche di attecchimento, la manutenzione e le pratiche culturali di tutte le Opere a Verde saranno garantite per un minimo di tre anni, a partire dalla data di ultimazione dei lavori, ovvero dal completamento della messa a dimora dell'impianto. Esse dovranno garantire la piena efficienza degli impianti al momento del collaudo, che avverrà con l'esito positivo dell'ultima verifica di attecchimento.



15.12.1 MANUTENZIONE COMPONENTI VEGETALI

Nei primi anni dopo l'impianto, fino a quando la nuova copertura vegetale non ha iniziato a consolidare l'opera ed evolvere in modo spontaneo verso forme più complesse, l'ESECUTORE deve effettuare, per il periodo di garanzia concordato, una corretta manutenzione delle componenti vive delle Opere a Verde.

La manutenzione delle componenti vegetali deve essere eseguita seguendo i tempi biologici della vegetazione; pertanto, alcune lavorazioni dovranno essere eseguite nel periodo di riposo vegetativo (diradamenti, potatura e rimondatura, sostituzione delle fallanze, ecc.), altre durante il periodo di piena vegetazione (concimazioni,

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 15 OPERE A VERDE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 15	Codifica: <u>RFI DTC SI AM SP IFS 002 A</u>	FOGLIO 31 di 35

innaffiamento, falciature, ecc.). Alcune lavorazioni risultano essere invece indipendenti dalle stagioni e quindi possono essere eseguite all'occorrenza (verifica delle protezioni, ecc.).

La manutenzione delle componenti vegetali può assumere due obiettivi, opposti tra di loro: la manutenzione di "crescita" e la manutenzione di "contenimento".

La **manutenzione di "crescita"** è l'insieme delle lavorazioni e dei controlli necessari affinché gli impianti di nuova vegetazione (alberi, arbusti, specie erbacee, prati, ecc.) possano affermarsi e crescere in modo da costituire un ecosistema stabile nel tempo, capace di ridurre il rischio idrogeologico, ricostruire l'equilibrio ecologico e migliorare il valore paesaggistico dell'area dell'intervento. Riguardando opere che ricostruiscono porzioni di ecosistemi e l'attività di manutenzione ha come obiettivo la crescita della vegetazione (nuova o già esistente) attraverso quelle operazioni che sono alla base delle sistemazioni paesaggistiche (impianti, concimazioni, irrigazioni, ecc.).

All'interno del ciclo di vita utile di un'opera di ingegneria naturalistica la manutenzione di crescita interessa il periodo iniziale della durata variabile da alcuni mesi, per le opere di difesa spondale, a qualche anno per gli interventi di consolidamento dei pendii; una volta che la vegetazione si è consolidata, si deve iniziare un altro tipo di manutenzione ovvero quella di contenimento.

La **manutenzione di "contenimento"** è l'insieme delle lavorazioni e dei controlli necessari al mantenimento di una condizione di equilibrio "artificiale". Per esempio, in determinate opere di ingegneria naturalistica, dove le caratteristiche meccaniche dell'apparato radicale sono fondamentali per la stabilità del sistema "terreno-opera di ingegneria naturalistica-forze esterne", occorre che la parte fuori terra delle specie arboree e arbustive risponda a determinate caratteristiche tecniche; in altri casi l'attività di manutenzione deve guidare in modo artificiale l'evoluzione vegetale verso determinate associazioni predefinite dal progetto. Da un punto di vista temporale, la manutenzione di contenimento segue, all'interno del ciclo di vita dell'opera, la manutenzione di crescita.

Segue la descrizione delle principali operazioni da eseguire negli anni successivi all'impianto vegetale.

15.12.1.1 Sostituzione delle fallanze

Laddove si riscontrino fallanze per varie cause (mancanza di adeguata manutenzione, difetti di esecuzione), l'ESECUTORE è tenuto, a sua cura e spese, alla sostituzione o ripristino ove possibile.

Ogni anno, durante il periodo primaverile-estivo, le FERROVIE, in contraddittorio con l'ESECUTORE, provvederanno alla redazione di verbali di attecchimento con l'indicazione delle piante da sostituire e delle superfici a prato da restaurare.

Prima del riposo invernale, sulla base di detti verbali, l'ESECUTORE procederà con l'operazione di sostituzione delle fallanze.

Ogni pianta fallata verrà sostituita, d'accordo con la D.L., con un'altra identica per genere, specie, varietà e dimensioni.

Risemini

Le piante che per qualsiasi ragione non avessero attecchito saranno sostituite, a cura dell'ESECUTORE, con un'altra identica per genere, specie, cultivar e dimensioni, nella prima stagione favorevole per l'impianto dopo l'accertamento del mancato attecchimento.

Rinnovo parti difettose tappeti erbosi

L'ESECUTORE dovrà riseminare ogni superficie di tappeto erboso che presenti crescita irregolare o difettosa oppure dove l'erba non abbia attecchito, nella prima stagione favorevole per l'impianto dopo l'accertamento del mancato attecchimento.

15.12.1.2 Innaffiamento

L'ESECUTORE è tenuto ad innaffiare tutte le piante messe a dimora e i tappeti erbosi in tutto il periodo di garanzia. Le operazioni di innaffiamento dovranno essere ripetute e tempestive e variare in quantità e frequenza in relazione alla natura del terreno, alle caratteristiche specifiche delle piante, al clima e all'andamento stagionale. E' a carico dell'ESECUTORE il reperimento, il trasporto dell'acqua e quanto necessario per la sua somministrazione e distribuzione.

L'acqua sarà data alle colture opportunamente polverizzata, usando apposite lance munite di apparecchio frangigetto o con irrigatori, evitando che l'acqua scorra sul terreno disperdendosi e danneggiandolo. Si eviterà, inoltre, di calpestare il terreno bagnato.

Nel caso fosse stato predisposto un impianto di irrigazione automatico, l'ESECUTORE dovrà controllare che questo funzioni regolarmente e, in caso di guasti, provvedere con interventi manuali.

Dopo la semina dei prati, si avrà cura di procedere con opportuna cautela ad una leggera annaffiatura e dopo si procederà ad una più regolare innaffiatura allo scopo di favorire la germinazione dei semi. Ogni innaffiatura dovrà inumidire il terreno per almeno 10 centimetri di profondità.

L'innaffiamento degli arbusti, cespugli ed alberi sarà eseguito mediante l'apertura di idonee sconature intorno al colletto della pianta. Si avrà cura, durante l'apertura delle sconature, a non danneggiare il fusto né tantomeno le radici della pianta. Ad avvenuto assorbimento dell'acqua le sconature dovranno essere ricolmate con la terra precedentemente scavata.

15.12.1.3 Controlli e ripristini

Ripristino verticalità delle piante


L'ESECUTORE dovrà provvedere a controllare ed accertare le condizioni statiche sia degli alberi che dei rami, avendo cura di riservare maggiore attenzione a quelle alberature che insistono su luoghi aperti al pubblico transito ed a quelle i cui rami aggettano sui luoghi transitati. Particolare cura dovrà essere dedicata nel controllo di quelle alberature laddove vengano riscontrati tagli non cicatrizzati o attacchi di insetti. Qualora si dovessero ancorare delle alberature che diano segno di imperfetta stabilità, si dovrà procedere con cautela allo scopo di non danneggiare ulteriormente la pianta. Si dovrà, pertanto, ricorrere all'ancoraggio con tiranti costituiti da cavi di acciaio di adeguata sezione, avendo cura di collegarli ad altri elementi realizzati in modo tale da consentire la regolarizzazione della stabilità. E' buona regola interrompere i tiranti con appositi tenditori a due occhielli per poterli mantenere sempre in tiro.

Controllo parassiti e fitopatologie

L'ESECUTORE è tenuta a controllare la comparsa di possibili manifestazioni patologiche della vegetazione, provvedendo alla tempestiva eliminazione del fenomeno patogeno, onde evitare la diffusione e rimediare ai danni accertati. In caso di accertato attacco, occorre che esso provveda alla sostituzione delle componenti vegetali danneggiate.

Controllo delle protezioni

Nelle aree dove maggiore è la presenza di ungulati (cinghiali, caprioli, daini, cervi) e di lepri si rende necessario verificare il grado di efficienza delle protezioni (shelter, reti di protezione dei fusti) dei singoli esemplari arborei ed arbustivi. Nel caso dei prati occorre controllare lo stato delle recinzioni per evitare il pascolo di animali selvatici o domestici.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 15 OPERE A VERDE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 15	Codifica: <u>RFI DTC SI AM SP IFS 002 A</u>	FOGLIO 33 di 35

Sistemazione dei danni causati da erosione

L'ESECUTORE dovrà provvedere, nel più breve tempo possibile, alla sistemazione dei danni causati da erosione, assestamenti, rotture o difetti per negligenza di esecuzione.

15.12.1.4 Sfalcio, diserbi, sarchiature e trattamenti fitosanitari

Nel caso di piantagione di alberi, arbusti e piante tappezzanti, l'ESECUTORE dovrà provvedere allo sfalcio delle erbe spontanee infestanti in tutta l'area d'impianto ogni qualvolta l'erba raggiunga un'altezza media di 35 cm. Nel caso di tappeti erbosi ornamentali le falciature saranno eseguite quando le specie prative raggiungano un'altezza media di 10 cm. Il taglio dell'erba dovrà essere eseguito a perfetta regola d'arte, evitando danneggiamenti agli alberi, cespugli e piante da fiore disposte nei prati. Le erbe tagliate si dovranno radunare sul prato e trasportare allo scarico a cura e spese dell'ESECUTORE. Tale operazione dovrà essere eseguita con la massima tempestività, per evitare possibili incendi, evitando la dispersione sul terreno dei residui rimossi. La frequenza dei tagli sarà maggiore per i prati irrigui rispetto agli asciutti e varierà in finzione delle esigenze e secondo le essenze che compongono i prati.

Il terreno intorno alle piante sarà diserbato dalle infestanti per una superficie media di 2 mq per gli alberi e 1 mq per gli arbusti o le piante tappezzanti e l'erba tagliata andrà rimossa al massimo entro 5 giorni. Tale operazione sarà effettuata almeno 6 volte all'anno. Le operazioni di sfalcio saranno eseguite nel periodo marzo-ottobre, salvo diversa necessità legata alla specificità del periodo di germinazione delle specie infestanti.

Le superfici di impianto interessate da alberi, arbusti e cespugli perenni, biennali, annuali, etc. e le conche degli alberi devono essere oggetto di sarchiature periodiche.

Irroramento diserbante


Gli addetti al diserbamento chimico dovranno osservare scrupolosamente le prescrizioni previste dalla normativa vigente in materia di sicurezza sul lavoro; inoltre, essi dovranno:

- vestire un abito impermeabile completo di tela cerata, abito che alla fine della giornata dovrà essere lavato a mezzo di spugna o panno bagnato, per asportare ogni traccia di diserbante. Anche le scarpe verranno lavate con spazzola; dovranno lavarsi abbondantemente le mani e la faccia, spazzolare i capelli non fumare durante il lavoro e prima della pulizia personale;
- effettuare l'irrorazione camminando a ritroso allo scopo di imbrattarsi il meno possibile con la soluzione;
- stare lontano da sorgenti emananti forti calori, scorie incandescenti, ecc.;
- tenere l'ugello spruzzatore alto circa 20 cm dal terreno e fare il possibile per irrorare efficacemente il terreno e la base delle piante;
- non bagnare le rotaie, specie quelle dei binari di corsa;
- non bagnare cataste ed altro materiale incendiabile e portare la massima cura per non bagnare le bobine delle condutture elettriche;
- lavare le pompe accuratamente con acqua ogni sera a fine lavoro. I carrelli vasca dovranno essere lavati a fine lavoro od anche quando si prevede una interruzione del lavoro superiore a due giorni.

Il prodotto da irrorare dovrà essere preventivamente accettato dalle FERROVIE.

Trattamenti fitosanitari

L'esecuzione dei trattamenti fitosanitari sulle o lungo le linee ferroviarie deve essere effettuata nel rispetto del punto A.5.4 - *Misure per la riduzione e/o eliminazione dell'uso dei prodotti fitosanitari e dei rischi sulle o lungo le linee ferroviarie,*

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 15 OPERE A VERDE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 15	Codifica: <u>RFI DTC SI AM SP IFS 002 A</u>	FOGLIO 34 di 35

del Decreto del 22 gennaio 2014. Tale norma riguarda l'Adozione del Piano di azione Nazionale (PAN) per l'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari, ai sensi dell'articolo 6 del decreto legislativo del 14 agosto 2012, n. 150 recante: "l'Attuazione della direttiva 2009/128/CE che istituisce un quadro per l'azione comunitaria ai fini dell'utilizzo sostenibile dei pesticidi".

In tale punto si specifica che è necessario ridurre e/o eliminare, per quanto possibile, l'uso dei prodotti fitosanitari e i rischi connessi al loro utilizzo sulle o lungo le linee ferroviarie, ricorrendo a mezzi alternativi (meccanici, fisici e biologici), riducendo per quanto possibile le dosi di impiego dei prodotti fitosanitari ed utilizzando, per la loro distribuzione, le attrezzature e le modalità di impiego che consentano di ridurre al minimo le perdite nell'ambiente.


Per tale finalità si prevedono le seguenti misure:

- ✓ non possono essere utilizzati o proposti formulati contenenti sostanze cancerogene, mutagene o tossiche per la riproduzione di categoria 1A e 1B o classificati come altamente tossici per l'ambiente acquatico (riportanti in etichetta una delle indicazioni di pericolo H400, H410, H413 o R50, R53, R50/53);
- ✓ forti limitazioni sono altresì previste nell'utilizzo di prodotti classificati con le frasi di precauzione SPe1, SPe2, SPe3 e SPe4.
- ✓ è sempre vietato l'utilizzo dei prodotti fitosanitari sui piazzali, su tutte le aree interne e adiacenti alle stazioni ferroviarie, e sulle scarpate ferroviarie adiacenti alle aree abitate o comunque normalmente frequentate dalla popolazione, salvo deroghe stabilite dalle autorità competenti ai fini della tutela della salute pubblica;
- ✓ limitare l'uso dei prodotti fitosanitari caratterizzati da elevata tendenza alla percolazione ed elevati pericoli/rischi per l'ambiente;
- ✓ dare preferenza allo sfalcio per il contenimento della vegetazione sulle scarpate e all'utilizzo del taglio per il contenimento della vegetazione arborea;
- ✓ utilizzare, nella distribuzione dei prodotti fitosanitari, ugelli antideriva e basse pressioni e altri accorgimenti tecnici, quali l'irrorazione orientabile, la registrazione delle operazioni, il controllo dei volumi di irrorati;
- ✓ valutare le dosi di impiego necessarie in rapporto alle specie presenti, al loro stadio di sviluppo e alla loro sensibilità;
- ✓ utilizzare tecniche o metodi alternativi all'impiego di prodotti fitosanitari per evitare l'insorgere di resistenze, causato dall'uso ripetuto dello stesso principio attivo;
- ✓ programmare gli interventi che prevedono l'uso del mezzo chimico tenendo conto delle previsioni meteorologiche, evitando l'utilizzo di prodotti fitosanitari nei giorni in cui sono previste precipitazioni e nei giorni immediatamente precedenti.

Ulteriori limitazioni di impiego dei prodotti fitosanitari da utilizzare sulle o lungo le linee ferroviarie che interessano le aree protette, istituite ai sensi della legge n. 394 del 1991 e dei siti della Rete natura 2000, e/o adeguate misure di mitigazione del rischio possono essere indicate dalle regioni e le province autonome, in relazione alla loro specificità.

Al punto A5.5 sono contenute le *Misure per la riduzione e/o eliminazione dell'uso dei prodotti fitosanitari e dei rischi sulle o lungo le strade*, mentre al punto A.5.6 sono presenti le *Misure per la riduzione dell'uso o dei rischi derivanti dall'impiego dei prodotti fitosanitari nelle aree frequentate dalla popolazione o da gruppi vulnerabili*.

Il Piano d'azione nazionale adottato con il Decreto del 22 gennaio 2014 ha previsto al medesimo punto A.5.4 l'adozione dei criteri ambientali minimi (CAM) dal parte del Ministero dell'Ambiente, della Salute e delle politiche agricole, da inserire obbligatoriamente negli affidamenti e nei capitolati tecnici delle gare d'appalto per l'esecuzione dei trattamenti fitosanitari lungo le linee ferroviarie e le strade.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 15 OPERE A VERDE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 15	Codifica: <u>RFI DTC SI AM SP IFS 002 A</u>	FOGLIO 35 di 35

Tali criteri sono stati definiti con il successivo Decreto del 15 febbraio 2017 “*Adozione dei criteri ambientali minimi da inserire obbligatoriamente nei capitolati tecnici delle gare d’appalto per l’esecuzione dei trattamenti fitosanitari sulle o lungo le linee ferroviarie e sulle o lungo le strade*”.

Al paragrafo 3 dell’Allegato alla norma su indicata sono fornite “Indicazioni di carattere generale” e, in particolare, al paragrafo 3.2 sono riportate le “Prescrizioni generali per le stazioni appaltanti”.

Nel successivo paragrafo 4 sono riportati i “Criteri Ambientali Minimi” che afferiscono principalmente a:

- Selezione di candidati
- Specifiche tecniche
 - ✓ Criteri di scelta dei prodotti fitosanitari
 - ✓ Piano degli interventi
 - ✓ Macchinari
- Condizioni di esecuzione
 - ✓ Aree interdette all’uso dei prodotti fitosanitari
 - ✓ Modalità di distribuzione
 - ✓ Formazione del personale

15.12.1.5 Potatura e rimondatura

Le potature di formazione e di rimonda devono essere effettuate nel rispetto delle caratteristiche delle singole specie. Il materiale di risulta dovrà essere immediatamente rimosso e smaltito ai sensi della vigente normativa di settore.

Tutte le operazioni di potatura delle piante dovranno essere eseguite a regola d’arte ed in maniera rigorosamente conforme alla pianta campione che verrà preparata nel rispetto delle indicazioni impartite dalla D.L.

I tagli di potatura dovranno essere eseguiti da personale specializzato, sempre in prossimità di una ramificazione secondaria, terziaria, etc., o di una gemma rivolta verso l’esterno, senza danneggiarla.

L’abbattimento dei rami dovrà essere eseguito usando particolare cura evitando soprattutto che i rami abbattuti provochino danni a persone, a cose o alla vegetazione sottostante. In occasione del lavoro di potatura si provvederà anche alla rimondatura delle piante dagli eventuali rami secchi.

Allorquando si debba procedere alla potatura di piante arboree è buona regola eseguire anche una revisione allo scopo di controllare se vi siano piante o rami pericolanti da abbattere.

15.13 CONTROLLI SULL’ESECUZIONE DEI LAVORI

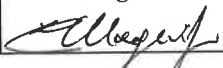
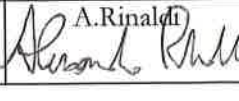

Per garantire la qualità della realizzazione delle Opere a Verde, le FERROVIE, come previsto dalla normativa in materia di lavori pubblici, dovrà effettuare i seguenti controlli:


1. durante la realizzazione degli impianti per verificare la qualità dei materiali impiegati (vegetali e non) e le modalità di realizzazione;
2. subito dopo la messa a dimora dell’impianto (in corrispondenza dell’ultimazione dei lavori) per verificare che l’intervento sia stato realizzato a regola d’arte come da progetto;
3. annualmente, nelle stagioni vegetative successive a quella d’impianto (in corrispondenza delle **verifiche di attecchimento**, *paragrafo 15.11*) per verificare l’efficacia delle manutenzioni eseguite;
controllo finale (collaudo), in corrispondenza dell’**ultima verifica di attecchimento**, per verificare l’affermazione delle piante e per avere garanzia che le cure colturali siano state effettuate.

**CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO
DELLE OPERE CIVILI**

**PARTE II - SEZIONE 16
OPERE VARIE**


- 16.1. SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE
- 16.2. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO
- 16.3. DEFINIZIONI
- 16.4. ABBREVIAZIONI
- 16.5. PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI
- 16.6. PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI
- 16.7. COLLAUDI

Rev.	Data	Descrizione	Redazione	Verifica Tecnica	Autorizzazione
A	30/12/2016	Emissione per applicazione	D.Magnifico	A.Rinaldi	F.Iacobini
B	22/12/2017	Emissione per applicazione	D.Magnifico 	A.Rinaldi 	F.Iacobini 


	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 16 OPERE VARIE	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 16	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 010 B</u>	FOGLIO 2 di 20

INDICE

16.1.	SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE	4
16.2.	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	4
16.2.1.	NORMATIVA NAZIONALE	4
16.2.2.	NORMATIVA EUROPEA.....	5
16.2.3.	DOCUMENTAZIONE TECNICA.....	5
16.3.	DEFINIZIONI.....	6
16.4.	ABBREVIAZIONI	6
16.5.	PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI.....	6
16.6.	PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI	7
16.6.1.	RETI DI DISTRIBUZIONE	7
16.6.1.1.	Scavi	7
16.6.1.1.1.	<i>Generalità.....</i>	<i>7</i>
16.6.1.1.2.	<i>Difesa dalle acque.....</i>	<i>8</i>
16.6.1.1.3.	<i>Utilizzazione dei materiali di risulta.....</i>	<i>8</i>
16.6.1.1.4.	<i>Rimozione di trovanti</i>	<i>8</i>
16.6.1.2.	Particolari tipi di scavo	9
16.6.1.2.1.	<i>Scavi per attraversamenti speciali.....</i>	<i>9</i>
16.6.1.2.2.	<i>Scavi per la manutenzione di tubazioni e opere accessorie</i>	<i>9</i>
16.6.1.3.	Movimentazione e stoccaggio dei materiali	9
16.6.2.	POSA IN OPERA DELLE RETI INTERRATE	10
16.6.2.1.	Posa in opera cavi interrati	10
16.6.2.2.	Posa in opera di tubazioni interrato	10
16.6.2.3.	Modifiche di reti esistenti.....	11
16.6.2.4.	Riempimenti.....	11
16.6.2.4.1.	<i>Generalità.....</i>	<i>11</i>
16.6.2.4.2.	<i>Materiali</i>	<i>11</i>
16.6.3.	MANUFATTI PER TOMBINI E SOTTOPASSI	13
16.6.4.	TUBAZIONI PER DRENAGGI	13
16.6.4.1.	Tubazioni eseguite con casseforme pneumatiche.....	13
16.6.4.2.	Tubazioni eseguite con elementi prefabbricati.....	13
16.6.4.2.1.	<i>Tubi prefabbricati in calcestruzzo non armato</i>	<i>13</i>
16.6.4.2.2.	<i>Tubi prefabbricati in calcestruzzo armato.....</i>	<i>13</i>

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 16 OPERE VARIE	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 16	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 010 B</u>	FOGLIO 3 di 20

16.6.5. RECINZIONI	14
16.6.5.1. Recinzione con paletti in c.a.p. e rete metallica.....	14
16.6.5.2. Recinzione formata con lastre prefabbricate in c.a. vibrato.....	14
16.6.5.3. Recinzione con muretto di base e sovrastante grigliato.....	14
16.6.5.4. Recinzione con muretto e sovrastante rete elettrosaldata zincata.....	15
16.6.5.5. Recinzione con paletti in profilato di ferro e rete zincata	15
16.6.6. BARRIERE ANTIVENTO.....	15
16.6.6.1. Materiali	15
16.6.6.1.1. Acciai da carpenteria	15
16.6.6.1.2. Tirafondi	16
16.6.6.1.3. Rivetti.....	16
16.6.6.1.4. Saldature.....	16
16.6.6.1.5. Rivestimenti protettivi.....	16
16.6.6.1.6. Prove sui materiali.....	16
16.6.6.2. Conglomerato cementizio.....	17
16.6.6.3. Acciaio per cemento armato	17
16.6.6.4. Acciaio da carpenteria metallica per micropali.....	17
16.6.6.5. Operazioni di montaggio	17
16.6.6.5.1. Messa in opera tirafondi.....	17
16.6.6.5.2. Messa in opera del montante	18
16.6.6.5.3. Messa in opera dei pannelli	19
16.7. COLLAUDI	20

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 16 OPERE VARIE	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 16	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 010 B</u>	FOGLIO 4 di 20

1.1. SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente sezione è parte integrante del Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle Opere Civili (RFI DTC SI SP IFS 001) e sostituisce la Sezione 16 della parte II del precedente Capitolato (cod. RFI DTC SI CS SP IFS 010 A - del 30/12/2016).

Oggetto della presente Sezione del Capitolato è l'insieme delle tipologie di lavoro non incluse e/o non contemplate in altre sezioni del presente Capitolato.

Esse consistono in:

- reti di distribuzione;
- manufatti per tombini e sottopassi;
- tubazioni per drenaggi;
- recinzioni;
- barriere antivento.


Si precisa che, nel rispetto dei principi generali di tutela ambientale, la gestione dei materiali di risulta e dei materiali da utilizzare per l'esecuzione delle lavorazioni oggetto del presente Capitolato potrà essere assoggettata ai disposti normativi per la gestione degli stessi in qualità di rifiuti o in esclusione dal regime dei rifiuti, per i quali si rimanda ai documenti specialistici di riferimento (progetto e documenti contrattuali) nonché a quanto disciplinato dalla normativa ambientale vigente (D.Lgs. 152/06 e s.m.i., D.P.R. 13 giugno 2017, n.120D.M. 161/2012, L. 98/2013, D.M. 05/02/98 e s.m.i., D.M. 27/09/2010, etc.).

1.2. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

I lavori saranno eseguiti in accordo alle norme di legge, istruzioni e normative tecniche applicabili, nonché a tutte quelle indicate nel presente documento e nelle sezioni di Capitolato richiamate nel testo. Si elencano di seguito la principale normativa e documentazione di riferimento.

1.2.1. NORMATIVA NAZIONALE

- Legge 05/11/71 n. 1086 “Norme per la disciplina delle opere in c.a. normale e precompresso e per le strutture metalliche”;
- Decreto Min. Infrastrutture e Trasporti 30/4/1992 n. 285 “Nuovo codice della strada”;
- D.P.R. 16/12/1992 n. 495 “Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo codice della strada”.
- D.P.R. 06/06/2001 n. 380 “Testo unico per l'edilizia”;
- D.lgs. 18 aprile 2016, n. 50 “Attuazione delle direttive 2014/23/UE, 2014/24/UE e 2014/25/UE sull'aggiudicazione dei contratti di concessione, sugli appalti pubblici e sulle procedure d'appalto degli enti erogatori nei settori dell'acqua, dell'energia, dei trasporti e dei servizi postali, nonché per il riordino della disciplina vigente in materia di contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture.” e s.m.i.
- D.Lgs. 3/4/2006 n. 152 “Norme in materia ambientale” e s.m.i.;
- Decreto Min. Infrastrutture e Trasporti 14/01/2008 – Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC08);
- D.Lgs. 9/4/ 2008 n. 81 “Attuazione dell'articolo 1 della legge 3/8/2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro”
- Cir. C.S.I.LL.PP 2/02/2009 n. 617– Istruzioni per l'applicazione delle “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni” di cui al D.M. 14/01/2008;
- D.P.R. 5/10/2010 n. 207 “Regolamento di esecuzione e attuazione del decreto legislativo 12/4/2006, n. 163, recante Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE”;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 16 OPERE VARIE	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 16	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 010 B</u>	FOGLIO 5 di 20


- D.P.R. 13 giugno 2017, n.120 “Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n. 164”;
- Decreto Min. Infrastrutture e Trasporti 4/4/2014 n. 137 “Norme Tecniche per gli attraversamenti ed i parallelismi di condotte e canali convoglianti liquidi e gas con ferrovie ed altre linee di trasporto”.

1.2.2. **NORMATIVA EUROPEA**

- UNI EN 1916 –2004 - Tubi e raccordi di calcestruzzo non armato, rinforzato con fibre di acciaio e con armature tradizionali;
- UNI EN ISO 1461 – 2009 - Rivestimenti di zincatura per immersione a caldo su prodotti finiti ferrosi e articoli di acciaio - Specificazioni e metodi di prova;
- UNI EN ISO 3210-2010 - Anodizzazione dell'alluminio e sue leghe - Valutazione della qualità del fissaggio degli strati di ossido anodico mediante misurazione di perdita di massa dopo immersione in soluzioni fosfo-cromiche acide;
- UNI EN ISO 8744-1999 - Spine ad intagli conici su tutta la lunghezza;
- UNI EN ISO 9227-2012 - Prove di corrosione in atmosfere artificiali - Prove di nebbia salina;
- UNI EN 10025 1/2-2005 - Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali. Condizioni tecniche generali di fornitura. Condizioni tecniche di fornitura di acciai non legati per impieghi strutturali;
- UNI EN 10048 –1998 - Nastri stretti di acciaio laminati a caldo - Tolleranze sulle dimensioni e sulla forma;
- UNI EN 10143-2006 - Lamiere sottili e nastri di acciaio con rivestimento applicato per immersione a caldo in continuo - Tolleranze sulla dimensione e sulla forma;
- UNI EN 10263 1/5-2003 - Vergella, barre e filo di acciaio per riscalatura a freddo ed estrusione a freddo;
- UNI EN 10346-2009 - Prodotti piani di acciaio rivestiti per immersione a caldo in continuo - Condizioni tecniche di fornitura;
- UNI EN 13055-1-2003 - Aggregati leggeri - Aggregati leggeri per calcestruzzo, malta e malta per iniezione.

1.2.3. **DOCUMENTAZIONE TECNICA**

- UNI 3740-1999- Elementi di collegamento filettati di acciaio;
- UNI 7548-1/2-1992 - Calcestruzzo leggero con argilla o scisti espansi. Definizione e classificazione. Determinazione della massa volumica;
- UNI 8859-1986 - Trattamenti preservanti del legno. Impregnazione a pressione in autoclave mediante composti in soluzione acquosa di rame, cromo e arsenico (CCA);
- UNI 9202 – 2011 - Rivetti tubolari filettati con testa svasata;
- UNI 11013-2002- Aggregati leggeri - Argilla e scisto espanso - Valutazione delle proprietà mediante prove su calcestruzzo convenzionale;
- UNI 14399–4–2005 - Bulloneria strutturale ad alta resistenza a serraggio controllato - Parte 4: Sistema HV-Assieme vite e dado esagonali;
- UNI 14399–6 – 2005 - Bulloneria strutturale ad alta resistenza a serraggio controllato - Parte 6: Rondelle piane smussate.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 16 OPERE VARIE	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 16	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 010 B</u>	FOGLIO 6 di 20

1.3. DEFINIZIONI

Contratto: l'accordo tra il Committente e Appaltatore per l'esecuzione dei lavori descritti nel Contratto d'appalto contenente l'indicazione del corrispettivo pattuito o tra il Committente e il Fornitore per l'esecuzione delle forniture;

Direzione lavori: ufficio preposto alla direzione ed al controllo tecnico, contabile e amministrativo dell'esecuzione dell'intervento nel rispetto degli impegni contrattuali;

Direttore Lavori: figura incaricata di esercitare, per conto del Committente, tutte le attività finalizzate alla direzione ed al controllo tecnico, contabile ed amministrativo dell'esecuzione dei contratti di appalto curando che i lavori siano eseguiti a regola d'arte, in conformità del progetto e del contratto e nel rispetto della normativa vigente.

ESECUTORE: Soggetto incaricato dell'esecuzione dei lavori (Appaltatore, General Contractor, Contraente Generale);

FERROVIE: Rete Ferroviaria Italiana S.p.A. o chi agisce in nome e per conto di Rete Ferroviaria Italiana S.p.A. (Direzione Lavori, Alta sorveglianza)

Prova: forma di verifica che si effettua in ragione del contratto, delle disposizioni normative, delle disposizioni delle FERROVIE.

1.4. ABBREVIAZIONI

ASTM: American Society for Testing and Materials

c.a.: conglomerato cementizio armato;

cls: conglomerato cementizio;

CNR: Consiglio Nazionale delle Ricerche

HV: Hardness Vickers (durezza Vickers);

NTC: Norme Tecniche per le Costruzioni

PEAD: Polietilene ad Alta Densità

PRFV: Plastica Rinforzata con Fibre di Vetro


PVC: Polivinile Cloruro

RFI: Rete Ferroviaria Italiana S.p.A.;

UNI: Ente Nazionale Italiano di Normazione

1.5. PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI

L'ESECUTORE dovrà fornire tutti i materiali di consumo necessari per l'esecuzione dei lavori e per la realizzazione delle opere.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 16 OPERE VARIE	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 16	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 010 B</u>	FOGLIO 7 di 20

Quindi, a titolo indicativo e non esaustivo, saranno a carico dell'ESECUTORE i carburanti e lubrificanti per le proprie macchine, grassi, solventi e quant'altro necessario. Dovrà quindi provvedere ai materiali per la realizzazione delle giunzioni dei tubi (come elettrodi, ossigeno e acetilene), ai materiali per la costruzione di opere murarie ed accessorie (come mattoni, cemento e inerti) e per l'ancoraggio delle tubazioni (come cemento e zanche), alle armature di sostegno e ai ponteggi (come tavole, reggette, chiodi e gattelle), ai materiali per rinterri e ripristini (come sabbia, ghiaia, pozzolana, pietrisco e bitume).

I materiali forniti dall'ESECUTORE dovranno essere conformi a quanto indicato dalle leggi vigenti, dal progetto e dalle specifiche tecniche applicabili.

1.6. PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI

1.6.1. RETI DI DISTRIBUZIONE

Il presente capitolo riguarda tutti quei lavori connessi con la costruzione di reti di distribuzione o di raccolta di qualsiasi tipo, connesse con la costruzione di fabbricati.

Riguarda altresì la deviazione e/o i rifacimenti di reti esistenti ed interferenti con la linea ferroviaria e/o con le reti in costruzione.

1.6.1.1. Scavi

La gestione delle terre e rocce da scavo dovrà avvenire secondo quanto prescritto dal D.Lgs. 152/06 Norme in materia ambientale e s.m.i., e secondo quanto prescritto nella Sezione 5 "Opere in terra e scavi" e nella sezione 20 "Gestione delle rocce e terre da scavo" del presente Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle Opere Civili.

1.6.1.1.1. Generalità


L'ESECUTORE accerterà, a sua cura e spese, la presenza di tutti quei servizi che possono interessare lo scavo e li segnalerà sul terreno.

L'ESECUTORE eseguirà poi il tracciato dello scavo sia come larghezza sia come andamento dell'asse, in modo che lo scavo risulti il meno possibile interessato dai servizi individuati.

L'ESECUTORE non dovrà, in alcun caso, manomettere, spostare o tagliare cavi o qualsiasi tubazione interrata o quant'altro interferente con lo scavo, prima di averne accertata la natura e la funzione e prima di aver avuto le necessarie autorizzazioni dal proprietario/esercente; in ogni caso il tutto dovrà essere sempre segnalato alla DIREZIONE LAVORI.

Il taglio dell'eventuale manto stradale e della fondazione o la demolizione della pavimentazione di qualsiasi tipo e spessore dovranno essere effettuati con adatti mezzi d'opera. Il taglio del manto di usura e della fondazione dovrà essere eseguito in modo da evitare danni, non strettamente necessari, alla pavimentazione e non dovrà avere, di norma, una larghezza superiore di 20 cm. rispetto a quella dello scavo. L'Esecutore provvederà direttamente a richiedere le autorizzazioni che si rendessero necessarie al proprietario/gestore di una opera su cui si dovrà intervenire, senza alcun tipo di onere aggiuntivo da corrispondere da parte delle Ferrovie.

Gli scavi per qualsiasi genere di lavoro, eseguiti a mano e/o con mezzi meccanici, in terreni e/o materiali di riporto di qualsiasi natura e consistenza, sia all'asciutto che in acqua, dovranno essere eseguiti così come impongono le leggi vigenti in materia di sicurezza su lavoro ai sensi del D.Lgs. 81/08 e la buona tecnica. Essi avranno dimensioni tali da consentire la posa delle tubazioni interrate secondo la normativa vigente.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 16 OPERE VARIE	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 16	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 010 B</u>	FOGLIO 8 di 20

Sarà cura e onere dell'ESECUTORE evitare franamenti delle pareti dello scavo, per tutto il tempo durante il quale gli scavi rimarranno aperti; a tale scopo Egli dovrà provvedere ad effettuare le necessarie ed idonee opere provvisorie a sostegno delle pareti dello scavo.

Resteranno a totale carico dell'ESECUTORE tutti gli oneri connessi con i lavori necessari alla rimozione di eventuali materiali franati nello scavo già eseguito e il riempimento della maggiore sezione di scavo con materiale e modalità idonei. L'ESECUTORE risponderà dei danni arrecati a persone o cose a seguito di frane e smottamenti.

1.6.1.1.2. Difesa dalle acque

L'ESECUTORE dovrà provvedere a sua cura e spese:

- alla realizzazione e manutenzione delle opere necessarie affinché le acque, anche piovane, che eventualmente scorrono sulla superficie del terreno, siano deviate in modo da non riversarsi negli scavi;
- alla rimozione di ogni impedimento che si opponga al regolare deflusso delle acque e di ogni causa di rigurgito, anche ricorrendo all'apertura di fossi di guardia, di canali fugatori, scoline, pozzi perdenti ecc.

Il tutto sarà eseguito senza provocare danni ad altri manufatti od opere e senza causare interruzioni nei lavori degli impianti in genere. In ogni caso, i materiali destinati alla costruzione delle reti non dovranno essere usati per la creazione di fossi o canali per il convogliamento di acque e per la copertura, anche provvisoria, di fossati.

1.6.1.1.3. Utilizzazione dei materiali di risulta

I materiali provenienti dagli scavi di ogni genere o dalle demolizioni potranno essere riutilizzati per i rinterri, ove ritenuti idonei, nel rispetto di quanto prescritto dalla normativa vigente in materia e dalla sezione 5 "Opere in terra e scavi" e dalla sezione 20 "Gestione delle terre e rocce da scavo" del presente Capitolato.


L'ESECUTORE dovrà eseguire i lavori di scavo e di rinterro in modo tale da non creare situazioni di pericolo e non recare danno ai fabbricati e alle opere limitrofe. Dovrà inoltre aver cura di non danneggiare la pavimentazione stradale con il movimento dei propri mezzi e/o le colture non direttamente interessate dall'esecuzione dei lavori.

L'ESECUTORE dovrà pertanto adottare, a sua cura e spese, tutti i provvedimenti atti ad evitare danni e a garantire l'incolumità di persone e cose restando di tali rischi l'unico responsabile.

1.6.1.1.4. Rimozione di trovanti

Nel caso di rinvenimento nello scavo di trovanti l'ESECUTORE dovrà, previa autorizzazione da parte del Direttore dei Lavori, provvedere alla loro frantumazione e rimozione, qualora gli stessi non siano asportabili con i normali mezzi di scavo, e provvedere al riutilizzo/smaltimento del materiale secondo le disposizioni di norma e della DL.

Per tale lavoro potrà usare mezzi preventivamente autorizzati dalla Direzione Lavori.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 16 OPERE VARIE	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 16	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 010 B</u>	FOGLIO 9 di 20

1.6.1.2. Particolari tipi di scavo

1.6.1.2.1. Scavi per attraversamenti speciali

Saranno eseguiti a mano o con mezzi meccanici a seconda della natura del terreno attraversato e delle difficoltà di esecuzione.

Nel caso di attraversamenti subalveo di fiumi, torrenti o canali, lo scavo dovrà essere effettuato con mezzi adeguati alla difficoltà di esecuzione connesse con l'ampiezza dell'attraversamento e la natura del terreno.

Il fondo scavo, alla profondità di progetto, dovrà avere un andamento orizzontale e sarà mantenuto in tali condizioni per tutta la durata del varo della tubazione. In gola, la larghezza in sommità della trincea e la pendenza delle pareti saranno adeguate alla consistenza e alle caratteristiche del terreno.

1.6.1.2.2. Scavi per la manutenzione di tubazioni e opere accessorie

Questi lavori saranno normalmente eseguiti per rendere possibile interventi su reti esistenti (riparazioni dispersioni, collegamenti, adeguamento di reti, ecc.).

L'ESECUTORE, oltre ad osservare tutte le modalità precedentemente descritte, dovrà usare particolari accorgimenti per non danneggiare la rete già posta in opera.


In particolare:

- nelle fasi iniziali di scavo, si dovrà operare con la massima cura e attenzione in modo tale da individuare esattamente la posizione e la profondità della rete e degli eventuali servizi adiacenti;
- potranno essere usati mezzi meccanici per lo scavo avendo sempre cura che gli stessi non vengano mai a contatto con la rete; la restante parte dello scavo dovrà essere eseguita a mano;
- dovranno essere messi in atto tutti gli accorgimenti atti ad evitare deformazioni dell'asse geometrico della rete, abbassamenti e/o galleggiamenti che possano provocare danni alla rete esistente o in costruzione.

1.6.1.3. Movimentazione e stoccaggio dei materiali

Tutti i materiali dovranno essere stoccati in maniera tale da evitare qualsiasi tipo di danno al materiale stesso e/o al loro rivestimento. In particolare si dovrà:

- stoccare al chiuso o in area coperta tutti quei materiali che possono danneggiarsi per esposizione alle intemperie (sole, polvere, gelo, etc.);
- non accatastare in pila i materiali, e in ogni caso interporre tra gli strati opportuni distanziatori;
- movimentare i materiali con mezzi opportuni e con l'uso di braghe a fascia di larghezza opportuna;
- è escluso in ogni caso lo scarico dei materiali mediante caduta dello stesso dal mezzo di trasporto. In casi particolari è tollerato l'uso di scivoli inclinati, purché il materiale da scaricare sia opportunamente trattenuto;
- nel caso il materiale venga predisposto a piè d'opera per ulteriori lavorazioni si dovranno adottare tutti gli accorgimenti atti ad evitare danneggiamenti al materiale o al suo rivestimento;
- nel caso di stoccaggio di materiali pericolosi (infiammabili, esplosivi, etc.) dovranno adottarsi tutte le misure imposte dalle normative vigenti quali, ma non limitatamente:
 - ventilazioni dei magazzini chiusi;
 - protezioni dai raggi del sole;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 16 OPERE VARIE	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 16	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 010 B</u>	FOGLIO 10 di 20

- recinzioni particolari;
- zone di rispetto.

1.6.2. POSA IN OPERA DELLE RETI INTERRATE

1.6.2.1. Posa in opera cavi interrati

La posa in opera dei cavi interrati riguarda il tiraggio dei cavi posti in trincea, dei cavi direttamente interrati, dei cavi posati in cunicoli di cemento, dei cavi tirati in tubo.

Tutti i cavi in matasse o bobine dovranno essere trasportati e posati in modo da evitare danneggiamenti. Non è consentito il rotolamento delle bobine, tranne per i piccoli spostamenti e per la sistemazione delle bobine sui cavalletti.

Ogni cavo sarà posato in trincee o canalette in cemento sopra uno strato di sabbia, in accordo ai disegni di progetto.

Lo svolgimento del cavo dovrà essere eseguito con le bobine sul carrello o su cavalletti che ne consentano la facile rotazione e tirando il cavo in modo che lasci la bobina dal basso.

Durante la posa il cavo deve appoggiare su rulli posati tra di loro a una distanza tale che il cavo non strisci sul terreno o sulla sabbia.

Il tiraggio dei cavi sarà eseguito a mano o mediante adatte macchine tiracavi rispettando il massimo sforzo di trazione ammesso dal costruttore dei cavi stessi. L'ESECUTORE deve accertarsi presso il fornitore in merito ai valori di cui sopra.

Il taglio a misura dei cavi dovrà essere fatto all'atto della posa in opera degli stessi, lasciando conveniente margine per l'esecuzione delle terminazioni.

Una volta eseguito il taglio della pezzatura della bobina, i terminali del cavo e quello rimasto sulla bobina dovranno essere sigillati in maniera corretta.

La posa dei cavi dovrà essere effettuata in accordo alle sezioni ed ai disegni di progetto.

La spaziatura tra i cavi dovrà essere realizzata in accordo al progetto.

Tutti i cavi dovranno essere identificati lungo il loro percorso mediante fascette in plastica o in piombo collocate ogni 30/40 m, recanti il contrassegno del cavo in accordo con l'Elenco Cavi del Progetto.


Nel caso in cui il cavo debba essere posato in apposito tubo, tutte le tubazioni portacavi dovranno essere accuratamente pulite e soffiate con aria prima dell'infilaggio. I cavi saranno infilati sui tubi portacavi già completi e fissati in tutte le loro parti.

Nel caso di posa su apposite canalette portacavi, ogni cavo dovrà essere posato su passerelle già complete e fissate in ogni loro parte. I cavi dovranno essere posati in maniera da assumere un andamento il più possibile rettilineo e dovranno essere fissati con fascette fermacavo in PVC o con morsetti metallici nel caso di passerelle verticali.

1.6.2.2. Posa in opera di tubazioni interrate

La posa in opera delle tubazioni interrate riguarda le operazioni connesse con la stesura dei tubi, sigillatura dei giunti e collaudo delle linee interrate così come indicato sui disegni di progetto.

Le tubazioni potranno essere in acciaio, PVC, PRFV, PEAD cemento e del tipo ovoide in cemento armato vibrato o comunque come mostrato sui disegni di progetto. Le linee dovranno essere poste in opera con le

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 16 OPERE VARIE	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 16	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 010 B</u>	FOGLIO 11 di 20

pendenze indicate, poggiate su idoneo sottofondo in modo da non danneggiare la tubazione e/o il suo rivestimento.

Tutti i materiali saranno forniti da qualificati rivenditori in grado di assicurare e fornire i quantitativi di materiali congrui con l'opera da eseguire e le relative certificazioni.

Le tubazioni prima del collaudo dovranno essere pulite mediante soffiaggio e nel caso di acqua potabile o sanitaria mediante lavaggio.

L'ESECUTORE dovrà predisporre tutta l'attrezzatura necessaria per le operazioni sopra descritte.

Per tutte le tipologie di materiali usati, ove non già definito in progetto, l'ESECUTORE dovrà comunicare alla DIREZIONE LAVORI le procedure di connessione (giunti saldati, giunti incollati, giunti a bicchiere, etc.) che intende utilizzare.

Per tubazioni convoglianti liquidi e gas attraversanti la ferrovia o poste in parallelo ad essa dovranno adottarsi tutti gli accorgimenti e prescrizioni dettati dal D. Min. Infrastrutture e Trasporti 04/04/2014 "Norme Tecniche per gli attraversamenti ed i parallelismi di condotte e canali convoglianti liquidi e gas con ferrovie ed altre linee di trasporto".

1.6.2.3. Modifiche di reti esistenti

Nel caso di interferenze con reti esistenti, interrate e non interrate, tali da richiedere una modifica di tracciato della rete esistente l'ESECUTORE provvederà direttamente a produrre le necessarie autorizzazioni, a prendere i necessari accordi con l'Ente proprietario delle reti, a concordare le modalità operative di intervento, informando comunque e costantemente la Direzione Lavori, senza alcun tipo di onere aggiuntivo da corrispondere all'ESECUTORE.

Resta inteso che la modifica di tracciato sarà eseguita rispettando tutte le norme, specifiche e procedure in vigore presso l'Ente proprietario.

1.6.2.4. Riempimenti

1.6.2.4.1. Generalità


Nel caso di scavi all'interno dei quali siano presenti tubazioni e/o cavi, il rinterro dovrà essere eseguito con modalità e materiali di riempimento idonei come per legge; in particolare l'ESECUTORE dovrà evitare che sassi, massi, materiali di risulta, spezzoni di altre tubazioni, siano gettati all'interno dello scavo. Il rinterro di scavi, all'interno dei quali siano presenti tubazioni in polietilene, deve essere effettuato in maniera tale da consentire che il tubo si assesti assumendo la temperatura del terreno. In particolare una delle estremità della tratta della condotta dovrà essere mantenuta libera di muoversi curando che il riempimento dello scavo abbia inizio dalla parte opposta.

Sono ammessi rinterri parziali nel caso sia necessario "bloccare" la tubazione; in ogni caso dovranno rimanere scoperte ed ispezionabili tutte le giunzioni, fino ad effettuazione con esito positivo dei collaudi previsti.

1.6.2.4.2. Materiali

Si definiscono due classi di materiale di riempimento:

- materiale di riempimento di tipo A, posato immediatamente sotto, sopra e di fianco alla rete secondo le modalità e gli spessori di progetto;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 16 OPERE VARIE	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 16	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 010 B</u>	FOGLIO 12 di 20

- materiale di riempimento di tipo B, posato al di sopra del materiale di tipo A fino alla quota del piano di campagna o alla quota di inizio della sottofondazione della pavimentazione e, comunque, non a contatto con la rete.

Il materiale di tipo A dovrà essere un materiale prevalentemente costituito da sabbia o pozzolana o comunque come previsto in sede di progetto e dovrà rispondere ai seguenti requisiti:

- almeno il 95% in peso del materiale dovrà avere dimensioni inferiori a 6 mm;
- almeno il 70% in peso del materiale dovrà avere dimensioni inferiori a 2 mm;
- non più del 5% in peso del materiale dovrà avere dimensioni inferiori a 0,063 mm (UNI 11531-1/2014);
- dovrà essere esente da detriti, materiale organico, pietre o qualsiasi altro materiale estraneo.

Il materiale di riempimento di tipo B dovrà essere preferibilmente costituito da sabbia, ghiaia e ciottoli o pozzolana, onde preconstituire un buon sottofondo per le pavimentazioni stradali.

Ove non esistessero problemi di pavimentazione e/o di servizi vicini potrà essere utilizzato, nel rispetto delle norme vigenti, materiale di risulta, il quale dovrà comunque essere esente da detriti, materiale organico e pietre di grosse dimensioni (> di 20 cm).

La posa in opera del materiale di rinterro di tipo A dovrà avvenire secondo le modalità indicate di seguito:

- strato di fondazione sotto la rete: deposto sul fondo dello scavo a strati di spessore non superiore di 15 cm, compattato a mano con cura ordinaria mediante l'utilizzo di pala. Il materiale dovrà essere posto in opera per tutta la larghezza della trincea. Lo spessore minimo finale dello strato al di sotto della rete dovrà essere come da progetto e comunque non inferiore a 7 cm;
- strato o strati di rinfianco: la compattazione dello stesso sarà prescritta in fase di progetto;
- strato di copertura: dovrà essere posto in opera senza compattazione realizzando lo spessore di progetto e comunque uno spessore non inferiore a cm 15.


La posa in opera del materiale di tipo B dovrà sempre avvenire in modo tale da evitare che venga meno lo spessore di ricoprimento minimo di progetto per il materiale di tipo A. Una compattazione a strati di spessore non superiori a 30 cm con piastra vibrante o similare dovrà essere eseguita laddove è previsto l'uso di materiale granulare grossolano sotto a pavimentazioni stradali. Una compattazione ordinaria è da prevedersi in casi diversi.

L'ESECUTORE dovrà sempre accertare che il rinterro sia eseguito in modo tale che non vi siano cavità superficiali o interne al materiale di rinterro che possono costituire pericolo alle persone e/o animali e mezzi.

Considerata l'attenzione che deve essere posta nel posizionamento dei tubi, l'ESECUTORE dovrà curare particolarmente l'alloggiamento dei giunti in modo tale da garantire che la reazione del terreno sia distribuita lungo tutto il tubo e non sia concentrata in corrispondenza degli elementi di giunzione. Nel caso di giunti a bicchiere dovranno essere previste, in corrispondenza di ciascun giunto, opportune sedi preparate nello strato sabbioso di base. Qualora risultasse necessario procedere in modo diverso da quanto sopra specificato l'ESECUTORE dovrà comunque evitare il ricorso a blocchi o mattoni o mucchi di sabbia, mentre è consentito l'impiego di sacchetti di sabbia.

L'ESECUTORE dovrà curare la manutenzione continua dei rinterri in modo da mantenere il piano viabile perfettamente piano, senza avvallamenti o convessità, tale da garantire la viabilità e la sicurezza della sede stradale fino al ripristino della pavimentazione, fatte salve diverse prescrizioni degli Enti locali interessati.

Alla profondità prevista in progetto, e ove richiesto dal progetto o dalla DIREZIONE LAVORI, dovranno essere posti in opera un opportuno segnale di presenza e identificazione della rete, realizzato con rete, nastro, mattoni in cotto o cls, secondo la tipologia prevista dal progetto.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 16 OPERE VARIE	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 16	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 010 B</u>	FOGLIO 13 di 20

1.6.3. MANUFATTI PER TOMBINI E SOTTOPASSI

Per i manufatti per tombini e sottopassi realizzati in opera valgono le prescrizioni contenute nella Sezione 6 “Opere in conglomerato cementizio armato” del Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili di RFI.

Il rinterro dell'opera dovrà realizzato tenendo conto delle disposizioni legislative vigenti e delle prescrizioni riportate nella Sezione 5 “Opere in terra e scavi” e della sezione 20 “Gestione delle terre e rocce da scavo” del presente Capitolato e in particolare, ove applicabile, di quanto previsto nella parte rilevato in prossimità delle opere d'arte.

Per quanto riguarda la spinta di manufatti sotto la sede ferroviaria, si dovrà fare riferimento a quanto prescritto nella Sezione 12 “Ponti, viadotti e sottovia” del presente Capitolato.

1.6.4. TUBAZIONI PER DRENAGGI

Le tubazioni in cemento saranno eseguite impiegando casseforme pneumatiche oppure tubi prefabbricati, in conformità ai tipi normali e agli spessori indicati nei disegni tipo di progetto.

1.6.4.1. Tubazioni eseguite con casseforme pneumatiche

Il calcestruzzo impiegato per la costruzione della platea, i rinfianchi e la volta sarà del tipo IV secondo le NTC 2008.

1.6.4.2. Tubazioni eseguite con elementi prefabbricati

A seconda delle condizioni d'uso, potranno essere utilizzati tubi in calcestruzzo vibrocompresso non armato o armato, con le caratteristiche e le specifiche riportate nei paragrafi seguenti.

1.6.4.2.1. Tubi prefabbricati in calcestruzzo non armato

Saranno previsti tubi con classe di resistenza a rottura ≥ 60 kN/m

I tubi prefabbricati saranno realizzati a sezione circolare in calcestruzzo vibrocompresso non armato, conformi alla normativa europea UNI EN 1916, confezionati con inerti di cava e di fiume vagliati e lavati per ottenere un calcestruzzo di classe > 40 N/mm².


I tubi dovranno essere di lunghezza non inferiore a m 2, con giunto a bicchiere esterno con anello di tenuta in gomma, conforme alle norme UNI EN 681, incorporato nel getto e saldamente ancorato al tubo.

I tubi dovranno essere autoportanti e saranno posti in opera in scavo a trincea stretta per profondità di interrimento variabili da 1 a 3 m, calcolati dall'estradosso superiore del tubo.

I tubi saranno prefabbricati in stabilimento specializzato con impianti automatici; controllati, collaudati e certificati secondo la normativa vigente, con impressa la marcatura secondo quanto indicato nel punto 8 della norma UNI EN 1916.

1.6.4.2.2. Tubi prefabbricati in calcestruzzo armato

Saranno previsti tubi con classe di resistenza a rottura ≥ 90 kN/mt e con classe di resistenza a rottura ≥ 1350 kN/m

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 16 OPERE VARIE	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 16	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 010 B</u>	FOGLIO 14 di 20

I tubi prefabbricati saranno realizzati a sezione circolare di calcestruzzo vibrocompresso armato con gabbia rigida in acciaio BE 450 C, con classi minime di resistenza indicate nella normativa europea UNI EN 1916, confezionati con inerti di cava e di fiume vagliati e lavati per ottenere un calcestruzzo di classe > 45 N/mm².

I tubi dovranno essere di lunghezza non inferiore a 2 m, con giunto a bicchiere e anello di tenuta in gomma, conforme alle norme UNI EN 681, incorporato nel getto e saldamente ancorato al tubo.

I tubi dovranno essere autoportanti e saranno posti in opera in scavo a trincea stretta per profondità di interrimento variabili da 1 a 4 m, calcolati dall'estradosso superiore del tubo.

I tubi saranno prefabbricati in stabilimento specializzato con impianti automatici; controllati, collaudati e certificati secondo la normativa vigente, con impressa la marcatura secondo quanto indicato nel punto 8 della norma UNI EN 1916.

1.6.5. RECINZIONI

1.6.5.1. Recinzione con paletti in c.a.p. e rete metallica

La recinzione sarà costituita con fili di acciaio zincato del diametro di 3 mm a maglia di 6x6cm e altezza di 130 cm, montati su sostegni di conglomerato cementizio armato prefabbricato e precompresso di dimensioni di cm 8x8 e posti ad interasse di cm 250, con fili di irrigidimento e tiranti, ancorati al terreno mediante blocco di base in conglomerato cementizio con classe di resistenza C16/20 e delle dimensioni di cm 25x25x50. I sostegni in cemento armato precompresso dovranno essere in grado di sopportare una forza orizzontale in sommità di 100 daN.

I cancelli pedonali dovranno essere muniti di serratura.

Sulla recinzione dovranno essere predisposti cartelli monitori di cm 25x15 ogni 100 m in materiale plastico pesante di colore nero con stampate in rilievo la dicitura di colore bianco: "Proprietà RFI Vietato l'accesso". Quanto detto per i cartelli monitori vale anche per le tipologie di recinzione descritte ai successivi punti.

1.6.5.2. Recinzione formata con lastre prefabbricate in c.a. vibrato

La recinzione sarà formata con lastre prefabbricate in c.a. vibrato dello spessore di 6 cm, con una faccia liscia e una nervata, posta in opera a incastro in pilastri prefabbricati in c.a. vibrato con sezione a doppio T.

I pilastri devono essere posti ad interasse di 3,10 m e fissati al terreno per un'altezza non inferiore a 0,50 m mediante blocco di base o cordolo di fondazione in conglomerato cementizio.

Tutte le connessioni devono essere sigillate con malta cementizia.

1.6.5.3. Recinzione con muretto di base e sovrastante grigliato


Il muretto sul quale andrà montata la recinzione sarà in cemento armato, a faccia a vista.

La parte fuori terra di detto muro non sarà inferiore a 70 cm e non sarà superiore a 100 cm e avrà una larghezza di 30 cm.

Nel muro di cui sopra andranno incastrate le piantane in ferro piatto a sostegno degli elementi modulari della griglia.

L'altezza del grigliato sarà di 1,70 m circa; l'interasse delle piantane sarà, di norma, pari a 2m.

Il peso del grigliato sarà di 15 Kg/m² ± 20% e comunque in conformità ai documenti di progetto.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 16 OPERE VARIE	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 16	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 010 B</u>	FOGLIO 15 di 20

Sia le piantane che il grigliato saranno protetti con un trattamento protettivo di zincatura a caldo conforme alle norme UNI EN ISO 1461 - 2009. La bulloneria per il fissaggio dei pannelli alla piantana dovrà essere in acciaio inox, antifurto con dado a strappo.

1.6.5.4. Recinzione con muretto e sovrastante rete elettrosaldata zincata

Il muretto avrà caratteristiche uguali a quelle descritte per la recinzione del tipo precedente.

Le piantane per questo tipo di recinzione, la cui altezza misurata dalla sommità del muretto sarà di 1,80 m, saranno poste a un interasse di metri 1,50.

La rete elettrosaldata da infiggere sarà zincata a caldo e avrà diametro spaziatura dei ferri tale da raggiungere il peso di 3,5 Kg/m² ± 15%.

1.6.5.5. Recinzione con paletti in profilato di ferro e rete zincata

Sarà costituita da:

- paletti intermedi in profilato di acciaio (A34UNI EN 10048) zincato, con sezione a T 40 x 40 mm, di spessore 5 mm, con altezza 170 cm e interasse pari a 2,5 m. Saranno fissati nel terreno per una profondità di m 0,50 mediante blocco di cemento magro a rapida presa aventi dimensioni minime 25 x 25 x 50 cm;
- rete a maglia quadra 60 x 60 elettrosaldata, in filo zincato crudo 3 mm, per un'altezza totale, comprese le sporgenze, di m 1,85, del peso di circa Kg 7/m² completo di n 3 fili di tensione in acciaio zincato.

La recinzione sarà completata dai fili per legature, dai bulloni in acciaio zincato, compreso gli scavi e il calcestruzzo per le fondazioni.

1.6.6. BARRIERE ANTIVENTO

Le barriere antivento, da posizionare e costruire in accordo con lo standard "Barriere antivento per impieghi ferroviari" di cui alla Sezione 3 della Parte II del Manuale di Progettazione delle Opere Civili, sono costituite da una struttura di sostegno (montante) e pannelli in distribuzione spaziale.

Tale barriera potrà essere utilizzata su linee ferroviarie con velocità $V \leq 300$ km/h., con velocità del vento prevista < di 45m/s (162 km/h), e con caratteristiche geotecniche del terreno non inferiori di quelle adottate in progetto.


1.6.6.1. Materiali

I materiali costituenti la barriera dovranno corrispondere alle caratteristiche seguenti.

1.6.6.1.1. Acciai da carpenteria

- Acciaio per montanti metallici, piastre e irrigidenti saldati tipo S355J2 UNI EN 10025
- Acciaio per montanti metallici, piastre e irrigidenti non saldati tipo S355J0 UNI EN 10025
- Acciaio per le lamiere dei pannelli tipo S355J0 UNI EN 10025

Le lamiere costituenti i pannelli, compresi i profili a C, devono essere piegate a caldo

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 16 OPERE VARIE	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 16	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 010 B</u>	FOGLIO 16 di 20

1.6.6.1.2. Tirafondi

Barre interamente filettate con filettatura metrica ISO a passo grosso, di caratteristiche meccaniche equivalenti alla classe 8.8 secondo UNI EN ISO 898 parte I

- dadi con caratteristiche meccaniche equivalenti alla classe 8, conformi per le caratteristiche dimensionali alla UNI 14399-4;
- rosette in acciaio temperato e rinvenuto HV 300÷370 conformi per le caratteristiche dimensionali alla UNI 14399-6;
- coppie di serraggio tali da garantire un tiro pari al 60% dei valori della NTC 2008.

Barra filettata, dado e rosetta dovranno essere forniti da un unico produttore

I tirafondi dovranno essere montati con una rosetta sotto il dado e con dado e controdado

1.6.6.1.3. Rivetti

Rivetti a strappo a testa tonda UNI 9202 – 2011 in acciaio inox AISI 304

1.6.6.1.4. Saldature

Le saldature dovranno essere eseguite e controllate nel rispetto della nel rispetto della indicazioni contenute nella sezione 6 della parte II del Capitolato Generale Tecnico di appalto delle Opere Civili, con le seguenti precisazioni:

- tra i procedimenti di saldatura applicabili di cui al punto II.3.3 si può utilizzare anche il filo continuo pieno, purché le saldature siano prive di difetti, quali incollature, ben raccordate al piede e comunque previo consenso dell'Ente preposto al controllo delle saldature
- relativamente ai controlli, fermo restando che il costruttore dovrà eseguire e certificare i controlli visivi, dimensionali e magnetoscopici nelle percentuali previste al punto II.9.1 e II.9.2, in sede di collaudo, trattandosi di produzione di serie, l'Ente preposto ai controlli potrà definire nelle specifiche tecniche da approvare per ciascun fornitore, delle percentuali variabili in funzione degli esiti degli accertamenti su lotti simili, fatto salvo che la certificazione (nel rispetto della indicazioni contenute nella sezione 6 della parte II del Capitolato Generale Tecnico di appalto delle Opere Civili) dovrà essere relativa a tutti i lotti di produzione da spedire in cantiere.

Le saldature si intendono continue e a cordone d'angolo (salvo diversa indicazione).

1.6.6.1.5. Rivestimenti protettivi


Tutte le parti metalliche dovranno essere sottoposte a zincatura a caldo in accordo a quanto riportato nella norma UNI EN ISO 1461.

Tirafondi zincati a caldo in accordo a quanto riportato nella norma UNI EN ISO 10684.

Ulteriore trattamento protettivo della superficie con cicli omologati come da indicazioni contenute nella sezione 6 della parte II del Capitolato Generale Tecnico di appalto delle Opere Civili.

1.6.6.1.6. Prove sui materiali

Tutti i materiali impiegati relativi ai montanti, alle piastre e ai pannelli dovranno essere approvvigionati in accordo al D.M. 14/01/2008 e dovranno avere la marcatura CE. Sugli stessi dovranno essere eseguite 3 prove

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 16 OPERE VARIE	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 16	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 010 B</u>	FOGLIO 17 di 20

ogni 30 ton (o frazione) per materiali omogenei, avendo cura comunque di provare almeno un campione per ogni singola colata approvvigionata.

Per quanto riguarda tirafondi, bulloni ed elementi diversi, gli stessi potranno essere forniti di un certificato di controllo secondo quanto previsto dalla norma UNI EN 10204 punto 3.1. Su questi ultimi FERROVIE si riserva di eseguire prove integrative (trazione, resilienza, durezza, ecc.).

Controllo dei materiali lavorati

Prima della spedizione in opera, gli elementi costruiti dovranno essere sottoposti da parte di personale FS, oltre ai controlli previsti sulle saldature, ai controlli dimensionali e visivi, nonché a quelli sul rivestimento in ragione del 30% degli elementi prodotti per ciascun lotto di produzione; tali controlli potranno essere estesi in funzione dell'esito dei controlli, fino al 100% degli elementi stessi.

Le tolleranze di tutti i materiali lavorati dovranno essere in linea con quelle previste nelle normative di riferimento dei singoli elementi costituenti.

Controllo in opera

Dopo il montaggio in opera saranno effettuate a campione da parte delle FS verifiche di posizionamento dei montanti e delle coppie di serraggio; tali controlli potranno essere estesi in funzione dell'esito degli stessi, fino al 100% degli elementi stessi. Infine saranno effettuati controlli sulla finitura del rivestimento.

Deve essere curata la verticalità dei montanti; è ammesso uno scostamento massimo di 5 mm, misurato in sommità, sia nel senso trasversale che longitudinale della barriera.

1.6.6.2. Conglomerato cementizio

Le caratteristiche dei conglomerati cementizi, da utilizzare per la realizzazione delle fondazioni delle barriere antivento, sono contenute nella Sezione 6 – Opere in conglomerato cementizio - del presente Capitolato.

1.6.6.3. Acciaio per cemento armato

Per il cemento armato saranno previsti i seguenti acciai:

- Acciaio tipo B450C ad aderenza migliorata saldabile qualificato per cemento armato (barre e reti elettrosaldate);
- Per tutti gli acciai per conglomerato cementizio armato valgono le seguenti prescrizioni:

f/y = tensione nominale di snervamento = 450 N/mm²

f/t = tensione nominale di rottura = 540 N/mm²

1.6.6.4. Acciaio da carpenteria metallica per micropali

ACCIAIO S275JR UNI EN 10025/05 ($f/y_k=275$ N/mm², $f/t_k=430$ N/mm²)

1.6.6.5. Operazioni di montaggio

1.6.6.5.1. Messa in opera tirafondi

La tolleranza massima prevista per le seguenti grandezze:

- distanza relativa fra i baricentri delle coppie di tirafondi

- distanza fra il baricentro delle coppie di tirafondi e bordo del manufatto: ± 5 mm.

Per la corretta messa in opera dei tirafondi si può utilizzare una “doppia dima” (asta di stanziatrice).

1.6.6.5.2. *Messa in opera del montante*

Il montante è costituito da un HEA180 di lunghezza circa 3.00m alla cui estremità è saldata una piastra di base opportunamente irrigidita per consentirne l'ancoraggio alle sottostrutture tramite tirafondi. Si tratta di manufatti relativamente leggeri e pertanto facilmente movimentabili. Gli aspetti di maggiore rilievo nella messa in opera del montante sono quelli legati al conseguimento della verticalità.

Posizionamento montanti:

- A partire dal punto iniziale del tracciamento, tendere un filo ogni 10 m, utilizzando per questa operazione due chiodi infissi nel plinto in c.a. come estremi di ancoraggio del filo. L'altezza di cui deve essere sollevato il filo lungo il chiodo rispetto all'estradosso del plinto è pari a 20 mm, in modo che tale altezza dal plinto rimanga costante (ved. Fig. 16.6.1).
- Tagliare un elemento di legno a forma di parallelepipedo avente base 40x40 mm e altezza pari alla distanza tra il filo e l'estradosso plinto.
- Posizionare l'elemento in legno al centro della piastra. Posizionare la colonna collocandola piastra di base stessa sui tirafondi già inghisati, in modo che la piastra/colonna poggi sull'elemento in legno e la verticalità della colonna stessa (bolla verticale) sia regolata agendo sui dadi di serraggio.

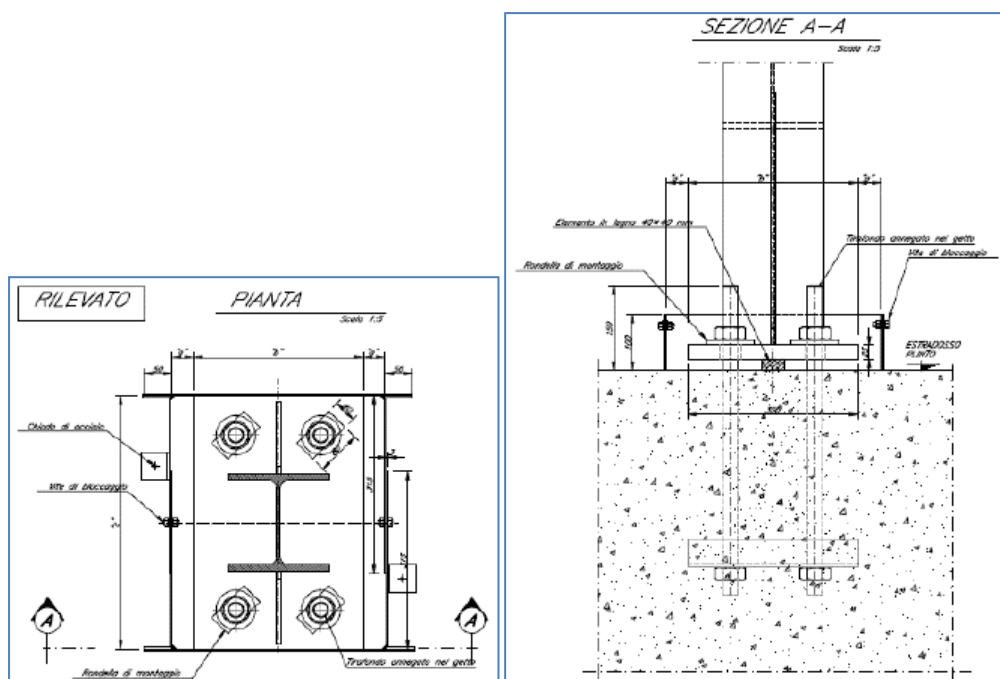



Fig. 16.6.1 Posizionamento montanti e realizzazione baggio di allettamento.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 16 OPERE VARIE	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 16	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 010 B</u>	FOGLIO 19 di 20

Realizzazione del baggio di allettamento

- Dopo aver posizionato definitivamente le colonne, posizionare il cassero in modo tale da lasciare una distanza di circa 40 mm lateralmente dalla piastra di inghisaggio per ogni lato.
- Realizzare il baggio per colaggio di malta fluida.
- Dopo aver atteso il tempo sufficiente di maturazione della malta, scassere, togliere la rondella utilizzata per il montaggio ed inserire in serie la rondella dielettrica, la rondella speciale, la rondella standard e il dado.
- Serrare i dadi con la coppia di progetto.
- Riserrare dopo 10 e 20 giorni.
- Serrare il controdado sul dado con una coppia pari al 10% della coppia del dado.
- Inserire la piastrina con funzione di antisvitamento, fissata con vite dielettrica alla piastra di base.

1.6.6.5.3. Messa in opera dei pannelli

Una volta predisposti i montanti, si procede alla messa in opera dei pannelli già assemblati come descritto nei paragrafi precedenti e già muniti di guarnizione, (ved. Fig. 16.6.2). Questi verranno calati dall'alto mediante adeguati dispositivi di sollevamento, operando dal lato esterno binario o dal lato interno. Per agevolare la messa in opera dei pannelli e non rovinarne le guarnizioni, saranno predisposte delle guide laterali in lamiera con spigoli arrotondati da installare sulla testa del montante, che forniscono un invito per fare in modo che il pannello si posizioni nell'apposito spazio tra le ali del profilo HEA180.

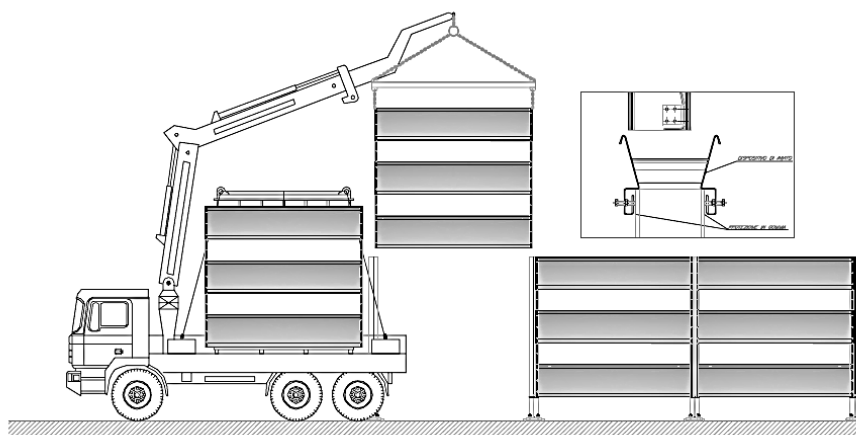



Figura 16.6.2 –Messa in opera pannello.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 16 OPERE VARIE	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 16	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 010 B</u>	FOGLIO 20 di 20

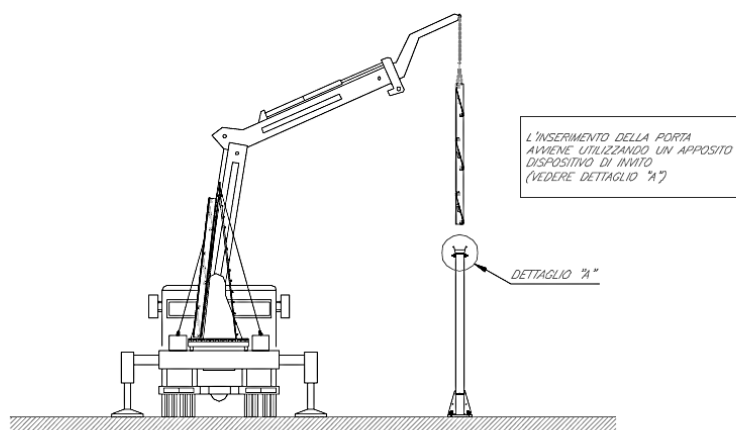


Figura 16.6.3 –Messa in opera pannello.

1.7. COLLAUDI

Tutte le opere saranno soggette, per quanto necessario e di pertinenza, a Collaudi Statici, Collaudi Tecnici-Amministrativi, Certificati di Regolare Esecuzione secondo quanto prescritto dalle attuali normative vigenti in materia.

**CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO
DELLE OPERE CIVILI**

**PARTE II - SEZIONE 17
PIETRISCO PER MASSICCIATA FERROVIARIA**


- 17.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE
- 17.2 DOCUMENTAZIONE CORRELATA
- 17.3 DEFINIZIONI
- 17.4 REQUISITI GEOMETRICI DEL PIETRISCO
- 17.5 REQUISITI FISICI DEL PIETRISCO
- 17.6 SOSTANZE PERICOLOSE
- 17.7 ATTESTATO DI QUALIFICAZIONE
- 17.8 CONTROLLI E COMUNICAZIONI PERIODICHE

Rev.	Data	Descrizione	Redazione	Verifica Tecnica	Autorizzazione
A	22/12/2017	Emissione per Applicazione	L. Mostocotto A. Bianchi G. Manfro	M. Mezzabotta L. Mostocotto	F. Iacobini

INDICE

17.1	SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE	4
17.1.1	Scopo	4
17.1.2	Campo di applicazione.....	4
17.2	DOCUMENTAZIONE CORRELATA	4
17.2.1	Normativa di Legge	4
17.2.2	Normativa Tecnica.....	5
17.2.3	Normativa Ferroviaria	5
17.3	DEFINIZIONI	5
17.4	REQUISITI GEOMETRICI DEL PIETRISCO	6
17.4.1	Designazione granulometrica	6
17.4.2	Granulometria.....	6
17.4.3	Particelle fini.....	7
17.4.4	Fini	7
17.4.5	Forma delle particelle	8
17.4.5.1	Coefficiente di forma	8
17.4.5.2	Lunghezza delle particelle	8
17.5	REQUISITI FISICI DEL PIETRISCO	8
17.5.1	Generalità	8
17.5.2	Resistenza alla frammentazione Los Angeles.....	8
17.5.3	Durabilità.....	9
17.5.3.1	Resistenza al gelo e disgelo	9
17.5.4	Massa volumetrica delle particelle	9
17.5.5	Coefficiente di assorbimento acqua	9
17.6	SOSTANZE PERICOLOSE.....	10
17.7	ATTESTATO DI QUALIFICAZIONE	10
17.7.1	Requisiti del pietrisco.....	11
17.7.2	Requisiti richiesti al fabbricante	11
17.7.3	Procedura per il rilascio o il rinnovo dell'Attestato di Qualificazione	12
17.7.4	Sopralluogo in cava	13
17.7.5	Prove di caratterizzazione	13
17.7.6	Campionamento	14
17.7.6.1	Prelievo dei campioni per l'esecuzione delle prove fisico-meccaniche.....	14

17.7.6.2	Prelievo dei campioni per la determinazione della presenza di amianto	14
17.7.7	Controlli all'impianto di produzione	14
17.7.8	Determinazione del rapporto Peso/Volume	15
17.7.9	Rilascio dell'Attestato di Qualificazione	15
17.7.10	Rinnovo dell'Attestato di Qualificazione	15
17.8	CONTROLLI E COMUNICAZIONI PERIODICHE	15
17.8.1	Generalità	15
17.8.2	Controlli durante il periodo di validità dell'Attestato di Qualificazione	16
17.8.3	Sistema di controllo della produzione	16
17.8.3.1	Organizzazione	16
17.8.3.2	Controlli sul prodotto	17
17.8.4	Gestione non conformità	18

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 17 PIETRISCO PER MASSICCIATA FERROVIARIA	
CAPITOLATO - PARTE II – SEZIONE 17	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>002</u> <u>A</u>	FOGLIO 4 di 19

17.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente sezione è parte integrante del Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle Opere Civili (RFI DTC SI SP IFS 001) e sostituisce integralmente la precedente revisione RFI DTC SI AG SP IFS 001 A del 30/12/2016.

17.1.1 Scopo

La presente Sezione è relativa al pietrisco per massicciate ferroviarie e definisce i requisiti e gli specifici controlli da eseguire sul materiale, sui siti di escavazione e sui fornitori per il rilascio e il rinnovo dell'Attestato di Qualificazione, nonché per i controlli in corso di validità dell'Attestato.

17.1.2 Campo di applicazione

La presente Sezione si applica alle forniture di pietrisco per massicciata destinate alla realizzazione di nuovi binari e al rinnovo e alla manutenzione dei binari in esercizio.

La presente Sezione non si applica nei casi di riutilizzo di pietrisco già impiegato nella sovrastruttura ferroviaria, per i quali i suoi contenuti valgono a titolo di riferimento.

17.2 DOCUMENTAZIONE CORRELATA

Tutti i documenti di seguito riportati sono da intendersi nella loro revisione corrente.

17.2.1 Normativa di Legge

Accordo Conferenza Permanente per i Rapporti tra lo Stato, le Regioni e le Province Autonome di Trento e Bolzano del 7 maggio 2015 – Accordo, ai sensi degli articoli 2, comma 1, lettera b) e 4, comma 1 del Decreto Legislativo 28 agosto 1997 n. 281 tra il Governo, le Regioni e le Province Autonome di Trento e Bolzano concernente la qualificazione dei laboratori pubblici e privati che effettuano attività di campionamento ed analisi sull'amianto sulla base dei programmi di controllo qualità, di cui all'articolo 5 e all'allegato 5 del decreto 14 maggio 1996.

D.Lgs. 09/04/2008 n. 81 - Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 132, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro

D.Lgs. 16/06/2017 n. 106 - Adeguamento della normativa nazionale alle disposizioni del regolamento (UE) n. 305/2011, che fissa condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione e che abroga la Direttiva 89/106/CEE


D.M. 14/5/96 - Normative e metodologie tecniche per gli interventi di bonifica ivi compresi quelli per rendere innocuo l'amianto, previsti dall'art.5, comma 1, lettera f, della legge 257, recante "norme relative alla cessazione dell'impiego dell'amianto"

D.M. 11/04/07 n. 91 - Applicazione della direttiva 89/106/CEE sui prodotti da costruzione, recepita con DPR 21/04/93 n. 246

D.M. 14/01/08 - Norme Tecniche per le costruzioni

D.P.R. 21/04/93 n. 246 - Regolamento di attuazione della direttiva 89/106/CEE relativa ai prodotti da costruzione

D.P.R. 06/06/2001 n. 380 – Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia - art. 59 "Laboratori"

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 17 PIETRISCO PER MASSICCIATA FERROVIARIA	
CAPITOLATO - PARTE II – SEZIONE 17	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>002</u> <u>A</u>	FOGLIO 5 di 19

Regolamento (CE) n. 1272/2008 relativo alla classificazione, all'etichettatura e all'imballaggio delle sostanze e delle miscele che modifica e abroga le direttive 67/548/CEE e 1999/45/CE e che reca modifica al regolamento (CE) n. 1907/2006

Regolamento UE n. 305/2011 che fissa le condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione e che abroga la direttiva 89/106/CEE

17.2.2 Normativa Tecnica

UNI EN 932-1 -Metodi di prova per determinare le proprietà generali degli aggregati. Metodi di campionamento

UNI EN 932-2 - Metodi di prova per determinare le proprietà generali degli aggregati - Metodi per la riduzione dei campioni di laboratorio

UNI EN 932-3 - Metodi di prova per determinare le proprietà generali degli aggregati - Procedura e terminologia per la descrizione petrografica semplificata

UNI EN 932-5 - Attrezzatura comune e taratura

UNI EN 933-1 - Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Parte 1: Determinazione della distribuzione granulometrica - Analisi granulometrica per setacciatura

UNI EN 933-4 - Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Parte 4: Determinazione della forma dei granuli - Indice di forma

UNI EN 1097-2 - Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Parte 2: Metodi per la determinazione della resistenza alla frammentazione

UNI EN 1097-6 - Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Determinazione della massa volumica dei granuli e dell'assorbimento d'acqua

UNI EN 1367-1 - Prove per determinare le proprietà termiche e la degradabilità degli aggregati - Parte 1: Determinazione della resistenza al gelo e disgelo

UNI EN 1926 - Metodi di prova per pietre naturali; Determinazione della resistenza a compressione uniassiale

UNI EN 13450 “Aggregati per massicciate per ferrovie”

17.2.3 Normativa Ferroviaria

Metodologia Operativa RFI DTC ICI SGQ MO 02 10 “Rilascio o rinnovo dell’Attestato di Qualificazione come fornitore di pietrisco per massicciata ferroviaria”

Procedura RFI DPR SIGS P11 1 0 del 27/07/2011 - “Gestione dell’amianto e dei MCA”

Standard materiali d’armamento - nota TC.C7S. 91/1673/8727 del 16/04/91 di Dip. Potenziamento e Sviluppo

Standard materiali d’armamento - nota I/SC.AM.04/1984/2854 del 17/03/1995 di Div. Speciale Civile e Armamento

17.3 DEFINIZIONI

aggregato: materiale granulare utilizzato nelle costruzioni; l’aggregato può essere naturale, artificiale o riciclato

aggregato naturale per massicciata ferroviaria: aggregato per massicciate per ferrovie di natura minerale che è stato sottoposto unicamente a lavorazione meccanica, in cui il 100% della superficie degli elementi può essere descritto come totalmente frantumato a spigoli vivi, litologicamente omogeneo, come definito dalla UNI EN 13450

categoria: livello di una proprietà dell'aggregato espressa come intervallo di valori o valore limite, non esiste alcuna relazione tra le categorie di proprietà diverse

categoria RFI: categoria definita in base al valore della resistenza alla frammentazione Los Angeles

cava: sito geologico di estrazione mineraria che sfrutta un giacimento di materiale litoide

dimensione dell'aggregato per massicciate per ferrovie: designazione delle massicciate per ferrovie in termini di dimensioni del setaccio inferiore (*d*) e superiore (*D*); questa designazione contempla la presenza di granuli trattenuti sul setaccio superiore (sopravaglio) e di granuli passanti al setaccio inferiore (sottovaglio)

fini: frazione granulometrica di massicciate per ferrovie passante al setaccio di 0,063 mm, definito dalla UNI EN 13450

minerali amiantiferi: minerali silicatici fibrosi di cui all'art. 247 del D.Lgs. 09.04.2008, n. 81 e s.m.i.

particelle fini: frazione granulometrica di massicciate per ferrovie passante al setaccio di 0,5 mm, definito dalla UNI EN 13450

pietre verdi: rocce di cui all'allegato 4 al D.M. 14.05.1996

pietriscio: aggregato naturale per massicciata ferroviaria

sostanze pericolose: sostanze così definite ai sensi del Reg. (CE) 1272/2008 e s.m.i.

17.4 REQUISITI GEOMETRICI DEL PIETRISCO

Il pietriscio da impiegare per i lavori di nuova costruzione, di rinnovamento, di manutenzione della massicciata ferroviaria, deve rispondere ai requisiti sotto indicati.

17.4.1 Designazione granulometrica

La dimensione del pietriscio deve essere designata da una coppia di setacci le cui dimensioni nominali inferiore "d" e superiore "D" costituiscono i limiti entro cui si pone la maggior parte della distribuzione granulometrica. Per le massicciate per ferrovie, "D" è pari a 50 mm e "d" è pari a 31,5 mm.

17.4.2 Granulometria

E' richiesta la categoria A del prospetto 1 della norma UNI EN 13450.

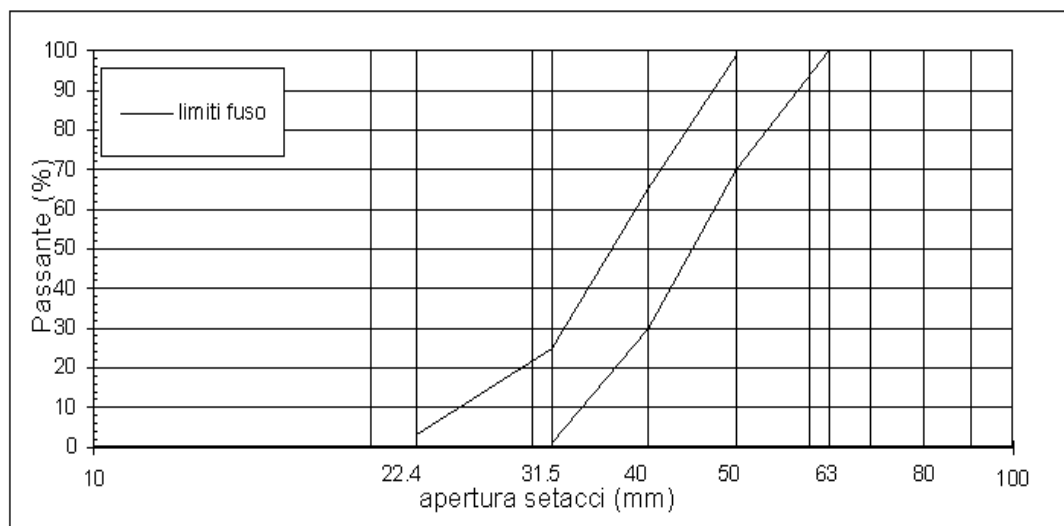
Le dimensioni degli elementi di pietriscio devono essere accertate attraverso l'analisi granulometrica, eseguita secondo la normativa UNI EN 933-1, su un campione di pietriscio di peso non inferiore a 60 kg, prelevato secondo le modalità previste dalla norma UNI EN 932-1.

La determinazione della curva granulometrica cumulativa dovrà essere effettuata mediante setacci delle seguenti dimensioni in mm:

80 – 63 – 50 – 40 – 31,5 – 22,4

La curva granulometrica ottenuta con la setacciatura del campione di pietriscio, dovrà essere compresa nel fuso in figura 17.4.2-1 e rispettare i limiti indicati nella tabella 17.4.2-1.

Fig. 17.4.2-1



Tab. 17.4.2-1 - Limiti granulometrici

apertura setacci	mm	80	63	50	40	31.5	22.4
Passante	%	100	100	70÷99	30÷65	1÷25	0÷3

La frazione granulometrica di pietrisco compresa fra i setacci di dimensioni 31,5÷50 mm non deve essere inferiore al 50%.

17.4.3 Particelle fini

E' richiesta la categoria A del prospetto 2 della norma UNI EN 13450

Dimensioni setaccio (mm)	Percentuale passante massima in massa	Categoria di particelle fini
0,5	0,6	A
Nota: il requisito si applica a massicciate per ferrovie campionate nel luogo di produzione		

Il contenuto di particelle fini deve essere determinato, come indicato dalla norma UNI EN 933-1, al setaccio di dimensione 0,5 mm su un campione totale di peso non inferiore a 60 kg.

La percentuale massima in peso di passante al setaccio 0,5 mm non deve superare lo 0,6%.

17.4.4 Fini

E' richiesta la categoria A del prospetto 3 della norma UNI EN 13450.

Dimensioni setaccio (mm)	Percentuale passante massima in massa	Categoria di particelle fini
0,063	0,5	A
Nota: il requisito si applica a massicciate per ferrovie campionate nel luogo di produzione		

Il contenuto di fini deve essere determinato, come indicato dalla norma UNI EN 933-1, con setacciatura ad umido al setaccio 0,063 mm sul materiale risultante dal lavaggio di un campione rappresentativo di peso non inferiore a 60 kg. La percentuale massima di passante al setaccio 0,063 mm non deve superare lo 0,5%.

17.4.5 Forma delle particelle

17.4.5.1 Coefficiente di forma

E' richiesta la categoria SI 20 del prospetto 5 della UNI EN 13450.

Il coefficiente di forma deve essere determinato, come indicato dalla norma UNI EN 933-4, su una quantità di pietrisco non inferiore a 40 kg.

La percentuale in peso degli elementi aventi la dimensione minima inferiore ad 1/3 della massima non dovrà essere superiore al 20%.

Coefficiente di forma	SI ₂₀
-----------------------	------------------

17.4.5.2 Lunghezza delle particelle

È richiesta la categoria B del prospetto 6 della norma UNI EN 13450.

La percentuale in peso di elementi con una lunghezza maggiore o uguale a 100 mm, determinata mediante misurazione con un calibro appropriato su una quantità di pietrisco non inferiore a 40 kg, non deve eccedere il valore del 6%.

% in peso di elementi ≥ 100mm	≤ 6%
-------------------------------	------

17.5 REQUISITI FISICI DEL PIETRISCO

17.5.1 Generalità

Il pietrisco per massicciate ferroviarie è esclusivamente naturale e ha origine dalla frantumazione di rocce massicce.

Il pietrisco utilizzato da RFI è classificato in tre distinte categorie in base al valore della resistenza alla frammentazione Los Angeles, di seguito denominate “Categorie RFI”.

17.5.2 Resistenza alla frammentazione Los Angeles

La prova viene effettuata secondo quanto stabilito dalla Appendice “A” della norma UNI EN 1097-2, ad eccezione della determinazione del coefficiente Los Angeles (LARB), per il quale dovrà essere applicata la seguente equazione:

$$L_{ARB} = \frac{P_i - m}{P_i} \times 100$$

dove:

P_i = massa iniziale del campione di prova espressa in gr

m = massa trattenuta sul setaccio da 1,6 mm espressa in gr

(Arrotondare il risultato all'intero più prossimo)

I valori limite della perdita in massa di ogni singola categoria RFI sono indicati nella seguente tabella:

Coefficiente L.A.	Categoria RFI	Categoria L.A.RB
≤ 16 %	1 [^]	L _{ARB} 16
≤ 20 %	2 [^]	L _{ARB} 20
≤ 26 %	3 [^]	L _{ARB} 26

Nei casi in cui la prova Los Angeles venga eseguita per i controlli durante il periodo di validità dell'Attestato di Qualificazione (par. 17.8.2) e qualora vengano rilevati valori difforni, oltre i limiti della Categoria RFI assegnata al materiale in sede di emissione dell'Attestato di Qualificazione, si procederà come indicato nel successivo paragrafo 17.8.4 -“Gestione non Conformità” . . .

I criteri d'impiego di pietrisco delle tre categorie RFI sono stabiliti dagli standard di armamento indicati nella normativa di riferimento. Dalla prima categoria sono escluse le rocce di origine sedimentaria.

17.5.3 Durabilità

17.5.3.1 Resistenza al gelo e disgelo

La durabilità del pietrisco in termini di resistenza al gelo e disgelo deve essere valutata mediante la prova di gelo e disgelo in conformità alla UNI EN 1367-1 utilizzando le condizioni specificate nell'appendice F della norma UNI EN 13450.

La perdita percentuale di resistenza, calcolata con accuratezza dello 0,1% secondo la seguente equazione:

$$\Delta S_{LA} = \frac{S_{LA1} - S_{LA0}}{S_{LA0}} \times 100$$

dove:

ΔS_{LA} è la perdita percentuale di resistenza;

S_{LA0} è il coefficiente Los Angeles del campione di prova senza i cicli di gelo e disgelo

S_{LA1} è il coefficiente Los Angeles del campione di prova dopo i cicli di gelo e disgelo

deve risultare $\Delta S_{LA} \leq 20\%$

Pietrisco non gelivo	$\Delta S_{LA} \leq 20\%$
----------------------	---------------------------

17.5.4 Massa volumetrica delle particelle

La massa volumetrica delle particelle deve essere determinata in conformità alla UNI EN 1097-6, Appendice B, punto B.2.3.

Il pietrisco è ritenuto idoneo se la massa volumetrica delle particelle è $> 2,55 \text{ Mg/m}^3$.

17.5.5 Coefficiente di assorbimento acqua

L'assorbimento di acqua delle particelle deve essere determinato in conformità alla UNI EN 1097-6, Appendice B, punto B.2.3.

Il pietrisco è ritenuto idoneo se l'assorbimento di acqua delle particelle è $\leq 2\%$, per le categorie RFI 1[^] e 2[^], e $\leq 3\%$ per la categoria 3[^].

Categorie "RFI"	Coefficiente di assorbimento
1 [^]	$\leq 2\%$
2 [^]	
3 [^]	$\leq 3\%$

17.6 SOSTANZE PERICOLOSE

Il pietrisco per massicciata ferroviaria non dovrà avere un contenuto in componenti o sostanze pericolose superiore ai limiti stabiliti dalle disposizioni normative e amministrative vigenti.

In particolare il pietrisco non dovrà contenere i minerali amiantiferi di cui all'art. 247 del D.Lgs. n. 81 del 09/04/2008.

Non è ammesso l'impiego di pietrisco per massicciata ferroviaria prodotto da rocce classificate «pietre verdi», definite nell'allegato 4 al D.M. del Ministero della Sanità 14/5/1996, pubblicato sulla G.U. n. 251 del 25/10/1996, nonché da quelle rocce che in fase di qualificazione, ovvero in corso di fornitura, risultassero caratterizzate da particolari condizioni di alterazione e paragenesi, tali da presentare potenziale rischio per la presenza di minerali amiantiferi.

La determinazione della presenza di amianto dovrà essere effettuata mediante analisi mineralogico-petrografica al microscopio su sezione sottile, da eseguirsi un numero minimo di tre campioni rappresentativi per la valutazione preliminare del tipo di roccia e dei minerali presenti.

A fronte di eventuali incertezze RFI potrà, a suo insindacabile giudizio, richiedere l'esecuzione di ulteriori campionamenti e/o ulteriori prove sui campioni anche con riferimento alle metodiche previste dalla RFI DPR SIGS P11 1 0 e dal D.M. 14/06/1996 (SEM, FTIR, DRX, ecc.), all'esito delle quali sarà subordinato il rilascio/rinnovo/mantenimento dell'Attestato di Qualificazione.

17.7 ATTESTATO DI QUALIFICAZIONE

Nella presente Parte si definiscono i requisiti del materiale e dei fabbricanti e/o fornitori, nonché le modalità operative di gestione dei processi produttivi, necessari al rilascio o al rinnovo dell'attestato di qualificazione come fornitore di pietrisco per la realizzazione della massicciata ferroviaria, ricavato da materiale estratto in cava di prestito e opportunamente frantumato e vagliato.

Per l'effettuazione delle analisi necessarie alle determinazioni di cui ai punti 17.4 e 17.5 ci si dovrà rivolgere a laboratori del CNR, di Istituti Universitari, ARPA, ASL o comunque a laboratori di analisi "ufficiali" o "autorizzati" ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. 06/06/2001 n. 380, ed in possesso dell'autorizzazione, rilasciata dalla Presidenza del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, per i Settori di prova e certificazione "A" o "B" con l'estensione alle prove facoltative sugli aggregati come specificato al capitolo 5.3 della "Circolare n° 7618/STC" del 08/09/2010, che dovranno produrre i relativi certificati di prova.

Per l'effettuazione delle analisi necessarie alle determinazioni di cui al punto 17.6, i laboratori dovranno possedere i requisiti minimi indicati negli art. 3 e 4 dell'Allegato 5 al Decreto del Ministro della Sanità del 14 maggio 1996, anche con riferimento – per quanto applicabile – all'accordo Stato – Regioni del 07/05/2015.

In tutti i casi il fabbricante dovrà garantire l'accesso ai suddetti laboratori al personale di RFI affinché possa verificare l'idoneità degli stessi alle prove previste, la taratura delle apparecchiature utilizzate e presenziare eventualmente all'esecuzione delle prove, restando facoltà di RFI, a suo insindacabile giudizio, di richiedere la

sostituzione del laboratorio in qualunque fase del processo di qualificazione, nonché di disporre la ripetizione di eventuali prove ai sensi del punto 17.7.6.

Rimane facoltà di RFI, a suo insindacabile giudizio, richiedere al fabbricante la sostituzione del laboratorio scelto per l'esecuzione delle prove qualora ci sia evidenza della non corretta attuazione delle procedure di prova ai sensi della normativa tecnica o per difformità di taratura delle apparecchiature o per evidenza di comportamenti non conformi ai principi della deontologia professionale.

17.7.1 Requisiti del pietrisco

Il pietrisco per massicciata ferroviaria deve possedere i requisiti indicati nei paragrafi 17.4, 17.5 e 17.6 della presente Sezione. Le categorie RFI di classificazione del pietrisco sono quelle di cui al paragrafo 17.5.2.

17.7.2 Requisiti richiesti al fabbricante

Al fabbricante che intenda fornire a RFI pietrisco per massicciata ferroviaria è richiesta la certificazione del controllo di produzione in fabbrica ai fini della marcatura CE, con sistema di attestazione di conformità 2+, secondo i criteri indicati nell'appendice ZA della norma UNI EN 13450, rilasciata da un Organismo di Certificazione ed in corso di validità.

Il fabbricante deve dichiarare nella "Dichiarazione di prestazione" tutte le caratteristiche del pietrisco indicate nella tabella di cui all'allegato 3 del DM 91 del 11/04/2007, nelle forme stabilite dall'appendice ZA della norma UNI EN 13450.

Il sistema di controllo della produzione in fabbrica dovrà garantire la presenza di procedimenti atti a:


- identificare e controllare i materiali;
- identificare eventuali sostanze pericolose per garantire che non superino i limiti stabiliti dalle disposizioni vigenti;
- assicurare che il materiale sia stoccato e confinato in modo controllato e che sia possibile identificare i punti di stoccaggio e il loro contenuto;
- garantire che il materiale prelevato dal punto di stoccaggio conservi i requisiti di conformità.

Le prove per il controllo della conformità ai requisiti specificati dovranno essere effettuate ogni qualvolta ricorrano le circostanze seguenti:

- a) coltivazione di un nuovo sito di estrazione o fronte di scavo;
- b) variazione nella natura delle materie prime o modifiche all'impianto di produzione del pietrisco che possano influenzare le proprietà degli aggregati.

Il fabbricante è responsabile del controllo, della taratura e della manutenzione delle sue attrezzature di ispezione, misura e prova. L'accuratezza e la frequenza di taratura dovranno essere in accordo con le prescrizioni dei rispettivi standard di prova e dovrà essere archiviata copia dei risultati delle tarature.

Il fabbricante deve prevedere i necessari interventi per mantenere costante la qualità del prodotto nelle fasi di movimentazione, stoccaggio e consegna del materiale, con particolare riferimento, all'inquinamento da polveri, particelle fini, materiale estraneo o sostanze pericolose e alla segregazione granulometrica dei cumuli di materiale stoccato. In particolare, è responsabilità del fabbricante garantire che, qualora siano identificate sostanze pericolose, il loro contenuto non superi i limiti stabiliti dalle disposizioni normative e amministrative vigenti.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 17 PIETRISCO PER MASSICCIATA FERROVIARIA	
CAPITOLATO - PARTE II – SEZIONE 17	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>002</u> <u>A</u>	FOGLIO 12 di 19

I risultati delle prove eseguite sul prodotto dovranno far parte della documentazione disponibile nell'impianto di produzione e a disposizione del personale di RFI per eventuali controlli e verifiche, secondo quanto indicato al paragrafo 17.8.2.

Nell'impianto di produzione deve essere disponibile una documentazione descrittiva circa la natura del materiale e delle aree di coltivazione, corredata da cartografie e mappe topografiche per l'individuazione delle aree interessate dagli interventi di scavo nonché di un piano di attività dal quale sia possibile valutare e quantificare la potenzialità della cava in rapporto alle possibili forniture.

17.7.3 Procedura per il rilascio o il rinnovo dell'Attestato di Qualificazione

I soggetti interessati alla rilascio/rinnovo dell'attestato di qualificazione come fornitore di pietrisco per massicciata ferroviaria devono inviare apposita domanda alla Struttura Organizzativa Geologia di RFI.

Al ricevimento della suddetta domanda, RFI comunica al Cliente, tramite lettera o segnalando l'indirizzo della pagina web di RFI dedicata ai fornitori di pietrisco, l'elenco della documentazione che il Cliente stesso deve trasmettere per l'avvio dell'iter tecnico-amministrativo e che comprende:

- copia della distinta di pagamento del corrispettivo delle prestazioni rese da RFI;
- copia degli atti che attestino la piena disponibilità della cava e/o del materiale da essa estratto;
- copia dell'autorizzazione alla coltivazione della cava, corredata da dichiarazione sottoscritta dal legale rappresentante di aver assolto a tutti gli obblighi previsti nell'autorizzazione stessa;
- dichiarazione di prestazione del materiale ai requisiti di legge, ai fini della marcatura CE;
- copia del Certificato del Controllo di Produzione in Fabbrica ai fini della marcatura CE, con sistema di attestazione di conformità 2+, secondo i criteri indicati nell'appendice ZA della norma UNI EN 13450, rilasciato da un Organismo di Certificazione ed in corso di validità;
- carta topografica in scala 1:25000 della zona con chiara indicazione dell'ubicazione della cava, degli attuali fronti di scavo e dei limiti di coltivazione;
- schema particolareggiato degli impianti per la lavorazione del prodotto;
- studio geologico sulla natura delle materie prime, corredato di una o più mappe che illustrino il luogo e il piano di estrazione e completo della documentazione dettagliata per il controllo dell'eventuale presenza di sostanze pericolose, redatta per l'acquisizione della marcatura CE secondo i criteri indicati nella norma UNI EN 13450;
- analisi mineralogico-petrografica su sezione sottile della roccia;
- nominativo del laboratorio del quale intende avvalersi per l'esecuzione delle prove fisico-meccaniche, scelto unicamente tra quelli "ufficiali" o "autorizzati", aventi le caratteristiche indicate nell'introduzione al presente Capitolo (17.7);
- nominativo del laboratorio del quale intende avvalersi per l'esecuzione delle prove per la determinazione della presenza di amianto (Par. 17.6), aventi le caratteristiche indicate nell'introduzione al presente Capitolo (17.7).

Durante l'esecuzione delle prove di laboratorio, il Fabbricante dovrà garantire l'accesso allo stesso al personale di RFI affinché possa verificare l'idoneità del laboratorio alle prove previste, la taratura delle apparecchiature utilizzate e presenziare eventualmente all'esecuzione delle prove.

Il soggetto che presenta la domanda e che eventualmente disponga di più siti produttivi interessati alla qualificazione deve presentare tanti dossier quanti sono i siti produttivi rilevanti ai fini della qualificazione e deve dichiarare il quantitativo minimo di pietrisco che può fornire giornalmente.

La documentazione richiesta e gli eventuali allegati devono essere redatti in lingua italiana.

A seguito della presentazione della suddetta documentazione, se ritenuta completa ed esauriente, RFI avvia una procedura di qualificazione del fabbricante e di idoneità del prodotto.

La valutazione dei requisiti richiesti avviene sulla base dell'analisi della documentazione esistente, da visite ispettive e tecniche per accertare il reale possesso dei requisiti e da prove di caratterizzazione del prodotto, come specificato ai successivi paragrafi.

17.7.4 Sopralluogo in cava

Il sito di coltivazione da cui viene estratta la roccia per la produzione di pietrisco per massicciata ferroviaria dovrà essere oggetto di sopralluogo da parte di un geologo di RFI.

Tale sopralluogo sarà finalizzato al controllo delle caratteristiche geomorfologiche, delle condizioni giaciture, geostrutturali e litologiche dell'ammasso roccioso oggetto di estrazione con riferimento alla relazione geologica già presentata dal fabbricante nel dossier di qualificazione, nonché al controllo del certificato di Produzione in Fabbrica ai fini della marcatura CE, con sistema di attestazione di conformità 2+, secondo i criteri indicati nell'appendice ZA della norma UNI EN 13450, rilasciato da un Organismo di Certificazione ed in corso di validità; quest'ultimo controllo può essere effettuato mediante consultazione delle banche dati dello stesso Organismo di Certificazione o per presa visione del verbale dell'ultima visita di sorveglianza effettuata dall'Organismo stesso.

Nel corso del sopralluogo sarà effettuato il prelievo di un campione di pietrisco per massicciata ferroviaria, con le modalità indicate al paragrafo 17.7.6, da sottoporre a prove di caratterizzazione come specificato ai successivi paragrafi.

17.7.5 Prove di caratterizzazione


Il pietrisco dovrà essere sottoposto alle seguenti prove di laboratorio:

Analisi granulometrica	Par. 17.4.2	Resistenza al gelo e disgelo	Par. 17.5.3
Contenuto in particelle fini	Par. 17.4.3	Massa volumetrica delle particelle	Par. 17.5.4
Contenuto in fini	Par. 17.4.4	Coefficiente di assorbimento acqua	Par. 17.5.5
Indice di forma ed elementi lunghi	Par. 17.4.5	Prova di resistenza a compressione	
Resistenza alla frammentazione Los Angeles	Par. 17.5.2	Analisi mineralogico-petrografica al microscopio su sezione sottile	Per. 17.6

Con riferimento alla eventuale presenza di sostanze pericolose, di cui al paragrafo 17.6, rimane facoltà di RFI prescrivere ulteriori prove specifiche per determinazioni di maggiore dettaglio.

Le suddette prove sono a carico del fabbricante e dovranno essere effettuate esclusivamente presso laboratori aventi i requisiti indicati al Capitolo 17.7., che provvederanno a trasmettere i certificati delle prove a RFI e al fabbricante.

Sarà cura del laboratorio appurare ed attestare la corretta identificazione dei campioni e certificare, con apposita documentazione fotografica da allegare ai certificati di prova, le condizioni dei sacchi e della sigillatura preliminarmente all'apertura dei campioni stessi.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 17 PIETRISCO PER MASSICCIATA FERROVIARIA	
CAPITOLATO - PARTE II – SEZIONE 17	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>002</u> <u>A</u>	FOGLIO 14 di 19

17.7.6 Campionamento

17.7.6.1 Prelievo dei campioni per l'esecuzione delle prove fisico-meccaniche

Il campionamento deve essere effettuato in conformità alla UNI EN 932-1.

Per l'esecuzione delle prove fisico-meccaniche, descritte nei Par. 17.4 e 17.5, dovranno essere prelevati due campioni di pietrisco di circa 80 kg (duplice aliquota), proveniente dalla frantumazione di materiale litoide estratto dal fronte di cava. Le due aliquote di campione dovranno essere confezionate in sacchi di plastica a tenuta, opportunamente sigillate con piombatura, identificate con etichettatura ed accompagnate da apposito verbale di prelievo firmato in contraddittorio dal geologo di RFI e da un rappresentante del fornitore.

Una delle due aliquote verrà inviata al laboratorio "ufficiale/autorizzato" designato dal fabbricante, per l'esecuzione dei test indicati nei successivi paragrafi, mentre la seconda verrà inviata presso un locale ferroviario, indicato dal geologo di RFI e riportato nel verbale di prelievo, ove sarà conservato fino alla avvenuta emissione dell'attestato di qualificazione o comunque fino alla accettazione dei risultati delle prove di laboratorio da parte di RFI e potrà, ad insindacabile giudizio di RFI, essere utilizzata per l'esecuzione di ulteriori prove, presso laboratorio scelto da RFI, in caso di dubbi/difficoltà inerenti ai risultati delle prove effettuate sul campione principale, restando anche in tal caso il costo delle prove a carico del fornitore.

Il prelievo dei campioni deve essere effettuato sul luogo di produzione, prioritariamente dal nastro trasportatore (prima che il materiale sia caricato o messo in deposito) e in via subordinata, da cumulo.

Inoltre, preliminarmente all'effettuazione del sopralluogo, il fabbricante dovrà provvedere a confezionare 10 provini cubici con lato di mm 70 ± 5 per rocce a grana fine, con lato di mm 100 ± 5 per rocce a grana grossa, provenienti da blocchi di roccia estratti dal fronte di cava, da inviare congiuntamente al campione di pietrisco per l'esecuzione della prova di resistenza a compressione, in conformità alla norma UNI EN 1926.

17.7.6.2 Prelievo dei campioni per la determinazione della presenza di amianto

Il prelievo dei campioni da sottoporre alle prove descritte al par. 17.6, per la determinazione della presenza di amianto, dovrà essere effettuato direttamente sul fronte di cava, su tre punti caratteristici dell'affioramento indicati dal geologo di RFI.

I campioni verranno prelevati in duplice aliquota e dovranno essere confezionati in sacchetti di plastica a tenuta, opportunamente sigillati con piombatura, identificati con etichettatura ed accompagnati da apposito verbale di prelievo, firmato in contraddittorio dal geologo di RFI e da un rappresentante del fornitore.

Una delle due aliquote verrà inviata al laboratorio designato dal fabbricante, per l'esecuzione dei test indicati al par. 17.6, mentre la seconda verrà inviata presso un locale ferroviario, indicato dal geologo di RFI e riportato nel verbale di prelievo, ove sarà conservato fino alla avvenuta emissione dell'attestato di qualificazione o comunque fino alla accettazione dei risultati delle prove di laboratorio da parte di RFI e potrà, ad insindacabile giudizio di RFI, essere utilizzata per l'esecuzione di ulteriori prove, presso laboratorio scelto da RFI, in caso di incertezze inerenti ai risultati delle prove effettuate sul campione principale, restando anche in tal caso il costo delle prove a carico del fornitore.

17.7.7 Controlli all'impianto di produzione

Il pietrisco deve essere prodotto senza miscelare materiale proveniente da fronti di scavo diversi per caratteristiche geologiche e litologiche e/o da siti estrattivi diversi.

La potenzialità della produzione nonché l' idoneità degli impianti dovrà essere verificata attraverso il controllo degli impianti stessi e dei processi di produzione con particolare riguardo alle fasi di:

- estrazione;
- lavaggio;
- movimentazione;
- stoccaggio;
- frantumazione;
- carico.
- vagliatura;

Il processo produttivo deve garantire la preservazione del prodotto da eventuali contaminazioni da materiali diversi.

Il fabbricante deve rendere disponibili tutti i necessari servizi, le attrezzature e il personale addestrato per consentire a RFI l'esecuzione delle ispezioni nei diversi processi produttivi e di controllo. A tale scopo dovranno essere fornite a RFI tutte le informazioni necessarie per consentire al personale incaricato dei controlli di uniformarsi alle prescrizioni di sicurezza vigenti nell'impianto.

17.7.8 Determinazione del rapporto Peso/Volume

Nell'ambito delle verifiche per il rilascio/rinnovo dell'Attestato di Qualificazione, il geologo di RFI dovrà effettuare l'attività di valutazione del rapporto peso/volume del materiale in cumulo, determinata come media della pesatura di n° 3 autocarri campione di volume noto. Tale valore sarà indicato nell'Attestato di Qualificazione e verrà utilizzato per tutte le attività di contabilizzazione del materiale nell'ambito dei contratti di fornitura.

17.7.9 Rilascio dell'Attestato di Qualificazione

L'Attestato di Qualificazione sarà rilasciato dalla competente struttura di RFI, qualora il prodotto venga ritenuto idoneo ad essere impiegato come pietrisco per massicciata ferroviaria sulla base della documentazione fornita, delle risultanze del sopralluogo effettuato e dei risultati delle prove di laboratorio eseguite.

Al termine della procedura, la preposta struttura di RFI, comunicherà al fabbricante l'avvenuto rilascio dell'Attestato di Qualificazione. Detto Attestato ha di norma validità triennale, salvo altre specifiche indicazioni e prescrizioni, ed è soggetto a controlli durante il periodo di validità per accertare il mantenimento dei requisiti richiesti, ai sensi del successivo paragrafo 17.8.2.

17.7.10 Rinnovo dell'Attestato di Qualificazione

All'approssimarsi della scadenza dell'Attestato di Qualificazione il Fabbricante potrà richiederne il rinnovo, per il cui rilascio saranno effettuati i controlli previsti dalla Procedura di Qualificazione.

Sarà valutata dal geologo di RFI la necessità di eseguire nuovamente la prova di resistenza a compressione su provini cubici, in base alle caratteristiche geolitologiche della roccia osservata al fronte di scavo.

17.8 CONTROLLI E COMUNICAZIONI PERIODICHE

17.8.1 Generalità

Gli oneri per la esecuzione dei controlli e delle prove indicati nei successivi paragrafi sono a carico del fornitore. Nei casi in cui è prevista l'esecuzione di prove in un laboratorio, il Fabbricante dovrà garantire l'accesso al suddetto laboratorio al personale di RFI affinché possa verificare l' idoneità del laboratorio alle prove previste, la taratura delle apparecchiature utilizzate e presenziare eventualmente all'esecuzione delle prove.

Rimane facoltà di RFI richiedere al fabbricante la sostituzione del laboratorio scelto per l'esecuzione delle prove qualora ci sia evidenza della non corretta attuazione delle procedure di prova ai sensi della normativa tecnica o per difformità di taratura delle apparecchiature o per evidenza di comportamenti non conformi ai principi della deontologia professionale.

Anche in considerazione di quanto previsto nei successivi paragrafi, si sottolinea che in anticipo all'inizio delle forniture il Direttore dei Lavori ed il responsabile della Linea competente, sono tenuti ad acquisire copia conforme dell'Attestato di Qualificazione, in corso di validità, relativo al fornitore di pietrisco.

17.8.2 Controlli durante il periodo di validità dell'Attestato di Qualificazione

Il fabbricante, per tutto il periodo di qualificazione, dovrà comunicare ad RFI i dati indicati nella apposita scheda di monitoraggio allegata al presente documento (ALLEGATO 1), a decorrere dalla data di emissione dell'Attestato di Qualificazione, da trasmettere a RFI entro il 30 giugno ed 31 dicembre di ogni anno.

La mancata o non corretta comunicazione dei dati, la non conformità dei risultati delle prove di laboratorio o l'avvenuta scadenza del Certificato del Controllo della Produzione in Fabbrica o dell'autorizzazione alla coltivazione della cava, comporterà l'immediata sospensione dell'Attestato di Qualificazione.

Una volta all'anno la cava sarà oggetto di sopralluogo da parte di un geologo di RFI, finalizzato alla verifica della sussistenza dei requisiti accertati nel corso del processo di qualificazione.

Ogni 20.000 m³ di pietrisco fornito per usi ferroviari e comunque ogni 50.000 m³ di materiale estratto dalla cava, , al fine di verificarne le caratteristiche fisico/meccaniche, verranno nuovamente eseguite tutte le prove di laboratorio indicate nella tabella riportata al paragrafo 17.7.5, ad esclusione delle prove descritte al paragrafo 17.6. I campioni dovranno essere prelevati con le medesime modalità descritte al paragrafo 17.7.6 ed inviati al laboratorio "ufficiale" o "autorizzato" , in possesso dei requisiti indicati al Par. 17.7.6, , che provvederà a trasmettere i certificati delle prove a RFI e al fornitore.

Qualora dalle suddette prove di verifica risultassero valori non conformi a quelli prescritti si procederà come indicato al successivo paragrafo 17.8.4.

17.8.3 Sistema di controllo della produzione

Nell'impianto di produzione dovrà essere operante un sistema di controllo della produzione che soddisfi i requisiti indicati ai successivi paragrafi.

17.8.3.1 Organizzazione

Devono essere definite la responsabilità, l'autorità e le interrelazioni di tutte le persone che gestiscono la produzione. In ogni impianto di produzione deve essere nominato un responsabile in grado di garantire che le caratteristiche del prodotto siano conformi a quanto prescritto nella presente Sezione del "Capitolato Generale Tecnico Di Appalto Delle Opere Civili".

Il responsabile deve possedere autorità decisionale su:

- identificazione e registrazione di ogni variazione delle caratteristiche del prodotto;
- iniziative per prevenire l'insorgere di non conformità nel prodotto;
- attuazione di azioni correttive.

17.8.3.2 Controlli sul prodotto

Il fabbricante, al fine di assicurare la conformità del pietrisco fornito, dovrà provvedere a far eseguire da parte di un proprio geologo verifiche periodiche in riscontro ad eventuali cambiamenti significativi delle caratteristiche litologiche e geostrutturali del fronte di scavo, nonché la valutazione dei risultati emersi dalle prove di laboratorio indicate nella tabella 17.8.3.2-1. La frequenza minima dei controlli da eseguire durante il periodo di validità dell'Attestato di qualificazione, a cura del fabbricante, è indicata nella successiva tabella:

Tabella 17.8.3.2-1

Prove di laboratorio	Frequenza
Granulometria	1 alla settimana
Contenuto in particelle fini	1 alla settimana
Contenuto in fini	1 alla settimana
Coefficiente di forma e lunghezza delle particelle	1 al mese
Resistenza alla frammentazione Los Angeles	1 al mese
Resistenza a gelo e disgelo	2 volte all'anno
Massa volumica delle particelle	2 volte all'anno
Assorbimento di acqua	2 volte all'anno
Rilascio di sostanze pericolose	quando necessario ai fini della marcatura CE

In aggiunta alle prove previste alla precedente tabella per il controllo del processo di produzione, , ai fini della verifica della costanza dei requisiti prescritti, il fabbricante dovrà provvedere alla esecuzione delle prove di laboratorio elencate alla tabella 17.8.3.2-2, ogni 20.000 m³ di pietrisco fornito per usi ferroviari e comunque ogni 50.000 m³ di materiale estratto dalla cava.

Tabella 17.8.3.2-2

Prove di laboratorio	Frequenza
Granulometria	ogni 20.000 m ³ di pietrisco fornito per usi ferroviari e comunque ogni 50.000 m ³ di materiale estratto dalla cava, se non diversamente indicato nell'Attestato di Qualificazione
Contenuto in particelle fini	
Contenuto in fini	
Coefficiente di forma e lunghezza delle particelle	
Resistenza alla frammentazione Los Angeles	
Resistenza a gelo e disgelo	
Rilascio di sostanze pericolose	Se richiesto da RFI ed in caso di dubbio

Le prove, da eseguirsi su un campione di 80 kg di pietrisco prelevato secondo le modalità indicate nel paragrafo 17.7.6, dovranno essere effettuate unicamente presso un laboratorio "ufficiale" o "autorizzato", avente le caratteristiche indicate nell'introduzione al Capitolo 17.7, che provvederà ad inviarne i relativi certificati ad RFI e al fornitore.

I prelievi per i controlli periodici verranno effettuati nel sito di produzione o nella stazione di carico. In casi specifici, RFI può procedere al prelievo di pietrisco direttamente dai mezzi di trasporto utilizzati oppure dal binario durante o dopo la posa in opera; in tal caso si seguiranno le indicazioni contenute nelle Appendici informative A e B della UNI EN 13450.

Il prelievo di campioni di pietrisco da parte di RFI viene effettuato in presenza del fornitore o di un suo rappresentante. In caso di loro assenza, il luogo e le modalità di prelievo non possono essere contestate, laddove il prelievo stesso sia stato effettuato alla presenza di testimoni.

Rimane facoltà di RFI eseguire sopralluoghi e verifiche che si ritenessero necessari, durante tutto il periodo di validità dell'Attestato di Qualificazione, finalizzati alla valutazione del mantenimento degli standard qualitativi dell'impianto di produzione e dei requisiti prescritti. A tale scopo dovranno essere fornite a RFI tutte le informazioni necessarie per consentire al personale incaricato dei controlli di uniformarsi alle prescrizioni di sicurezza vigenti nell'impianto.

17.8.4 Gestione non conformità

Qualora dalle prove di controllo sul prodotto effettuate a cura del fabbricante sul pietrisco, indicate alla tabella 17.8.3.2-1, risultassero valori non conformi a quelli prescritti, anche per un solo parametro, il fabbricante dovrà darne immediato avviso a RFI e sospendendo le eventuali forniture in corso, per l'esecuzione di una sessione straordinaria di prove periodiche di cui alla tabella 17.8.3.2-2. L'esito di tale sessione di prove determinerà la conferma dell'Attestato di Qualificazione, anche con eventuali limitazioni e/o prescrizioni, ovvero la sua revoca.

Qualora dalle prove periodiche ordinarie di cui alla tabella 17.8.3.2 risultassero valori non conformi relativamente ai requisiti geometrici e fisici, la validità dell'Attestato di Qualificazione e le eventuali forniture in corso verranno immediatamente sospese e si procederà alla ripetizione delle prove per verificare la conformità del pietrisco a tutti i requisiti prescritti. L'esito di tale seconda sessione di prove sarà determinante per la conferma dell'Attestato di Qualificazione, per la sua revoca, ovvero per l'emissione di un nuovo Attestato di Qualificazione con una nuova Categoria RFI di appartenenza inferiore a quella originaria.

In caso di revoca dell'Attestato di Qualificazione, il fabbricante, potrà attivare la procedura di rinnovo dell'Attestato di Qualificazione, documentando le azioni correttive attuate a garanzia del mantenimento dei requisiti prescritti.

Nel caso di valori non conformi del coefficiente L.A. (par. 17.5.2) oltre i limiti della Categoria RFI di appartenenza, rilevati durante l'esecuzione delle prove Los Angeles per il Rinnovo dell'Attestato di Qualificazione (par. 17.7.3) o per i controlli ordinari durante il periodo di validità dell'Attestato di Qualificazione (par. 17.8.2), si procederà con le seguenti modalità:

- per valori del Coefficiente L.A. **superiori** a quello indicato nell'Attestato di Qualificazione oltre il limite della Categoria RFI di appartenenza, si procederà secondo quanto indicato al secondo paragrafo del presente capitolo 17.8.4;
- per valori del Coefficiente L.A. **inferiori** a quello indicato nell'Attestato di Qualificazione oltre il limite della Categoria RFI di appartenenza, il fornitore potrà accettare la permanenza nella Categoria di appartenenza o, qualora intenda farsi riconoscere la nuova Categoria, dovrà richiedere l'attivazione di un nuovo processo per il rilascio dell'Attestato di Qualificazione.

Nel caso di valori non conformi relativamente alla presenza di componenti dannosi di cui al paragrafo 17.6, l'Attestato di Qualificazione verrà immediatamente revocato, verranno sospese le forniture eventualmente in corso ed il pietrisco sarà dichiarato non conforme, senza procedere ad alcuna ripetizione di prove.

RFI potrà accettare pietrisco non conforme per una determinata "categoria RFI", a seguito di specifica valutazione tecnica e delle quantità fornite, declassandolo ad una categoria inferiore con relativa riduzione del prezzo.

ALLEGATO 1

COMUNICAZIONE <u>SEMESTRALE</u> DEI FORNITORI QUALIFICATI DI PIETRISCO PER MASSICCIATA FERROVIARIA				
COMUNICAZIONE DEL/...../..... relativa all'anno		SEMESTRE:	1° semestre (giugno) <input type="checkbox"/>	2° semestre (dicembre) <input type="checkbox"/>
Dati del legale rappresentante dell'azienda che rilascia la presente dichiarazione				
Il sottoscritto....., nato a il/...../....., C.F., nella sua qualità di, dell'Impresa				
FIRMA _____				
DICHIARA QUANTO SEGUE:				
Denominazione Fornitore	Denominazione della Cava	Attestato di Qualificazione		
		Categoria assegnata	data rilascio	data scadenza
MONITORAGGIO DELL'ATTIVITA' ESTRATTIVA DELLA CAVA				
		m³	tonnellate	
Potenzialità estrattiva totale della cava				
Totale del Materiale estratto nel semestre di riferimento				
Materiale estratto nel semestre di riferimento destinato ad impianti ferroviari				
Materiale estratto nel semestre di riferimento per destinazioni diverse dagli impianti ferroviari				
Potenzialità estrattiva residua della cava				
		SI	NO	
Variazione del sito di estrazione o del fronte di scavo ⁽³⁾⁽⁴⁾		<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
Variazione della litologia o delle caratteristiche delle materie estratte ⁽³⁾⁽⁴⁾		<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
Modifiche all'impianto di produzione del pietrisco che possano influenzare le proprietà degli aggregati ⁽³⁾⁽⁴⁾		<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
Rilevazione di materiali estranei/diversi dal pietrisco o di sostanze pericolose durante le attività di estrazione ⁽³⁾⁽⁴⁾		<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
DOCUMENTAZIONE DA ALLEGARE ALLA SCHEDA DI MONITORAGGIO				N°
Certificati dell'ultimo ciclo di prove di laboratorio indicate al paragrafo 17.8.2.2 della Sezione 17 del Capitolato, effettuate nel semestre di riferimento				
Certificato del Controllo della Produzione in Fabbrica in corso di validità, completo di attestazione di conformità con sistema 2+ secondo i criteri indicati nell'appendice ZA della norma UNI EN 13450 ⁽³⁾				
Verbal di visita di sorveglianza, effettuati dall'Organismo di Certificazione nel semestre di riferimento				
Autorizzazione alla coltivazione della cava in corso di validità ⁽³⁾				
Copia del documento di identità del legale rappresentante dell'azienda che rilascia la presente dichiarazione, ai sensi del D.P.R. 445/2000 e s.mm.ii. ^{(1) (2)}				
NOTE				
1	La mancata o non veritiera comunicazione dei dati, la non conformità dei risultati delle prove di laboratorio o l'avvenuta scadenza del Certificato del Controllo della Produzione in Fabbrica o dell'autorizzazione alla coltivazione della cava, comporta l'immediata sospensione dell'Attestato di			
2	La presente dichiarazione viene rilasciata ai sensi degli artt. 75 e 76 del D.P.R. 445/2000.			
3	Solo se variata/o rispetto alla precedente comunicazione semestrale			
4	Barrare la caselle (SI/NO) che interessa			

**CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO
DELLE OPERE CIVILI**

**PARTE II - SEZIONE 18
UTILIZZO DI AGGREGATI RICICLATI E
TRATTAMENTI CON CALCE PER OPERE IN TERRA**


- 18.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE'
- 18.2 DOCUMENTAZIONE CORRELATA
- 18.3 DEFINIZIONI
- 18.4 ABBREVIAZIONI
- 18.5 UTILIZZO DI AGGREGATI RICICLATI COME MATERIALI PER LA REALIZZAZIONE DI OPERE IN TERRA
- 18.6 TRATTAMENTO DELLE TERRE CON CALCE

Rev.	Data	Descrizione	Redazione	Verifica Tecnica	Autorizzazione
A	22/12/2017	Emissione per Applicazione	L. Mostocotto S. Gorelli V. Ranucci	M. Mezzabotta L. Mostocotto	F. Iacobini

INDICE

18.1	SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE	4
18.1.1	SCOPO	4
18.1.2	CAMPO DI APPLICAZIONE	4
18.2	DOCUMENTAZIONE CORRELATA	4
18.2.1	NORMATIVA DI LEGGE	5
18.2.2	NORMATIVA TECNICA	5
18.2.3	NORMATIVA FERROVIARIA	10
18.2.4	BIBLIOGRAFIA	10
18.3	DEFINIZIONI	10
18.4	ABBREVIAZIONI	11
18.5	UTILIZZO DI AGGREGATI RICICLATI COME MATERIALI PER LA REALIZZAZIONE DI OPERE IN TERRA	12
18.5.1	CARATTERISTICHE TECNICHE E REQUISITI	12
18.5.1.1	Caratteristiche dei rifiuti di provenienza	12
18.5.1.2	Caratteristiche dell’Impianto di Riciclo	12
18.5.1.3	Caratteristiche degli aggregati riciclati	12
18.5.1.4	Requisiti degli aggregati riciclati	14
18.5.1.4.1	<i>Requisiti Dimensionali</i>	14
18.5.1.4.2	<i>Requisiti Fisici e Meccanici</i>	14
18.5.1.5	Requisiti del materiale posto in opera	15
18.5.1.5.1	<i>Requisiti Dimensionali</i>	15
18.5.1.5.2	<i>Requisiti Fisici e Meccanici</i>	15
18.5.2	POSA IN OPERA (COMPATTAZIONE E FINITURA)	15
18.5.3	CONTROLLI	16
18.5.3.1	Controllo di ecocompatibilità	16
18.5.3.2	Controlli sul materiale steso posato in opera e prima della compattazione	16
18.5.3.3	Controlli sul prodotto finale	17
18.5.4	MODALITA’ DI REALIZZAZIONE DELLE OPERE IN TERRA	17
18.5.5	SPECIFICHE PER GLI INTERVENTI DI BONIFICA	17
18.5.6	SPECIFICHE PER LA REALIZZAZIONE DI RILEVATI FERROVIARI	17
18.5.7	VERIFICHE DI STABILITA’	18
18.5.8	CAMPO PROVA	18
18.5.9	ELABORATI GRAFICI PROGETTUALI	19
18.5.9.1	Relazione tecnica	19
18.5.9.2	Elaborati grafici	20
18.5.9.3	Relazione sulla gestione dei materiali in corso d’opera	20

18.6	TRATTAMENTO DELLE TERRE CON CALCE	21
18.6.1	PRESCRIZIONI GENERALI	21
18.6.1.1	Sicurezza in cantiere e protezione ambientale.....	21
18.6.1.2	Rilevati ferroviari e altre opere in terra.....	21
18.6.2	MATERIALI.....	22
18.6.2.1	Terre.....	22
18.6.2.2	Calce.....	22
18.6.2.3	Acqua.....	23
18.6.3	TRATTAMENTO DELLE TERRE CON CALCE	23
18.6.3.1	FASE 1 - Identificazione della terra da trattare e definizione delle percentuali di calce	23
18.6.3.1.1	<i>Identificazione della terra da trattare.....</i>	23
18.6.3.1.2	<i>Definizione delle percentuali di calce per le miscele sperimentali</i>	24
18.6.3.2	FASE 2 - Determinazione dei parametri di riferimento del terreno e scelta delle miscele	24
18.6.3.3	FASE 3 - Realizzazione del campo prova.....	26
18.6.4	MODALITÀ DI ESECUZIONE E PRESCRIZIONI.....	29
18.6.4.1	Approvvigionamento e stoccaggio della calce.....	29
18.6.4.2	Modalità esecutive.....	29
18.6.4.2.1	<i>Individuazione delle aree di deposito/preparazione della miscela.....</i>	30
18.6.4.2.2	<i>Scotico del terreno.....</i>	30
18.6.4.2.3	<i>Trattamento del piano di posa.....</i>	30
18.6.4.2.4	<i>Operazioni preliminari all'esecuzione del trattamento.....</i>	30
18.6.4.2.5	<i>Spandimento della calce.....</i>	30
18.6.4.2.6	<i>Miscelazione terra/calce ed eventuale umidificazione del terreno da trattare</i>	31
18.6.4.2.7	<i>Stesa della miscela terra/calce (per miscele preparate fuori opera);</i>	32
18.6.4.2.8	<i>Compattazione e finitura degli strati.....</i>	32
18.6.5	CONTROLLI IN CORSO D'OPERA	32
18.6.5.1	Limiti di accettazione del Modulo di Deformazione.....	33
18.6.5.2	Limiti di accettazione del Grado di Costipamento.....	34

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI - PARTE II - SEZIONE 18 UTILIZZO DI AGGREGATI RICICLATI E TRATTAMENTI CON CALCE PER OPERE IN TERRA	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 18	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>003</u> <u>A</u>	FOGLIO 4 di 34

18.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente sezione è parte integrante del Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle Opere Civili (RFI DTC SI SP IFS 001) e sostituisce integralmente la revisione precedente, RFI DTC SI AG SP IFS 005 A, recependone integralmente i contenuti.

Il presente documento disciplina l'utilizzo di aggregati riciclati ed il trattamento dei terreni con calce nella realizzazione di opere in terra, così come più avanti definite.

18.1.1 SCOPO

Scopo del presente documento è favorire l'utilizzo di aggregati riciclati, derivanti da operazioni di recupero di rifiuti (macerie e calcestruzzo), e di terre trattate con calce, in sostituzione delle materie prime.

Il trattamento di terre naturali con calce è finalizzato al miglioramento e alla stabilizzazione delle terre naturali, altrimenti non utilizzabili.

18.1.2 CAMPO DI APPLICAZIONE

La Sezione 18 del Capitolato definisce le caratteristiche dei rifiuti da utilizzare per ottenere aggregati riciclati, degli impianti di trattamento, degli stessi aggregati riciclati, le metodologie di posa in opera e le tipologie e frequenze dei controlli nella realizzazione di opere in terra quali:

- corpo del rilevato ferroviario e di quello stradale;
- miglioramento delle caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni costituenti il piano di posa dei rilevati stradali e ferroviari mediante trattamento del terreno in sito o sostituzione dello stesso con terre trattate con calce per gli spessori da bonificare definiti in progetto;
- dune, colline artificiali, riempimenti, ritombamenti, sistemazioni ambientali, etc.

Gli aggregati riciclati, oggetto del presente documento, derivano da una o più operazioni di recupero di rifiuti provenienti da attività, quali ad esempio costruzione e demolizione edilizia, e devono assicurare il rispetto dei requisiti circa la "cessazione della qualifica di rifiuto" di cui all'articolo 184-ter del D. Lgs. 152/2006 e s.m.i. e della normativa di dettaglio prevista nello stesso articolo, oltre che degli ulteriori requisiti previsti nel presente testo.


Nell'ambito dei trattamenti con calce, il documento definisce le caratteristiche dei componenti e della miscela, le metodologie di posa in opera, i requisiti del prodotto finale, le modalità e le frequenze dei controlli che si applicano nei casi di trattamento a calce dei terreni argillosi, più o meno limosi, purché rispondenti ai requisiti indicati nei successivi paragrafi.

Tutte le prove ed i test di laboratorio indicati nel presente testo, dovranno essere effettuati unicamente in laboratori scelti fra quelli "ufficiali" o "autorizzati" ai sensi del D.P.R. 6.06.2001 n° 380.

18.2 DOCUMENTAZIONE CORRELATA

Di seguito si riportano le normative cogenti (Legislative + Manuali, Capitolati e Specifiche Tecniche di FERROVIE) in vigore al momento dell'edizione del presente Documento. Resta inteso che qualora le norme in questione fossero sostituite da altre più recenti, queste ultime prevarrebbero.

Vengono altresì di seguito riportate le Norme Tecniche indispensabili per qualificare e controllare le forniture dei materiali in questione, anch'esse potranno nel tempo subire variazioni con l'uscita di nuove edizioni; anche in questo caso le nuove norme possono sostituire quelle precedenti con l'accortezza che le stesse non influiscano nelle modalità costruttive delle opere e nella sostanza dei controlli sui materiali, ed in ogni caso le

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI - PARTE II - SEZIONE 18 UTILIZZO DI AGGREGATI RICICLATI E TRATTAMENTI CON CALCE PER OPERE IN TERRA	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 18	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>003</u> <u>A</u>	FOGLIO 5 di 34

approvazioni sulla loro applicazione dovranno provenire da FERROVIE. Non potrà, comunque in alcun modo essere modificata la tipologia di opera prevista, i requisiti prestazionali (se non in senso migliorativo), le modalità costruttive (a meno di miglioramenti connessi alla stabilità dell'opera o riduzioni dei cedimenti nel tempo). Non sono ammesse riduzioni sul numero e qualità dei controlli dei parametri fisico-meccanici, chimici e sul contenuto di contaminanti.

Per quanto riguarda l'utilizzo di aggregati riciclati, tutti i parametri di progettazione, costruzione, monitoraggio e controlli, incluso eventuali modifiche, dovranno essere contenuti in un Dossier "Qualità dell'opera". In tale dossier dovranno essere anche raccolte le documentazioni inerenti le richieste di modifiche progettuali e costruttive e le connesse approvazioni da parte di FERROVIE.

18.2.1 **NORMATIVA DI LEGGE**

- Circolare Ministero delle Infrastrutture n° 617 del 2/2/2009 – Suppl. Ord. G.U. n° 47 26/2/2009 "Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008"
- Circolare Ministero dei lavori Pubblici n°30483 del 24-9-1988 - Circolare esplicativa del D.M: 11-3-1988
- Decisione 2000/532/CE e s.m.i - Sostituzione della decisione 94/3/CE che istituisce un elenco di rifiuti conformemente all'articolo 1, lettera a), della direttiva 75/442/CE del Consiglio relativa ai rifiuti e della decisione 94/904/CE del Consiglio che istituisce un elenco di rifiuti pericolosi ai sensi dell'articolo 1, paragrafo 4, della direttiva 91/689/CEE del Consiglio relativa ai rifiuti pericolosi
- D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152 e s.m.i. - "Norme in materia ambientale" e relativi Allegati ed s.m.i.
- DLgs n° 163 del 2006 "Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE" Comprensivo dell'Allegato XXI
- D.M. LL.PP 11-3-1988 - Norme tecniche riguardo le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. Istruzioni per l'applicazione
- D.M. 05 febbraio 1998 e s.m.i., con relativi allegati - Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero ai sensi degli articoli 31 e 33 del D. Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22
- D.M. 8 maggio 2003 n. 203 - Norme affinché gli uffici pubblici e le società a prevalente capitale pubblico coprano il fabbisogno annuale di manufatti e beni con una quota di prodotti ottenuti da materiale riciclato nella misura non inferiore al 30% del fabbisogno medesimo
Circolare Min. Amb. n. 5205 del 15 luglio 2005
- D.M. 14 gennaio 2008 e s.m.i. - Norme Tecniche per le costruzioni - Circolare applicativa 617 del 2-2-2009 - Relativa alle Norme Tecniche per le Costruzioni del 14-1-2008
- D.M. 10 agosto 2012 n. 161 - Regolamento recante la disciplina dell'utilizzazione delle terre e rocce da scavo
- D.P.R 5 ottobre 2010 e s.m.i. - Regolamento di esecuzione ed attuazione del Decreto legislativo 12 aprile 2006 n° 163

18.2.2 **NORMATIVA TECNICA**


- AGI 1994 - Raccomandazione sulle prove geotecniche di laboratorio
- AGI 1977 - Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche
- ASTM C 977-03 - Specifica standard per la calce e calce idrata per la stabilizzazione del suolo
- ASTM D 2974 - Standard test methods for moisture, ash and organic Matter of Peat and other organics Soils
- BS 1377-1 Methods of test for soils for civil engineering purposes. Part 3: Chemical and electrochemical tests. Clause 5 "Determination of the sulphate content of soil and ground water"

- CNR BU n. 22 - Peso specifico apparente di una terra in sito
- CNR B.U. n. 36 - Stabilizzazione delle terre con calce
- CNR BU n. 146 - Determinazione dei moduli di deformazione Md e M'd mediante prova di carico a doppio ciclo con piastra circolare
- UNI EN 459-1 - Calci da costruzione - Definizioni, specifiche e criteri di conformità
- UNI EN 459-2 - Calci da costruzione – Metodi di prova
- UNI EN 459-3 - Calci da costruzione – Valutazione della conformità
- UNI EN 932-1 - Metodi di prova per determinare le proprietà generali degli aggregati: Metodi di campionamento.
- UNI EN 932-2 - Metodi di prova per determinare le proprietà generali degli aggregati: Metodi per la riduzione dei campioni di laboratorio.
- UNI EN 932-3 - Metodi di prova per determinare le proprietà generali degli aggregati: Procedura e terminologia per la descrizione petrografica semplificata.
- UNI EN 932-5 - Metodi di prova per determinare le proprietà generali degli aggregati - Parte 5: Attrezzatura comune e taratura.
- UNI EN 932-6 – Metodi di prova per determinare le proprietà generali degli aggregati: Definizioni di ripetibilità e riproducibilità.
- UNI EN 933-1 - Metodi di prova per determinare le proprietà generali degli aggregati: Determinazione della distribuzione granulometrica - Analisi granulometrica per setacciatura.
- UNI EN 933-2 - Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati -Determinazione della distribuzione granulometrica - Stacci di controllo, dimensioni nominali delle aperture
- UNI EN 933-3 - Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Parte 3: Determinazione della forma dei granuli - Indice di appiattimento.
- UNI EN 933-4 –Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Parte 4: Determinazione della forma dei granuli - indice di forma
- UNI EN 933-5 –Metodi di prova per determinare le proprietà generali degli aggregati: Determinazione della percentuale di superfici frantumate negli aggregati grossi.
- UNI EN 933-6 –Metodi di prova per determinare le proprietà generali degli aggregati: Valutazione delle caratteristiche superficiali - Coefficiente di scorrimento degli aggregati.
- UNI EN 933-8 –Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Parte 8:Valutazione dei fini - Prove dell'equivalente in sabbia.
- UNI EN 933-9 –Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Parte 9: Valutazione dei fini - Prova blu di metilene.
- UNI EN 933-10 –Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Parte 10: Valutazione dei fini - Granulometria dei filler (setacciatura a getto d'aria).
- UNI EN 933-11 –Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Parte 11: Prova di classificazione per i costituenti degli aggregati grossi riciclati.
- UNI EN 1097-1 -Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Parte 1: Determinazione della resistenza all'usura (micro-Deval).
- UNI EN 1097-2 –Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Parte 2: Metodi per la determinazione della resistenza alla frammentazione.
- UNI EN 1097-3 –Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Determinazione della massa volumica in mucchio e dei vuoti intergranulari.
- UNI EN 1097-4 –Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Parte 4: Determinazione della porosità del filler secco compattato.

- UNI EN 1097-5 – Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Parte 5: Determinazione del contenuto d'acqua per essiccazione in forno ventilato.
- UNI EN 1097-6 – Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Parte 6: Determinazione della massa volumica dei granuli e dell'assorbimento d'acqua.
- UNI EN 1097-7 – Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Parte 7: Determinazione della massa volumica dei filler - Metodo con picnometro.
- UNI EN 1097-10 - Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati-Parte 10: Determinazione dell'altezza di suzione dell'acqua
- UNI EN 1097-11 - Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati-Parte 11: Determinazione della compressibilità e della resistenza alla compressione triassiale degli aggregati leggeri
- UNI EN 1367-1 - Prove per determinare le proprietà termiche e la degradabilità degli aggregati - Determinazione della resistenza al gelo e disgelo.
- UNI EN 1367-2 - Prove per determinare le proprietà termiche e la degradabilità degli aggregati - Prova al solfato di magnesio.
- UNI EN 1367-4 - Prove per determinare le proprietà termiche e la degradabilità degli aggregati - Parte 4: Determinazione del ritiro per essiccamento.
- UNI EN 1367-6 - Prove per determinare le proprietà termiche e la degradabilità degli aggregati - Parte 6: Determinazione della resistenza al gelo e disgelo in presenza di sale (NaCl)
- UNI EN 1367-7 - Prove per determinare le proprietà termiche e la degradabilità degli aggregati. Parte 7: Determinazione della resistenza al gelo e disgelo degli aggregati leggeri
- UNI EN 1367-8 - Prove per determinare le proprietà termiche e la degradabilità degli aggregati. Parte 8: Determinazione della resistenza alla disintegrazione degli aggregati leggeri
- UNI EN 1744-1 - Prove per determinare le proprietà chimiche degli aggregati - Parte 1: Analisi chimica.
- UNI EN 1744-6 - Prove per determinare le proprietà chimiche degli aggregati - Parte 6: Determinazione dell'influenza di un estratto di aggregato riciclato sul tempo di inizio presa cemento.
- UNI ENV 1997-1 – Eurocodice 7 - Parte 1: Regole Generali
- UNI ENV 1997-2 – Eurocodice 7 - Parte 2: Progettazione assistita da prove di laboratorio
- UNI EN 1998-1 - Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici
- UNI EN 1998-5 - Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 5: Fondazioni, strutture e contenimento ed aspetti geotecnici.
- UNI 7980 - Qualità dell'acqua – Determinazione di calcio e magnesio – Metodo per spettrometria di assorbimento atomico
- UNI 9297 - Qualità dell'acqua – Determinazione dei cloruri – Titolazione con nitrato di argento e indicatore cromato (Metodo di Mohr)
- UNI EN ISO 9308-1 - Qualità dell'acqua – Ricerca ed enumerazione di Escherichia coli e batteri coliformi – Metodo di filtrazione su membrana
- UNI 9724-4 - Materiali lapidei – Confezionamento sezioni sottili e lucide
- UNI 10006 - Costruzione e manutenzione delle strade – tecnica di impiego delle terre (* limitatamente alla “Classificazione delle terre” - Capitolo 2)
- UNI CHIM 10503 - Metodo per la determinazione della silice contenuta nell'acqua destinata al consumo umano
- UNI EN 10675 - Acqua destinata al consumo umano – Ricerca e conta dei coliformi totali – Tecnica del numero più probabile
- UNI EN 10677 - Acqua destinata al consumo umano – Ricerca e conta degli enterococchi (Streptococchi fecali) – Tecnica del numero più probabile (MPN)

- UNI 10802 - Rifiuti - Campionamento manuale, preparazione del campione ed analisi degli eluati
- UNI 11531-1 - Costruzione e manutenzione delle opere civili delle infrastrutture – Criteri per l'impiego dei materiali - Parte 1: Terre e miscele di aggregati non legati
- UNI EN 12457-2 - Caratterizzazione dei rifiuti - Lisciviazione - Prova di conformità per la lisciviazione di rifiuti granulari e di fanghi - Parte 2: Prova a singolo stadio, con un rapporto liquido/solido di 10 l/kg, per materiali con particelle di dimensioni minori di 4 mm (con o senza riduzione delle dimensioni)
- UNI EN 13242 - Aggregati per materiali non legati e con legante idraulico per l'impiego in opere di ingegneria civile e nella costruzione di strade
- UNI EN 13285 - Miscele non legate – SPECIFICHE
- UNI EN 13286-2 e Errata Corrige del 2013– Miscele non legate e legate con leganti idraulici - Parte 2 - Metodi di prova per la determinazione della massa volumica e del contenuto di acqua di riferimento di laboratorio - Costipamento Proctor
- UNI EN 13286-7 - Miscele non legate e legate con leganti idraulici – Parte 7: Metodi di prova triassiale ciclica per miscele non legate.
- UNI EN 13286-41 - Miscele non legate e legate con leganti idraulici - Parte 41: Metodo di prova per la determinazione della resistenza a compressione di miscele legate con leganti idraulici
- UNI EN 13286-47 - Miscele non legate e legate con leganti idraulici – Parte 47: Metodo di prova per la determinazione dell'indice di portanza CBR, dell'indice di portanza immediata e del rigonfiamento
- UNI EN 13286 -48 - Determinazione del grado di polverizzazione
- UNI EN 13286-49 - Miscele non legate e legate con leganti idraulici – Parte 49: Prova di rigonfiamento accelerata per suoli trattati con calce e/o cemento
- UNI EN 13286-54 - Miscele non legate e legate con leganti idraulici – Parte 54: Metodo di prova per la determinazione della sensibilità al gelo – Resistenza al gelo e disgelo di miscele con leganti idraulici
- UNI EN 13395 - Qualità dell'acqua – Determinazione dell'azoto nitroso e dell'azoto nitrico e della somma dei due per analisi in flusso (CFA e FIA) e rivelazione spettrometrica
- UNI EN 13450 - Aggregati per massicciata per ferrovie
- UNI EN 13755 - Metodo di prova per pietre naturali – Determinazione dell'assorbimento dell'acqua a pressione atmosferica
- UNI EN 14227-11 - Miscele legate con leganti idraulici – Specifiche – Parte 11: Terre trattate con calce
- UNI EN 14227-13 - Miscele legate con leganti idraulici – Specifiche – Parte 13: Terre trattate con legante idraulico
- UNI EN ISO 14688-1 - Indagini e prove geotecniche. “Identificazione e classificazione dei terreni” – Parte 1 - Identificazione e descrizione
- UNI EN ISO 14688-2 - Indagini e prove geotecniche. “Identificazione e classificazione dei terreni” – Parte 2 - Principi per una classificazione
- UNI EN ISO 14689-1 - Indagini e prove geotecniche. Identificazione e classificazione delle rocce” – Identificazione e descrizione
- UNI CEN/TS 16637-1 - Valutazione del rilascio di sostanze pericolose Parte 1: Guida per la determinazione delle prove di lisciviazione e ulteriori fasi di prova
- UNI CEN/TS 16637-2 - Valutazione del rilascio di sostanze pericolose Parte 2: Prova di lisciviazione dinamica superficiale
- UNI EN 16687 -Prodotti da costruzione-Valutazione del rilascio di sostanza pericolose-Terminologia.
- UNI CEN ISO/TS 17892-1 – Indagini e prove geotecniche - Prove di laboratorio sui terreni - Parte 1: Determinazione del contenuto in acqua.
- UNI CEN ISO/TS 17892-2 – Indagini e prove geotecniche - Prove di laboratorio sui terreni - Parte 2: Determinazione della massa volumica dei terreni a grana fine.

- UNI CEN ISO/TS 17892-3 – Indagini e prove geotecniche - Prove di laboratorio sui terreni - Parte 3: Determinazione della massa volumica dei granuli solidi - Metodo del Picnometro.
- UNI CEN ISO/TS 17892-4 - Indagini e prove geotecniche - Prove di laboratorio sui terreni - Parte 4: Determinazione della distribuzione granulometrica.
- UNI CEN ISO/TS 17892-5 – Indagini e prove geotecniche - Prove di laboratorio sui terreni - Parte 5: Prova edometrica ad incrementi di carico.
- UNI CEN ISO/TS 17892-6 – Indagini e prove geotecniche - Prove di laboratorio sui terreni - Parte 6: Prova con la punta conica.
- UNI CEN ISO/TS 17892-7 – Indagini e prove geotecniche - Prove di laboratorio sui terreni - Parte 7: Prova di compressione non confinata su terreni a grana fine.
- UNI CEN ISO/TS 17892-8 – Indagini e prove geotecniche - Prove di laboratorio sui terreni - Parte 8: Prova triassiale non consolidata non drenata.
- UNI CEN ISO/TS 17892-9 – Indagini e prove geotecniche - Prove di laboratorio sui terreni - Parte 9: Prove di compressione triassiale, consolidate, su terreni saturi.
- UNI CEN ISO/TS 17892-10 – Indagini e prove geotecniche - Prove di laboratorio sui terreni - Parte 10: Prove di taglio diretto.
- UNI CEN ISO/TS 17892-11 – Indagini e prove geotecniche - Prove di laboratorio sui terreni - Parte 11: Determinazione della permeabilità con prove a carico costante o a carico variabile.
- UNI CEN ISO/TS 17892-12 – Indagini e prove geotecniche - Prove di laboratorio sui terreni - Parte 12: Determinazione dei limiti di Atterberg.
- UNI EN 22282-1 – Indagini e prove geotecniche - Prove idrauliche nel sottosuolo - Parte 1: Regole generali.
- UNI EN 22282-2 – Indagini e prove geotecniche - Prove idrauliche nel sottosuolo - Parte 2: Prove di permeabilità all'acqua eseguite in un foro di sondaggio a circuito aperto.
- UNI EN 22282-3 – Indagini e prove geotecniche - Prove idrauliche nel sottosuolo - Parte 3: Prove di pressione idraulica nelle rocce.
- UNI EN 22282-4 – Indagini e prove geotecniche - Prove idrauliche nel sottosuolo - Parte 4: Prove di pompaggio.
- UNI EN 22282-5 – Indagini e prove geotecniche - Prove idrauliche nel sottosuolo - Parte 5: Prove infiltrometriche.
- UNI EN 22282-6 – Indagini e prove geotecniche - Prove idrauliche nel sottosuolo - Parte 6: Prove di permeabilità all'acqua eseguite in un foro di sondaggio a circuito chiuso
- UNI EN 22475-1 - Indagini e prove geotecniche – Metodi di campionamento e misurazioni sull'acqua del sottosuolo – Parte 1 : Principi tecnici per l'esecuzione.
- UNI EN 22476-1 – Indagini e prove geotecniche - Prove in sito - Parte 1: Prova penetrometrica con cono elettrico e piezocono.
- UNI EN 22476-2 – Indagini e prove geotecniche - Prove in sito - Parte 2: Prova di penetrazione dinamica.
- UNI EN 22476-3 – Indagini e prove geotecniche - Prove in sito - Parte 3: Prova penetrometrica - dinamica tipo SPT (Standard Penetration Test).
- UNI EN 22476-4 – Indagini e prove geotecniche - Prove in sito - Parte 4: Prova con pressimetro Menard.
- UNI EN 22476-5 – Indagini e prove geotecniche - Prove in sito - Parte 5: Prova con dilatometro flessibile.
- UNI EN 22476-7 – Indagini e prove geotecniche - Prove in sito - Parte 7: Prova con martinetto in foro.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI - PARTE II - SEZIONE 18 UTILIZZO DI AGGREGATI RICICLATI E TRATTAMENTI CON CALCE PER OPERE IN TERRA	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 18	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>003</u> <u>A</u>	FOGLIO 10 di 34

- UNI EN 22476-10 – Indagini e prove geotecniche - Prove in sito - Parte 10: Prova di penetrazione sotto peso.
- UNI EN 22476-11 – Indagini e prove geotecniche - Prove in sito - Parte 11: Prova con dilatometro piatto.
- UNI EN 22476-12 – Indagini e prove geotecniche - Prove in sito - Parte 12: Prova meccanica di penetrazione del cono (CPTM).

18.2.3 **NORMATIVA FERROVIARIA**

- Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle Opere Civili RFI DTC SI SP IFS 001 A del 31/12/2016 (Rev A)
- Comunicazione operativa n. 264/RFI del 31/7/2009 – Procedura Operativa “Emissione e Gestione delle Disposizioni Organizzative a contenuto procedurale di RFI” codifica RFI DTC PD ORG 003 A
- Manuale di Progettazione RFI del 20/09/2004 – sezione II - Corpo Stradale e Geologia
- Tariffa prezzi “BA” di RFI - Tariffa base delle voci di uso più generalizzato
- Tariffa prezzi “IG” di RFI - Tariffa dei prezzi per Indagini geognostiche e prove geotecniche

I documenti sopra citati sono da intendersi nella loro revisione corrente e considerante le successive modifiche e integrazioni.

18.2.4 **BIBLIOGRAFIA**

- G. Tesoriere – Strade Ferrovie Aeroporti 2 Opere in terra e soprastrutture UTET
- Programma centrale ricerca e sviluppo – Materiali e sistemi innovativi nella realizzazione dei rilevati ferroviari –RFI –Università degli Studi di Roma “La Sapienza” e “Tor Vergata”
- Realisation des remblais et des couches de forme – fascicoli 1 e 2 SETRA

18.3 **DEFINIZIONI**

Nel presente documento si applicano le seguenti definizioni:

Aggregato naturale: Aggregato di origine naturale che sia stato sottoposto solo a lavorazione meccanica (UNI EN 13242-2008, punto 3.2).


Aggregato riciclato: Aggregato risultante dalla lavorazione di materiale inorganico precedentemente utilizzato nelle costruzioni (UNI EN 13242-2008, punto 3.4).

Calcestruzzi riciclati: costituiti prevalentemente da aggregati riciclati derivanti dal recupero di frammenti di conglomerati cementizi anche armati provenienti da demolizione di opere in c.a., dagli scarti dell’industria di prefabbricazione di manufatti in cemento anche armato, da traversine ferroviarie in c.a.v.p. etc..

Macerie: sono costituite dai residui da riciclare di laterizi, prodotti ceramici, sfridi di lavorazioni edilizie, detriti inerti, frammenti di sovrastrutture stradali e di conglomerati cementizi anche armati, nonché da altri materiali di integrazione rispondenti ai requisiti della normativa giuridica e tecnica ed a quelli della presente specifica.

Materiale: ai fini della presente Specifica Tecnica, si intende il materiale utilizzato per la realizzazione di opere in terra derivante dalla posa in opera di aggregati riciclati.

Miglioramento della terra mediante trattamento con calce: Trattamento con contenuto di calce pari al CIC (consumo iniziale di calce) per il miglioramento immediato delle caratteristiche geotecniche della terra stessa, quali la riduzione del contenuto d’acqua, l’incremento della capacità portante, l’aumento dell’umidità ottima di costipamento e la riduzione dell’indice di plasticità. Il miglioramento delle caratteristiche fisiche della terra con calce non è garantito come durevole nel tempo.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI - PARTE II - SEZIONE 18 UTILIZZO DI AGGREGATI RICICLATI E TRATTAMENTI CON CALCE PER OPERE IN TERRA	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 18	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>003</u> <u>A</u>	FOGLIO 11 di 34

Opere in terra: qualsiasi opera da realizzarsi con terre naturali o con aggregati ottenuti mediante trattamento di materiali naturali o riciclati, classificabili secondo la norma UNI 11531-1 e secondo la norma UNI EN 13242. A titolo esemplificativo rientrano in tale definizione le seguenti opere:

- i rilevati ferroviari, i rilevati stradali, le strade di pertinenza FS e le strade da consegnare ad Enti terzi, comprensivi dell'eventuale strato di bonifica, con esclusione dello strato anticapillare;
- le dune, le colline artificiali, i riempimenti, i ritombamenti, le sistemazioni ambientali, etc.

Rifiuti: le sostanze e gli oggetti di cui il detentore si disfi o abbia deciso o abbia l'obbligo di disfarsi ad un soggetto autorizzato alla loro gestione. Possono essere urbani o speciali, pericolosi o non pericolosi, secondo quanto previsto dagli articoli 183 e 184 del D. Lgs. 3 aprile 2006, n. 152 e s.m.i..

Stabilizzazione della terra mediante trattamento con calce: Trattamento con contenuto di calce superiore al CIC (consumo iniziale di calce) tale da conferire alla terra oltre alle caratteristiche indicate nel miglioramento anche una stabilità ed irreversibilità alle azioni dell'acqua e del gelo e quindi una durabilità nel tempo.

Terra trattata con calce: Miscela composta da terra, calce viva o idrata ed acqua, in quantità e rapporti tali da modificare le caratteristiche fisico-chimiche e meccaniche della terra, al fine di ottenere una miscela idonea per la formazione di strati di terreno che, dopo il costipamento, risultino di adeguata resistenza meccanica, nonché stabili all'azione dell'acqua e del gelo.


18.4 ABBREVIAZIONI

s.m.i.: Successive modifiche ed integrazioni (in genere riferito a norme legislative o tecniche).

D.lgs.: Decreto Legislativo

D.M. Decreto Ministeriale.

D.P.R.: Decreto Presidente della Repubblica

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI - PARTE II - SEZIONE 18 UTILIZZO DI AGGREGATI RICICLATI E TRATTAMENTI CON CALCE PER OPERE IN TERRA	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 18	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>003</u> <u>A</u>	FOGLIO 12 di 34

18.5 UTILIZZO DI AGGREGATI RICICLATI COME MATERIALI PER LA REALIZZAZIONE DI OPERE IN TERRA

18.5.1 CARATTERISTICHE TECNICHE E REQUISITI

Gli aggregati riciclati dovranno essere provvisti di marcatura CE ai sensi della norma UNI EN 13242.

18.5.1.1 Caratteristiche dei rifiuti di provenienza

Ai fini della produzione degli aggregati riciclati oggetto del presente documento, possono essere utilizzati esclusivamente i rifiuti che posseggono le caratteristiche per essere ammessi al trattamento in impianti di recupero autorizzati secondo le procedure di cui agli artt. 208 e seguenti del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i. (autorizzazione ordinaria) ovvero artt. 214 e 216 del medesimo D.Lgs. (procedure semplificate).

18.5.1.2 Caratteristiche dell'Impianto di Riciclo

L'impianto di recupero dovrà essere accettato da FERROVIE, previa verifica, per stabilirne l'idoneità alla fornitura del materiale, in relazione alle autorizzazioni di legge e alla conformità dell'impianto a dette autorizzazioni.

Inoltre l'impianto di recupero fisso o mobile dovrà essere dotato di Certificazione ISO 9001 e ISO 14001, con attestazione di conformità da parte di un Organismo Notificato terzo.

18.5.1.3 Caratteristiche degli aggregati riciclati

I rilevati ferroviari e le altre opere in terra costruite dalle FERROVIE saranno realizzati con aggregati riciclati la cui origine sia costituita prevalentemente da macerie e calcestruzzi riciclati che rispettano le caratteristiche descrittive di seguito riportate:

- Rifiuti costituiti da laterizi, intonaci e conglomerati di cemento armato e non, comprese le traverse e traversoni ferroviari e i pali in calcestruzzo armato provenienti da linee ferroviarie, telematiche ed elettriche e frammenti di rivestimenti stradali, purché privi di amianto;
- Rifiuti di rocce da cave autorizzate;
- Pietrisco tolto d'opera;
- Rifiuti costituiti da pietrisco di vagliatura del calcare.

I codici cer relativi ai rifiuti che potranno essere trattati in impianto di recupero per ricavarne gli aggregati riciclati utilizzabili tramite la presente specifica sono quelli di seguito riportati (dalla Decisione 2000/532/CE e s.m.i.):

17.01.01: Cemento;

17.01.02: Mattoni;

17.01.03: Mattonelle e ceramica (che dovranno essere in quantità limitata e comunque tale da non inficiare il prodotto "aggregato riciclato" per il fattore Indice di appiattimento);


17.01.07: Miscugli o scorie di cemento, mattonelle e ceramiche (se classificati non pericolosi);

17.05.04: Terre e rocce da scavo diverse da quelle di cui alla voce 17.05.03;

17.05.08: Pietrisco per massicciate ferroviarie diverso da quello di cui alla voce 17.05.07;

17.09.04: Rifiuti misti dell'attività di costruzione e demolizione (se classificati non pericolosi).

E' vietata la miscelazione con altre sostanze qualora le suddette miscele non siano state previamente e specificamente testate ed approvate da FERROVIE e comunque classificate non pericolose.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI - PARTE II - SEZIONE 18 UTILIZZO DI AGGREGATI RICICLATI E TRATTAMENTI CON CALCE PER OPERE IN TERRA	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 18	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>003</u> <u>A</u>	FOGLIO 13 di 34

Il materiale denominato calcestruzzo riciclato dovrà avere le caratteristiche indicate nella tabella 18.5.1.3-1.

Tabella 18.5.1.3-1: Caratteristiche del calcestruzzo riciclato

<i>Componenti</i>		<i>Percentuale in massa</i>
Componenti principali	calcestruzzo (massa volumica apparente dei granuli > 2,1 t/m ³)	> 80
	materiali litoidi frantumati(*)	≤ 10
Altri componenti	muratura frantumata	≤ 10
	malte e/o conglomerati bituminosi frantumati	≤ 10
	Complessivamente:	≤ 10
Altre sostanze	componenti non litoidi	≤ 0,1
	argilla e limo(*) .	≤ 1
Sostanze organiche	Complessivamente	≤ 0,1
Ecocompatibilità	Rispetto valori limite test di cessione D.M. 5.2.1998 e s.m.i.	

(*) Sono esclusi materiali argillo-scistosi e gessoso-solfatici.

Il materiale denominato macerie dovrà avere le caratteristiche indicate nella tabella 18.5.1.3-2.

Tabella 18.5.1.3-2: Caratteristiche delle macerie

<i>Componenti</i>		<i>Percentuale in massa</i>
Componenti principali	scarti edilizi di murature, rivestimenti e allettamenti (massa volumica apparente dei granuli > 1.6 t/m ³) calcestruzzo (massa volumica apparente dei granuli > 2.1 t/m ³) e roccia frantumata(*)	> 80
Altri componenti	componenti litoidi e terre incoerenti(*) con massa volumica apparente dei granuli < 1.6 t/m ³	≤ 20
	malte e/o conglomerati bituminosi frantumati	≤ 5
	Complessivamente	≤ 20
Altre sostanze	componenti non litoidi e argilla(*)	≤ 1
Sostanze organiche	Complessivamente	≤ 0,1
Ecocompatibilità	Rispetto valori limite test di cessione D.M. 5.2.1998 e s.m.i.	

(*) Sono esclusi materiali argillo-scistosi e gessoso-solfatici.

Gli aggregati riciclati, prima del loro impiego nella realizzazione delle opere in terra, dovranno essere stoccati in cantiere secondo le modalità indicate nel paragrafo 5.1.4 della norma UNI 11531.

Gli aggregati riciclati (calcestruzzi e macerie), dovranno essere sottoposti in laboratorio a prove di costipamento, secondo quanto stabilito dalla prova di costipamento proctor modificata (AASHTO)(UNI EN 13286-2), per la determinazione del valore massimo della Massa Volumica e dell'umidità ottima.

E' consentito miscelare le macerie e i calcestruzzi riciclati solo con sabbie, per migliorarne l'assortimento granulometrico; il prodotto della miscelazione deve comunque rispondere a tutti i requisiti di cui al presente documento.

18.5.1.4 Requisiti degli aggregati riciclati

In generale, gli aggregati riciclati da utilizzare nella realizzazione di opere in terra devono possedere le caratteristiche stabilite dalle Leggi, dai Regolamenti, dalle Norme armonizzate e dalle Norme UNI vigenti in materia, anche se non espressamente richiamate nella presente specifica. Inoltre ogni fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE e, prima della loro posa in opera, dovranno rispondere ai requisiti di seguito riportati e risultanti da prove di laboratorio sui campioni rappresentativi, prelevati secondo le modalità indicate nella norma UNI EN 932-1, ed eseguite a cura del produttore.

18.5.1.4.1 Requisiti Dimensionali

Granulometria

La granulometria degli aggregati riciclati, secondo la norma UNI EN 933-1, dovrà essere definita utilizzando almeno i seguenti setacci (mm): 0.063, 0.4, 2, 4, 8, 31.5, e 63.

La curva granulometrica deve essere continua, tipica di un materiale classificato come A1a dal Prospetto 1 della Norma UNI 11531 e caratterizzata da un grado di uniformità G.U. ($=D_{60}/D_{10}$) ≥ 15 ; il passante al setaccio 0.4 mm deve essere maggiore del 8% ed il passante al setaccio 0.063 deve essere invece inferiore o uguale al 15%.

La dimensione massima dei granuli non dovrà essere superiore a 63 mm con i limiti di accettabilità riportati in tabella 18.5.1.4.1-1.

Tabella 18.5.1.4.1-1: Limiti di accettabilità

D = 63 mm	Passante (%)				
	2 D	1,4 D	D	0,4 mm	0,063 mm
	100 %	95% ÷ 100%	90% ÷ 100%	$\geq 8\%$	$\leq 15\%$


Indice di appiattimento (NORMA UNI EN 933-3)

Per la frazione di aggregati riciclati di dimensione superiore a 4 mm, l'indice di appiattimento dovrà essere ≤ 20 .

18.5.1.4.2 Requisiti Fisici e Meccanici

Coefficiente Los Angeles (NORMA UNI EN 1097-2)

Il coefficiente Los Angeles deve essere ≤ 40 .

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI - PARTE II - SEZIONE 18 UTILIZZO DI AGGREGATI RICICLATI E TRATTAMENTI CON CALCE PER OPERE IN TERRA	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 18	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>003</u> <u>A</u>	FOGLIO 15 di 34

Rigonfiamento (norma UNI EN 13286-47)

La percentuale di rigonfiamento, determinata secondo le modalità della prova CBR dovrà essere inferiore all'1%.

Indice di plasticità (Limiti di consistenza : norma UNI CEN ISO/TS 17892-12 del 2005)

Gli aggregati riciclati devono avere l'Indice di plasticità I.P. ≤ 6 .

Contenuto di sostanze organiche (Norma UNI EN 1744-1)

Il contenuto di sostanze organiche dovrà essere inferiore a 0,1 % in massa.

18.5.1.5 Requisiti del materiale posto in opera

Il materiale, a seguito della compattazione e della relativa frantumazione, dovrà rispondere ai seguenti requisiti.

18.5.1.5.1 Requisiti Dimensionali

Granulometria (Norma UNI EN 933-1)

La percentuale di materiale passante al setaccio 0.063 non dovrà essere superiore al 20%.

18.5.1.5.2 Requisiti Fisici e Meccanici

Modulo di deformazione (CNR B.U. 146/92)

Il modulo di deformazione, determinato mediante prova di carico su piastra di diametro 30 cm, al primo ciclo di carico non dovrà essere inferiore a:

- 20 Mpa: nell'intervallo di carico $0,15 \div 0,25$ Mpa, per gli strati dei rilevati ferroviari e strade di pertinenza FS limitatamente alla fascia di 1 m dal bordo della scarpata;
- 20 Mpa: nell'intervallo $0,05 \div 0,15$ Mpa per gli strati di bonifica e del piano di posa dei rilevati;
- 40 Mpa: nell'intervallo $0,15 - 0,25$ MPa per i rilevati ferroviari e di strade di pertinenza FS; per i piani di posa in trincea;
- 15 Mpa: nell'intervallo di carico $0,05 \div 0,15$ MPa per le dune, colline artificiali, ritombamenti, sistemazioni ambientali, etc.;

Per le strade da destinare a terzi il valore è da definire con l'Ente gestore dell'infrastruttura medesima.


Grado di costipamento (norma UNI EN 13286-2)

Il grado di costipamento, determinato mediante il rapporto tra la massa volumica del secco raggiunta in sito e quella massima del secco ottenuta in laboratorio, secondo quanto stabilito dalla prova di costipamento proctor modificata (AASHTO), con determinazione del grado di umidità ottimale (W_{opt}), dovrà essere non inferiore a:

- 95% :per il piano di posa dei rilevati ferroviari e stradali di pertinenza FS
- 98% :per i rilevati ferroviari e stradali di pertinenza FS; per i piani di posa in trincea
- 95% :per le dune, colline artificiali, ritombamenti, sistemazioni ambientali, etc. da definire con l'Ente gestore, per le strade destinate a terzi.

18.5.2 POSA IN OPERA (COMPATTAZIONE E FINITURA)

Il materiale dovrà essere steso in strati non superiori a 30 cm e costipato mediante rullatura. La superficie superiore degli strati avrà una pendenza trasversale pari a circa il 3% e comunque tale da garantire lo smaltimento delle acque meteoriche; dovrà essere evitata la formazione di avvallamenti o solchi. Detta pendenza dovrà essere mantenuta durante il lavoro e il transito dei mezzi di cantiere, impiegando allo scopo le livellatrici.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI - PARTE II - SEZIONE 18 UTILIZZO DI AGGREGATI RICICLATI E TRATTAMENTI CON CALCE PER OPERE IN TERRA	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 18	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>003</u> <u>A</u>	FOGLIO 16 di 34

Le operazioni di compattazione dovranno essere determinate mediante la messa a punto degli schemi di rullatura che dovranno essere definiti prima dell'inizio dei lavori.

Salvo diverse indicazioni di FERROVIE viene stabilito che:

- la stesa del materiale deve essere eseguita con regolarità per strati di spessore costante, con modalità e attrezzature atte a evitare segregazione, brusche variazioni granulometriche e del contenuto d'acqua;
- per evitare disomogeneità dovute alla segregazione, che può verificarsi durante lo scarico dai mezzi di trasporto, il materiale deve essere depositato direttamente sulla superficie di posa per poi essere livellato e omogeneizzato con mezzi meccanici, evitando cumuli provvisori.
- la granulometria dei materiali costituenti i diversi strati del corpo del rilevato deve essere la più omogenea possibile. In particolare, deve evitarsi di porre in contatto strati di materiale a granulometria poco assortita o uniforme (tale, cioè, da produrre nello strato compattato elevata percentuale di vuoti), a strati di materiale a grana più fine che, durante l'esercizio, per effetto delle vibrazioni prodotte dal traffico, possano penetrare nei vuoti degli strati sottostanti, provocando cedimenti per assestamento del corpo del rilevato;
- ciascuno strato può essere messo in opera, pena la rimozione, soltanto dopo aver accertato, mediante prove di controllo, l'idoneità dello strato precedente.

18.5.3 CONTROLLI

18.5.3.1 Controllo di ecocompatibilità

FERROVIE effettuerà un ulteriore controllo di ecocompatibilità sul materiale acquistato, attraverso l'esecuzione di un test di cessione.

I valori limite da considerare sono quelli risultanti dall'Allegato 3 al D.M. 05/02/98.

Il campionamento del materiale verrà effettuato mediante prelievo di due aliquote su cumulo prima della posa in opera; su uno dei campioni verranno effettuate le determinazioni analitiche di laboratorio. Nel caso di esito negativo del test di cessione (superamento dei limiti tabellari) si procederà alla sospensione della fornitura ed alla esecuzione delle prove sul secondo campione, sigillato e conservato secondo le modalità più opportune per evitare perdite di umidità del campione medesimo. La fornitura potrà essere riattivata solo nel caso di conformità dei risultati delle prove eseguite sul secondo campione; in caso contrario il materiale non potrà essere accettato. Il cumulo campionato non potrà essere posto in opera prima dei risultati del test di cessione. Dovrà essere effettuato almeno un campionamento, indipendentemente dalla quantità acquistata, e comunque un campionamento almeno ogni 3 mesi.

FERROVIE potrà, a suo insindacabile giudizio, disporre un numero superiore di controlli.

I costi connessi all'effettuazione di tali controlli di ecocompatibilità (campionamenti e test di cessione) dovranno contrattualmente essere attribuiti all'ESECUTORE, in quanto il costo a mc del materiale fornito dovrà includere tale onere.

L'ESECUTORE dovrà predisporre un'apposita area dove dovrà essere separatamente stoccato il materiale oggetto di controllo.

A seguito dell'esito positivo delle prove di caratterizzazione succitate e del test di cessione, FERROVIE potrà disporre dell'utilizzo del materiale.

18.5.3.2 Controlli sul materiale steso posato in opera e prima della compattazione

I controlli e le prove da effettuare per garantire i requisiti di cui al paragrafo 18.5.1.5 dovranno riguardare:

- la granulometria;

- il contenuto d'acqua (Norma UNI EN 13286-2);
- il peso specifico (Norma UNI EN 13286-2);
- la prova di addensamento PROCTOR, con determinazione del valore ottimale del contenuto d'acqua (W_{opt}) (Norma UNI EN 13286-2).

Dopo la stesa del materiale, prima della compattazione, si dovrà verificare che il contenuto d'acqua si discosti $\pm 2\%$ dal valore ottimale ottenuto dalla prova proctor. In caso contrario si dovrà procedere all'umidificazione o essiccamento al fine di rientrare in tale range.

I controlli e le prove da effettuare in corso d'opera dovranno essere riportate in un apposito Piano di Controllo Qualità (PCQ), che dovrà essere preventivamente approvato da FERROVIE.

Il PCQ, corredato dalla documentazione relativa ai controlli e alle prove succitate farà parte del Dossier Qualità dell'opera.

18.5.3.3 Controlli sul prodotto finale

Ogni 2000 m² di materiale steso in opera e compattato, si dovrà verificare che le caratteristiche del prodotto finale rispettino i requisiti riportati nel par. 18.5.1.5.

Dovranno, quindi, essere eseguite le seguenti prove:

- analisi granulometrica (paragrafi 18.5.1.4.1 e 18.5.1.5.1);
- prova di carico su piastra a doppio ciclo con misura dei moduli di deformazione (paragrafo 18.5.1.5.2);
- determinazione del grado di addensamento con misura della densità in sito (Norma CNR/BU n. 22/72);
- misura dello spessore dello strato.

Anche tali controlli dovranno essere pianificati in un PCQ e documentati attraverso bollettini che faranno parte del Dossier Qualità dell'Opera.

18.5.4 MODALITA' DI REALIZZAZIONE DELLE OPERE IN TERRA

Tutte le opere in terra realizzate con materiali di recupero dovranno essere protette dalle infiltrazioni di acque meteoriche, da fenomeni di risalita capillare, da allagamenti etc. Ciascun materiale dovrà essere posto in opera, di norma, in modo tale da mantenere un'omogeneità in senso orizzontale e verticale.

18.5.5 SPECIFICHE PER GLI INTERVENTI DI BONIFICA

Il trattamento dello strato di bonifica verrà realizzato nei casi nei quali, sulla base di un'analisi geotecnica del problema, se ne dimostri la necessità. Qualora si rendesse necessaria la realizzazione di tali strati è indispensabile definire, sempre mediante un'analisi geotecnica, le dimensioni dell'intervento (spessore ed estensione).

Per la realizzazione degli strati di bonifica è consentito solo l'utilizzo di cls riciclati.

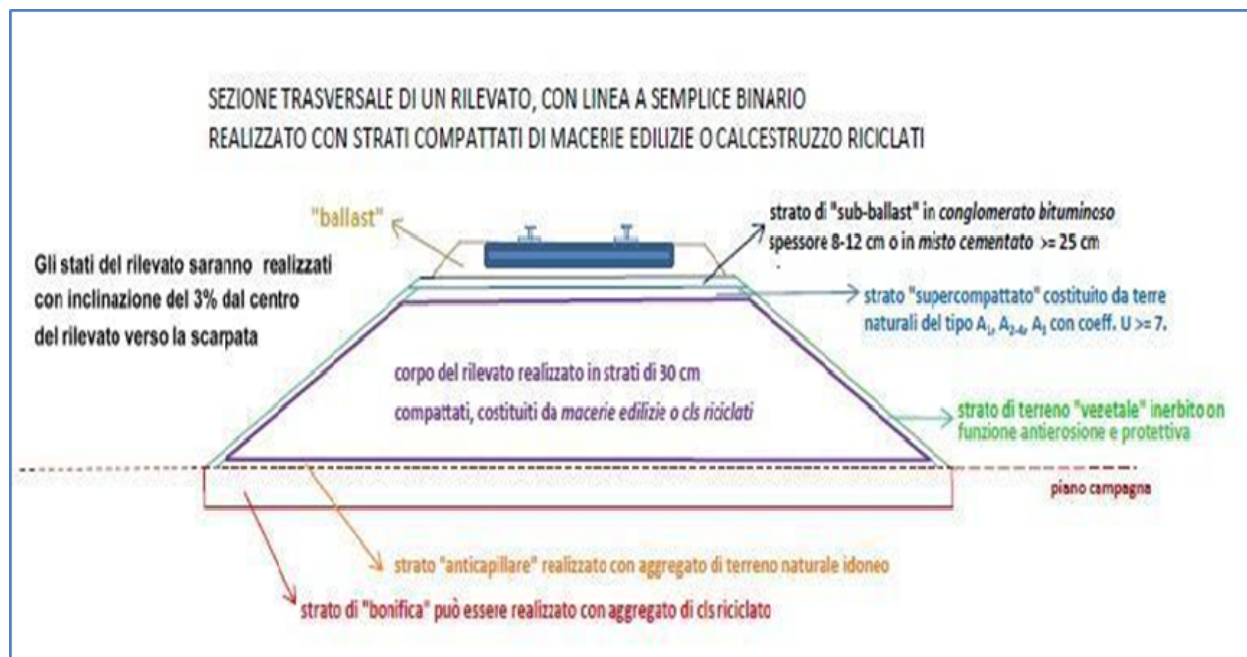
18.5.6 SPECIFICHE PER LA REALIZZAZIONE DI RILEVATI FERROVIARI

L'utilizzo di aggregati riciclati provenienti dalle demolizioni edilizie per la realizzazione del corpo dei rilevati ferroviari, è consentito fino al limite inferiore dello strato di supercompattato purché interessi tutto il corpo del rilevato.

In senso orizzontale e verticale dovrà essere comunque garantita l'omogeneità dei materiali utilizzati, vedere Figura 18.5.6-1.

Gli strati di aggregati riciclati compattati dovranno comunque essere confinati tra opere quali tombini, attraversamenti, opere d'arte etc. onde evitare che, al contatto con materiali di caratteristiche differenti, si formino giunti o superficie di discontinuità.

Figura 18.5.6-1: sezione trasversale di un rilevato, con linea a semplice binario realizzato con strati compattati di macerie edilizie o calcestruzzo riciclati.



E' fatto divieto di impiegare gli aggregati riciclati, sia quelli del tipo denominato "calcestruzzi" sia quelli del tipo denominati "macerie" come ultimo strato fortemente compattato (ovvero supercompattato) e come strato anticapillare nella realizzazione dei rilevati ferroviari.

18.5.7 VERIFICHE DI STABILITA'


Per quanto riguarda le verifiche di stabilità globale di cui alle NTC 2008 e subordinatamente al DM 11/03/88, i parametri di resistenza al taglio dei materiali che costituiscono le opere in terra, da utilizzare nelle verifiche generali di stabilità del rilevato, devono essere derivati dai risultati delle prove di laboratorio eseguite sui campioni compattati, secondo quanto stabilito dalla prova di costipamento proctor modificata (AASTHO) o da altri test preventivamente autorizzati da FERROVIE.

18.5.8 CAMPO PROVA

Il campo prova dovrà essere sempre realizzato per determinare le modalità ottimali di compattazione degli strati del rilevato; tale campo prova dovrà essere predisposto qualora l'impiego degli aggregati riciclati per la realizzazione degli strati del corpo dei rilevati superi complessivamente il volume di 30.000 m³ nell'ambito di un tratto di linea di 5 Km.

L'onere economico della sperimentazione in campo prova, ove prevista, è compreso e compensato nei prezzi di tariffa per la formazione delle opere in terra (Tariffa BA).

Il progetto del Campo prova, definito nel dettaglio, dovrà essere presentato dall'ESECUTORE ed approvato da FERROVIE. I risultati ottenuti con il Campo prova dovranno soddisfare i requisiti richiesti al paragrafo

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI - PARTE II - SEZIONE 18 UTILIZZO DI AGGREGATI RICICLATI E TRATTAMENTI CON CALCE PER OPERE IN TERRA	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 18	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>003</u> <u>A</u>	FOGLIO 19 di 34

18.5.1.5. Qualora questi non venissero raggiunti, dovranno essere modificati i metodi di compattazione, fino al raggiungimento degli stessi .

Salvo diverse indicazioni di FERROVIE per quanto riguarda le modalità operative, che dovranno essere dettagliate nel progetto presentato per l'approvazione, si stabilisce che:

- l'area prescelta per la prova in vera grandezza deve essere perfettamente livellata, compattata e tale da presentare caratteristiche di deformabilità analoghe a quelle dei materiali in esame;
- la larghezza della stesa di prova deve risultare almeno pari a tre volte quella del rullo;
- gli aggregati riciclati vanno stesi in strati di spessore costante (o variabile qualora se ne voglia individuare lo spessore ottimale prima della compattazione), provvedendo a compattarli con regolarità ed uniformità e simulando, durante tutte le fasi di lavoro, le modalità esecutive che poi saranno osservate nel corso dei lavori;
- per ciascun tipo di materiale e per ogni modalità esecutiva, occorre mettere in opera almeno 2 o 3 strati successivi; per ciascuno di essi vanno eseguite prove di controllo dopo successive passate. Il giudizio sull'idoneità del materiale e sulla sua compattazione andrà effettuato sulla base delle risultanze delle prove ottenute sullo strato più alto.

Al fine di valutare le caratteristiche di portanza dei materiali e determinare le più idonee modalità di compattazione degli stessi, dovranno essere effettuate le seguenti le prove in sito ed in laboratorio, in almeno 5 punti appartenenti ad una porzione omogenea di ogni strato realizzato sul campo prova:

- determinazione del modulo di deformazione con piastra di diametro 30 cm (paragrafo 18.5.1.5.2)
- determinazione dell'indice di portanza CBR in sito (UNI EN 13286-47);
- determinazione della densità in sito e del contenuto d'acqua (paragrafo 18.5.1.5.2), nelle porzioni di terreno poste in vicinanza dei punti di misura del modulo di deformazione;
- determinazione dello spessore degli strati finiti.

Per ogni strato realizzato, infine, dovranno essere verificate le caratteristiche granulometriche del materiale già costipato, al fine di effettuare un confronto con la granulometria degli aggregati riciclati prima della messa in opera (paragrafi 18.5.1.4.1 e 18.5.1.5.1).

Il sito della prova può essere compreso nell'area d'ingombro del corpo del rilevato ferroviario: in questo caso dopo la sperimentazione è fatto obbligo all'impresa di demolire le sole parti del manufatto non accettabili rispetto alle prestazioni richieste nella configurazione finale.

La sperimentazione va completata prima di avviare l'esecuzione dei rilevati, per essere di conferma e di riferimento al programma dettagliato dei movimenti di materia e alle modalità delle lavorazioni. La sperimentazione va ripetuta in caso di variazione del parco macchine o delle modalità esecutive.


I risultati delle prove vanno riportati in apposito Verbale redatto da FERROVIE, che ne trae le conclusioni sull'accettazione dei materiali sperimentati, delle macchine operatrici e sulle modalità di posa in opera.

18.5.9 ELABORATI GRAFICI PROGETTUALI

I seguenti elaborati minimi si intendono necessari nell'ambito della progettazione di opere in terra realizzate con aggregati riciclati.

18.5.9.1 Relazione tecnica

Contenuto: dovranno essere indicati tutti i dati relativi all'approvvigionamento degli aggregati riciclati; dovranno essere riportate le caratteristiche degli aggregati riciclati e dei materiali posti in opera determinate sulla base dei risultati delle prove di laboratorio (i cui certificati saranno allegati alla relazione stessa); inoltre, dovranno essere riportate le verifiche di stabilità globale di cui alle NTC 2008 e la descrizione delle fasi

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI - PARTE II - SEZIONE 18 UTILIZZO DI AGGREGATI RICICLATI E TRATTAMENTI CON CALCE PER OPERE IN TERRA	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 18	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>003</u> <u>A</u>	FOGLIO 20 di 34

esecutive e di cantierizzazione. Nella relazione dovrà essere riportata anche tutta la documentazione relativa alla marcatura CE trasmessa dall'impianto di recupero.

18.5.9.2 Elaborati grafici

1) Planimetria di progetto (Scala:1:500/1:5.000)

La planimetria dovrà contenere una rappresentazione del corpo stradale, ferroviario o idraulico, che dovrà essere rappresentato in ogni sua parte (scarpate, opere di sostegno, fossi di guardia, opere idrauliche, reti di recinzione, fasce di rispetto), allo scopo di determinare esattamente l'ingombro dell'infrastruttura. Dovranno, inoltre, essere rappresentate le caratteristiche geometriche del tracciato e le opere d'arte.

2) Profili (Scala:1:500/1:5.000)

Contenuto: Profilo longitudinale altimetrici delle opere e dei lavori da realizzare, contenenti l'indicazione di tutte le opere d'arte previste, le intersezioni con reti di trasporto, di servizi e idrologiche, le caratteristiche geometriche del tracciato.

3) Sezioni tipo (Scala:1:50)

Contenuto: dovranno essere indicati, per ciascuno strato (compreso quello anticapillare e il super compattato), le tipologie di materiali impiegati, lo spessore, l'inclinazione.

Occorre inoltre specificare, sempre con riferimento ad ogni strato, il valore del modulo di deformazione M_d e il grado di costipamento.

Indicare, infine, la posizione di eventuali opere di contenimento (muretti, gabbionate...) e delle opere idrauliche. Dovranno altresì essere rappresentati i volumi di terreno trattati per il passaggio alle opere d'arte di attraversamento.

4) Planimetrie (scala 1:500/1:5.000) e sezioni (scala 1:50) delle fasi esecutive;


5) Planimetrie (scala 1:500/1:5.000) e sezioni (scala 1:50) della fase di cantierizzazione

6) Planimetrie (scala 1:500/1:5.000) e sezioni (scala 1:50) della sistemazione finale e rinaturazione delle aree di cantiere

18.5.9.3 Relazione sulla gestione dei materiali in corso d'opera

Nella relazione dovranno essere indicati tutti i dati relativi alle tipologie e alle frequenze dei controlli, nonché i valori di riferimento desunti dalle risultanze del campo prova (paragrafo 18.5.8).

Tali controlli saranno riportati in appositi schemi operativi di dettaglio dove verranno descritte, tra l'altro, il numero di passate da effettuare, le modalità di essiccazione e umidificazione, il numero e la posizione delle prove di controllo da eseguirsi, il tipo di macchinari da impiegarsi, le aree di stoccaggio degli aggregati riciclati in attesa dell'impiego.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI - PARTE II - SEZIONE 18 UTILIZZO DI AGGREGATI RICICLATI E TRATTAMENTI CON CALCE PER OPERE IN TERRA	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 18	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>003</u> <u>A</u>	FOGLIO 21 di 34

18.6 TRATTAMENTO DELLE TERRE CON CALCE

18.6.1 PRESCRIZIONI GENERALI

18.6.1.1 Sicurezza in cantiere e protezione ambientale

Il trattamento delle terre con calce, per le caratteristiche dei materiali utilizzati, comporta la necessità di individuare i rischi specifici connessi all'utilizzo di calce viva o idrata e l'adozione di misure di protezione individuale e collettiva previste dalle norme vigenti.

Il trattamento con calce dovrà essere realizzato nel rispetto della normativa vigente in materia di tutela dell'ambiente, in particolare circa i controlli da effettuarsi sulle terre da trattare per la possibile presenza di sostanze inquinanti e/o pericolose. Il suddetto rispetto sarà accertato secondo quanto previsto dalle norme mediante un'attività di analisi preventiva dei terreni da trattare (norma UNI EN 16687).

18.6.1.2 Rilevati ferroviari e altre opere in terra

Per la realizzazione del corpo del rilevato ferroviario è consentito ricorrere all'utilizzo di terra trattata con calce, garantendone l'omogeneità geotecnica lungo il piano orizzontale (sia longitudinalmente che trasversalmente). Non è ammessa l'alternanza di strati di terra trattata con calce con altri di diversa natura.

Il trattamento sarà realizzato sino alla superficie di contatto con il supercompattato, formato mediante almeno 2 strati da 30 cm ciascuno come schematizzato in Figura 18.6.1.2-1.

Il valore del modulo di deformazione dei due strati di supercompattato (I° e II°), deve risultare non inferiore a 80 MPa (norma CNR B.U. n. 146) ed il valore del grado di costipamento non deve essere inferiore al 98% (Proctor modificata).

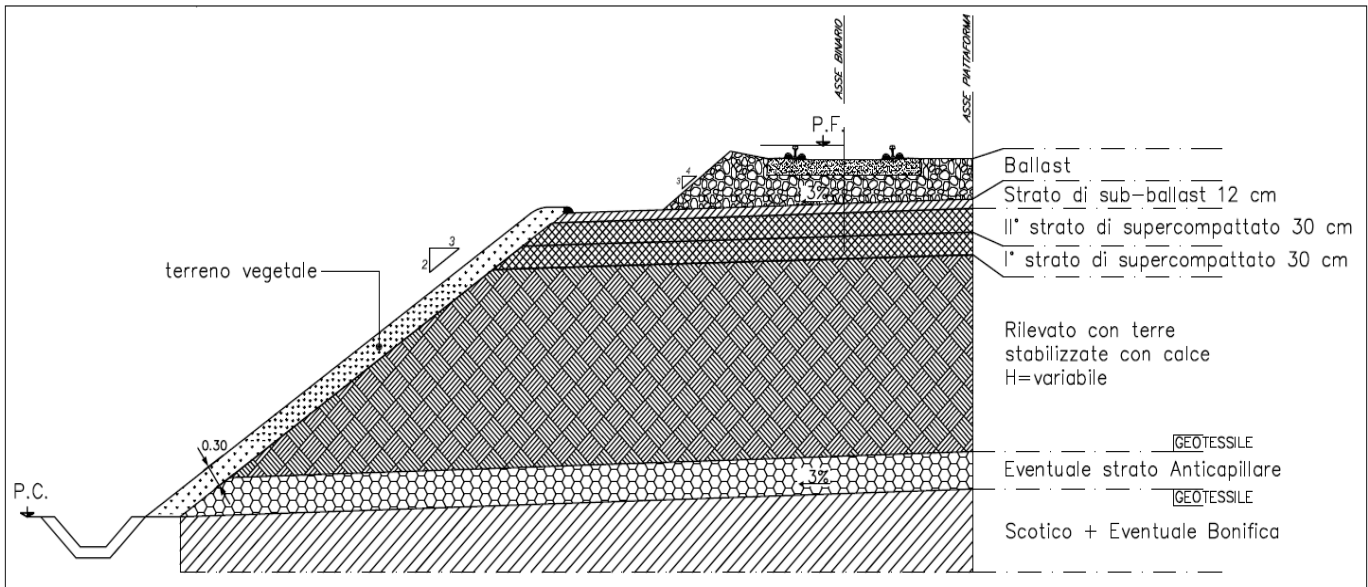
I rilevati realizzati con terre trattate a calce dovranno di norma essere confinati longitudinalmente tra manufatti quali tombini, attraversamenti, opere d'arte e relativi eventuali blocchi tecnici, etc.

Gli strati del corpo del rilevato, potranno essere realizzati con miscele terra/calce ottenute con lavorazione "fuori opera" oppure in sito.

In caso di lavorazione fuori opera, il terreno naturale dovrà essere steso, addizionato con calce e miscelato in appositi siti dedicati, diversi da quelli interessati dalla costruzione del rilevato.

Nei casi di realizzazione della miscela in sito, le lavorazioni (stesa, spandimento della calce e miscelazione) saranno eseguite in opera per tutti gli strati del corpo del rilevato ad eccezione di quello posto direttamente sopra lo strato anticapillare. La miscela che costituirà tale strato dovrà essere preparata "fuori opera" al fine di garantire che il macchinario di disgregazione e miscelazione non danneggi lo strato anticapillare e l'eventuale geotessile posto a separazione.

Figura 18.6.1.2-1: Sezione tipo di rilevato realizzato con terre trattate con calce



18.6.2 MATERIALI

18.6.2.1 Terre

Il trattamento con calce è possibile per tutti i terreni argillosi, più o meno limosi, come definito dalla norma CNR BU n. 36, non dotati all'origine delle caratteristiche meccaniche e prestazionali richieste per la realizzazione di opere in terra. La terra da trattare dovrà essere priva di vegetazione e di qualsiasi materiale estraneo.


18.6.2.2 Calce

Sono impiegabili i seguenti tipi di calce sfusa:

- a) calce aerea idrata in polvere;
- b) calce aerea viva macinata.

Dovrà essere utilizzata esclusivamente calce sfusa, conservata in cantiere in appositi silos e stesa mediante un dispositivo a dosaggio volumetrico, come descritto nei paragrafi 18.6.4.2.5 e 18.6.4.2.6. Quando l'intervento complessivo del trattamento interessa una superficie non superiore a 2.000 mq o un volume di terreno non superiore a 1.000 mc è consentito l'utilizzo di forniture di calce in sacchi.

I tipi di calce impiegabili nella stabilizzazione dei terreni sono suddivisi in classi, mediante sigle definite nella norma di prodotto UNI EN 459-1. Ogni fornitura di calce approvvigionata in cantiere deve essere marcata CE e accompagnata dalla relativa documentazione di legge. Le norme di riferimento per le prove sono le UNI EN 459-2 e UNI EN 459-3. I tipi di calce da costruzione da utilizzare sono quelli appartenenti alle classi CL 80 e CL 90; i relativi requisiti chimici, fisici e granulometrici sono indicati nella suddetta norma UNI EN 459 e nella norma UNI EN 14227-11.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI - PARTE II - SEZIONE 18 UTILIZZO DI AGGREGATI RICICLATI E TRATTAMENTI CON CALCE PER OPERE IN TERRA	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 18	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>003</u> <u>A</u>	FOGLIO 23 di 34

18.6.2.3 Acqua

Nel caso risulti necessaria l'aggiunta di acqua alla miscela terra/calce, per il raggiungimento dell'umidità ottimale di costipamento, questa deve essere dolce, limpida e non contenere apprezzabili quantità di sostanze organiche e/o inorganiche tali da alterare le reazioni chimiche del trattamento. Prima dell'avvio del campo prova e della fase realizzativa, l'Esecutore deve dichiarare la fonte di approvvigionamento dell'acqua. Rimane facoltà del Ferrovie la richiesta di effettuare apposite prove, su detta acqua, per valutare il contenuto/la presenza di sostanze potenzialmente dannose per l'ambiente.

18.6.3 TRATTAMENTO DELLE TERRE CON CALCE

Le attività propedeutiche al trattamento con calce delle terre, devono essere atte a definire:

- i volumi e le caratteristiche del terreno da trattare;
- le percentuali di calce da utilizzare per il trattamento;
- le modalità esecutive del trattamento;
- le eventuali aree per il deposito delle terre e per la lavorazione e preparazione delle miscele.

Tali attività vengono sviluppate secondo le tre fasi di seguito descritte di cui l'ultima, relativa alla realizzazione del campo prova, è a carico dell'Esecutore dei lavori per l'esecuzione del trattamento con calce.

18.6.3.1 FASE 1 - Identificazione della terra da trattare e definizione delle percentuali di calce

18.6.3.1.1 Identificazione della terra da trattare

Al fine di verificare la compatibilità della terra al trattamento con calce si deve procedere al prelievo di campioni di terreno da sottoporre a prove di laboratorio (con le modalità descritte nel presente paragrafo). In questa fase potranno essere prelevati i campioni per la verifica del contenuto di inquinanti, se non effettuata già preventivamente. Sulla base dei risultati ottenuti si deve poi procedere alla identificazione di volumi di terreno omogeneo da trattare con il medesimo quantitativo di calce. Le modalità di prelievo sono di seguito indicate:

- a) per la stabilizzazione del piano di posa dei rilevati, o di altre opere in terra, devono essere individuate le aree di terreno oggetto della lavorazione; all'interno di tali aree dovrà essere prelevato, alla profondità prevista in progetto per il piano di posa, n. 1 campione ogni volta che si riscontrino caratteristiche differenti e, in ogni caso, almeno uno ogni 2000 mq.
- b) nel caso di reimpiego di terreni provenienti da scavi, altre lavorazioni di cantiere o cave di prestito, si deve procedere al prelievo, mediante sondaggi, pozzetti o altre indagini, di campioni rappresentativi di ogni litotipo e comunque almeno uno ogni 4000 mc.

L'idoneità del terreno ad essere trattato con calce sarà valutato mediante determinazione dell'analisi granulometrica, dell'indice di plasticità, del contenuto di sostanze organiche e di solfati.

Di seguito si riporta la tabella indicante i limiti di accettazione (18.6.3.1.1-1).


	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI - PARTE II - SEZIONE 18 UTILIZZO DI AGGREGATI RICICLATI E TRATTAMENTI CON CALCE PER OPERE IN TERRA	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 18	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>003</u> <u>A</u>	FOGLIO 24 di 34

Tabella 18.6.3.1.1-1

LIMITI DI ACCETTAZIONE DEL TERRENO NATURALE			
Test di Laboratorio	Norma di riferimento	Requisito	Limiti di accettabilità
Analisi granulometrica	CNR B.U n. 36 UNI EN 933-1 UNI CEN ISO/TS 17892-4	Granulometria	par. 2.1 della norma CNR B.U. n.36 ⁽¹⁾
Limiti di Atterberg (LL-LP)	UNI CEN ISO/TS 17892-12	Indice di plasticità IP	>10 ⁽¹⁾
Contenuto in sostanze organiche	ASTM D 2974 - C	Sostanze organiche	< 2% ⁽²⁾
Contenuto in solfati	UNI EN 1744-1	Solfati totali	< 0,25% ⁽³⁾

⁽¹⁾ Saranno ammesse granulometrie diverse da quelle interamente comprese nel fuso e un valore minore della plasticità a condizione che si dimostri l'idoneità della terra ad essere trattata, attraverso lo studio delle miscele di laboratorio e un campo prova preventivamente approvato da Ferrovie. In ogni caso il diametro massimo degli elementi non dovrà essere maggiore della metà dello spessore finito di ciascuno degli strati di terra trattata per la realizzazione dei rilevati e l'indice di plasticità dovrà essere IP>5

⁽²⁾ Questo valore può essere aumentato fino al 4%, nel caso di impiego del trattamento per il piano di posa del rilevato, a condizione che siano soddisfatti i valori delle prove sul prodotto finale riportati al capitolo II.5

⁽³⁾ Questo valore può essere aumentato fino a raggiungere l'1%, qualora lo studio di laboratorio della miscela sia stato ritenuto idoneo da Ferrovie

18.6.3.1.2 *Definizione delle percentuali di calce per le miscele sperimentali*

Scopo dello studio delle miscele sperimentali è quello di determinare il quantitativo minimo di calce necessario all'ottenimento del miglioramento prefissato delle caratteristiche del terreno e tale da assicurare nel tempo i requisiti richiesti. A tale scopo vengono preliminarmente individuate specifiche miscele sperimentali, aventi diversa percentuale in calce, a partire da una percentuale minima corrispondente al valore del CIC, inteso quale quantità di calce necessaria per innescare la reazione terra/calce, secondo norma ASTM C 977-C. Il valore del CIC, viene stabilito determinando la percentuale di calce minima, in grado di elevare il pH della miscela terra/calce al valore 12,4. Le successive miscele, in numero minimo pari a 3, dovranno essere preparate aumentando dello 0,5% il CIC individuato.

Il valore percentuale di calce da adottare non dovrà, in ogni caso, risultare inferiore al 2%, riferito al peso del secco del terreno.

18.6.3.2 **FASE 2 - Determinazione dei parametri di riferimento del terreno e scelta delle miscele**

Per la determinazione dei parametri di riferimento del terreno naturale, dovranno essere eseguite su campioni rappresentativi delle litologie precedentemente identificate (vedi paragrafo 18.6.3.1), le analisi di laboratorio indicate nella tabella 18.6.3.2-1.

Per valutare le caratteristiche peculiari delle miscele terra/calce, scelte per la sperimentazione, e giudicarne l'idoneità all'utilizzo, devono essere eseguite sulle suddette miscele, l'analisi granulometrica (secondo la UNI EN 933-2) e la determinazione dei limiti di Atterberg, (secondo la UNI CEN ISO/TS 17892-12).

Dovranno, inoltre, essere determinati i parametri riportati nella tabella 18.6.3.2-2, i cui valori dovranno rientrare nei limiti di accettazione indicati nella stessa tabella.


	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI - PARTE II - SEZIONE 18 UTILIZZO DI AGGREGATI RICICLATI E TRATTAMENTI CON CALCE PER OPERE IN TERRA	
	CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 18	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>003</u> <u>A</u>
		FOGLIO 25 di 34

Tabella 18.6.3.2-1

PROVE SUL TERRENO NATURALE	
Test di Laboratorio	Norma di riferimento
Prova di costipamento Proctor Modificata, con determinazione di umidità ottima (Wopt)	UNI EN 13286-2
Indice di portanza CBR imbibito	UNI EN 13286-47
Indice di portanza immediato (IPI)	

Tabella 18.6.3.2-2

LIMITI DI ACCETTAZIONE DELLE MISCELE TERRA/CALCE		
Test di Laboratorio	Norma di riferimento	Limiti di accettabilità
Indice di portanza CBR imbibito a 7 giorni, di cui i primi 3 di maturazione e gli ultimi 4 di imbibizione	UNI EN 13286-47	$\geq 20 \%$ per gli strati del piano di posa $\geq 50 \%$ per gli strati del corpo del rilevato $< 1\%$ per il Rigonfiamento lineare
Indice di portanza immediato (IPI)		≥ 10 (IPI ₁₀)

Dovranno, inoltre, essere eseguite le analisi di laboratorio indicate nelle tabelle seguenti. Tali prove sono diversificate, a seconda che si tratti di miscele destinate esclusivamente alla formazione del piano di posa del rilevato (Tabella 18.6.3.2-3) o per il corpo del rilevato (Tabella 18.6.3.2-4).

Le prove sopra elencate possono essere integrate al fine di determinare i parametri geotecnici da utilizzare nelle verifiche di stabilità dei rilevati e delle altre opere in terra secondo quanto previsto dal DM 14/01/08 "Norme Tecniche per le costruzioni".

Tabella 18.6.3.2-3

PROVE SU MISCELE TERRA/CALCE DESTINATE ALLA FORMAZIONE DEL PIANO DI POSA DEL RILEVATO	
TEST DI LABORATORIO	NORMA DI RIFERIMENTO
Indice di portanza CBR imbibito da misurare dopo 28 gg. di maturazione, con imbibizione negli ultimi 4 gg.	UNI EN 13286-47
Prova di costipamento Proctor Modificata, con determinazione di umidità ottima (Wopt)	UNI EN 13286-2
Compressione semplice a 7 giorni di maturazione, su provini cilindrici con rapporto $d/h=1/2$, su n° 3 campioni con diverso grado di umidità: Wopt, Wopt + 2%, Wopt - 2%	UNI EN 13286-41 UNI EN ISO/TS 17892-7
Compressione semplice a 28 giorni di maturazione, su provini cilindrici con rapporto $d/h=1/2$, su n° 3 campioni con diverso grado di umidità: Wopt, Wopt + 2%, Wopt - 2%	


	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI - PARTE II - SEZIONE 18 UTILIZZO DI AGGREGATI RICICLATI E TRATTAMENTI CON CALCE PER OPERE IN TERRA	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 18	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>003</u> <u>A</u>	FOGLIO 26 di 34

Tabella 18.6.3.2-4

PROVE SU MISCELE TERRA/CALCE DESTINATE ALLA FORMAZIONE DEGLI STRATI DEL CORPO DEL RILEVATO	
TEST DI LABORATORIO	NORMA DI RIFERIMENTO
Indice di portanza CBR imbibito da misurare dopo 28 gg. di maturazione, con imbibizione negli ultimi 4 gg.	UNI EN 13286-47
Prova di costipamento Proctor Modificata, con determinazione di umidità ottima (Wopt)	UNI EN 13286-2
Prova di taglio in cella triassiale CID su 3 provini, a 28 gg. di maturazione	AGI 1994 UNI CEN ISO/TS 17892-9
Compressione semplice a 7 gg. di maturazione, su provini cilindrici con rapporto $d/h=1/2$, su n° 3 campioni con diverso grado di umidità: Wopt, Wopt + 2%, Wopt - 2%	UNI EN 13286-41 UNI EN ISO/TS 17892-7
Compressione semplice a 28 gg. di maturazione, su provini cilindrici con rapporto $d/h=1/2$, su n° 3 campioni con diverso grado di umidità: Wopt, Wopt + 2%, Wopt - 2%	

Sulla base delle risultanze della sperimentazione in laboratorio, dovrà essere redatta una apposita relazione, in verranno illustrate le risultanze della sperimentazione stessa, la proposta della miscela sperimentale da testare sul campo prova ed i valori dei parametri per le verifiche geotecniche. Tale relazione farà parte degli elaborati di progetto e dovrà indicare tutte le modalità esecutive e tutti i dettagli necessari per la realizzazione dell'eventuale campo prova.

18.6.3.3 FASE 3 - Realizzazione del campo prova

Il campo prova ha lo scopo di verificare su scala reale quanto desunto dallo studio della miscela scelta e di definire metodo e modalità di compattazione in opera. Le modalità operative e le attività relative a tale fase vengono espletate dall'Esecutore nell'ambito della gestione dell'Appalto. Deve sempre essere realizzato preliminarmente alle attività di lavoro ed è disciplinato da una relazione tecnico-descrittiva, redatta dall'Esecutore ed approvata da Ferrovie.

Il campo prova deve essere previsto quando, entro un tratto di 5 km di linea, il trattamento delle terre con calce destinate alla realizzazione del piano di posa di rilevati o di sedi in trincea, interessa una superficie superiore a 15.000 mq.

Qualora il trattamento con calce sia previsto, invece, per terreni destinati alla formazione del corpo dei rilevati, il campo prova deve essere realizzato quando il trattamento con calce interessa un volume di terre superiore a 30.000 mc.

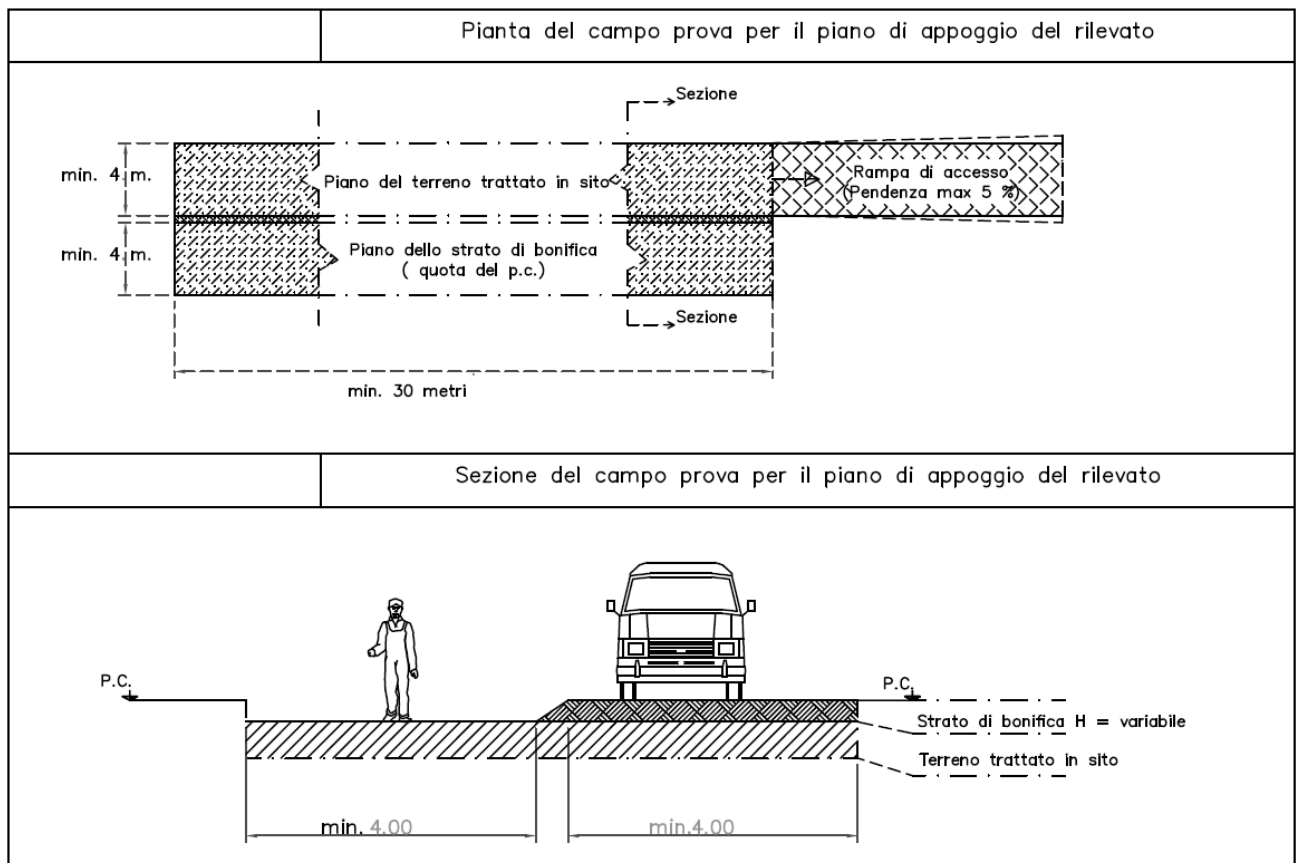
Le modalità di esecuzione e le prescrizioni da adottare per il campo prova sono analoghe a quelle previste in corso d'opera e descritte nel capitolo 18.6.4. Dovranno essere messi in opera diversi schemi di rullatura, scelti in funzione del terreno da trattare; i macchinari che si intende utilizzare per la stesa della calce, la miscelazione, la stesa della terra trattata, la compattazione e la finitura degli strati sul campo prova, devono essere delle medesime caratteristiche di quelli destinati alla realizzazione dell'opera.

Il mezzo che esegue la miscelazione deve avere caratteristiche tali da consentire di trattare strati di profondità di almeno 50 cm. Il mezzo utilizzato per la stesa della terra trattata deve essere attrezzato con sistema automatico per la regolazione dell'inclinazione della lama e la registrazione della quota finita dello strato.

Quando il trattamento delle terre con calce sia previsto per il piano di posa dei rilevati e per le sedi in trincea, per ogni zona omogenea di terreno trattato, dovrà essere realizzato un campo prova di larghezza 4 m e di lunghezza utile 30 m, avente lo spessore indicato in progetto.

Qualora per la sostituzione dei terreni superficiali sia prevista la realizzazione di un numero di strati superiore a 3, verranno comunque realizzati solo 3 strati, oltre quello trattato in sito. La larghezza di ogni strato, ad esclusione dell'ultimo, dovrà essere aumentata al fine di lasciare aperta una fascia di superficie sufficiente (almeno 4 metri per ogni strato) all'esecuzione di tutte le prove previste (Figura 18.6.3.3-1).

Figura 18.6.3.3-1

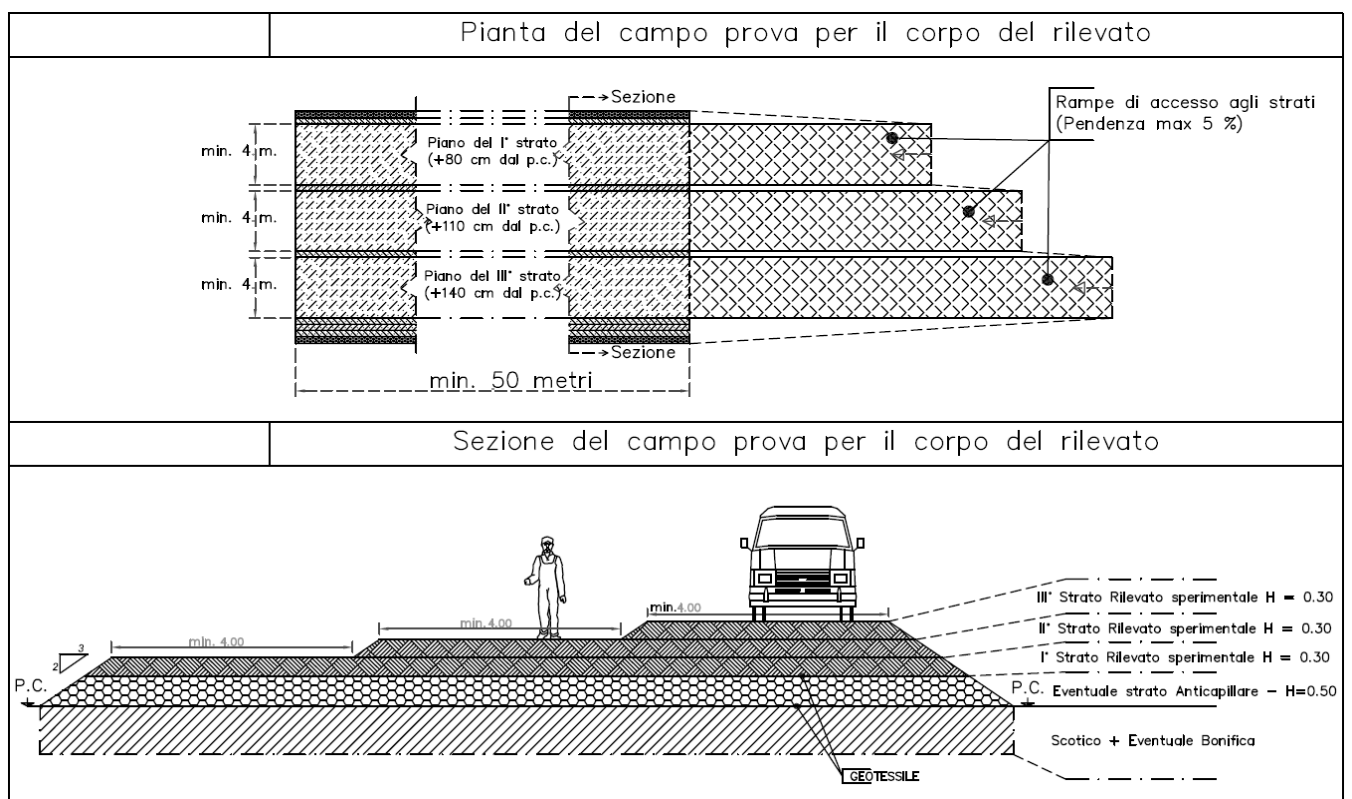


Quando, invece, il trattamento delle terre con calce è previsto per la realizzazione degli strati del corpo dei rilevati dovrà essere realizzato un campo prova di dimensioni utili in sommità 4 m x 50 m. Il volume di terreno oggetto di sperimentazione deve essere realizzato, al di sopra del pacchetto di fondo indicato in progetto (eventuale sostituzione del terreno in sito + strato anticapillare), mediante la successione di 3 strati di spessore pari a 30 cm, a compattazione avvenuta. La larghezza di ogni strato, a esclusione dell'ultimo, dovrà essere aumentata, oltre quella già prevista, al fine di lasciare aperta una fascia di superficie sufficiente (almeno 4 metri per ogni strato) all'esecuzione di tutte le prove previste (figure 18.6.3.3-2).

Dalle dimensioni indicate per i campi prova sono escluse le rampe di accesso degli automezzi, le aree di manovra e, ove previsto, dei fuori sagoma per la realizzazione delle scarpate. Il campo prova deve possedere, in modo completo, le medesime caratteristiche dei rilevati che si intende realizzare.

In ogni caso, la realizzazione di ogni strato successivo al primo, potrà avere inizio al termine dell'esecuzione dei previsti test in sito descritti più avanti in questo stesso paragrafo, sullo strato appena formato.

Figura 18.6.3.3-2



A compattazione avvenuta, come ribadito anche al paragrafo 18.6.4.2.8, qualora lo strato trattato non venga ricoperto nell'immediato con altra terra, o la superficie rimanga esposta agli agenti atmosferici (sole, vento, pioggia, ecc.), si deve provvedere alla protezione della superficie stessa con appositi sistemi (formazione di uno strato di sabbia o misto granulare, teli, ecc.).

Si precisano, di seguito, i controlli da effettuare su ognuno degli strati finiti, i cui intervalli di carico e valori limite sono indicati al paragrafo 18.6.5:

- determinazione del modulo di deformazione, con piastra di diametro 30 cm, valutato mediante norma CNR B.U. n. 146, in almeno 5 punti appartenenti al medesimo strato omogeneo (in termini di composizione e modalità di compattazione), secondo i seguenti intervalli temporali:
 - subito dopo aver completato la compattazione ($T=0$);
 - successivamente dopo 24 ore e 7 giorni;
 - solo sull'ultimo strato del corpo del rilevato, a 28 giorni dalla compattazione;

- determinazione della densità in sito e del contenuto d'acqua, subito dopo aver completato la compattazione ($T=0$), in prossimità dei punti di misura del modulo di deformazione;
- a 28 giorni dalla compattazione, sull'ultimo strato del corpo del rilevato prelievo di 3 campioni indisturbati da sottoporre a prova di taglio in della triassiale (CID); le prove verranno eseguite sia sui provini tal quali che dopo 5 cicli di imbibizione (4 gg.) ed essiccamento (24h) e completa saturazione per almeno 7 giorni.

In caso di mancato raggiungimento dei valori di riferimento riportati ai paragrafi 18.6.5.1 e 18.6.5.2, si deve procedere con la modifica dei metodi e delle modalità di compattazione e/o con la variazione della miscela terra-calce, secondo le indicazioni contenute nella relazione sullo studio delle miscele, fintantoché non siano stati raggiunti i valori richiesti; in caso contrario si dovrà scartare il prodotto sperimentato.

Al termine della sperimentazione l'Esecutore redigerà un'apposita relazione finale in cui devono essere contenute, oltre ai risultati sulla sperimentazione in laboratorio e sul campo prova, i raffronti con lo studio delle miscele in laboratorio e le relative conclusioni, tutte le informazioni sulle modalità operative da utilizzare in corso d'opera da sottoporre a Ferrovie che si esprimerà in merito all'idoneità dei materiali e delle modalità di compattazione proposte.

18.6.4 MODALITÀ DI ESECUZIONE E PRESCRIZIONI

Nel caso si preveda il reimpiego di terre provenienti da scavi, altre lavorazioni di cantiere o cave di prestito, tali terre, successivamente allo scavo saranno depositate in cumuli omogenei in aree dedicate previste in progetto e sottoposte alle verifiche relative alla loro classificazione (granulometria e limiti) e presenza di sostanze inibenti il trattamento (solfati, sostanze organiche) (paragrafo 18.6.3.1.1) in ragione di un campione ogni 4000 mc di terreno (tabella 18.6.5-1).

Il trattamento delle terre con calce non dovrà essere effettuato in caso di pioggia, di temperature inferiori a 5°C, in presenza di vento forte, che sollevi la calce stesa, e nel caso in cui ci sia presenza di acqua o venute di acqua sul piano dove viene steso o trattato il terreno. Nel caso il terreno sia saturo fino al piano di campagna, prima di procedere al trattamento con calce del piano di posa del rilevato, si dovrà obbligatoriamente provvedere ad abbassare il livello d'acqua e a mantenerlo tale per un tempo, approvato da Ferrovie, sufficiente a non inficiare l'esito del trattamento.


18.6.4.1 Approvvigionamento e stoccaggio della calce

La calce dovrà essere consegnata con autobotti dotate di scarico pneumatico e stoccata in appositi sili dotati di filtro per la captazione della polvere all'atto del loro caricamento. Per la calce sfusa lo stoccaggio dovrà avvenire almeno in 2 sili distinti, ciascuno di capacità corrispondente ad una giornata di lavoro. La calce in sacchi dovrà essere conservata al coperto, al riparo di umidità, pioggia e ristagni d'acqua, su idonee pedane che la separino dal terreno o su superfici asciutte.

18.6.4.2 Modalità esecutive

Di seguito sono descritte le fasi delle modalità esecutive per il trattamento della terra con calce:

- individuazione delle aree di deposito/preparazione della miscela (solo se la miscelazione è effettuata fuori opera);
- scotico del terreno superficiale;
- eventuale trattamento con calce del piano di posa;
- stesa della terra tal quale (in opera o nel sito di trattamento individuato in progetto);
- operazioni preliminari all'esecuzione del trattamento
- spandimento della calce;
- miscelazione-fresatura terra/calce ed eventuale umidificazione del terreno da trattare;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI - PARTE II - SEZIONE 18 UTILIZZO DI AGGREGATI RICICLATI E TRATTAMENTI CON CALCE PER OPERE IN TERRA	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 18	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>003</u> <u>A</u>	FOGLIO 30 di 34

- trasporto e stesa della miscela terra/calce (per miscele preparate fuori opera);
- compattazione, livellazione e finitura degli strati.

18.6.4.2.1 Individuazione delle aree di deposito/preparazione della miscela

Per le terre destinate alla realizzazione del corpo del rilevato, se la miscelazione è da effettuare fuori opera; preliminarmente all'inizio delle lavorazioni dovranno essere individuate apposite aree, poste al di fuori dell'impronta del rilevato stesso, da destinarsi al deposito delle terre ed alla successiva preparazione e miscelazione delle stesse con calce, dedicate esclusivamente a tale impiego per tutto il tempo necessario alle lavorazioni in oggetto. Tutte le caratteristiche (logistica, estensione, ecc.) di tali aree dovranno essere riportate negli elaborati progettuali.

18.6.4.2.2 Scotico del terreno

La realizzazione del piano di posa deve essere preceduta dalla completa rimozione del primo strato di terreno vegetale, da intendersi come terreno con presenza di sostanze organiche > 4% (ASTMD 2974 - C), di norma per uno spessore non inferiore a 50 cm e per l'intera larghezza della sede del rilevato o della trincea ferroviaria, qualora non diversamente indicato in progetto.

18.6.4.2.3 Trattamento del piano di posa

L'eventuale trattamento del terreno direttamente in sito, deve avvenire nelle medesime condizioni/modalità descritte nei successivi paragrafi. I mezzi impiegati e le modalità operative devono garantire il trattamento del terreno, sul posto, per una profondità di almeno 50 cm.

18.6.4.2.4 Operazioni preliminari all'esecuzione del trattamento

Prima della stesa della calce, deve essere eseguita la misura del valore del contenuto d'acqua nella terra a una profondità pari alla metà dello strato da trattare

18.6.4.2.5 Spandimento della calce

L'intervento in opera deve garantire un quantitativo di calce non inferiore a quello ottimale fissato a valle del campo prova e comunque dovrà essere sempre approvato da Ferrovie. L'estensione dei tratti interessati dallo spandimento della calce deve essere limitata in relazione alla capacità di miscelazione dell'attrezzatura, tale da garantire il termine della lavorazione (miscelazione e compattazione) nella stessa giornata lavorativa.


Spandimento di calce sfusa

La stesa della calce deve essere effettuata mediante un dispositivo a dosaggio volumetrico il cui funzionamento sia regolato in funzione della velocità di avanzamento della spanditrice. E' preferibile l'utilizzo di spanditori a dosaggio volumetrico che producano un diagramma dello spandimento. Al fine di limitare al massimo la dispersione della calce i mezzi per la stesa devono essere attrezzati con gonne flessibili a bande.

Deve essere eseguita quotidianamente all'inizio dell'utilizzo del mezzo spanditore e per ogni variazione di percentuale di calce da utilizzare, la verifica della taratura dei dosatori mediante transito del mezzo sopra una superficie attrezzata con teli (o contenitori di dimensioni note) e pesatura della quantità di calce depositata su ciascun telo o contenitore.

Spandimento di calce in sacchi

Nel caso in cui si debba ricorrere all'uso di calce fornita in sacchi, ferme restando le condizioni riportate al paragrafo 18.6.2.2, al fine di garantire una distribuzione uniforme ed il corretto dosaggio, deve essere fatto riferimento al criterio descritto dalle seguenti formule:

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI - PARTE II - SEZIONE 18 UTILIZZO DI AGGREGATI RICICLATI E TRATTAMENTI CON CALCE PER OPERE IN TERRA	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 18	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>003</u> <u>A</u>	FOGLIO 31 di 34

$$X = \gamma_d \times p \times s / 100 \text{ [kg/mq]}; \quad n = \frac{X \cdot L}{P} \left[\frac{\text{numero di sacchi}}{m} \right]; \quad i = \frac{L}{n} \text{ [m]};$$

dove:

- γ_d = massa volumica del secco del terreno non trattato (kg/m^3);
- p = percentuale di calce da distribuire (%);
- s = spessore dello strato di trattato dalla miscelatrice (m);
- X = quantità di calce da distribuire su un metro quadrato dello strato di spessore s ;
- L = larghezza della striscia da trattare (m);
- P = peso di un sacco di calce (kg);
- n = numero di sacchi da distribuire per ogni metro lineare di tracciato di larghezza L ;
- i = interasse dei punti di deposito dei sacchi (m).

Deve inoltre essere garantita l'omogeneità dello spandimento mediante idonei sistemi atti ad evitare la dispersione della calce.

18.6.4.2.6 *Miscelazione terra/calce ed eventuale umidificazione del terreno da trattare*

La miscelazione terra-calce deve essere effettuata tramite attrezzatura tipo pulvimixer. Nel caso di terreni a grana fine, la granulometria del terreno trattato deve essere ricondotta a un passante del 100% al setaccio da 31,5 mm e del 70% al setaccio del 5,6 mm; nel caso di terreni a granulometria grossolana in matrice limo-argillosa le percentuali di passante ai setacci 31,5 mm e 5,6 mm dovranno essere definite a seguito del campo prova.

Le modalità di miscelazione sono quelle definite a valle del campo prova.

Nel caso di miscelazione in sito, qualora vi sia la presenza di strati contenenti giunti, dovrà essere garantita la seguente sovrapposizione minima:


- non inferiore a 15 cm per i giunti longitudinali;
- non inferiore a 2 volte lo spessore dello strato da trattare per i giunti trasversali.

Gli strati che determinano la formazione di un giunto longitudinale devono essere realizzati e completati nell'arco della medesima giornata. Le direttrici dei giunti longitudinali e trasversali appartenenti a strati differenti devono essere opportunamente sfalsate. Al fine di evitare il formarsi di un piano caratterizzato da una possibile discontinuità di trattamento deve essere garantito un ammorsamento di alcuni cm tra lo strato di terreno da trattare ed il sottostante.

L'omogeneità della miscelazione stessa dovrà essere controllata oltre che visivamente, verificando l'omogeneità del colore della miscela e l'assenza di strisce di calce non amalgamata nel terreno, anche mediante la misura dei diametri dei grumi di materiale fino facendo ricorso ad opportuni indicatori (fenolftaleina).

Durante la miscelazione dovrà essere misurato, in più siti e a diverse profondità dello strato, il contenuto d'acqua. Per valori diversi da quelli stabiliti in tabella 18.6.5-1, si procederà ad umidificare la terra con un'opportuna quantità d'acqua e a ripetere la miscelazione affinché l'umidificazione interessi in modo omogeneo tutto lo strato di terra trattata.

In ogni caso, sia per la preparazione della miscela terra/calce "fuori opera" che per quella in sito, deve essere garantito un tempo minimo di 2 ore, tra la fine della preparazione della miscela stessa e l'inizio della compattazione.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI - PARTE II - SEZIONE 18 UTILIZZO DI AGGREGATI RICICLATI E TRATTAMENTI CON CALCE PER OPERE IN TERRA	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 18	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>003</u> <u>A</u>	FOGLIO 32 di 34

18.6.4.2.7 Stesa della miscela terra/calce (per miscele preparate fuori opera);

Le terre miscelate in un sito diverso da quello di realizzazione dell'opera dovranno essere trasportate nel luogo dell'impiego immediatamente dopo la miscelazione, in contenitori coperti per evitare essiccamenti o per essere protetti da eventuali piogge, garantendo in ogni caso, anche attraverso una specifica organizzazione di cantiere, che il contenuto d'acqua della miscela rispetti il valore stabilito in tabella 18.6.5-1 prima di dare inizio alla fase della compattazione.

La stesa della miscela terra/calce, preparata come riportato nei paragrafi precedenti, dovrà essere realizzata con idonei macchinari equipaggiati con sistema automatico per la regolazione dell'inclinazione della lama e la registrazione della quota finita dello strato. La stesa dovrà interessare l'intera sezione del rilevato, escludendo la formazione di giunti longitudinali. Per i giunti trasversali, invece, dovrà essere garantita una sovrapposizione minima non inferiore a 2 volte lo spessore dello strato da trattare.

18.6.4.2.8 Compattazione e finitura degli strati

Il tipo di mezzo e lo schema di rullatura da utilizzare per la compattazione sono quelli definiti a valle del campo prova.

Qualora i materiali vengano utilizzati per la costruzione del corpo del rilevato, onde consentire una adeguata compattazione delle scarpate, dovranno essere messe a punto tutte le necessarie metodologie operative al fine di garantire il medesimo grado di compattazione ed il raggiungimento dei medesimi requisiti dei materiali, in termini di densità e portanza, anche sul bordo del rilevato.

Lo spessore massimo consentito per il singolo strato di trattamento, a compattazione avvenuta, non dovrà essere superiore a 30 cm. La finitura superficiale degli strati dovrà avvenire con l'impiego di macchine livellatrici e non con l'apporto di nuovo materiale.

A compattazione avvenuta, qualora lo strato trattato non venga ricoperto nell'immediato con altro terreno e la superficie risulti esposta agli agenti atmosferici (sole, vento, pioggia, ecc.), si deve provvedere alla protezione della superficie stessa con appositi sistemi (formazione di uno strato di sabbia o misto granulare, teli, ecc.).

In ogni caso, a seguito di eventuali interruzioni delle lavorazioni, le modalità di ripresa, (per es. determinazione dello spessore dello strato da rimuovere etc.) dovranno essere sempre autorizzate da Ferrovie.

18.6.5 CONTROLLI IN CORSO D'OPERA

Di seguito si riporta una tabella riepilogativa, contenente le prove da eseguire in corso d'opera, i requisiti attesi e le relative frequenze.

L'esecuzione delle prove è disciplinata dalle norme richiamate nei precedenti paragrafi. I risultati dei controlli dovranno essere riportati in una relazione tecnica che attesti le modalità e le specifiche del trattamento.


	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI - PARTE II - SEZIONE 18 UTILIZZO DI AGGREGATI RICICLATI E TRATTAMENTI CON CALCE PER OPERE IN TERRA	
	CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 18	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>003</u> <u>A</u>
		FOGLIO 33 di 34


Tabella 18.6.5-1

CONTROLLI IN CORSO D'OPERA		
Tipo di controllo	Frequenza	Requisito
Controlli sui materiali		
Requisiti della calce	ogni 1000 tonnellate	vedi paragrafo 18.6.2.2
Verifica delle caratteristiche del terreno in cumulo, per realizzazione del corpo del rilevato	ogni 4.000 mc	vedi punto b) - paragrafo 18.6.3.1.1
Misura del contenuto d'acqua della terra prima dell'aggiunta di calce	Giornaliera	vedi paragrafo 18.6.4.2.4
Verifica della quantità di calce in fase di stesa	Giornaliera ⁽¹⁾	quantità (%) scelta al termine della sperimentazione sul campo prova
Controllo omogeneità granulometrica dei terreni a grana fine dopo l'aggiunta di calce e la miscelazione	ogni 1.000 mq	100 % passante al setaccio da 31,5 mm 70 % passante al setaccio 5,6 mm
Verifica del contenuto d'acqua della miscela prima della compattazione	Giornaliera	compreso tra +2 e -2% Wopt
Controlli sugli strati realizzati		
Determinazione del modulo di deformazione con piastra da 30 cm, n° 1 al centro + n° 1 sul bordo del rilevato	ogni 2.000 mq	secondo i valori di cui ai successivi paragrafi
Determinazione del grado di costipamento, n° 1 al centro + n° 1 sul bordo del rilevato		
Verifica dello spessore dello strato finito.	ogni 2.000 mq	≤ 30 cm
⁽¹⁾ Nel caso di spanditrice con diagramma di spandimento, il controllo sarà effettuato oltre che tramite lo stesso diagramma, all'atto della taratura della macchina;		

18.6.5.1 Limiti di accettazione del Modulo di Deformazione

Il valore relativo al modulo di deformazione misurato al primo ciclo di carico mediante prova, a doppio ciclo di carico, con piastra circolare di diametro pari a 30 cm (CNR B.U. n. 146) da effettuarsi entro 1 ora dal termine di realizzazione dello strato deve risultare:

- non inferiore a **40 MPa** nell'intervallo 0,15 – 0,25 MPa - per i rilevati ferroviari e delle strade di pertinenza FS, per l'intera superficie dello strato trattato, fino al bordo superiore della scarpata, nonché per i piani di posa in trincea;
- non inferiore a **20 MPa** nell'intervallo di carico 0,05 – 0,15 MPa - per il piano di posa dei rilevati ferroviari e delle strade di pertinenza;
- non inferiore a **15 MPa** nell'intervallo di carico 0,05 – 0,15 MPa - per le dune, colline artificiali, ritombamenti, sistemazioni ambientali;
- da definire con l'Ente gestore per strade destinata a terzi.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI - PARTE II - SEZIONE 18 UTILIZZO DI AGGREGATI RICICLATI E TRATTAMENTI CON CALCE PER OPERE IN TERRA	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 18	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>003</u> <u>A</u>	FOGLIO 34 di 34

Le prove di piastra a doppio ciclo di carico, consentiranno la determinazione del rapporto Md/Md1, tra i moduli di deformazione del primo e secondo ciclo di carico. Il valore di tale rapporto potrà costituire un elemento di giudizio, da parte di Ferrovie, circa la qualità del costipamento ottenuto.

18.6.5.2 Limiti di accettazione del Grado di Costipamento

Il valore del grado di costipamento dovrà risultare:

- non inferiore a 95% per i rilevati ferroviari e delle strade di pertinenza FS, per l'intera superficie dello strato trattato, fino al bordo superiore della scarpata, nonché per i piani di posa in trincea;
- non inferiore a 90% per il piano di posa dei rilevati ferroviari e delle strade di pertinenza FS, per le dune, colline artificiali, ritombamenti, sistemazioni ambientali;
- da definire con l'Ente gestore per strade destinata a terzi

**CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE
OPERE CIVILI**

**PARTE II - SEZIONE 19
COLLAUDO STATICO**

19.1	SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE
19.2	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO
19.3	DEFINIZIONI
19.4	ABBREVIAZIONI
19.5	CATEGORIE DI OPERE SOGGETTE A COLLAUDO STATICO
19.6	TIPOLOGIE DI PROVE, INDAGINI, MISURE E CONTROLLI
19.7	PROVE DI CARICO
19.8	RELAZIONE A STRUTTURE ULTIME
19.9	CERTIFICATO DI COLLAUDO STATICO
All. A	SCHEMA DI CERTIFICATO DI COLLAUDO STATICO PER UN PONTE FERROVIARIO
All. B	SCHEMA DI CERTIFICATO DI COLLAUDO STATICO DI UN RILEVATO FERROVIARIO

Rev.	Data	Descrizione	Redazione	Verifica Tecnica	Autorizzazione
A	30.12.2016	Emissione per applicazione	A.F. Annicchiarico <i>Annicchiarico Flaminio</i> G. Sorrentino <i>G. Sorrentino</i>	M. Tisalvi <i>M. Tisalvi</i>	F. Jacobini <i>F. Jacobini</i>

INDICE

19.1	SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE.....	3
19.2	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	3
19.2.1	NORMATIVA NAZIONALE	3
19.2.2	NORMATIVA EUROPEA	4
19.2.3	DOCUMENTAZIONE TECNICA	4
19.2.4	NORMATIVA FERROVIARIA	4
19.3	DEFINIZIONI.....	4
19.4	ABBREVIAZIONI.....	4
19.5	CATEGORIE DI OPERE SOGGETTE A COLLAUDO STATICO.....	5
19.5.1	OPERE DI SCAVALCO.....	5
19.5.2	OPERE GEOTECNICHE (OPERE CHE INTERAGISCONO CON I TERRENI).....	5
19.5.3	BARRIERE ANTIRUMORE.....	5
19.5.4	OPERE IDRAULICHE	5
19.5.5	OPERE IN TERRA.....	5
19.5.6	FABBRICATI CIVILI E INDUSTRIALI.....	5
19.5.7	OPERE DI SOSTEGNO DEGLI IMPIANTI TECNOLOGICI.....	6
19.6	TIPOLOGIE DI PROVE, INDAGINI, MISURE, CONTROLLI.....	7
19.6.1	BARRIERE ANTIRUMORE	7
19.6.2	OPERE IN TERRA	8
19.6.2.1	<i>Esame del progetto dell'opera</i>	<i>8</i>
19.6.2.2	<i>Esame delle indagini geotecniche.....</i>	<i>8</i>
19.6.2.3	<i>Esame dei certificati di qualifica dei materiali provenienti da cava.....</i>	<i>9</i>
19.6.2.4	<i>Esame dei certificati delle prove condotte dall'esecutore e dei verbali delle prove fatte eseguire dalla DL/AS</i>	<i>9</i>
19.6.2.5	<i>Attività di ispezione dell'opera.....</i>	<i>10</i>
19.6.2.6	<i>Esame dei documenti di controllo di qualità e del registro delle non conformità.....</i>	<i>10</i>
19.7	PROVE DI CARICO	10
19.7.1	PROVE DI CARICO PER PONTI FERROVIARI E ALTRE OPERE MINORI SOTTOBINARIO	10
19.7.1.1	<i>Tipologie di prove e misurazioni.....</i>	<i>11</i>
19.7.2	PROVE DI CARICO PER PONTI STRADALI.....	12
19.7.3	PROVE DI CARICO PER FABBRICATI	12
19.7.4	PROVE DI CARICO PER BARRIERE ANTIRUMORE.....	12
19.8	RELAZIONE A STRUTTURE ULTIME.....	13
19.9	CERTIFICATO DI COLLAUDO STATICO.....	14
	ALLEGATO A - SCHEMA DI CERTIFICATO DI COLLAUDO STATICO PER UN PONTE FERROVIARIO	15
	ALLEGATO B - SCHEMA DI CERTIFICATO DI COLLAUDO STATICO DI UN RILEVATO FERROVIARIO	24

19.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

Scopo della presente sezione è quello di definire:

- le categorie di opere soggette a collaudo statico;
- il tipo e l'entità di prove, indagini, misure, controlli, da eseguire per ogni opera, a seconda della categoria di appartenenza;
- le modalità di esecuzione delle prove, indagini, misure.

Vengono, pertanto, definite le attività minime attese dal collaudatore statico, fatte salve maggiori e più dettagliate prestazioni richieste dalle Norme (Leggi, D.M., Istruzioni, Circolari), dal contratto e dai Capitolati.

Ovviamente, il Collaudatore Statico potrà estendere i propri accertamenti in tutti quei casi ove ne ravvisi la necessità, e potrà effettuare quelle ulteriori prove che riterrà necessarie per lo svolgimento del proprio incarico. La presente sezione è quindi da intendersi non esaustiva dell'attività che i Collaudatori Statici svolgeranno ai sensi di legge nell'espletamento dell'incarico affidato.

La presente sezione è parte integrante del Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili (cod. RFI DTC SICS SP IFS 001 B) e:

- annulla e sostituisce la "Linea guida per il collaudo statico delle opere di ingegneria civile dell'infrastruttura ferroviaria" (RFI DTC SICS PO LG IFS 001 A del 27.12.2013);
- tiene conto delle indicazioni del Decreto Ministeriale del Ministro delle Infrastrutture del 14.1.2008 "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni", nonché della Circolare del 2 febbraio 2009, n. 617 C.S.LL.PP. "Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008".

19.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

La presente sezione deve essere integrata con le disposizioni legislative vigenti (Leggi, Decreti, Circolari Applicative), le Istruzioni e le Specifiche emanate dalle FERROVIE. Nel seguito si riporta un elenco delle principali norme di riferimento.

19.2.1 NORMATIVA NAZIONALE

- Legge 5 novembre 1971 n. 1086 e relative circolari.
- Legge 2 febbraio 1974 n. 64.
- Decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n. 380 "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia."
- Decreto Legislativo n.163 del 2006 "Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE".
- Decreto del Ministero delle Infrastrutture del 14 gennaio 2008: "Approvazione delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni"
- Circolare 2 febbraio 2009, n.617 C.S.LL.PP. - "Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14.01.2008".

- Decreto del Presidente della Repubblica 5 ottobre 2010, n. 207 “Regolamento di esecuzione e attuazione del decreto legislativo 12 aprile 2006, n. 163, recante “ Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle Direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE”

19.2.2 NORMATIVA EUROPEA

P.m.

19.2.3 DOCUMENTAZIONE TECNICA

- ISO 9001 – Sistemi di gestione per la qualità;
- ISO 14001 – Sistemi di Gestione Ambientale;
- Istruzione CNR 10011 - Costruzioni in acciaio - Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione;
- Istruzione CNR 10016 - Strutture composte di acciaio e calcestruzzo. Istruzioni per l'impiego nelle costruzioni;
- Istruzione CNR 10018 - Apparecchi d'appoggio per le costruzioni. Istruzioni per l'impiego.
- CNR – B.U. n. 27 - Metodo di prove per la misura equivalente in sabbia.
- CNR – B.U. 30 - Determinazione della stabilità e dello scorrimento di miscele di bitume e inerti lapidei a mezzo dell'apparecchio Marshall.
- CNR – B.U. 39 - Determinazione della porosità o percentuale dei vuoti di miscele di aggregati lapidei con bitume o catrame.
- CNR – B.U. 68 - Norme per l'accettazione dei bitumi per usi stradali - caratteristiche per l'accettazione.

19.2.4 NORMATIVA FERROVIARIA

- Istruzione 44C “Visite di controllo ai ponti, alle gallerie e alle altre opere d'arte dell'infrastruttura ferroviaria” RFI DTC SICS PO IFS 001 A del 07.08.2013;
- Manuale di progettazione delle Opere Civili ed. corrente;
- COP n. 316/RFI del 29 lug. 2014 - Procedura Operativa “ La Direzione dei Lavori negli appalti gestiti da RFI” - RFI DPR PD IFS 005 D.
- Procedura Operativa “Emissione e Gestione delle Disposizioni Organizzative a contenuto procedurale di RFI” RFI DTC PD ORG 003 A

19.3 DEFINIZIONI

Ai fini del presente Capitolato si adottano le seguenti definizioni:

ESECUTORE: soggetto incaricato dell'esecuzione dei lavori (Appaltatore, General Contractor, Contraente Generale);

FERROVIE: RFI S.p.A. o chi agisce in nome e per conto di RFI S.p.A. (Direttore Lavori, Alta Sorveglianza).

19.4 ABBREVIAZIONI

p.m.

19.5 CATEGORIE DI OPERE SOGGETTE A COLLAUDO STATICO

Sono soggette al collaudo statico tutte le opere o le parti di opere che svolgono funzione portante e che interessano la sicurezza dell'opera e, conseguentemente, la pubblica incolumità.

Di seguito sono indicate le opere e le parti d'opera che correntemente sono soggette a collaudo statico. Tale elenco deve intendersi non esaustivo delle casistiche che possono presentarsi.

19.5.1 OPERE DI SCAVALCO

In tali opere sono comprese le seguenti tipologie:

- ponti e viadotti ferroviari o stradali, comprensivi dei dispositivi di vincolo e delle opere di protezione (ad es. parapetti);
- sottovia e cavalcavia stradali o ferroviari, comprensivi dei dispositivi di vincolo e delle opere di protezione (ad es. parapetti);
- sottopassaggi e sovrappassi pedonali, comprensivi dei dispositivi di vincolo e delle opere di protezione (ad es. parapetti);

Per i ponti provvisori il collaudo statico si esegue, di norma, in officina in occasione della loro realizzazione e prima dell'applicazione nell'infrastruttura ferroviaria per la quale resta a carico del Direttore dei Lavori l'onere di certificare la corretta posa in opera e la conformità al progetto costruttivo approvato da FERROVIE.

19.5.2 OPERE GEOTECNICHE (OPERE CHE INTERAGISCONO CON I TERRENI)

In tali opere sono comprese le seguenti tipologie:

- opere di sostegno quali muri e paratie di pali accostati o elementi di diaframma continui, etc.;
- opere in sottoterraneo quali gallerie naturali, gallerie artificiali, pozzi, cunicoli, comprensive delle eventuali opere di protezione (ad es. parapetti) degli imbocchi;

19.5.3 BARRIERE ANTIRUMORE

Tali opere includono sia la parte in fondazione che quella in elevazione a sua volta composta dalla struttura portante e dalla pannellatura acustica.

19.5.4 OPERE IDRAULICHE

Tale categoria comprende le opere strutturali relative a scavalchi o sottoattraversamenti idraulici, vasche e serbatoi.

19.5.5 OPERE IN TERRA

In campo ferroviario, le opere in terra soggette a collaudo statico sono:

- rilevati ferroviari;
- rilevati stradali comprese le rampe di accesso dei cavalcaferrovia;
- dune in terra, in terre armate o in terre rinforzate, quando svolgono funzione di protezione della sede ferroviaria o di mitigazione acustica.

19.5.6 FABBRICATI CIVILI E INDUSTRIALI

Tale categoria comprende i fabbricati tecnologici, i fabbricati viaggiatori e le relative opere accessorie quali le pensiline di stazione e le scale.

19.5.7 OPERE DI SOSTEGNO DEGLI IMPIANTI TECNOLOGICI

Tale categoria comprende le seguenti tipologie di opere:

1. pali e portali della T.E. e relativi basamenti di fondazione;
2. pali e portali per impianti di telecomunicazione e relativi basamenti di fondazione;
3. elettrodotti.

Riguardo alle opere di cui ai punti 1 e 2 comprese nel campo di applicazione della Legge N. 1086/1971, ai sensi della circolare LL.PP 31/07/1979 N. 19581, il collaudo non è obbligatorio per le strutture non complesse qualora siano soggette a definite procedure di omologazione e accettazione emanate da FERROVIE.

19.6 TIPOLOGIE DI PROVE, INDAGINI, MISURE, CONTROLLI

Le tipologie e le modalità di effettuazione di prove, indagini, misure e controlli da eseguire, sono quelle indicate ai paragrafi 9.1 del Decreto Ministeriale del Ministro delle Infrastrutture del 14.1.2008 “Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni” e della Circolare del 2 febbraio 2009, n. 617 C.S.LL.PP. “Istruzioni per l’applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008”.

Tali attività, della cui esecuzione deve essere fatta specifica menzione nel certificato di collaudo statico o nei suoi allegati, sono di seguito elencate riportando, laddove necessario, alcune specifiche indicazioni:

- A. ispezione generale dell’opera;
- B. esame dei certificati relativi alle prove sui materiali;
- C. esame dei certificati relativi ai controlli in stabilimento e nel ciclo produttivo su materiali e componenti, in particolare sulle armature in acciaio (per cemento armato e precompresso) e sulla carpenteria metallica;
- D. esame dei verbali delle prove di carico fatte eseguire dal Direttore dei lavori, in particolare quelle sui pali di fondazione;
- E. esame dell’impostazione generale della progettazione dell’opera, degli schemi di calcolo utilizzati e delle azioni considerate, nonché delle indagini seguite nelle fasi di progettazione e costruzione;
- F. esame della relazione a strutture ultimate redatta dal Direttore dei lavori secondo la Procedura Operativa Direzionale RFI DPR PD IFS 005 C “La Direzione dei Lavori negli appalti gestiti da RFI”;
- G. convalida dei documenti di controllo qualità e del registro delle non-conformità;
- H. prove di carico sulle opere e prove sui materiali messi in opera, per le quali al successivo paragrafo 18.7 sono riportate alcune prescrizioni obbligatorie;
- I. valutazione delle caratteristiche di durabilità dell’opera e dei materiali strutturali in relazione all’esposizione ambientale, con particolare riguardo alla funzionalità dei sistemi di drenaggio delle acque.

Al Collaudatore può essere richiesto di emettere il collaudo statico anche in pendenza del completamento dei controlli previsti ai punti da F, G e I, qualora ciò si renda necessario per documentati motivi di disponibilità del servizio pubblico. In tal caso il Collaudatore potrà, a suo insindacabile giudizio, imporre limitazioni o cautele all’esercizio dell’opera fino al completamento delle sue attività e quindi alla riemissione definitiva del collaudo statico.

19.6.1 BARRIERE ANTIRUMORE

Relativamente alle barriere antirumore il Collaudatore Statico dovrà accertarsi che siano stati svolti gli adempimenti previsti nella parte II – sez. 1 del “Manuale di progettazione delle opere civili” e nella parte II – sez. 14 del “Capitolato generale tecnico di appalto delle opere Civili”

In particolare si richiede che il Collaudatore statico:

- dia evidenza sia della verifica dei “verbali di serraggio dei bulloni” redatti dal Direttore dei lavori e riportati nella RSU, sia dei controlli di serraggio effettuati nel corso delle visite di collaudo statico;

- certifichi il corretto collegamento della piastra di base del montante della BA alla sottostante struttura di fondazione, nel rispetto delle prescrizioni progettuali (malta di allettamento, tirafondi, ecc).

19.6.2 OPERE IN TERRA

19.6.2.1 ESAME DEL PROGETTO DELL'OPERA

Il Collaudatore Statico dovrà esaminare l'impostazione generale del progetto verificando che le scelte progettuali abbiano effettivamente tenuto conto delle prestazioni attese dell'opera, dei caratteri geologici/geotecnici del sito e delle condizioni ambientali ed effettuando le verifiche dei calcoli statici.

Più nel dettaglio, il Collaudatore dovrà verificare che:

- sia stata effettuata un'adeguata campagna di indagine geologica/geotecnica volta a caratterizzare compiutamente i parametri fisico-meccanici dei terreni costituenti le opere e quelle dei terreni di fondazione;
- siano state fornite indicazioni in merito alla qualificazione dei materiali;
- sia stata fornita una descrizione esaustiva delle fasi e delle modalità costruttive dell'opera in terra: modalità e tempi di costipamento, spessore degli strati in funzione del tipo di materiale impiegato, eventuale utilizzo di terre trattate o di materiali provenienti dal settore delle demolizioni edilizie, utilizzo di geotessili, etc;
- siano stati definiti i controlli da eseguire durante la costruzione e i limiti di accettabilità dei materiali, del grado di compattazione da raggiungere e della deformabilità degli strati;
- siano state condotte correttamente le verifiche di sicurezza dell'opera (stabilità globale dell'insieme opera in terra-terreno di fondazione) nelle condizioni corrispondenti alle diverse fasi costruttive, al termine della costruzione e in esercizio;
- in caso di opera su pendio, sia stata esaminata l'influenza del carico dovuto alla realizzazione dell'opera stessa sulle condizioni generali di sicurezza del versante;
- siano state trattate eventuali problematiche di erosione e sifonamento dell'opera;
- siano stati definiti gli interventi per la risoluzione delle interferenze con i corsi d'acqua;
- sia stato debitamente predisposto il Piano di manutenzione dell'opera composto, ai sensi del DPR n. 207 del 5/10/2010, dal Manuale d'uso, dal Manuale di manutenzione e dal Piano di Manutenzione dell'opera.

19.6.2.2 ESAME DELLE INDAGINI GEOTECNICHE

Il Collaudatore Statico dovrà esaminare le indagini effettuate (in sito e in laboratorio) durante le fasi di progettazione e costruzione dell'opera verificando che queste siano idonee a:

- individuare la natura e la disposizione stratigrafica dei terreni e delle rocce costituenti il sottosuolo;
- definire il regime delle acque sotterranee;
- individuare le proprietà dei vari terreni presenti nel sottosuolo tra cui:
 - proprietà fisiche: assortimento granulometrico, porosità, contenuto d'acqua, peso dell'unità di volume, etc.;
 - proprietà meccaniche: compressibilità, deformabilità, resistenza a rottura, etc....;
 - proprietà idrauliche: permeabilità;

- individuare la profondità e morfologia del substrato rigido o di un deposito ad esso assimilabile;
- definire la risposta sismica locale dell'opera;
- individuare le proprietà delle terre da impiegare nella realizzazione del rilevato, nel caso di utilizzo di materiale proveniente da scavi;
- permettere un'adeguata caratterizzazione geotecnica del volume significativo di terreno, ossia della parte di sottosuolo influenzata, direttamente o indirettamente, dalla costruzione dell'opera e che influenza l'opera stessa.

19.6.2.3 ESAME DEI CERTIFICATI DI QUALIFICA DEI MATERIALI PROVENIENTI DA CAVA

Il Collaudatore Statico dovrà esaminare le certificazioni di qualità dei materiali provenienti da cava, rilasciate da laboratori ufficiali e presentate dall'Esecutore alla Direzione Lavori prima della posa in opera degli stessi.

In particolare, il Collaudatore verificherà che tali certificati contengano tutti i dati relativi alla provenienza e all'individuazione dei singoli materiali ad alla loro composizione, agli impianti o luoghi di produzione, nonché i dati risultanti dalle prove di laboratorio atte ad accertare i valori caratteristici richiesti per le varie categorie di lavoro o di fornitura.

19.6.2.4 ESAME DEI CERTIFICATI DELLE PROVE CONDOTTE DALL'ESECUTORE E DEI VERBALI DELLE PROVE FATTE ESEGUIRE DALLA DL/AS

Il Collaudatore dovrà esaminare:

- i certificati delle prove condotte dall'Esecutore;
- i verbali delle prove fatte eseguire di routine dalla Direzione Lavori.

Tali prove nel caso di realizzazione di rilevati ferroviari o stradali includono:

- il controllo dei materiali attraverso:
 - l'analisi granulometrica del materiale;
 - la determinazione dell'indice di portanza CBR;
 - la prova Los Angeles;
 - la determinazione dell'equivalente in sabbia;
 - la determinazione del coefficiente di disuniformità;
 - altre prove specificatamente previste dalle vigenti prescrizioni tecniche di FERROVIE, relativamente alle terre trattate e ai materiali provenienti da demolizioni;
- il controllo sul contenuto d'acqua dei materiali;
- il controllo sulla posa in opera dei materiali e sul livellamento degli strati, attraverso:
 - la misura dello spessore degli strati stesi, prima della compattazione;
 - il controllo della pendenza trasversale della superficie dello strato finito, dopo la compattazione;
- il controllo della densità secca degli strati dopo compattazione, attraverso:
 - la prova di costipamento ASSHTO modificata (CNR-BU n. 69);

- il controllo del modulo di deformazione degli strati dopo compattazione, attraverso:
 - la prova di carico su piastra.

19.6.2.5 ATTIVITÀ DI ISPEZIONE DELL'OPERA

Il Collaudatore Statico dovrà effettuare un'ispezione generale dell'opera in terra volta a verificare la rispondenza della stessa al progetto esecutivo ed ai capitolati di costruzione.

Più in dettaglio, avrà cura di controllarne la geometria e la presenza di tutte le opere accessorie necessarie al corretto funzionamento dell'opera, verificando ad esempio, per i rilevati, che:

- la pendenza delle scarpate sia coerente con le proprietà meccaniche delle terre impiegate e, per i rilevati, non superiore a 2/3 (2 verticale; 3 orizzontale);
- nel caso di rilevati alti (altezza superiore a 6 m), siano presenti ogni 6 m banche laterali di larghezza non inferiore a 2 m;
- siano presenti le opere accessorie di raccolta e smaltimento delle acque, previste nel progetto.

Le verifiche succitate devono intendersi come un elenco non esaustivo ma esemplificativo dei controlli che potranno essere effettuati nel corso dell'attività di collaudo statico.

19.6.2.6 ESAME DEI DOCUMENTI DI CONTROLLO DI QUALITÀ E DEL REGISTRO DELLE NON CONFORMITÀ

Nel caso in cui l'opera sia stata eseguita in procedura di garanzia di qualità, il Collaudatore Statico dovrà convalidare i documenti di controllo qualità e il registro delle non conformità, come previsto dalle NTC08 e dalla Circolare n. 617 del 2/2/2009 (par. C9.1).

In particolare qualora riscontri la presenza di non conformità irrisolte, il Collaudatore Statico dovrà interrompere la sua attività e non potrà concludere il collaudo statico.

Comunicerà tale circostanza al Responsabile di gestione del Sistema Qualità, al Committente, al Costruttore, al Direttore dei lavori, per l'adozione dei provvedimenti di competenza, finalizzati all'adozione di azioni correttive o preventive ai fini della correzione o prevenzione delle non conformità, secondo le procedure stabilite nel manuale di gestione del Sistema Qualità.

19.7 PROVE DI CARICO

Le prove di carico devono essere eseguite secondo le indicazioni riportate ai paragrafi 9.2 del Decreto Ministeriale del Ministro delle Infrastrutture del 14.1.2008 "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni" e della Circolare del 2 febbraio 2009, n. 617 C.S.LL.PP. "Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008".

A seguito della definizione da parte del Collaudatore del programma e delle modalità di prova da eseguirsi, dovrà essere predisposta dal progettista una dettagliata relazione in cui vengano individuati i valori teorici delle grandezze da misurare, per le diverse condizioni di carico previste.

L'esito delle prove sarà riportato in un dettagliato "Rapporto di prova" redatto dal Laboratorio incaricato dell'esecuzione delle prove medesime.

Di seguito sono indicate alcune ulteriori specifiche prescrizioni.

19.7.1 PROVE DI CARICO PER PONTI FERROVIARI E ALTRE OPERE MINORI SOTTOBINARIO

La prova di carico sarà condotta in modo da indurre nelle strutture le sollecitazioni massime di progetto corrispondenti alla combinazione rara degli stati limite di esercizio, assumendo come carico da traffico quello del gruppo di carico 4 della tabella 5.2.IV del Decreto Ministeriale del Ministro delle Infrastrutture del 14.1.2008 “*Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni*”; il carico da traffico dovrà comunque essere non inferiore al carico della categoria della linea come indicato nel capitolo 2.11 della parte II della sezione 2 del “Manuale di progettazione delle Opere Civili”, incrementato con il coefficiente dinamico reale di cui al capitolo 2.5 della parte II della sezione 2 del “Manuale di progettazione delle Opere Civili” e applicato interamente a tutti i binari previsti sull’opera.

Per le opere a doppio binario dovranno prevedersi due diverse condizioni di carico relative rispettivamente a 1 binario carico e a 2 binari carichi, tutte e due con i massimi carichi di cui sopra (adottando cioè rispettivamente il coefficiente 0,8 o 0,6 del gruppo di carico 4 della tabella 5.2.IV del Decreto Ministeriale del Ministro delle Infrastrutture del 14.1.2008 “*Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni*”). Per le opere con più di due binari si procederà in modo analogo caricando progressivamente i singoli binari secondo lo schema più gravoso.

Per opere nuove su linee ferroviarie in esercizio, in caso di documentati limiti di disponibilità della linea in termini di carico o di interruzione dell’esercizio, le prove potranno essere condotte con i più gravosi mezzi ferroviari ordinari e/o speciali ammessi a circolare sulla stessa linea. Per le opere con più di due binari si procederà caricando progressivamente i singoli binari secondo lo schema più gravoso.

Nel caso di opere a più campate che presentino caratteristiche ripetitive, è consentito al Collaudatore Statico di sottoporre alle prove di carico solo alcune campate, purché ciò sia fatto almeno una volta per ogni tipo diverso e, nell’ambito di uno stesso tipo, almeno una volta ogni 5.

Tutte le campate di un’opera dovranno essere in ogni caso assoggettate singolarmente al carico di collaudo (vedi punti precedenti) e per esse il Collaudatore accerterà, dopo esame visivo, che non si siano prodotte lesioni o altri segni esteriori di dissesto durante o a seguito del carico.

I valori di riferimento con i quali confrontare le misurazioni e/o i risultati delle prove saranno quelli calcolati dal progettista e riportati nella relazione citata in premessa. Si precisa che limitatamente alle deformazioni di pile e spalle le misurazioni non hanno lo scopo di confrontare i valori misurati con quelli teorici, ma solo quello di evidenziare anomalie del sistema (pali, fondazioni, elevazioni) in quanto i valori misurati sono generalmente della stessa entità delle approssimazioni di lettura.

19.7.1.1 TIPOLOGIE DI PROVE E MISURAZIONI

Il tipo di prove e le misurazioni minime da effettuare a cura del Collaudatore sono quelle descritte nel seguito a seconda del tipo di opera.

- P1) Misurazione della 1^a frequenza propria dell’impalcato, da effettuare prima del carico della struttura.
- P2) Misurazione della deformata trasversale sia dell’impalcato che delle pile, per i ponti a doppio binario, sotto il massimo carico di prova, relativo ad un solo binario.
- P3) Misurazione della deformata longitudinale massima sia dell’impalcato che delle pile/spalle mediante rilievo:

per l’impalcato

- della freccia massima in mezzzeria;

la prova condotta sarà giudicata positiva se la freccia δ_{max} misurata sarà inferiore o uguale a quella calcolata δ_d per la stessa combinazione di carico: $\delta_{max} \leq \delta_d$. Qualora a seguito dell’applicazione del carico di collaudo la deformazione permanente allo scarico δ_{01} fosse: $\delta_{01} > 0,15 \delta_d$, si dovrà realizzare un secondo ciclo di prova e dovrà essere rispettata la disequaglianza: $\delta_{02} \leq 0,5 \delta_{01}$. Il Collaudatore dovrà comunque verificare che la componente anelastica della deformazione massima misurata tenda ad annullarsi.

- della rotazione di estremità;
per le pile e le spalle
- dell'abbassamento medio del piano di posa degli appoggi.

P4) Misurazione della 1a frequenza propria dell'impalcato, da effettuare dopo la conclusione delle prove di carico.

Con riferimento alle misure di tipo P1, P2, P3 e P4 sopra descritte si procederà, in via indicativa, come appresso descritto e l'esito delle relative misure dovrà essere riportato nel certificato di collaudo:

IMPALCATI/ARCHI
(L = interasse appoggi)

- L < 18 m - misurazione di tipo "P3"
- $18 \leq L \leq 32$ m - misurazione di tipo "P1", "P3", "P4"
- L > 32 m - misurazione di tipo "P1", "P2", "P3", "P4",

Per ponti aventi L < 5,00 m, laddove non si siano riscontrati particolari problemi in fase di costruzione, potrà essere omessa la prova di carico.

SCATOLARI

Per scatolari con luce netta L > 5.00 m si dovrà eseguire la misurazione di tipo "P3" con lettura della freccia verticale della soletta superiore.

TELAI

Si dovrà eseguire la misurazione di tipo "P3" con lettura della freccia verticale della soletta.

19.7.2 PROVE DI CARICO PER PONTI STRADALI

Per quanto riguarda questo tipo di opere si richiama integralmente quanto previsto nel D.M. 14.01.2008 e nella circolare n. 617 del 02.02.2009, in particolare ai punti 9.2.2.

Per le opere interferenti con l'infrastruttura ferroviaria, sono da prevedere anche le seguenti misurazioni sulle campate soggette a prove di carico:

- la misurazione della prima frequenza propria dell'impalcato da effettuare prima del carico della struttura,
- la misurazione della prima frequenza propria dell'impalcato da effettuare a seguito della prova di carico.

Si precisa comunque che, in caso di più campate di uguali caratteristiche dimensionali, dovrà essere sempre soggetta a prova di carico una delle campate di scavalco della linea ferroviaria.

19.7.3 PROVE DI CARICO PER FABBRICATI

Per quanto riguarda i fabbricati si rimanda, in relazione alle diverse tipologie strutturali, alle disposizioni contenute nel DM 14.01.2008 e relativa circolare applicativa n. 617 del 02.02.2009.

In merito si precisa che oltre ai controlli visivi e dimensionali e all'esame documentale si dovrà prevedere una prova di carico ogni 3 orizzontamenti in grado di ottenere la massima sollecitazione in una zona di solaio e in una trave. Per edifici con più di tre orizzontamenti, dovrà prevedersi anche la prova di carico sulla rampa delle scale.

19.7.4 PROVE DI CARICO PER BARRIERE ANTIRUMORE

Per ogni intervento omogeneo, individuato come tale sulla base dell'altezza e della tipologia di montante, della soluzione di attacco alla fondazione, del tipo di fondazione, si eseguiranno prove di carico sollecitando un numero n di montanti della barriera prescelta in modo da riprodurre le massime sollecitazioni di progetto corrispondenti alla combinazione rara degli stati limite di esercizio.

Di seguito si indica il numero minimo "n" di montanti che dovranno essere sottoposti a prova in relazione all'estensione "L" complessiva degli interventi individuati come omogenei.

Per L minore o uguale 1.000 m il numero n dovrà essere pari a $L/100$ (con L espressa in metri), con n approssimato al numero intero superiore; il numero n comunque non dovrà essere inferiore a 3:

$$L \leq 1000 \text{ m} \qquad n = L/100 \geq 3.$$

Per l'ulteriore estensione del tratto omogeneo di barriere da 1.000 m a 10.000 m, il numero n dovrà essere pari a $L/200$, con n approssimato al numero intero superiore:

$$1000 < L \leq 10.000 \text{ m} \qquad n = 10 + L/200.$$

Per l'ulteriore estensione del tratto omogeneo di barriere al disopra dei 10.000 m, n dovrà essere pari a $L/300$, con n approssimato al numero intero superiore:

$$L > 10.000 \text{ m} \qquad n = 55 + L/300.$$

19.8 RELAZIONE A STRUTTURE ULTIME

Il collaudatore statico dovrà esaminare, dandone evidenza nel certificato di collaudo, la relazione a strutture ultimate, redatta dal D.L. e il dossier di qualità dell'opera, con riferimento almeno ai seguenti elementi:

- certificati delle prove sui materiali emessi da Laboratori autorizzati ai sensi della norma vigente, così articolati:
 - nell'accertamento del numero dei prelievi effettuati e della loro conformità a quanto fissato dalle normative in vigore, capitolati e indicazioni del progetto;
 - nel controllo che i risultati elaborati delle prove siano compatibili con i criteri di accettazione fissati dalle suddette normative, capitolati e indicazioni di progetto;
- certificati di controllo in stabilimento e nel ciclo produttivo su materiali e componenti, in particolare sulle armature in acciaio (per cemento armato e precompresso) e sulla carpenteria metallica;
- dossier di qualifica dei materiali impiegati;
- certificati di origine per i manufatti prefabbricati prodotti in serie;
- verbali inerenti la tesatura dei cavi e dei sistemi di messa in coazione per le opere in conglomerato cementizio armato precompresso e conformità con il programma di tesatura e con i limiti delle varie fasi in funzione delle tipologie costruttive;
- esito di eventuali prove di carico (su pali, solai e impalcati), allegando le copie dei relativi verbali firmate per copia conforme;
- dichiarazione da parte del Direttore Lavori che:
 - dia conferma della chiusura delle non conformità sulle opere oggetto del collaudo;
 - riporti la descrizione di tutte le non conformità che hanno interessato l'opera, con il parere dello stesso Direttore Lavori sulla risoluzione delle stesse;

- l'opera corrisponde al progetto approvato;
- sono state osservate le prescrizioni di esecuzione e la qualità dei materiali impiegati.

19.9 CERTIFICATO DI COLLAUDO STATICO

Al termine delle attività su menzionate, il Collaudatore redigerà il certificato di collaudo statico contenente le risultanze delle operazioni svolte e il proprio giudizio, debitamente motivato, sulla collaudabilità (o non collaudabilità) dell'opera.

Oltre a quanto sopra specificato, tale certificato, firmato dal solo Collaudatore Statico (gli intervenuti o gli invitati alle attività di collaudo potranno sottoscrivere i verbali di visita), conterrà:

- i riferimenti della nota con cui è stato nominato il Collaudatore Statico;
- una dichiarazione nella quale si attesti che il Collaudatore non è intervenuto in alcun modo nella Progettazione, Direzione Lavori/Alta Sorveglianza ed Esecuzione dei lavori in appalto;
- i verbali delle visite di collaudo effettuate;
- un giudizio sull'ispezionabilità dell'opera ai fini manutentivi, con riferimento all'intero periodo di vita utile dell'opera stessa;
- un giudizio sulla collaudabilità o non collaudabilità dell'opera che riporti:
 - in caso di esito positivo, la dichiarazione di conformità dell'opera al progetto approvato;
 - in caso di esito negativo, i provvedimenti e le azioni che l'Esecutore dovrà intraprendere al fine rendere collaudabile l'opera.

Per favorire la redazione dei certificati di collaudo statico sono stati predisposti uno schema di certificato per i ponti e viadotti (Allegato 1) e uno schema per i rilevati ferroviari (Allegato 2); per le altre categorie di opere tali modelli dovranno essere opportunamente adattati.

ALLEGATO A - SCHEMA DI CERTIFICATO DI COLLAUDO STATICO PER UN PONTE FERROVIARIO

A.1.1 PREMESSA

Scopo del presente sezione è quello di fornire uno schema di certificato di collaudo statico di un generico ponte ferroviario o stradale ad una campata.

A.1.2 DATI GENERALI

OPERA l'opera è relativa a.....

COMMITTENTE:

APPALTATORE - Via - in virtù della convenzione del e atto integrativo del

ESECUTORE/IMPRESA/ - -, per la realizzazione delle opere in c.a.;
..... - -, per la realizzazione delle travi in c.a.p.

PROGETTISTA ing., residente, iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di n°

DIRETTORE DEI LAVORI ing., residente a....., iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di n°

COLLAUDATORE STATICO ing., residente a....., iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di n°

RELAZIONE A STRUTTURA ULTIMATA Il Direttore dei Lavori ing. ... ha consegnato in data.... la relazione a struttura ultimata del

A.1.3 DESCRIZIONE DELL'OPERA

A.1.3.1 GEOMETRIA

Il collaudo in questione riguarda le opere in c.a. relative alla realizzazionedel ponte.... situato alla progressiva Km. della linea - ... nel comune di (Prov.).

Le caratteristiche geometriche principali sono:

- luce netta tra le spalle in obliquo e in retto m
- luce netta tra gli assi appoggi dell'impalcato m
- larghezza della soletta dell'impalcato in retto m
- numero di binari presenti

L'impalcato è stato realizzato con travi prefabbricate del tipo a cassoncino in c.a.p. a trefoli aderenti solidarizzate tra loro con il getto di una soletta dello spessore di..... cm, e con n..... traversi precompressi con barre di.....

L'impalcato è vincolato alle spalle mediante appoggi in acciaio e teflon.

Le spalle/pile sono del tipo¹, spessore² m., con plinti h =m, fondati ognuno su pali del diametro ϕ =..... mm, lunghi m.

Il terreno di fondazione è costituito da una successione stratigrafica didi natura tipo intercalata da

In corrispondenza del piano di appoggio dell'impalcato, le spalle sono completate da ritegni antisismici.

L'opera è completata con muri andatori h = m, per la lunghezza di circa m, fondati direttamente.

A.1.3.2 MATERIALI

I materiali previsti in progetto dell'opera sono:

- calcestruzzi
 - C25/30 per i pali di fondazione;
 - C25/30 per i plinti di fondazione;
 - C28/35 per le strutture in elevazione e per la soletta dell'impalcato;
 - C35/45 per le travi in c.a.p..
- acciai
 - B450C per le armature ordinarie;
 - f_{ptk} > 1860 N/mm² per i trefoli delle travi in c.a.p.;
 - st 85/105 per le barre dei trasversi.

A.1.4 VERIFICA DEL PROGETTO

Il collaudatore darà atto di aver controllato l'impostazione generale del progetto strutturale, per accertarne la rispondenza alle disposizioni di legge nonché gli ulteriori criteri progettuali forniti dal Committente.

A.1.4.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Nel seguito si richiamano in particolare:

- Legge n. 1086 del 5 novembre 1971: Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato normale e precompresso e a struttura metallica;
- Decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n. 380 "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia.";
- DLgs n.163 del 2006 "Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE";

¹ Piene / cave

² Variabile da a

- D.M. Ministero delle Infrastrutture 14.01.08 - Norme Tecniche per le costruzioni - G.U. n.29 del 4/2/2008;
- Circolare del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici n. 617 del 2/2/2009 – Suppl. Ord. G.U. n. 47 26/2/2009 “Istruzioni per l'applicazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008”;
- D.P.R. n. 207 del 5 ottobre 2010 Regolamento di esecuzione e di attuazione del decreto legislativo 12 aprile 2006.

A.1.4.2 VERIFICA DELL'IMPOSTAZIONE PROGETTUALE

Il Collaudatore darà atto di aver eseguito un riesame della relazione di calcolo al fine di verificare la correttezza dei seguenti aspetti:

- impostazione generale della progettazione strutturale
- schemi di calcolo
- azioni e relative combinazioni.

Dall'esame suddetto non sono emerse particolari osservazioni.

A.1.5 CONTROLLO DEI REQUISITI DEI MATERIALI E DELLA LORO RISPONDENZA AI DATI DI PROGETTO

Nel corso della realizzazione della struttura, il Direttore dei Lavori ha provveduto al controllo della documentazione accertante la qualità delle forniture dei materiali e a far effettuare i necessari prelievi e prove dei singoli materiali per confermarne la qualità e le caratteristiche.

Le prove sui campioni prelevati in cantiere sono state eseguite presso laboratori autorizzati secondo le modalità previste dalle specifiche normative.

I risultati ottenuti, indicati sui singoli certificati, sono stati esposti dal Direttore dei Lavori nella relazione a struttura ultimata. Gli originali sono depositati presso gli uffici della D.L., e costituiscono parte integrante del Dossier di Qualità dell'opera.

L'esame dei certificati delle prove sui materiali, è stato svolto dal Collaudatore presso i propri uffici per le parti in copia e sull'originale completo in occasione delle visite in cantiere. Si è riscontrato essere stati eseguiti tutti i controlli previsti dalla normativa vigente e si è verificata sia la rispondenza del numero di prove alle quantità dei materiali messi in opera, sia i risultati esposti nei singoli certificati. Le prove hanno dato tutte esito positivo.

Il Collaudatore ha inoltre eseguito il controllo delle certificazioni di prequalifica in stabilimento degli acciai e dei manufatti prefabbricati il tutto come appreso dettagliato.

A.1.5.1 CONTROLLI SUI CALCESTRUZZI GETTATI IN OPERA

Per le strutture in c.a. e in c.a.p., la resistenza caratteristica, del calcestruzzo, è stata determinata secondo le modalità prescritte per il controllo di accettazione dal D.M. 14.01.2008 e successive modifiche ed integrazioni.

Una sintesi dei dati salienti è riportata nelle tabelle seguenti, suddivise per elementi strutturali (N.B.: i valori numerici sono solo esemplificativi).

Critério di accettazione tipo A

(da utilizzare di norma e comunque per getti entro i 1500 m³)

R1, R2, R3 resistenze di prelievo con $R1 \leq R2 \leq R3$;

$$R_m = \frac{R_1 + R_2 + R_3}{3}$$

resistenza media dei 3 prelievi

$\min R_1 \geq R_{1,lim} = R_{ck} - 3.5$ (valore minimo fra gli R_1 risultanti da ogni tre prelievi)

$\min R_m \geq R_{m,lim} = R_{ck} + 3.5$ (valore minimo fra gli R_m risultanti da ogni tre prelievi)

Parte d'opera	Dati progetto (*)	n.ro prelievi	min R_1	min R_m
Pali	25; 21.5; 28,5	...	... $\geq R_{1,lim}$	... $\geq R_{m,lim}$
Plinti	30; 26.5; 33,5	...	... $\geq R_{1,lim}$	... $\geq R_{m,lim}$
Elevazioni – pulvini- baggioli	35; 31.5; 38,5	...	... $\geq R_{1,lim}$	... $\geq R_{m,lim}$
Travi	55; 51.5; 58.5	...	... $\geq R_{1,lim}$	... $\geq R_{m,lim}$
Soletta impalcato	35; 31.5; 38.5	...	... $\geq R_{1,lim}$	... $\geq R_{m,lim}$
Cordoli laterali	35; 31.5; 38.5	...	... $\geq R_{1,lim}$	... $\geq R_{m,lim}$
Cordoli parabolast	35; 31.5; 38.5	...	... $\geq R_{1,lim}$	... $\geq R_{m,lim}$

Note:

(*) Nell'ordine R_{ck} , $R_{1,lim}$, $R_{m,lim}$ in MPa

Criterio di accettazione tipo B

(ove eseguito per getti $> 1500 m^3$)

R_i Resistenze dei prelievi con $R_1 \leq R_2 \leq \dots \leq R_n$ e $n \geq 15$;

$$R_m = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} R_i}{n}$$

Resistenza media degli n prelievi

$\min R_1 \geq R_{1,lim} = R_{ck} - 3.5$ (valore minimo fra gli R_1 risultanti da ogni tre prelievi)

$\min R_m \geq R_{m,lim} = R_{ck} + 1.4 s$ (valore minimo fra gli R_m risultanti da ogni tre prelievi)

$$\text{con } s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=n} (R_i - R_m)^2}{n-1}}$$

scarto quadratico medio

Parte d'opera	Dati progetto (*)	n.ro prelievi	min R_1	min R_m
Pali	25; 21.5; ...	...	... $\geq R_{1,lim}$	... $\geq R_{m,lim}$
Plinti	30; 26.5; ...	...	... $\geq R_{1,lim}$	... $\geq R_{m,lim}$
Elevazioni – pulvini- baggioli	35; 31.5; ...	...	... $\geq R_{1,lim}$	... $\geq R_{m,lim}$
.....

Note:

(*) Nell'ordine R_{ck} , $R_{1,lim}$, $R_{m,lim}$ in MPa

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 19 COLLAUDO STATICO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 19	Codifica: RFI DTC SICS PS SP IFS 003 A	FOGLIO 19 di 29

A.1.5.2 ACCERTAMENTO DELLE PROPRIETÀ MECCANICHE DELL'ACCIAIO UTILIZZATO PER IL C.A./C.A.P.

Le forniture delle armature in acciaio risultano accompagnate da certificati di prova rilasciati da Enti autorizzati e relativi alle verifiche di qualità della produzione (caratteristiche meccaniche, saldabilità, etc..) effettuate in un periodo non anteriore a tre mesi dalla data di spedizione in cantiere.

La Direzione Lavori ha verificato la certificazione di origine dei materiali metallici impiegati e ha fatto sottoporre a prove di laboratorio campioni provenienti dalle varie partite di acciaio impiegato nella costruzione per confermarne le caratteristiche meccaniche, così come previsto dalle Normative vigenti.

Le prove meccaniche sui campioni prelevati, sono state effettuate presso laboratori autorizzati e i risultati hanno confermato l'idoneità dei materiali impiegati e la loro conformità alle previsioni progettuali.

PROVE SU ACCIAIO IN BARRE PER C.A.

Sono stati eseguite prove su campioni ottenuti in cantiere da n°..... prelievi di spezzoni di barre di acciaio, ottenendo per tutti l'idoneità della prova. In particolare sono stati determinati tramite prove i valori delle seguenti grandezze:

-
-

Riassumendo, sono state effettuate le prove indicate nella seguente tabella con l'esito ivi indicato:

<i>Partita e/o bolla e/o colata</i>	<i>Parti d'opera</i>	<i>n.ro prelievi</i>	<i>Diametri provati</i>	<i>Note</i>
.....	Pali	...	...	...
.....	Plinti	...	...	...
.....	Elevazioni + pulvini	...	...	...
.....	Travi	...	...	...
.....	Soletta	...	...	...

PROVE SU ACCIAIO ARMONICO (ove eseguite)

Per ogni fornitura sono state eseguite prove sul prescritto campione costituito da almeno ... saggi, ottenendo per tutti l'idoneità della prova. In particolare sono stati condotti i seguenti controlli in cantiere effettuando le prove relative alla valutazione delle seguenti grandezze:

-
-

Riassumendo, sono state effettuate le prove indicate nella seguente tabella con l'esito ivi indicato: (N.B.: i valori numerici sono solo esemplificativi).

<i>Partita</i>	<i>Parte d'opera</i>	<i>n.ro tot. Campioni</i>	<i>Tipo</i>	<i>Note</i>
	<i>travi</i>	...	...	...

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 19 COLLAUDO STATICO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 19	Codifica: RFI DTC SICS PS SP IFS 003 A	FOGLIO 20 di 29

A.1.5.3 ACCERTAMENTO DELLE PROPRIETÀ MECCANICHE DELL'ACCIAIO UTILIZZATO PER LA CARPENTERIA METALLICA E DELLE RELATIVE LAVORAZIONI

Le proprietà meccaniche dell'acciaio impiegato per realizzare la struttura metallica sono state accertate con controlli in acciaieria e/o presso i fornitori.

La D.L. ha verificato ed allegato alla relazione di struttura ultimata sia i certificati d'origine dei materiali metallici rilasciati dai produttori (i quali attestano che i suddetti materiali sono prodotti qualificati) sia i verbali di collaudo dei materiali metallici (lamiere, profili, connettori, bulloni, etc) emessi in base ai documenti di FERROVIE richiamati negli atti contrattuali.

Inoltre sono stati esaminati i certificati di collaudo delle strutture contenenti i controlli effettuati in officina ed in cantiere sui materiali lavorati (forature, saldature, verniciature, bullonature ecc.) sempre in base ai documenti di FERROVIE richiamati negli atti contrattuali

I risultati dei controlli hanno confermato l'idoneità dei materiali impiegati e delle lavorazioni eseguite nonché la loro conformità alle prescrizioni progettuali.

A.1.5.4 ULTERIORI CONTROLLI SUI MATERIALI EFFETTUATI DAL COLLAUDATORE (EVENTUALI)

Il Collaudatore al fine di formarsi il convincimento sull'accettabilità dei materiali ha ordinato i seguenti saggi e/o controlli non distruttivi :

-
-

A.1.6 VISITE DI COLLAUDO

I sopralluoghi per il collaudo statico sono stati effettuati nei giorni..... alla presenza dei signori:

- per l'Impresa Appaltatrice;
- Direttore dei Lavori;
- per l'Alta Sorveglianza.

I verbali delle visite di collaudo sono allegati al presente certificato di collaudo statico (allegati n.....).

Durante il corso delle visite, dall'ispezione generale è stata constatata la rispondenza delle opere realizzate a quelle del progetto non riscontrando di fatto difetti, deformazioni, cedimenti, etc...di particolare rilievo.

E' stato eseguito un esame generale dell'opera eseguendo verifiche di carattere dimensionale (ad es. sezioni geometriche delle pile, luce dell'impalcato, dimensioni travi e traversi di testata, disposizioni apparecchi d'appoggio, verticalità delle pile etc..) e riportando nel verbale di visita i valori progettuali e quelli rilevati.

A.1.7 ESAME DELLA RELAZIONE A STRUTTURA ULTIMATA

Il Direttore dei Lavori, Ing., ha redatto la relazione a struttura ultimata che è stata consegnata al Collaudatore in data.....

Da tale relazione risulta che il Direttore dei Lavori:

- dichiara che l'opera è stata eseguita in conformità al progetto costruttivo vidimato, nell'osservanza delle prescrizioni esecutive del progetto medesimo, nonché impiegando i materiali della qualità prevista;

- espone i certificati delle prove sui materiali, emessi da Laboratori Ufficiali/Autorizzati;
- espone i certificati di controllo in stabilimento per gli acciai impiegati per le opere in c.a.;
- espone i certificati di origine per i manufatti prefabbricati prodotti in serie;
- allega il dossier di qualifica dei materiali impiegati;
- allega le copie dei verbali firmati per copia conforme relative all'esito delle prove di carico (ove effettuate e a cura della D.L.);
- allega le indicazioni inerenti la tesatura dei cavi e dei sistemi di messa in coazione per le opere in conglomerato cementizio armato precompresso;
- dichiara che tutte le N.C. che hanno interessato l'opera sono state chiuse;
- allega la descrizione di tutte le N.C. che hanno interessato l'opera con il parere del Direttore dei Lavori sulla risoluzione delle stesse.

A.1.8 PROVE DI CARICO

A.1.8.1 PROVA DI CARICO SULLA STRUTTURA FINITA

La prova di carico è stata eseguita in data sulla base di quanto stabilito nella relazione "Programma e modalità di prova" redatta dal Collaudatore, nel rispetto dei contenuti minimi previsti.


Il Progettista delle strutture ha trasmesso con nota n... del... una specifica relazione nella quale, a fronte delle modalità di prova indicate dal Collaudatore, ha individuato i carichi di prova corrispondenti alle massime sollecitazioni di progetto, nonché i valori teorici dei parametri da sottoporre a misurazione.

Si riporta, di seguito la sintesi delle misurazioni eseguite nel corso dello svolgimento della prova relativamente ai parametri significativi nonché il relativo confronto tra i valori rilevati e quelli previsti.

<i>Parametro</i>	<i>U.M.</i>	<i>Val. teorico</i>	<i>Val. misurato</i>
Abbassamento in mezzeria	mm		
Abbassamento medio agli appoggi corrispondenti	mm		
Freccia netta in mezzeria	mm		
Abbassamento residuo in mezzeria	mm		
Abbassamento residuo medio agli appoggi corrispondenti	mm		
Freccia residua netta in mezzeria	mm		
Rotazioni agli appoggi (ove richiesto)	rad		
Etc...	..		

Dall'esame dei dati riportati in tabella risulta che:

- i valori degli abbassamenti misurati risultano inferiori ai corrispondenti valori teorici;
- i valori misurati delle rotazioni agli appoggi risultano inferiori ai corrispondenti valori teorici (ponti ferroviari);
- Inoltre, dall'esito della prova, è risultato che:

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 19 COLLAUDO STATICO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 19	Codifica: RFI DTC SICS PS SP IFS 003 A	FOGLIO 22 di 29

- le deformazioni si sono accresciute all'incirca proporzionalmente ai carichi;
- nel corso della prova non si sono prodotte lesioni, deformazioni o dissesti che compromettano la sicurezza o la conservazione dell'opera.

Si può, pertanto, affermare che il comportamento del manufatto risulta in linea con le previsioni progettuali.

A.1.8.2 PROVA DI CARICO DINAMICO SULLA STRUTTURE FINITA PER LA VALUTAZIONE DELLA PRIMA FREQUENZA PROPRIA

Le prove sono state eseguite in data prima e dopo la prova di carico statica eseguita in data sulla base di quanto stabilito nella relazione "Programma e modalità di prova" redatta dal Collaudatore.

Il Progettista delle strutture ha trasmesso con nota n..... del..... una specifica relazione nella quale, a fronte delle modalità di prova indicate dal Collaudatore, ha individuato il carico di prova ed i valori teorici dei parametri da sottoporre a misurazione.

Si precisa che come carico di prova è stato utilizzato il mezzo delle seguenti caratteristiche:

n. assi/distribuzione geometria assi...../valori di carico assiali...../altro

La velocità di prova è stata pari a compatibile con le caratteristiche della strada e con quelle del mezzo.

(Se utilizza altra causa eccitatrice, specificare quale)

Si riporta, di seguito la sintesi delle misurazioni eseguite nel corso dello svolgimento della prova relativamente ai parametri significativi nonché il relativo confronto tra i valori rilevati e quelli previsti.

<i>Parametro</i>	<i>U.M.</i>	<i>Val. teorico</i>	<i>Val. misurato</i>
Prima frequenza propria dell'impalcato prima della prova statica	Hz		
Prima frequenza propria dell'impalcato dopo la prova statica	Hz		

Dall'esame dei risultati risulta che:

- i valori misurati delle frequenze proprie sono risultati all'incirca invariati dopo la prova di carico statico;
- nel corso della prova non si sono prodotte lesioni, deformazioni o dissesti che compromettano la sicurezza o la conservazione dell'opera.

Si può, pertanto, affermare che il comportamento del manufatto risulta in linea con le previsioni progettuali.

A.1.8.3 PROVE DI CARICO SU PALI

Il D.L. ha condotto delle prove di carico di collaudo dei pali in numero adeguato secondo quanto previsto dal DM Infrastrutture 14 gennaio 2008, dalla Circolare 02 febbraio 2009 n° 617/ C.S.LL.PP del 24.9.1988, dal progetto e dai capitolati.

Dette prove sono state condotte secondo i criteri generali e le modalità di prova previsti in detti documenti.

Dall'esame dei verbali delle prove di carico fatte eseguire dalla D.L. si è constatato inoltre che:

- i carichi limite determinati;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 19 COLLAUDO STATICO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 19	Codifica: RFI DTC SICS PS SP IFS 003 A	FOGLIO 23 di 29

- i corrispondenti coefficienti di sicurezza rispetto al carico di esercizio;
- l'andamento dei cedimenti in funzione del carico applicato;
- i valori dei cedimenti residui allo scarico sono in linea con le previsioni progettuali.

A.1.9 CONVALIDA DEI DOCUMENTI DI CONTROLLO QUALITA' E DEL REGISTRO DELLE NON CONFORMITA'

.....

A.1.10 VALUTAZIONE DELLE CARATTERISTICHE DI DURABILITA' E DI ISPEZIONABILITA' DELL'OPERA

.....

A.1.11 CERTIFICATO DI COLLAUDO

Premesso e sottoscritto tutto quanto riportato ai precedenti punti e considerato che:

- la progettazione è basata sulla vigente normativa;
- le opere sono state eseguite in conformità al progetto;
- le massime sollecitazioni previste nel calcolo sono compatibili con le sollecitazioni ammissibili dei materiali impiegati, come anche la qualità dei materiali prescritti in progetto corrisponde a quella dei materiali posti in opera,
- le prove di carico effettuate hanno determinato rapporti accettabili tra carichi e deformazioni, fornendo pertanto una verifica del buon comportamento sotto carico della struttura;
- i riscontri effettuati hanno confermato che le dimensioni delle strutture corrispondono a quelle previste nel progetto;
- le opere sono eseguite a regola d'arte e sono prive di evidenti manchevolezze o difetti costruttivi;
- i materiali utilizzati sono conformi a quelli previsti in progetto e alle prescrizioni di legge;

il sottoscritto Collaudatore

CERTIFICA

che l'opera in questione è collaudabile e, in effetti, con il presente atto

COLLAUDA

ai sensi della legge no 1086 del 5/11/1971 e successive integrazioni e modifiche, il ponte sito alla progressiva Km ... linea ... tratta per l'uso in base al quale è stato progettato e realizzato.

A norma delle leggi vigenti, il sottoscritto dichiara di essere iscritto con il n. all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di....., con anzianità, e di non essere intervenuto nella progettazione, direzione ed esecuzione delle opere collaudate.

Roma,

Il Collaudatore statico

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 19 COLLAUDO STATICO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 19	Codifica: RFI DTC SICS PS SP IFS 003 A	FOGLIO 25 di 29

- per il corpo del rilevato terre del tipo..... di cui alla tabella di classificazione ex CNR-UNI 10006
- per lo strato sommitale del rilevato terre del tipo..... di cui alla tabella di classificazione ex CNR-UNI 10006
- per lo strato di sub-ballast

A.2.4 VERIFICA DEL PROGETTO

Il collaudatore darà atto di aver controllato l'impostazione generale del progetto, per accertarne la rispondenza alle disposizioni di legge nonché gli ulteriori criteri progettuali forniti dal Committente.

A.2.4.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Nel seguito si richiamano in particolare:

- D.M. Ministero delle Infrastrutture 14.01.08 - Norme Tecniche per le costruzioni - G.U. n.29 del 4/2/2008
- Circolare del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici n. 617 del 2/2/2009 – Suppl. Ord. G.U. n. 47 26/2/2009 “Istruzioni per l'applicazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008”
- DLgs n.163 del 2006 “Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE”
- D.P.R. n. 207 del 5 ottobre 2010 Regolamento di esecuzione e di attuazione del decreto legislativo 12 aprile 2006

A.2.4.2 VERIFICA DELL'IMPOSTAZIONE PROGETTUALE

Il Collaudatore darà atto di aver eseguito un riesame della relazione di calcolo al fine di verificare la correttezza dei seguenti aspetti:

- impostazione generale della progettazione strutturale
- schemi di calcolo
- azioni e relative combinazioni.

I calcoli e le verifiche di stabilità dell'insieme rilevato-terreno di fondazione sono stati condotti con il metodo semiprobabilistico agli stati limite (secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni emanate con D.M. 14 gennaio 2008) attraverso il programma di calcolo.....


Il progetto ha fornito una valutazione dei cedimenti istantanei, dei fenomeni di consolidazione primaria e secondaria e del loro andamento nel tempo.

Lo studio geologico ha interessato una zona significativamente estesa in relazione al tipo di opera e al suo contesto geologico.

Dall'esame suddetto non sono emerse particolari osservazioni, anche in merito agli aspetti geotecnici.

A.2.5 CONTROLLO DEI REQUISITI DEI MATERIALI E DELLA LORO RISPONDENZA AI DATI DI PROGETTO

Il rilevato oggetto di collaudo è stato realizzato nel pieno rispetto delle prescrizioni delle specifiche a base del progetto, delle avvertenze alle voci di tariffa e delle specifiche tecniche. In particolare, il rilevato è stato realizzato con terre aventi caratteristiche di seguito riportate.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 19 COLLAUDO STATICO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 19	Codifica: RFI DTC SICS PS SP IFS 003 A	FOGLIO 26 di 29

Piano di posa del rilevato

Il piano di posa del rilevato è stato realizzato con terre del tipo di cui alla tabella di classificazione ex CNR-UNI 10006, costipate mediante.....

Con tale sistema di compattazione si sono ottenuti:

- una densità secca non inferiore a.....% della densità massima (valore minimo 95%), ottenuta per quella terra, con la prova di costipamento AASHTO modificata (CNR-BU n. 69);
- un modulo di deformazione misurato mediante prova di carico su piastra, al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.05 MPa – 0.15 MPa, non inferiore a..... (valore minimo 20 MPa).

Primo strato di rilevato o strato anticapillare

Lo strato di anticapillare, dello spessore di 50 cm, è stato realizzato con pietrischetto avente dimensioni comprese tra 2 e 25 mm e le seguenti caratteristiche granulometriche:

- 25 mm ≤ 100%;
- 4 mm ≤ 20 %;
- 2 mm ≤ 10 %;
- Equivalente in sabbia >70.

Lo strato è stato costipato mediante

Con tale sistema di compattazione si è ottenuto un modulo di deformazione misurato mediante prova di carico su piastra, al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.05 MPa – 0.15 MPa, non inferiore a (valore minimo 20 MPa).

Corpo del rilevato

Il corpo del rilevato è stato realizzato con terre provenienti da appartenenti ai gruppi di cui alla di cui di cui alla tabella di classificazione ex CNR-UNI 10006.

Il materiale utilizzato è stato steso in strati dello spessore di cm.

Ciascuno strato è stato costipato mediante.....

Con tale sistema di compattazione si sono ottenuti:

- una densità secca non inferiore al % della densità massima (valore minimo 95%), ottenuta per quella terra, con la prova di costipamento AASHTO modificata (CNR-BU n. 69);
- un modulo di deformazione misurato mediante prova di carico su piastra, al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.05 MPa – 0.15 MPa, non inferiore a per le zone di rilevato a distanza inferiore a 1 m dai bordi dello stesso (valore minimo 20 MPa) e a per la restante zona centrale (valore minimo 40 MPa).

Ultimo strato del rilevato o strato super compattato

La superficie costituente il piano di posa del sub-ballast è stata realizzata mediante formazione di uno strato di terra fortemente compattato di spessore finito non inferiore a (valore limite 30 cm) con terreni appartenenti ai gruppi di cui alla tabella di classificazione ex CNR-UNI 10006, legati con l'aggiunta di legante naturale passante al setaccio 0.4 UNI.

La costipazione è avvenuta mediante.....ottenendo:

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 19 COLLAUDO STATICO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 19	Codifica: RFI DTC SICS PS SP IFS 003 A	FOGLIO 27 di 29

- una densità secca non inferiore al ...% della densità massima (valore limite 98 %), ottenuta per quella terra, con la prova di costipamento AASHTO modificata (CNR-BU n. 69);
- un modulo di deformazione misurato, in condizioni prossime a quella ottima di costipamento mediante prova di carico su piastra, non inferiore a al primo ciclo di carico (valore minimo 80 MPa).

Strato di sub-ballast

Lo strato di sub-ballast è stato realizzato in conglomerato bituminoso impastato a caldo, steso in opera in uno strato finito di 12 cm con macchina vibrofinitrice e costipato con idonei rulli metallici e gommati.

A.2.5.1 ULTERIORI CONTROLLI SUI MATERIALI EFFETTUATI DAL COLLAUDATORE (EVENTUALI)

Il Collaudatore al fine di formarsi il convincimento sull'accettabilità dei materiali ha ordinato i seguenti saggi e/o controlli non distruttivi :

-
-

A.2.6 VISITE DI COLLAUDO

I sopralluoghi per il collaudo statico sono stati effettuati nei giorni..... alla presenza dei signori:

- per l'Impresa Appaltatrice;
- Direttore dei Lavori;
- per l'Alta Sorveglianza.

I verbali delle visite di collaudo sono allegati al presente certificato di collaudo statico (allegati n.....).

Durante il corso delle visite, dall'ispezione generale è stata constatata la rispondenza delle opere realizzate a quelle del progetto non riscontrando di fatto difetti, deformazioni, cedimenti, etc...di particolare rilievo.

A.2.7 ESAME DELLA DOCUMENTAZIONE ACQUISITA E/O PRODOTTA DALLA DIREZIONE LAVORI

E' stata controllata la documentazione acquisita dalla Direzioni dei Lavori durante la fase esecutiva dei lavori. In particolare:

- 1) Documentazione di accompagnamento della fornitura del materiale impiegato per la realizzazione del piano di posa del rilevato prodotto dalla cava..... situata in.....; laboratorio ufficiale, concessione n..... del.....
- 2) Documentazione di accompagnamento della fornitura del materiale impiegato per la realizzazione del corpo del rilevato prodotto dalla cava..... situata in.....; certificato di qualifica del materiale n..... del..... rilasciato dal laboratorio ufficiale, concessione n..... del.....

3) Documentazione di accompagnamento della fornitura del materiale impiegato per la realizzazione dello strato di super compattato prodotto dalla cava.....situata in.....;

certificato di qualifica del materiale n.....del.....rilasciato dal laboratorio ufficiale, concessione n.....del.....

4) Documentazione di accompagnamento della fornitura del materiale impiegato per la realizzazione dello strato di sub-ballast prodotto dalla cava.....situata in.....;

certificato di qualifica del materiale n.....del.....rilasciato dal laboratorio ufficiale, concessione n.....del.....

5) Certificato delle analisi sulle terre provenienti dagli scavi attestanti le caratteristiche chimiche del materiale utilizzato per la realizzazione del corpo del rilevato.....

6) Verbali delle prove sulle terre provenienti dagli scavi attestanti le caratteristiche fisiche e meccaniche del materiale utilizzato per la realizzazione del corpo del rilevato.....

Sono stati inoltre esaminati i verbali delle prove fatte eseguire dalla Direzioni dei Lavori durante la fase realizzativa dei lavori. In particolare:

7) Verbali di prova del.....relativi alle prove per la determinazione della densità secca del materiale impiegato per la realizzazione del piano di posa;

8) Verbali di prova del.....relativi alla prove per la determinazione del modulo di deformazione del materiale impiegato per la realizzazione del piano di posa mediante prova di carico su piastra, al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.05 MPa – 0.15 MPa;

9) E' stata esaminata la dichiarazione da parte del Direttore dei Lavori che:
- ha confermato la chiusura di tutte le non conformità;
- ha riportato la descrizione di tutte le non conformità con il parere dello stesso Direttore dei lavori sulla chiusura delle stesse;

10)

A.2.8 PROVE E CONTROLLI SULL'OPERA

A conferma della buona esecuzione dei lavori e della rispondenza dell'opera ai requisiti progettuali, il sottoscritto Collaudatore Statico ha fatto eseguire le seguenti prove:

1)

2)

A.2.9 CONVALIDA DEI DOCUMENTI DI CONTROLLO QUALITA' E DEL REGISTRO DELLE NON CONFORMITA'

.....

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 19 COLLAUDO STATICO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 19	Codifica: RFI DTC SICS PS SP IFS 003 A	FOGLIO 29 di 29

A.2.10 VALUTAZIONE DELLE CARATTERISTICHE DI DURABILITA' E DI ISPEZIONABILITA' DELL'OPERA

.....

A.2.11 CERTIFICATO DI COLLAUDO

Premesso e sottoscritto tutto quanto riportato ai precedenti punti e considerato che:

- che dall'esame del progetto dell'opera, dell'impostazione generale degli schemi di calcolo utilizzati e delle azioni considerate, la progettazione è da ritenersi conforme alla vigente normativa;
- che le opere sono state eseguite in conformità al progetto;
- che le indagini geotecniche eseguite nelle fasi di progettazione e di costruzione hanno interessato un volume significativo di terreno influenzato dall'opera e che sono da ritenersi conformi alla vigente normativa tecnica emanata con D.M. 14 gennaio 2008;
- che i risultati dei controlli sui certificati di qualifica dei materiali provenienti da cava hanno dato esito positivo;
- che i risultati dei controlli sui certificati delle prove effettuate dall'Appaltatore hanno dato esito positivo;
- che i risultati dei controlli sui verbali delle prove fatte effettuare dal Direttore dei Lavori/Alta Sorveglianza hanno dato esito positivo;
- che i controlli fatti eseguire hanno mostrato la buona esecuzione dei lavori e la rispondenza ai requisiti progettuali;

il sottoscritto Collaudatore

CERTIFICA

che l'opera in questione è collaudabile e, in effetti, con il presente atto

COLLAUDA

ai sensi della legge n° 1086 del 5/11/1971 e successive integrazioni e modifiche, il rilevato sito dalla progressiva km ... alla progressiva km ... della linea ... per l'uso in base al quale è stato progettato e realizzato.

A norma delle leggi vigenti, il sottoscritto dichiara di essere iscritto con il n. all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di....., con anzianità, e di non essere intervenuto nella progettazione, direzione ed esecuzione delle opere collaudate.

Roma,

Il Collaudatore statico

**CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO
DELLE OPERE CIVILI**

**PARTE II - SEZIONE 20
GESTIONE DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO**

- 20.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE
- 20.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO
- 20.3 DEFINIZIONI
- 20.4 ABBREVIAZIONI
- 20.5 PRESCRIZIONI GENERALI

Rev.	Data	Descrizione	Redazione	Verifica Tecnica	Autorizzazione
A	22/12/2017	Emissione per applicazione	V. Ranucci <i>Valentina Ranucci</i>	G. Giangrande <i>G. Giangrande</i>	Franco Iacobini <i>Franco Iacobini</i>

INDICE

20.1	SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE	3
20.2	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	3
	20.2.1 NORMATIVA NAZIONALE	3
	20.2.2 DOCUMENTAZIONE TECNICA	3
20.3	DEFINIZIONI	4
20.4	ABBREVIAZIONI	4
20.5	PRESCRIZIONI GENERALI	4
	20.5.1 RIUTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO NELLO STESSO SITO DI PRODUZIONE	5
	20.5.2 RIUTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO IN UN SITO DI DESTINAZIONE O IN UN PROCESSO PRODUTTIVO DIVERSO DA QUELLO DI PRODUZIONE	6
	20.5.3 GESTIONE DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO COME RIFIUTO	7

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 20 GESTIONE DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 20	Codifica: <u>RFI DTC SI AM SP IFS 003 A</u>	FOGLIO 3 di 9

20.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente sezione e parte integrante del Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle Opere Civili (RFI DTC SI SP IFS 001 B) e costituisce parte nuova rispetto a quanto previsto nel precedente Capitolato (cod. RFI DTC SI SP IFS 001 A).

La presente sezione di Capitolato ha lo scopo di descrivere e standardizzare le corrette modalità di gestione delle terre e rocce da scavo, inclusi i riporti, che derivano dalla realizzazione di scavi in genere (sbancamento, fondazioni, trincee), perforazioni, trivellazioni, palificazioni, consolidamenti, opere infrastrutturali (es. gallerie, strade), rimozione e livellamento di opere in terra quali i rilevati esistenti.

A tal fine, la presente sezione disciplina la gestione del materiale da scavo in regime di sottoprodotto e in regime di rifiuto.

20.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

I lavori saranno eseguiti in accordo alle norme di legge, istruzioni e normative tecniche applicabili, nonché a tutte quelle indicate nel presente documento e nelle sezioni di Capitolato richiamate nel testo.

Si elencano di seguito la principale documentazione e normativa di riferimento.

20.2.1 NORMATIVA NAZIONALE

- D.P.R. 13 giugno 2017, n. 120;
- D. Lgs. 3 aprile 2006, n. 152 recante “Norme in materia ambientale” e s.m.i. e sua normativa di attuazione;
- D. Lgs. 13 gennaio 2003, n. 36 recante “Attuazione della direttiva 1999/31/CE relativa alle discariche di rifiuti” e s.m.i.;
- D.M. Ambiente 27 settembre 2010 recante i “Criteri di ammissibilità dei rifiuti in discarica” e s.m.i.;
- D.M. Ambiente 5 febbraio 1998 recante “Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero ai sensi degli articoli 31 e 33 del decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22” e s.m.i.;
- Regolamento (UE) n. 1013/2006 del 14 giugno 2006 relativo alla spedizione di rifiuti.

20.2.2 DOCUMENTAZIONE TECNICA

- Manuale di Progettazione delle Opere Civili (RFI DTC SI MA IFS 001 - parte II - Sezione 1 “Ambiente” - RFI DTC SI AM MA IFS 001: capitolo 1.8 “Gestione delle terre e rocce da scavo”).
- Capitolato Generale Tecnico di appalto delle Opere Civili (RFI DTC SI SP IFS 001 – Parte II – Sezione 5 “Opere in Terra e scavi” (RFI DTC SI CS SP IFS 004).
- Procedura RFI DPR POTA 13 1 0 “Gestione dei rifiuti”.

Il presente documento dovrà inoltre correlarsi con:

- il Progetto di fattibilità tecnica ed economica, il Progetto definitivo ed il Progetto esecutivo;
- la Documentazione di gara;

20.3 DEFINIZIONI

Le definizioni utilizzate nella presente sezione sono quelle risultanti dalla normativa vigente (con particolare riferimento alle definizioni contenute nella Parte IV del D. Lgs. n. 152/2006 e nel D.P.R. n. 120/2017), integrate da quanto riportato nel presente paragrafo.

CONTRATTO: l'accordo tra il Committente e Appaltatore per l'esecuzione dei lavori descritti nel Contratto d'appalto contenente l'indicazione del corrispettivo pattuito o tra il Committente e il Fornitore per l'esecuzione delle forniture;

DIREZIONE LAVORI: ufficio preposto alla direzione ed al controllo tecnico, contabile e amministrativo dell'esecuzione dell'intervento nel rispetto degli impegni contrattuali;

ESECUTORE: Soggetto incaricato dell'esecuzione dei lavori o di parte degli stessi (Appaltatore, General Contractor, Contraente Generale);

FERROVIE: Rete Ferroviaria Italiana S.p.A. o chi agisce in nome e per conto di Rete Ferroviaria Italiana S.p.A. (Direzione Lavori, Alta sorveglianza)

20.4 ABBREVIAZIONI

Nel testo sono utilizzate le seguenti abbreviazioni:

D.P.R.	Decreto del Presidente della Repubblica
D. Lgs.	Decreto Legislativo
VIA	Valutazione di Impatto Ambientale
EN	European Norm (norma europea)
UNI	Ente Nazionale di Normazione
ISO	International Standardisation Organization (organizzazione di Standardizzazione Internazionale)
CER	Catalogo Europeo dei Rifiuti

20.5 PRESCRIZIONI GENERALI

Le terre e rocce derivanti dagli scavi e, in generale, dalle attività di costruzione e demolizione, possono essere:

- riutilizzate allo stato naturale o previo trattamento di normale pratica industriale nello stesso sito di produzione,
- riutilizzate in un altro sito o in un processo di produzione in sostituzione dei materiali da cava, eventualmente previo trattamento,
- gestite come rifiuto ed avviate ad un'operazione di smaltimento o di recupero.

In linea di principio, e salvo quanto appresso si dirà, la decisione del regime gestionale cui sottoporre le terre e rocce va definita dal progettista in accordo con FERROVIE in sede di elaborazione del progetto, nel rispetto di quanto dettagliatamente disciplinato nel Manuale di Progettazione delle Opere Civili (RFI DTC SI MA IFS 001 B- parte II - Sezione 1 "Ambiente" (RFI DTC SI AM MA IFS 001 A): capitolo 1.8 "Gestione delle terre e rocce da scavo".

In sede esecutiva, pertanto, L'ESECUTORE dovrà eseguire correttamente tutti gli adempimenti gestionali a lui attribuiti sulla base di quanto riportato nella documentazione elaborata in sede progettuale e nel contratto. Sarà, inoltre, cura dell'ESECUTORE predisporre tutta la documentazione prevista dalla normativa, quando tale onere venga a lui attribuito dal progetto, dal contratto, dalla normativa vigente, dal manuale di progettazione di RFI o dal presente capitolato.

In talune ipotesi, previste nello stesso Manuale di Progettazione, e dettagliate nei successivi paragrafi, è possibile che il regime gestionale delle terre e rocce da scavo risultante dalle previsioni progettuali possa essere modificato in fase di progettazione esecutiva (affidata all'ESECUTORE) ovvero in fase esecutiva.

In ogni caso, tali variazioni alle modalità di gestione delle terre e rocce da scavo che l'ESECUTORE volesse introdurre nella propria progettazione esecutiva e/o proporre in corso d'opera dovranno avere il preventivo nulla osta di FERROVIE; l'eventuale rifiuto del nulla osta non potrà in alcun caso dare luogo a riserve, pretese e/o richieste di alcun genere da parte dell'ESECUTORE.

20.5.1 RIUTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO NELLO STESSO SITO DI PRODUZIONE

Il riutilizzo, come sottoprodotto o in esclusione dal regime giuridico dei rifiuti, delle terre e rocce nello stesso sito di produzione è ammesso dalla normativa vigente sulla base di alcuni adempimenti che si differenziano in base alla tipologia di procedimento di autorizzazione dell'opera (opera sottoposta a un procedimento di cui alla Parte II del D. Lgs. 152/2006 o meno), alla quantità di materiale scavato e alla circostanza che il progetto preveda che le terre e rocce, per essere riutilizzate, debbano essere sottoposte a un trattamento di normale pratica industriale o meno ovvero trasportate utilizzando la viabilità pubblica o meno.

In tutte le ipotesi citate, il progetto definitivo e il progetto esecutivo dovranno disciplinare nel dettaglio, nel rispetto di quanto la normativa vigente prevede in termine di obblighi del soggetto esecutore, le modalità operative cui l'ESECUTORE dovrà attenersi.

Qualora in fase esecutiva, l'ESECUTORE dimostri la necessità di dover adottare modalità di gestione delle terre e rocce diverse da quelle progettualmente previste, l'ESECUTORE dovrà richiedere preliminarmente il nulla osta di FERROVIE e, in caso positivo, provvederà a porre in essere gli adempimenti previsti dalla normativa vigente (ad es.: predisposizione e presentazioni alle autorità competenti della documentazione prevista dalla normativa, esecuzione delle indagini di compatibilità ambientale, ecc.).

FERROVIE concederà tale nulla osta sulla base di proprie valutazioni tecniche, alla luce delle ripercussioni sul procedimento di VIA già definito (nell'ipotesi di opera sottoposta a una procedura di cui alla Parte II del D. Lgs. 152/2006) e del quadro normativo vigente.

L'esecuzione degli adempimenti normativi connessi a tale modifica di gestione non dovrà, in nessun caso, comportare ripercussioni sulla programmazione dei lavori prevista.

Al termine delle operazioni connesse al conferimento a impianto di recupero o discarica o al riutilizzo delle terre e rocce da scavo, l'ESECUTORE dovrà fornire a FERROVIE una copia della documentazione prevista dalla normativa vigente ovvero ogni altro documento idoneo a provare l'avvenuto corretto adempimento agli obblighi normativi inerenti tali attività.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 20 GESTIONE DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 20	Codifica: <u>RFI DTC SI AM SP IFS 003 A</u>	FOGLIO 6 di 9

20.5.2 RIUTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO IN UN SITO DI DESTINAZIONE O IN UN PROCESSO PRODUTTIVO DIVERSO DA QUELLO DI PRODUZIONE

Il riutilizzo delle terre e rocce da scavo (in esclusione dal regime giuridico dei rifiuti) in un sito diverso da quello di produzione ovvero in un processo produttivo in sostituzione dei materiali da cava è ammesso dalla normativa vigente sulla base di alcuni adempimenti che si differenziano in base alla tipologia di procedimento di autorizzazione dell'opera (opera sottoposta a un procedimento di cui alla Parte II del D. Lgs. 152/2006 o meno), alla quantità di materiale scavato e alla circostanza che il progetto preveda che le terre e rocce, per essere riutilizzate, debbano essere sottoposte a un trattamento di normale pratica industriale.

In tutte le ipotesi citate, il progetto definitivo e il progetto esecutivo dovranno disciplinare nel dettaglio, nel rispetto di quanto la normativa vigente prevede in particolare come obbligo del soggetto esecutore, le modalità operative cui l'ESECUTORE dovrà attenersi.

In particolare, sarà cura dell'ESECUTORE eseguire quanto previsto nei documenti elaborati in sede progettuale (ad es. in qualità di esecutore del Piano di Utilizzo delle Terre di cui all'articolo 9 del D.P.R. n. 120/2017); in altre ipotesi, progettualmente previste e contrattualmente disciplinate, l'ESECUTORE dovrà direttamente predisporre e presentare alle autorità competenti la documentazione prevista dalla normativa vigente (ad es. predisposizione ed presentazione della dichiarazione di cui all'articolo 21 del D.P.R. n. 120/2017).

Nell'ipotesi in cui ciò sia progettualmente previsto o obbligatorio ai sensi della normativa vigente, l'ESECUTORE dovrà, in fase esecutiva, provvedere ad accertare la sussistenza o il permanere della sussistenza della qualità ambientale delle terre e rocce.

In tale ipotesi, l'ESECUTORE dovrà eseguire il campionamento nel rispetto di quanto previsto nell'allegato 9 del D.P.R. n. 120/2017. Le procedure di caratterizzazione chimico-fisiche e di accertamento delle qualità ambientali sono indicate nell'allegato 4 del D.P.R. stesso integrate, per i riporti, dall'esecuzione del test di cessione previsto dall'art. 4 comma 3 del citato D.P.R.

Qualora in fase esecutiva, l'ESECUTORE dimostri la necessità di dover adottare modalità di gestione delle terre e rocce diverse da quelle progettualmente previste, l'ESECUTORE dovrà richiedere preliminarmente il nulla osta di FERROVIE e, in caso positivo, provvederà a porre in essere gli adempimenti previsti dalla normativa vigente (ad es.: predisposizione e presentazioni alle autorità competenti della documentazione prevista dalla normativa, esecuzione delle indagini di compatibilità ambientale, ecc.).

FERROVIE concederà tale nulla osta sulla base di proprie valutazioni tecniche, alla luce delle ripercussioni sul procedimento di VIA già definito (nell'ipotesi di opera sottoposta a una procedura di cui alla Parte II del D. Lgs. 152/2006) e del quadro normativo vigente.

L'esecuzione degli adempimenti normativi connessi a tale modifica di gestione non dovrà, in nessun caso, comportare ripercussioni sulla programmazione dei lavori prevista.

Al termine delle operazioni connesse al conferimento a impianto di recupero o scarica o al riutilizzo delle terre e rocce da scavo, l'ESECUTORE dovrà fornire a FERROVIE una copia della documentazione prevista dalla normativa vigente ovvero ogni altro documento idoneo a provare l'avvenuto corretto adempimento agli obblighi normativi inerenti tali attività.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 20 GESTIONE DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 20	Codifica: RFI DTC SI AM SP IFS 003 A	FOGLIO 7 di 9

20.5.3 GESTIONE DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO COME RIFIUTO

Le terre e rocce derivanti dagli scavi per le quali non si prevede un riutilizzo costituiscono rifiuto. L'ESECUTORE assume, per tali rifiuti, la qualifica di produttore del rifiuto e, pertanto, sarà sua cura gestire tali materiali in conformità alla normativa vigente, risultante, in particolare, dalla Parte IV del D. Lgs. n. 152/2006 e s.m.i. e dalla normativa di attuazione dello stesso.

In particolare, valgono le seguenti prescrizioni:

A) **Classificazione del rifiuto ed individuazione della tipologia di impianto di recupero/smaltimento cui avviare lo stesso**

- L'ESECUTORE dovrà provvedere a far eseguire ad un Laboratorio che ha adottato la norma ISO/IEC 17025 ed è in possesso della relativa certificazione le analisi chimico fisiche necessarie alla corretta classificazione del rifiuto e all'individuazione della tipologia di impianto cui il rifiuto può essere conferito;
- le modalità e i criteri di esecuzione del campionamento di rifiuto ai fini della caratterizzazione chimico-fisica dovranno essere tali da ottenere un campione rappresentativo secondo gli standard di cui alla norma UNI 10802 "Rifiuti liquidi, granulari, pastosi e fanghi – Campionamento manuale e preparazione ed analisi degli eluati" e alle norme UNI EN 14899 e UNI EN 15002;
- il certificato di analisi dovrà essere firmato e timbrato da un tecnico specializzato iscritto all'Albo Professionale e dovrà espressamente chiarire se il rifiuto, una volta classificato e caratterizzato, possa essere conferito ad una operazione di recupero e, nell'ipotesi in cui venga avviato ad una operazione di smaltimento, se lo stesso è conferibile ad una discarica per rifiuti inerti, per rifiuti non pericolosi o per rifiuti pericolosi;
- la Direzione Lavori ha la facoltà di richiedere chiarimenti o integrazioni alle analisi eseguite o che si prevede di eseguire. Quando la provenienza e la composizione dei rifiuti è nota a priori, potrà essere effettuata la caratterizzazione "ridotta" dei rifiuti. Nel dubbio sulla composizione e natura del rifiuto, oppure qualora nel set ridotto non dovessero essere comprese una o più sostanze ritenute significative per l'attribuzione della pericolosità del materiale, si potranno aggiungere al set dei parametri per la caratterizzazione "ridotta" ulteriori parametri, da compensare con le voci di sovrapprezzo se economicamente conveniente rispetto all'effettuazione dell'analisi completa (caratterizzazione "completa"). In qualsiasi caso, la responsabilità della corretta attribuzione del CER rimane in capo all'ESECUTORE in qualità di produttore/detentore dei rifiuti;
- nella scelta dell'impianto cui concretamente il rifiuto dovrà essere avviato, l'ESECUTORE dovrà prediligere l'avvio ad una operazione di recupero. L'avvio a smaltimento di un rifiuto ammissibile ad una operazione di recupero ovvero l'avvio ad una discarica di categoria superiore rispetto a quella ammissibile dovrà essere espressamente giustificato dall'Appaltatore, anche basandosi su considerazioni di ordine gestionale o economico e, in ogni caso, sarà sottoposto al nulla osta di FERROVIE.

B) **Gestione del deposito temporaneo**

- I rifiuti, una volta prodotti, dovranno essere detenuti in deposito temporaneo presso il luogo di produzione nel rispetto delle norme tecniche previste (in particolare, per le terre e rocce da scavo si rimanda all'articolo 23 del D.P.R. n. 120/2017), oltre che dei limiti quantitativi e temporali previsti dalla normativa vigente;

- le aree di deposito temporaneo dei rifiuti debbono essere fisicamente distinte dalle aree dove sono depositate le terre e rocce da scavo costituenti sottoprodotto o materia prima. Tali aree debbono essere preferibilmente recintate, di dimensioni adeguate e poste in lontananza dai ricettori con particolare destinazione d'uso (scuole, ospedali, case di cura, civili abitazioni, ecc.);
- deve essere osservato il generale divieto di miscelazione dei rifiuti pericolosi tra loro oltre che con i rifiuti non pericolosi;
- nell'area di stoccaggio dei rifiuti deve, inoltre, essere prevista apposita segnaletica, ben visibile per dimensione e collocazione, con tabelle indicanti le norme di comportamento per la manipolazione dei rifiuti e per il contenimento dei rischi per la salute dell'uomo e dell'ambiente;
- per i rifiuti normalmente avviati ad operazioni di recupero, il deposito temporaneo deve essere realizzato in modo da non modificare le caratteristiche del rifiuto compromettendone il successivo recupero.

C) Verifica del possesso delle autorizzazioni da parte dei soggetti che effettuano la raccolta, il trasporto, lo smaltimento o il recupero dei rifiuti

- L'ESECUTORE, ove intenda svolgere direttamente un'operazione di trasporto, smaltimento o recupero e risulti in possesso dei requisiti previsti dalla normativa vigente per l'effettuazione della/e medesima/e, dovrà tempestivamente, e comunque prima dell'inizio dei lavori, fornire a FERROVIE copia degli atti autorizzatori/di iscrizione che lo autorizzano, ai sensi della normativa vigente, allo svolgimento delle relative attività di trasporto, smaltimento o recupero;
- nel caso non risulti in possesso dei requisiti di cui al precedente punto, l'ESECUTORE si impegna a servirsi di soggetti autorizzati allo svolgimento delle relative attività e a fornire a FERROVIE tempestivamente, e comunque prima del conferimento dei rifiuti, copia degli atti autorizzatori/di iscrizione posseduti dai soggetti ai quali intende affidare l'operazione di trasporto, smaltimento o recupero;
- l'ESECUTORE si impegna a fornire a FERROVIE, entro i termini di legge, una copia della documentazione prevista dalla normativa vigente atta a far cessare ogni responsabilità del produttore/detentore circa il corretto avvio a smaltimento o recupero dei rifiuti. Il pagamento delle tariffe o comunque di quanto dovuto per la gestione dei rifiuti è subordinato alla corretta esecuzione di tale adempimento;
- ove l'ESECUTORE non provveda al puntuale adempimento degli obblighi circa l'avvio a trasporto, smaltimento o recupero, FERROVIE avrà facoltà di provvedere a propria cura anche al fine di garantire il rispetto degli obblighi normativi. In tale ipotesi, nulla sarà dovuto all'ESECUTORE relativamente a tali adempimenti e fatta salva l'applicazione di ogni altra sanzione normativa o penale.

D) Operazioni preliminari al trasporto dei rifiuti

Prima del trasporto all'impianto di smaltimento/recupero l'ESECUTORE dovrà provvedere ai compiti di seguito elencati:

- carico dei rifiuti su idoneo mezzo di trasporto, debitamente autorizzato ai sensi della normativa vigente;
- accurata pulizia delle aree sgomberate relativamente alle predette operazioni di carico;
- pesatura dei rifiuti mediante pesa stradale o ferroviaria riportante i vari quantitativi (peso lordo, peso netto, tara). In linea di principio, in fase di carico sui mezzi, il peso da considerare è quello stimato

dall'ESECUTORE in fase di produzione. Al fine del pagamento dei corrispettivi previsti in materia di gestione di rifiuti, si dovrà far riferimento al peso eventualmente verificato a destino dall'impianto di recupero o smaltimento. Per tale motivo, nella predisposizione della documentazione di legge che accompagna il trasporto dei rifiuti, l'ESECUTORE dovrà sempre prevedere che il peso venga verificato a destino. È data facoltà a FERROVIE di richiedere che il cantiere sia attrezzato con una speciale bascula tarata della portata non inferiore a 20 tonnellate. La bascula sarà del tipo a registrazione automatica e dovrà essere montata attuando ogni accorgimento per la perfetta regolarizzazione del piano di appoggio. In alternativa, ove FERROVIE richieda comunque una pesatura in contraddittorio prima del conferimento all'impianto di destinazione, l'ESECUTORE potrà utilizzare quegli impianti di pesa pubblica autorizzati più prossimi al cantiere, o alle aree di lavoro o agli impianti ferroviari a cui richiederà la certificazione attestante i requisiti di legge. Tale documentazione dovrà essere esibita alla Direzione Lavori a semplice richiesta. In tali ipotesi, ogni operazione di pesatura dovrà essere preventivamente concordata (giorno, ora e luogo) e sarà effettuata formalmente in contraddittorio con la Direzione Lavori, pena il mancato riconoscimento di quelle effettuate in difformità a quanto prescritto;

- eventuali ulteriori attività quali:
 - l'umidificazione dei rifiuti nelle fasi di deposito e di carico per l'abbattimento delle polveri;
 - le operazioni necessarie a consentire il carico, lo scarico ed il trasporto, ivi incluse le eventuali operazioni finalizzate a ridurre il volume dei rifiuti ingombranti;
 - la bagnatura delle strade o delle piste di accesso alle aree oggetto dell'appalto;
 - la conservazione della viabilità pubblica e privata preesistente per l'accesso ai siti di lavoro, mediante pulizia e manutenzione;
 - la predisposizione di segnaletica stradale e di cartellonistica informativa lungo il percorso di accesso al cantiere;
 - la regolarizzazione del piano delle aree di giacenza dei rifiuti, dopo l'asportazione degli stessi, a quello di campagna esistente.

E) Gestione della documentazione

L'ESECUTORE sarà responsabile della corretta gestione e conservazione di tutta la documentazione prevista dalla normativa vigente in materia di gestione dei rifiuti.

Sarà sua cura, a titolo esemplificativo:

- istituire e redigere il registro di carico e scarico dei rifiuti nelle ipotesi in cui lo stesso è obbligatorio;
- predisporre il formulario di identificazione dei rifiuti;
- gestire le attività connesse al ricevimento o al mancato ricevimento della quarta copia dello stesso;
- curare le attività di notifica e di predisposizione della documentazione prevista dal regolamento (UE) n. 1013/2006 del 14 giugno 2006 relativo alla spedizione transfrontaliera di rifiuti.

FERROVIE si riserva la facoltà di verificare che l'ESECUTORE abbia adempiuto e stia adempiendo correttamente ai propri obblighi di gestione della documentazione.