

Regione Lombardia  
Direzione Generale Infrastrutture e Opere Pubbliche



CODICE COMMESSA	LIVELLO PROGETTAZIONE	D.P.R. 207/10	PROGRESSIVO ELABORATO	CATEGORIA OPERA	NUMERO OPERA	REVISIONE	SCALA
E 1 0 A	D	g	0 0 1	I T	- -	R 1	===

TRATTA SARONNO-COMO OPERE SOSTITUTIVE  
PL KM 31+267 NEI COMUNI DI CADORAGO E LOMAZZO  
*Progetto Definitivo*

SOTTOPASSO VEICOLARE SPUMADOR (LOMAZZO)  
DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI TECNICI  
DISCIPLINARE TECNICO PRESTAZIONALE OPERE CIVILI, STRADALI E STRUTTURALI

Revisioni		Data	Descrizione	Redatto	Controllato
	3		-		
	2		-		
	1	Maggio 2025	REVISIONE A SEGUITO DI VERIFICA		
	0	Luglio 2024	PRIMA EMISSIONE		

NORD\_ING  
NORD\_ING Srl  
IL DIRETTORE TECNICO  
Ing. Laura Stiriti

FERROVIENORD  
FERROVIENORD S.p.A.  
DIREZIONE SVILUPPO INFRASTRUTTURA  
IL DIRETTORE  
Ing. Andrea Lucia Passarelli

Progettista



Collaborazione



REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO	DATA
AB	GM	AB	Dic. 2023
CODICE ARCHIVIO COLLABORATORE			AGG.

## SOMMARIO

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>7</b>
<b>2. criteri ambientali minimi .....</b>	<b>8</b>
<b>3. SPECIFICHE TECNICHE DEI COMPONENTI EDILIZI.....</b>	<b>8</b>
3.1. CRITERI COMUNI A TUTTI I COMPONENTI EDILIZI .....	8
<b>4. DESCRIZIONE SINTETICA DEL PROGETTO.....</b>	<b>10</b>
<b>5. DEMOLIZIONI.....</b>	<b>14</b>
5.1. SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE.....	14
5.2. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO .....	14
5.2.1. <i>NORMATIVA NAZIONALE</i> .....	14
5.3. DEFINIZIONI .....	14
5.4. ABBREVIAZIONI CE: Comunità Europea .....	15
5.5. ONERI E PRESCRIZIONI GENERALI .....	15
5.6. CONTROLLI .....	17
5.6.1. <i>CONTROLLI PRELIMINARI</i> .....	17
5.6.2. <i>CONTROLLI FINALI</i> .....	17
5.6.3. <i>CONTROLLI RELATIVI A DANNI E RIPRISTINI</i> .....	17
<b>6. OPERE IN TERRA E SCAVI .....</b>	<b>18</b>
6.1. SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE.....	18
6.2. SCOPO.....	18
6.2.1. <i>CAMPO D'APPLICAZIONE</i> .....	18
6.3. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO .....	18
6.3.1. <i>NORMATIVA NAZIONALE</i> .....	18
6.3.2. <i>NORMATIVA TECNICA</i> .....	19
6.3.3. <i>DEFINIZIONI</i> .....	20
6.4. ABBREVIAZIONI.....	20
6.5. PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI .....	20
6.5.1. <i>DISERBAMENTO E SCOTICAMENTO</i> .....	21
6.5.2. <i>SCAVI IN GENERE</i> .....	21
6.5.3. <i>RINTERRI</i> .....	22
6.5.4. <i>RILEVATI</i> .....	24
<b>7. OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO .....</b>	<b>29</b>
7.1. SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE.....	29
7.1.1. <i>OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO</i> .....	29
7.2. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO .....	30
7.2.1. <i>NORMATIVA NAZIONALE</i> .....	30
7.2.2. <i>NORMATIVA EUROPEA</i> .....	30

7.2.3.	DOCUMENTAZIONE TECNICA.....	33
7.2.4.	NORMATIVA FERROVIARIA.....	34
7.3.	DEFINIZIONI.....	34
7.4.	ABBREVIAZIONI.....	34
7.5.	OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO.....	35
7.5.1.	PRESCRIZIONI GENERALI.....	35
7.5.2.	REQUISITI DEGLI IMPIANTI DI PRODUZIONE DEL CALCESTRUZZO.....	36
7.5.3.	CARATTERISTICHE E REQUISITI DEI MATERIALI COSTITUENTI IL CONGLOMERATO CEMENTIZIO 37	
7.5.4.	CARATTERISTICHE E REQUISITI DEL CONGLOMERATO CEMENTIZIO.....	40
7.5.5.	REQUISITI MINIMI DELLE MISCELE IN RELAZIONE ALL'IMPIEGO.....	42
7.5.6.	REQUISITI AGGIUNTIVI DELLE MISCELE.....	47
7.5.7.	PRESCRIZIONI PER I SINGOLI TIPI DI CALCESTRUZZO.....	48
7.5.8.	QUALIFICA DEI MIX DESIGN PER CONGLOMERATI CEMENTIZI.....	51
7.5.9.	CONTROLLI DI CONFORMITÀ IN CORSO D'OPERA E FREQUENZE DI PROVA.....	54
7.5.10.	CARATTERISTICHE DELL'ACCIAIO D'ARMATURA PER C.A. EC.A.P.....	58
7.5.11.	NORME E REGOLE DI ESECUZIONE.....	61
7.5.12.	ELEMENTI PRECOMPRESSI.....	71
7.5.13.	ELEMENTI PREFABBRICATI.....	74
7.5.14.	CALCESTRUZZI SPECIALI.....	77
7.5.15.	TOLLERANZE COSTRUTTIVE.....	84
7.5.16.	MALTE DI CEMENTO.....	85
7.6.	PLINTI PREFABBRICATI IN CALCESTRUZZO ARMATO PER PALI DI ILLUMINAZIONE.....	88
7.6.1.	Descrizione generale.....	88
7.6.2.	Caratteristiche tecniche dei materiali.....	88
7.6.3.	Caratteristiche dimensionali.....	88
7.6.4.	Posa in opera.....	88
7.6.5.	Requisiti funzionali.....	88
<b>8.</b>	<b>PALI E MICROPALI.....</b>	<b>89</b>
8.1.	SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE.....	89
8.1.1.	CAMPO DI APPLICAZIONE.....	89
8.2.	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO.....	89
8.2.1.	NORMATIVA NAZIONALE.....	89
8.2.2.	NORMATIVA EUROPEA E NORMATIVA TECNICA.....	90
8.3.	DEFINIZIONI.....	90
8.4.	ABBREVIAZIONI cls: calcestruzzo.....	92
8.5.	ONERI E PRESCRIZIONI GENERALI.....	92
8.5.1.	RELAZIONE TECNICO - OPERATIVA.....	93
8.6.	PALI DI MEDIO E GRANDE DIAMETRO.....	94
8.6.1.	MATERIALI.....	94
8.6.2.	MODALITÀ ESECUTIVE.....	96
8.7.	MICROPALI.....	104
8.7.1.	Tipologie.....	104
8.7.2.	MATERIALI.....	105

8.7.3. MODALITA' ESECUTIVE .....	106
8.8. CONTROLLI .....	108
8.8.1. PROVE IN CORSOD'OPERA .....	109
8.8.2. PROVE SU PALI STRUMENTATI .....	110
8.8.3. PROVEDICONTROLLO SONICO .....	111
8.8.4. PROVE DI AMMETTENZA MECCANICA (TRANSIENT DYNAMIC RESPONSE TEST) .....	112
8.9. TOLLERANZEDICOSTRUZIONE .....	113
8.9.1. OBIETTIVI .....	113
8.9.2. DEFINIZIONI .....	114
8.9.3. MODALITÀ DI LETTURA .....	114
<b>9. PARATIE DI PALI.....</b>	<b>116</b>
9.1. SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE.....	116
9.1.1. CAMPO DI APPLICAZIONE .....	116
9.2. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO .....	116
9.2.1. NORMATIVA NAZIONALE.....	116
9.2.2. NORMATIVA FERROVIARIA .....	117
9.3. DEFINIZIONI .....	117
9.4. ABBREVIAZIONI.....	118
9.5. ONERI E PRESCRIZIONI GENERALI .....	118
9.5.1. CAMPO PROVA .....	119
9.6. MATERIALI .....	119
9.6.1. ARMATURE E CONGLOMERATO CEMENTIZIO .....	119
9.6.2. FANGHI STABILIZZANTI .....	119
9.7. MODALITA' ESECUTIVE .....	120
9.7.1. PARATIE DI PALI .....	120
9.8. CONTROLLI FINALI .....	120
9.8.1. PROVEDICONTROLLO SONICO .....	121
9.9. TOLLERANZE DI COSTRUZIONE.....	122
<b>10. GALLERIE ARTIFICIALI.....</b>	<b>122</b>
10.1. GALLERIE ARTIFICIALI .....	122
10.1.1. PREMESSA.....	122
10.1.2. GALLERIE A TIFICIALI REALIZZATE TRA PARATIE .....	123
10.1.3. CONGLOMERATO CEMENTIZIO.....	124
10.1.4. IMPERMEABILIZZAZIONE .....	125
10.1.5. RINTERRI .....	130
<b>11. PAVIMENTAZIONI STRADALI.....</b>	<b>131</b>
11.1. SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE.....	131
11.1.1. CAMPO DI APPLICAZIONE .....	131
11.2. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO .....	131
11.2.1. NORMATIVA NAZIONALE.....	131
11.2.2. NORMATIVA TECNICA <i>Aggregati</i> .....	132
11.3. DEFINIZIONI .....	137

11.4. ABBREVIAZIONI.....	138
11.5. PRESCRIZIONI GENERALI.....	138
11.5.1. TIPI DI MATERIALI .....	138
11.5.2. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....	138
11.6. ONERI.....	139
11.6.1. CONTROLLI.....	140
11.6.2. PREAVVISI .....	140
11.7. PAVIMENTAZIONI STRADALI .....	141
11.7.1. TIPOLOGIE E CARATTERISTICHE DELLE PAVIMENTAZIONI.....	141
11.7.2. LEGANTI .....	143
11.7.3. STRATO DI ANTICAPILLARE .....	145
11.7.4. SOVRASTRUTTURA STRADALE .....	146
<b>12. OPERE A VERDE .....</b>	<b>163</b>
12.1. SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE.....	163
12.2. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO .....	163
12.2.1. NORMATIVA NAZIONALE.....	164
12.2.2. NORMATIVA EUROPEA .....	165
12.2.3. DOCUMENTAZIONE TECNICA.....	165
12.3. DEFINIZIONI .....	166
12.4. ABBREVIAZIONI.....	168
12.5. PRESCRIZIONI GENERALI.....	169
12.6. TIPOLOGIE DI INTERVENTO .....	170
12.7. PROGRAMMAZIONE DELLE ATTIVITA' .....	172
12.7.1. REQUISITI MINIMI DELLA PROGETTAZIONE DELLE OPERE A VERDE .....	173
12.8. QUALITA' DEI MATERIALI DA IMPIEGARE.....	174
12.8.1. MATERIALE AGRARIO.....	175
12.8.2. MATERIALE VIVAISTICO .....	178
12.9. TRASPORTO DEL MATERALE VEGETALE E MANTENIMENTO PRIMA DELL'IMPIANTO .....	181
12.10. MODALITA' ESECUTIVE ATTIVITA' DI IMPIANTO .....	181
12.10.1. PROTEZIONE DELLA VEGETAZIONE ESISTENTE DURANTE LE ATTIVITA' DI CANTIERE ...	181
12.10.2. ACCANTONAMENTO DEL TERRENO VEGETALE FERTILE .....	182
12.10.3. PULIZIA GENERALE DELL'AREA DI INTERVENTO.....	183
12.10.4. LAVORAZIONI MECCANICHE DEL TERRENO .....	183
12.10.5. DRENAGGI LOCALIZZATI E IMPIANTI TECNICI .....	185
12.10.6. OPERAZIONI DI PREPARAZIONE AGRARIA DEL TERRENO .....	185
12.10.7. TRACCIAMENTI E PICCHETTATURE.....	186
12.10.8. PREPARAZIONE DELLE BUCHE .....	186
12.10.9. APPORTO DI TERRA DI COLTIVO.....	186
12.10.10. LIVELLAMENTO E SPIANAMENTO DEL TERRENO .....	187
12.10.11. MESSA A DIMORA DI SPECIE RAMPICANTI, ARBOREE ED ARBUSTIVE.....	187
12.10.12. PROTEZIONE DELLE SPECIE MESSE A DIMORA.....	190
12.11. ULTIMAZIONE D'IMPIANTO E GARANZIA DI ATTECCIMENTO.....	190
12.12. PIANO DI MANUTENZIONE POST-IMPIANTO E GARANZIE DI MANUTENZIONE.....	191

12.12.1.	MANUTENZIONE COMPONENTI VEGETALI .....	192
12.13.	CONTROLLI SULL'ESECUZIONE DEI LAVORI .....	196
<b>13.</b>	<b>PALI PER ILLUMINAZIONE STRADALE .....</b>	<b>196</b>
13.1.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	196
13.2.	TIPOLOGIE E MATERIALI .....	196
13.3.	Requisiti meccanici .....	197
13.4.	Requisiti elettrici.....	197
13.5.	Marcatura CE .....	197
13.6.	Criteri ambientali minimi (CAM) .....	197
<b>14.</b>	<b>BARRIERE STRADALI .....</b>	<b>198</b>
14.1.	Normativa di riferimento .....	198
14.2.	Classificazione e prestazioni.....	198
14.3.	Tipologie costruttive.....	198
14.4.	Criteri di impiego .....	199
14.5.	Installazione e manutenzione .....	199
<b>15.</b>	<b>PARAPETTI STRADALI DI SICUREZZA .....</b>	<b>199</b>
15.1.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	199
15.2.	CLASSIFICAZIONE E PRESTAZIONI.....	199
15.3.	TIPOLOGIE COSTRUTTIVE .....	200
15.4.	MANUTENZIONE E CONTROLLI .....	200
15.5.	COMPATIBILITÀ AMBIENTALE E SICUREZZA.....	200
<b>16.</b>	<b>Segnaletica stradale verticale .....</b>	<b>201</b>
16.1.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	201
16.2.	REQUISITI TECNICI .....	201
16.3.	INSTALLAZIONE.....	201
<b>17.</b>	<b>Segnaletica stradale orizzontale .....</b>	<b>201</b>
17.1.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	201
17.2.	REQUISITI TECNICI .....	202
17.3.	APPLICAZIONE .....	202
<b>18.</b>	<b>ARMAMENTO .....</b>	<b>202</b>
18.1.	Descrizione interventi armamento.....	202
18.2.	Normative di riferimento .....	203
18.3.	Tipologia dei materiali da impiegare.....	206
18.4.	Caratteristiche dei materiali da impiegare.....	206
18.4.1.	Rotaie.....	206
18.4.2.	Traverse linea 230 V.....	206
18.4.3.	Traverse speciali per Giunzioni Isolanti Incollate 2V G .....	206
18.4.4.	Traverse speciali passacavi 230 GII.....	207

18.4.5. Ballast e piattaforma .....	207
18.4.6. Giunti isolanti incollati .....	207
18.4.7. Canalette e cunicoli porta cavi prefabbricati .....	207
18.5. Modalità esecutive .....	208
18.5.1. Attività previste .....	208
18.6. Gestione dei materiali provenienti dagli interventi di armamento .....	208
18.6.1. Pietrisco .....	208
18.6.2. Rotaie e materiale metallico minuto .....	209
18.6.3. Traverse in C.A.P. e legno .....	209
18.7. Prescrizioni .....	209
<b>19. PONTI FERROVIARI PROVVISORI AUTOPORTANTI.....</b>	<b>209</b>
19.1. Normativa e specifiche tecniche di riferimento .....	209
19.1.1. Normativa RFI .....	209
19.1.2. Normativa tecnica nazionale .....	209
19.1.3. Normativa europea (Eurocodici) .....	209
19.1.4. Norme sui materiali e componenti .....	210
19.2. Descrizione dell'intervento .....	210
19.3. Caratteristiche tecniche dell'opera .....	210
19.3.1. Tipologia strutturale .....	211
19.4. Materiali e componenti .....	212
19.4.1. Acciaio strutturale .....	212
19.4.2. Trattamenti protettivi .....	212
19.4.3. Bulloneria strutturale .....	212
19.4.4. Impalcato .....	212
19.4.5. Appoggi e dispositivi accessori .....	213
19.5. Prestazioni richieste .....	213
19.5.1. Resistenza meccanica e stabilità .....	213
19.5.2. Durabilità .....	213
19.5.3. Sicurezza ferroviaria .....	213
19.5.4. Comportamento sismico .....	214
19.5.5. Ispezionabilità e accessibilità .....	214
19.6. Aspetti costruttivi .....	214
19.6.1. Modalità di posa in opera .....	214
19.6.2. Fasi di montaggio e smontaggio .....	214
19.6.3. Interferenze con la linea ferroviaria .....	215
19.6.4. Tempi di esecuzione .....	215
19.7. Controlli e collaudi .....	215
19.7.1. Controlli in officina .....	215
19.7.2. Collaudo statico in opera .....	215
19.7.3. Controlli durante l'esercizio .....	216
19.8. Manutenzione e gestione .....	216
19.8.1. Piano di manutenzione .....	216
19.8.2. Accessibilità per ispezioni .....	216
19.8.3. Durata prevista e condizioni di smontaggio .....	216

## **1. PREMESSA**

I materiali e i componenti devono corrispondere alle prescrizioni di legge e del presente Capitolato Speciale; essi dovranno essere della migliore qualità e perfettamente lavorati, e possono essere messi in opera solamente dopo l'accettazione della Direzione dei Lavori.

Resta sempre all'Impresa la piena responsabilità circa i materiali adoperati o forniti durante l'esecuzione dei lavori, essendo essa tenuta a controllare che tutti i materiali corrispondano alle caratteristiche prescritte e a quelle dei campioni esaminati, o fatti esaminare, dalla Direzione dei Lavori.

I materiali dovranno trovarsi, al momento dell'uso in perfetto stato di conservazione.

Anche dopo l'accettazione e la posa in opera dei materiali e dei componenti da parte dell'Appaltatore, restano fermi i diritti e i poteri della Stazione Appaltante in sede di collaudo.

L'esecutore che, di sua iniziativa, abbia impiegato materiali o componenti di caratteristiche superiori a quelle prescritte nei documenti contrattuali, o eseguito una lavorazione più accurata, non ha diritto ad aumento dei prezzi e la contabilità è redatta come se i materiali avessero le caratteristiche stabilite.

Gli accertamenti di laboratorio e le verifiche tecniche obbligatorie, ovvero specificamente previsti dal capitolato speciale d'appalto, sono disposti dalla Direzione dei Lavori o dall'organo di collaudo, imputando la spesa a carico delle somme a disposizione accantonate a tale titolo nel quadro economico. Per le stesse prove la Direzione dei Lavori provvede al prelievo del relativo campione ed alla redazione di apposito verbale di prelievo; la certificazione effettuata dal laboratorio prove materiali riporta espresso riferimento a tale verbale.

La Direzione dei Lavori o l'organo di collaudo possono disporre ulteriori prove ed analisi ancorché non prescritte nel presente Capitolato ma ritenute necessarie per stabilire l'idoneità dei materiali o dei componenti. Le relative spese sono poste a carico dell'Appaltatore.

Per quanto non espresso nel presente Capitolato Speciale, relativamente all'accettazione, qualità e impiego dei materiali, alla loro provvista, il luogo della loro provenienza e l'eventuale sostituzione di quest'ultimo, si applicano le disposizioni dell'art. 101 comma 3 del d.lgs. n. 50/2016 e s.m.i. e gli articoli 16, 17, 18 e 19 del Capitolato Generale d'Appalto D.M. 145/2000 e s.m.i.

L'appalto non prevede categorie di prodotti ottenibili con materiale riciclato, tra quelle elencate nell'apposito decreto ministeriale emanato ai sensi dell'art. 2, comma 1 lettera d) del D.M. dell'ambiente n. 203/2003.



## **2. CRITERI AMBIENTALI MINIMI**

L'appalto non prevede Ai sensi dell'art. 34 del d.lgs. 50/2016 recante "Criteri di sostenibilità energetica e ambientale" si provvede ad inserire nella documentazione progettuale e di gara pertinente, le specifiche tecniche e le clausole contrattuali contenute nei decreti di riferimento agli specifici CAM.

**Criteri ambientali minimi per l'affidamento del servizio di progettazione di interventi edilizi, per l'affidamento dei lavori per interventi edilizi e per l'affidamento congiunto di progettazione e lavori per interventi edilizi" - D.M. 256/2022**

Le indicazioni contenute in questo articolo consistono sia in richiami alla normativa ambientale sia in suggerimenti finalizzati alla razionalizzazione degli acquisti ed alla più efficace utilizzazione dei CAM negli appalti pubblici.

Per ogni criterio ambientale sono indicate le "verifiche", ossia la documentazione che l'offerente o il fornitore è tenuto a presentare per comprovare la conformità del prodotto o del servizio al requisito cui si riferisce, ovvero i mezzi di presunzione di conformità che la stazione appaltante può accettare al posto delle prove dirette.

## **3. SPECIFICHE TECNICHE DEI COMPONENTI EDILIZI**

### **3.1. CRITERI COMUNI A TUTTI I COMPONENTI EDILIZI**

Allo scopo di ridurre l'impatto ambientale sulle risorse naturali, e di aumentare l'uso di materiali riciclati aumentando così il recupero dei rifiuti, con particolare riguardo ai rifiuti da demolizione e costruzione, fermo restando il rispetto di tutte le norme vigenti e di quanto previsto dalle specifiche norme tecniche di prodotto, il progetto di un edificio (nel caso di ristrutturazioni si intende l'applicazione ai nuovi materiali che vengono usati per l'intervento o che vanno a sostituire materiali già esistenti nella costruzione) deve prevedere i criteri del presente paragrafo.

Il progettista dovrà compiere scelte tecniche di progetto, specificare le informazioni ambientali dei prodotti scelti e fornire la documentazione tecnica che consenta di soddisfare tali criteri e inoltre prescriverà che in fase di approvvigionamento l'appaltatore dovrà accertarsi della rispondenza a tali criteri comuni tramite la documentazione indicata nella verifica di ogni criterio. Tale documentazione dovrà essere presentata alla stazione appaltante in fase di esecuzione dei lavori, nelle modalità indicate in premessa.

#### ***3.1.1.1. Disassemblabilità***

Almeno il 50% peso/peso dei componenti edilizi e degli elementi prefabbricati, escludendo gli impianti, dovrà essere sottoponibile, a fine vita, a demolizione selettiva ed essere riciclabile o riutilizzabile. Di tale percentuale, almeno il 15% dovrà essere costituito da materiali non strutturali.

Verifica: il progettista dovrà fornire l'elenco di tutti i componenti edilizi e dei materiali che possono essere riciclati o riutilizzati, con l'indicazione del relativo peso rispetto al peso totale dei materiali utilizzati per l'edificio.

### **3.1.1.2. Materia recuperata o riciclata**

Il contenuto di materia recuperata o riciclata nei materiali utilizzati per l'edificio, anche considerando diverse percentuali per ogni materiale, deve essere pari ad almeno il 15% in peso valutato sul totale di tutti i materiali utilizzati. Di tale percentuale, almeno il 5% deve essere costituita da materiali non strutturali.

Per le diverse categorie di materiali e componenti edilizi valgono in sostituzione, qualora specificate, le percentuali contenute nel capitolo "Criteri specifici per i componenti edilizi". Il suddetto requisito può essere derogato nel caso in cui il componente impiegato rientri contemporaneamente nelle due casistiche sotto riportate:

- 1) abbia una specifica funzione di protezione dell'edificio da agenti esterni quali ad esempio acque meteoriche (membrane per impermeabilizzazione);
- 2) sussistano specifici obblighi di legge a garanzie minime di durabilità legate alla suddetta funzione.

Verifica: il progettista dovrà fornire l'elenco dei materiali costituiti, anche parzialmente, da materie recuperate o riciclate ed il loro peso rispetto al peso totale dei materiali utilizzati per l'edificio.

La percentuale di materia riciclata deve essere dimostrata tramite una delle seguenti opzioni:

- una dichiarazione ambientale di Tipo III (EPD), conforme alla norma UNI EN 15804 e alla norma ISO 14025, come EPDItaly o equivalenti;
- una certificazione di prodotto rilasciata da un organismo di valutazione della conformità che attesti il contenuto di riciclato attraverso l'esplicitazione del bilancio di massa, come ReMade in Italy®, Plastica Seconda Vita o equivalenti;
- una certificazione di prodotto rilasciata da un organismo di valutazione della conformità che attesti il contenuto di riciclato attraverso l'esplicitazione del bilancio di massa che consiste nella verifica di una dichiarazione ambientale auto dichiarata, conforme alla norma ISO 14021.

Qualora l'azienda produttrice non fosse in possesso delle certificazioni richiamate ai punti precedenti, è ammesso presentare un rapporto di ispezione rilasciato da un organismo di ispezione, in conformità alla ISO/IEC 17020:2012, che attesti il contenuto di materia recuperata o riciclata nel prodotto. In questo caso è necessario procedere ad un'attività ispettiva durante l'esecuzione delle opere. Tale documentazione dovrà essere presentata alla stazione appaltante in fase di esecuzione dei lavori.

### **3.1.1.3. Sostanze pericolose**

Nei componenti, parti o materiali usati non devono essere aggiunti intenzionalmente:

1. additivi a base di cadmio, piombo, cromo VI, mercurio, arsenico e selenio in concentrazione superiore allo 0.010% in peso.
2. sostanze identificate come "estremamente preoccupanti" (SVHCs) ai sensi dell'art.59 del Regolamento (CE) n. 1907/2006 ad una concentrazione maggiore dello 0,10% peso/peso.

3. sostanze o miscele classificate o classificabili con le seguenti indicazioni di pericolo:
- come cancerogene, mutagene o tossiche per la riproduzione di categoria 1A, 1B o 2 (H340, H350, H350i, H360, H360F, H360D, H360FD, H360Fd, H360Df, H341, H351, H361f, H361d, H361fd, H362); per la tossicità acuta per via orale, dermica, per inalazione, in categoria 1, 2 o 3 (H300, H301, H310, H311, H330, H331)
  - come pericolose per l'ambiente acquatico di categoria 1,2, (H400, H410, H411)
  - come aventi tossicità specifica per organi bersaglio di categoria 1 e 2 (H370, H371, H372, H373).

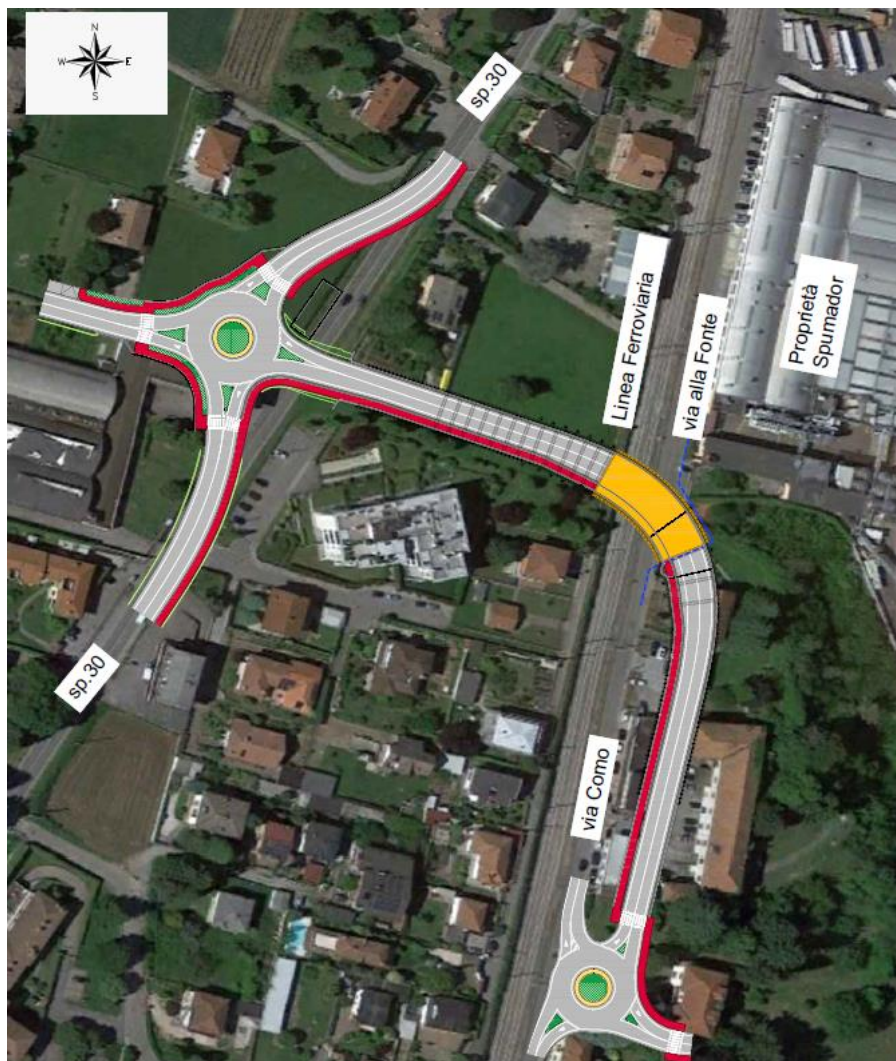
Verifica: per quanto riguarda la verifica del punto 1, l'appaltatore deve presentare dei rapporti di prova rilasciati da organismi di valutazione della conformità. Per la verifica dei punti 2 e 3 l'appaltatore deve presentare una dichiarazione del legale rappresentante da cui risulti il rispetto degli stessi. Tale dichiarazione dovrà includere una relazione redatta in base alle Schede di Sicurezza messe a disposizione dai produttori.

#### **4. DESCRIZIONE SINTETICA DEL PROGETTO**

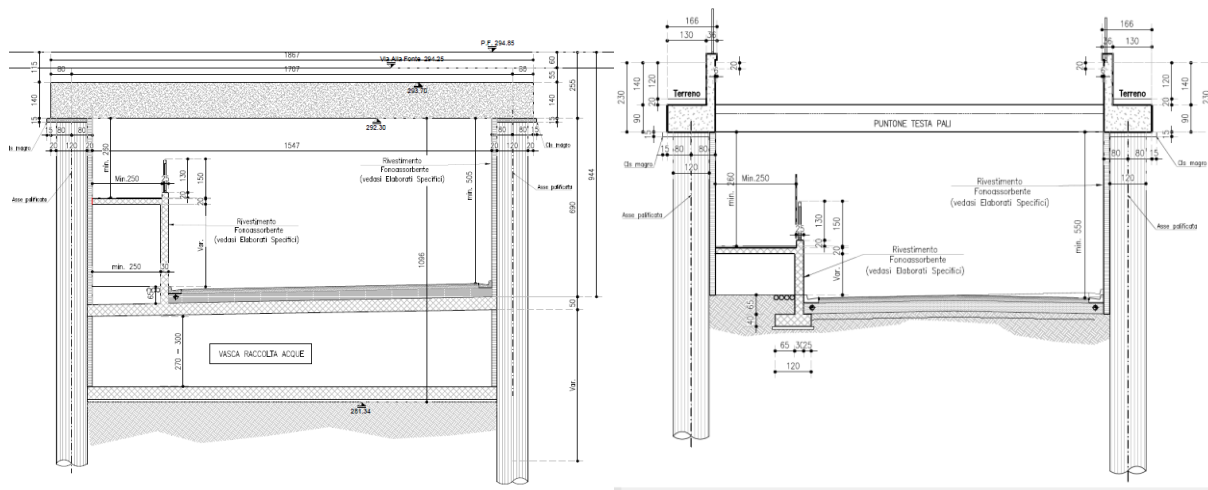
L'intervento in progetto riguarda la realizzazione di un nuovo collegamento stradale tra la viabilità locale di Via Como/Via alla Fonte, in corrispondenza della ditta "Spumador", e la SP 30 al confine tra i comuni di Cadorago (CO) e Lomazzo (CO) sottopassando via Como/via alla Fonte e la linea Ferrovia Como – Saronno.

L'intervento progettuale oggetto della presente relazione prevede una nuova viabilità di collegamento con annessa pista ciclopedonale costituita da:

- realizzazione ex-novo della viabilità denominata "Asse principale" (categoria stradale F Extraurbana) tramite l'esecuzione di una paratia continua con pali di grande diametro, successivamente rivestiti, per sostegno in fase provvisoria degli scavi e, in fase definitiva, per la viabilità in esercizio. L'interferenza fra la strada e la linea ferroviaria viene risolta con la realizzazione di un sottopasso di altezza libera interna di 5,00 m;
- realizzazione di due nuove rotatorie denominate "Rotatoria 1" e "Rotatoria 2". Per entrambe le rotatorie sono compresi nella progettazione gli innesti con le viabilità esistenti e con gli accessi privati;
- pista ciclopedonale lungo tutto l'itinerario dell'"Asse principale".



Inquadramento Aerofotogrammetrico



Sezione tipo sottovia e trincea

#### 4.1. SOTTOPASSO

Il sottopasso consta di un solettone in c.a. realizzato per conci in appoggio su una doppia fila di pali di grande diametro affiancati longitudinalmente che permettono di realizzare il manufatto mediante scavo con tecnica tipo Milano. Si prevede infatti dapprima la realizzazione dei pali, quindi la realizzazione del solettone e successivamente lo scavo tra i pali sino alla quota stradale e degli annessi sottoservizi.

Planimetricamente il solettone è realizzato per fasi in maniera tale da minimizzare l'impatto sulle altre infrastrutture stradali e ferroviarie. Si prevede di operare prima sul tratto stradale, mettendo in provvisorio la viabilità locale (Via Como) e realizzando i pali ed il solettone; successivamente si riposiziona la viabilità in definitivo sull'impronta originaria. In seconda fase si prevede di operare sull'asse ferroviario, realizzando dapprima i pali con l'interruzione della linea ferroviaria per il tempo strettamente necessario all'esecuzione dei pali ed al posizionamento del "ponte bologna" per la ripresa della circolazione sulla linea ferroviaria. Quindi si procede al completamento della palificata lungo la nuova viabilità, al completamento del solettone sotto la linea ferroviaria ed agli imbocchi per le parti non assoggettate al traffico. Completato il solettone sotto la linea si prevede la rimozione del "ponte bologna" e la sistemazione finale della linea ferroviaria, allo stesso tempo possono partire gli scavi lungo le rampe di accesso tra paratie di pali e sotto il solettone in sottopassaggio della linea ferroviaria e della viabilità locale.

#### 4.2. BERLINESE DI PARATIE DEFINITIVE

Le berlinesi sono costituite da paratie di pali di grande diametro, medio diametro e micropali. La sezione e la profondità d'infissione delle paratie sono in ragione della profondità di scavo della viabilità. Le stesse funzionano da sostegno del rilevato sia in fase costruttiva sia in fase finale. Per ulteriori dettagli circa la geometria della stessa vedasi elaborati di progetto.

#### 4.3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI UTILIZZATI

Le caratteristiche dei materiali strutturali sono di seguito richiamate.

##### 4.3.1.1. Opere in c.a.

Di seguito si riportano le caratteristiche dei c.l.s. a prestazione garantita (UNI EN 206 e UNI 11104) da utilizzarsi per le singole parti d'opera:

Parte d'opera	Classe Resistenza	Classe di Esposizione	Max d inerti [mm]	Lavorabilità (Slump)	Copriferro min [mm]	Note
c.l.s. magro	C12/15	X0	-	-	-	
Miscela cementizia micropali berlinesi	C25/30	XC2	10	S5	35	Miscela cementizia
Pali di grande diametro	C25/30	XC2	30	S4	60	

Fondazioni: muri e platea sottoterra	C25/30	XC2	30	S4	35	
Elevazioni: Cordoli di testa, contropareti	C32/40	XC4+XF2+XD1	30	S4	35	
Soletta Impalcato	C32/40	XC4+XF2	20	S5	35	

#### 4.3.1.2. Acciaio da cemento armato normale:

Barre ad aderenza migliorata B450C

Snervamento  $f_{yk} \geq 450$  MPa

Rottura  $f_{tk} \geq 540$  MPa

Tutti i copriferri dovranno essere garantiti con appositi distanziatori e verifica del copriferro in controllo di qualità.

Il copriferro è stato calcolato come  $c=c1+c2+c3$

ove si è posto:

c1 Secondo tab. C4.1. IV Circ.n.7/2019 di cui alle NTC2018 in ragione della Classe di Calcestruzzo e della classe di esposizione ambientale sopra definite

c2 0mm per  $V_N=50$  anni e 10 mm per  $V_N=100$  anni concordemente alla tab.2.4.I NTC2018

c3=10-5=5 mm tolleranza di costruzione 10mm il quale è stato ridotto di 5mm per le prescrizioni previste a progetto precedentemente indicate (appositi distanziatori e verifica del copriferro in controllo di qualità).

#### 4.3.1.3. Acciaio da carpenteria metallica

##### Tubolari per micropali

Lamiere saldate, profili e piastre in acciaio S355:

S355-J0  $t \leq 20$  mm

S355-J0=  $20 \text{ mm} < t \leq 40$  mm

$f_{tk} \geq 490$  MPa tensione caratteristica di rottura

$f_{yk} \geq 355$  MPa tensione caratteristica di snervamento

$f_{yk} \geq 345$  MPa tensione caratteristica di snervamento ( $t \geq 40$  mm)

Gli acciai devono recare la marcatura CE inoltre devono essere conformi ai requisiti delle seguenti normative europea armonizzata: UNI EN 10025, UNI EN 10210-1, UNI EN 10219-1

*Produzione, fornitura e controlli strutture in carpenteria metallica*

EN 1090 Esecuzione di strutture di acciaio e di alluminio

## **5. DEMOLIZIONI**

### **5.1. SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE**

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.

### **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**

- 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"

### **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;

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 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

#### **5.5. 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.

È 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 rinterri, 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 provvisorie 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 provvisorie 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.

## **5.6. CONTROLLI**

### **5.6.1. 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.

### **5.6.2. 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.

### **5.6.3. 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.

## **6. OPERE IN TERRA E SCAVI**

### **6.1. SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE**

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.

### **6.2. SCOPO**

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.M. 161/2012, L. 98/2013, D.M. 05/02/98 e s.m.i., D.M. 27/09/2010, etc.).

#### **6.2.1. 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.

### **6.3. 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.

#### **6.3.1. 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 2018 "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"
- Decreto del Ministero dell'Ambiente n. 161 del 10 agosto 2012 "Regolamento recante la disciplina.

### **6.3.2. NORMATIVA TECNICA**

- CNRBUn°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 "Non tessuti. Metodi di prova. Determinazione del coefficiente di permeabilità radiale all'acqua".
- UNI 8279-14: 1985 "Non tessuti. 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 - Parte 8: 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"
- UNIENISO 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)"

### **6.3.3. 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.

### **6.4. 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

### **6.5. 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.

### **6.5.1. 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.

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.

### **6.5.2. 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 obbligata 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, palancolate, 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 mancata 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.

### **6.5.3. RINTERRI**

Per rinterri si intendono:

- l'asportazione di zone di terreno non adeguato, 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 rinterri l'ESECUTORE dovrà attenersi alle seguenti prescrizioni ed oneri:

a) L'asportazione 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) Il riempimento dovrà essere eseguito 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. È 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 interrate 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.

#### **6.5.4. 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 super compattato: 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 super compattato 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...

##### **6.5.4.1. 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 n. 146. Qualora quest'ultimo valore non fosse conseguibile si dovrà fare riferimento a quanto previsto al punto 5.5.4.1. 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):

Dimensione granuli	Passante
25 mm	100 %
2 mm	:S15%
0,063 mm	:S 3 %

Equivalente in sabbia (SE)2:70%. Resistenza alla frammentazione LA: S40%.

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 un 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.

CARATTERISTICHE	VALORI LIMITE	NORME DI RIF. UNI
Massa areica	≥ 250 g/m <sup>2</sup>	UNI EN ISO 9864
Spessore: a 2 KPa	≥ 2 mm	UNI EN ISO 9863-1
Resistenza a trazione: valor medio valor minimo*	≥ 18 kN/m ≥ 16 kN/m	EN ISO 10319
Allungamento a rottura longitudinale e trasversale	50785 %	EN ISO 10319
Resistenza al punzonamento statico: valor medio valor minimo*	≥ 2,6 kN ≥ 2,2 kN	EN ISO 12236
Resistenza al punzonamento dinamico: diametro del foro	≥ 10 mm	UNI EN ISO 13433
Permeabilità radiale: a 2 KPa a 200 KPa	≥ 3x10 <sup>-1</sup> cm/s ≥ 3x10 <sup>-2</sup> cm/s	UNI EN ISO 8279/13
Apertura caratteristica O	90 μm	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. È 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 dello 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  $\geq 15$ .

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  $\geq 2\%$  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, A2-4e 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.

Ogniquale volta 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 anti rifluimento 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 stesura 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 super compattato 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.

## **7. OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO**

### **7.1. SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE**

La presente sezione è parte integrante del Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili (cod. RFI DTC SICS SP IFS 001 B) e sostituisce la sezione 6 della parte II del precedente Capitolato (cod. RFI DTC SICS SP IFS 001 A).

#### **7.1.1. 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 m<sup>3</sup> di calcestruzzo. Nel caso di particolari 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.

## **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 elenca di seguito la principale documentazione e normativa di riferimento.

### **7.2.1. 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 17/1/2018 "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;

### **7.2.2. 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;
- 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;

#### 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;
- 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 8520-22:2002 Aggregati per confezioni di calcestruzzi - Determinazione della potenziale reattività degli aggregati in presenza di alcali;
- UNI EN 12620:2008 Aggregati per calcestruzzo;

#### Aggiunte:

- UNI EN 450-1:2012 Ceneri volanti per calcestruzzo - Parte 1: Definizione, specifiche e criteri di conformità;
- UNI EN 13263-1:2009 Fumi di silice per calcestruzzo - Parte 1: Definizioni, requisiti e criteri di conformità;

#### 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 recupero 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, specifiche e criteri di conformità per cementi comuni;

Calcestruzzi precompressi e prefabbricati:

- UNI EN 445:2007 Boiacca 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, specifiche e conformità;
- UNI EN 14488-1:2005 Prove sul calcestruzzo proiettato – Parte 1: Campionamento sul calcestruzzo fresco e sul calcestruzzo indurito;
- 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.

Altro:

- UNI EN ISO 9001 del 2008: Sistemi di gestione per la qualificazione dei 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.

### **7.2.3. DOCUMENTAZIONE TECNICA**

- UNI 6393:1988 Controllo della composizione del calcestruzzo fresco;
  - 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 8520-1:2005 Aggregati per confezione di calcestruzzi-Definizione, classificazione e caratteristiche;
  - UNI 8520-2:2005 Aggregati per calcestruzzo - Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 12620. 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
- A. 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 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;
  - UNI 10622:1997 Barre e vergella (rotoli) di acciaio d'armatura per cemento armato, zincati a caldo;
  - UNI 10765:1999 Additivi per impasti cementizi – Additivi multifunzionali per calcestruzzo – Definizioni, requisiti e criteri di conformità;
  - UNI 10834:1999 Calcestruzzo proiettato;
  - UNI 11039-1:2003 Calcestruzzo rinforzato con fibre di acciaio - Definizioni, classificazione e designazione;
  - UNI 11040:2003 Calcestruzzo auto compattante - Specifiche, caratteristiche e controlli;
  - UNI 11104:2004 Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1;
  - 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. Istruzioni per prevenire la reazione alcali aggregato;
- UNI 11417-1:2012 Durabilità delle opere di calcestruzzo e degli elementi prefabbricati di calcestruzzo. Istruzioni per ottenere la resistenza alle azioni aggressive;
- ISO 9001 – Sistemi di gestione per la qualità;
- ISO 14001 – Sistemi di gestione ambientale;
- Istruzione CNR UNI 10011 - "Costruzioni di acciaio - Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione".
- Istruzione CNR UNI 10016 - "Strutture composte di acciaio e calcestruzzo, istruzione per l'impiego nelle costruzioni".
- UNI 136 "Chiodi da ribadire. Chiodi a testa tonda stretta".
- UNI 139 "Chiodi da ribadire. Chiodi a testa svasata piana"
- UNI 5715 " Piastrine per carpenteria per appoggio su ali di travi IPN (inclinazione 14%)".
- UNI 5716 "Piastrine per carpenteria per appoggio su ali di travi UPN (inclinazione 8%)".

#### **7.2.4. NORMATIVA FERROVIARIA**

- 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;
- Manuale di progettazione delle opere civili di RFI.
- 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.

### **7.3. 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).
- 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 esegua lo stabilimento di produzione.

### **7.4. 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

## **7.5. OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO**

### **7.5.1. 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 di accettazione ed eventualmente, a discrezione delle FERROVIE, le prove complementari di cui al DM 17/1/2018, devono essere effettuate presso un Laboratorio Ufficiale/Autorizzato 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.

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.

### **7.5.2. REQUISITI DEGLI IMPIANTI DI PRODUZIONE DEL CALCESTRUZZO**

Il calcestruzzo dovrà essere prodotto con processo industrializzato, tenendo conto che, ai sensi del citato DM 17/1/2018, 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 al 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;
- 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 micro-silice): 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 (+/-3% per cemento, acqua, aggregato totale e singola classe di aggregato, aggiunte impiegate in quantità maggiore del 5% in massa rispetto al cemento; +/- 5% additivi e aggiunte impiegate in quantità  $\leq 5\%$  in massa rispetto al cemento), in accordo alla norma UNI EN 206;
- 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, con possibilità di correzione automatica del rapporto acqua-cemento e controllo della consistenza. Nel caso di confezionamento di calcestruzzi con  $R_{ck} \geq 50$  MPa l'impianto deve prevedere la premiscelazione della boiaccia di cemento.

La miscelazione può avvenire o in miscelatori separati o direttamente in autobetoniera, assicurando le condizioni di omogeneità del calcestruzzo.

### **7.5.3. CARATTERISTICHE E REQUISITI DEI MATERIALI COSTITUENTI IL CONGLOMERATO CEMENTIZIO**

#### **7.5.3.1. 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 fornitura del tipo di cemento richiesto.

È 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  $55^{\circ}C$ .

#### **7.5.3.2. Aggiunte: ceneri volanti e microsilice**

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 e le ceneri volanti; entrambi devono essere 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 ceneri volanti devono soddisfare i requisiti della norma UNI EN 450-1 mentre le caratteristiche dei fumi di silice devono soddisfare i requisiti della norma UNI EN 13263-1.

#### **7.5.3.3. 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).

È richiesta una granulometria composta di almeno tre classi granulometriche diverse in definite percentuali 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.

È 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.

È escluso l'utilizzo di aggregati provenienti da demolizioni o da frantumazione di calcestruzzo per il confezionamento di calcestruzzi strutturali.

#### **7.5.3.4. 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.

#### **7.5.3.5. 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) e UNI 10765. Salvo diverse indicazioni di progetto, l'ESECUTORE deve tenere presente le seguenti indicazioni:

- 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/m<sup>3</sup> di calcestruzzo, il suo contenuto deve essere considerato nel calcolo del rapporto a/c.

#### **Additivi fluidificanti e super fluidificanti**

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.

### **7.5.4. CARATTERISTICHE E REQUISITI DEL CONGLOMERATO CEMENTIZIO**

#### **7.5.4.1. Classi di resistenza**

La classe di resistenza a compressione C(fck/Rck) è rappresentata da un valore di fck e da un valore di Rck 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 (tabella 12) e UNI 11104 (prospetto 2). Il valore della resistenza caratteristica cilindrica si assume pari a  $0.83 \times Rck$  per provini normalizzati e cioè cilindri di diametro 150 mm e altezza 300 mm e cubi di lato 150 mm.

#### **7.5.4.2. 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 nelle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" D.M. 17/1/2018 per quanto non già prescritto dalla suddetta specifica. In ogni caso,

però, deve essere verificato che i valori prescritti siano adeguati alla classe di esposizione ambientale.

#### **7.5.4.3. 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 6393:1998 "Controllo della composizione del calcestruzzo fresco" tenendo conto che ai sensi della UNI EN 206 non è ammesso uno scostamento maggiore di 0.02 rispetto al valore dichiarato.

#### **7.5.4.4. 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  $\pm 10\text{mm}$  per S1,  $\pm 20\text{mm}$  per S2 e  $\pm 30\text{mm}$  per le altre 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

È considerato quale limite superiore della classe S5 un abbassamento al cono di 250 mm.

#### **7.5.4.5. 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 miscela.

#### **7.5.4.6. 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 (tabella 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:  $\leq 1.0 \%$
- per calcestruzzo armato:  $\leq 0.4 \%$
- per calcestruzzo precompresso:  $\leq 0.2\%$

In sede di qualifica della miscela l'ESECUTORE deve procedere alla verifica del contenuto massimo di cloruri.

#### **7.5.4.7. 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.

#### **7.5.5. 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 – tabella 1 e UNI 11104 – p. 3.1; 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) <sup>1</sup>	Rapporto a/c max	Classe di resistenza minima [C(fck/Rck) <sub>min</sub> ]	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	XC3	0.55	C30/37	S3,S4	CEM I,II,III,IV,V	Rck
D**		Lastre in cls per pavimentazioni esterne Manufatti estrusi	XC3	0.55	C30/37	S1	CEM III,IV,V	Rck
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

I		II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Tipo di calcestruzzo		Campi di impiego	Classe di esposizione ambientale (UNI EN 206) <sup>1</sup>	Rapporto a/c max	Classe di resistenza minima [C(fck/Rck) <sub>min</sub> ]	Classe di consistenza	Tipo di cemento	Classe di resistenza di calcolo (MPa)
<b>G**</b>	1	Muri di controripa/sottoscarpa in c.a. (armatura $\geq 30$ 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
<b>H**</b>	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
<b>I</b>		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 fckmin e da un valore di Rckmin (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  $R_{ck}$  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/m<sup>3</sup>, ad esclusione del calcestruzzo tipo I, e non maggiore di 400 kg/m<sup>3</sup>. Eventuali deroghe possono essere concesse all'ESECUTORE dalle FERROVIE in sede di qualifica delle miscele, mediante preventiva definizione e successivo controllo delle caratteristiche che devono risultare conformi a quanto previsto dalla presente sezione di Capitolato.

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.

#### **7.5.5.1. 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 compreso tra il 3 e il 4 % secondo i valori minimi riportati nel prospetto 4 della norma UNI 11104 e nella tabella F.1 della UNI EN 206, da verificare mediante norma UNI EN 12350 parte 7. La presenza di microbolle 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 microbolle 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.

#### **7.5.5.2. 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 (tabella 2).

Gli agenti aggressivi di cui tener conto sono, per i terreni, gli ioni solfato ( $\text{SO}_4^{=}$ ), per le acque, gli ioni solfato, magnesio ( $\text{Mg}^{++}$ ) e ammonio ( $\text{NH}_4^{+}$ ), 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).

#### **7.5.5.3. 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  $\text{CO}_2$  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).

#### **7.5.5.4. Calcestruzzi soggetti a reazione alcali- aggregati**

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 ( $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ), 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  $15^\circ$  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<sup>3</sup> di calcestruzzo) non superiore a 3 kg Na<sub>2</sub>Oeq/m<sup>3</sup>. È 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.

#### **7.5.6. 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.

##### ***7.5.6.1. Modulo elastico***

La prova con cui effettuare la determinazione del modulo elastico secante è definita dalla norma UNI EN 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.

##### ***7.5.6.2. 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.



### **7.5.6.3. 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:

$L1T_{max} = q.c / Mv.cs < L1T_{max} (i)$  dove:

$L1T_{max}$ : massimo incremento termico del calcestruzzo fresco rispetto alla temperatura ambiente;

c: dosaggio di cemento (kg/m<sup>3</sup>);

q: calore di idratazione del cemento (kJ/kg) a 2gg; Mv: massa volumica del calcestruzzo (kg/m<sup>3</sup>);

cs: calore specifico del calcestruzzo, mediamente pari a 1,10 kJ/kg.C°;

$L1T_{max} (i)$ : valore soglia stabilito secondo il tipo di calcestruzzo (i) considerato. La determinazione del  $L1T_{max}$  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 la singola opera in oggetto e comunque da concordare con le FERROVIE;
- in sito, nel caso di singole parti d'opera significative 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 qualifica 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 scassero.

Per il rispetto del  $L1T_{max}$  si prescrive l'impiego di casseri (parte a contatto del calcestruzzo) in legno multistrato o altro materiale delle stesse capacità di coibentazione.

### **7.5.7. PRESCRIZIONI PER I SINGOLI TIPI DI CALCESTRUZZO**

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.

#### **7.5.7.1. 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  $L1T_{max}$  (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  $\geq 4$  MPa a 7gg e  $\geq 5$  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 l'aggiunta di un adeguato dosaggio di microsilice pari almeno a 20 kg/m<sup>3</sup> nella miscela di calcestruzzo, unitamente ad un tipo e a un dosaggio di super fluidificante da dichiarare nello studio di prequalifica 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 cassatura, 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 L1Tmax (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**

I calcestruzzi di tipologia F3 sono destinati 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 L1Tmax (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, cunette e canalette. Il valore soglia prescritto per  $L1T_{max}$  (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 super fluidificanti con forte effetto ritardante o di combinazioni di additivi super fluidificanti e additivi ritardanti, comunque conformi alla norma UNI EN 934/2;
- la non segregazione della miscela, mediante test di spandimento a due ore (UNI EN 12350-5);
- il tempo di inizio presa del calcestruzzo che non sia inferiore alle 4 ore ad una temperatura di 30°C, misurato secondo la norma UNI 7123.

**7.5.7.2. 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  $\geq 45$  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;

- 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.

### **7.5.8. QUALIFICA DEI MIX DESIGN PER CONGLOMERATI CEMENTIZI**

È obbligo dell'ESECUTORE conseguire, preliminarmente a qualsiasi getto, la qualifica del mix design dei calcestruzzi da utilizzare. È 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 m<sup>3</sup>. 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 m<sup>3</sup>. 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.

#### 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);
- caratteristiche dell'impianto di confezionamento e stato delle tarature;
- apposite procedure sui sistemi di trasporto, di getto e di maturazione.

#### 7.5.8.1. 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 4 prelievi (la resistenza di ciascun prelievo è la media delle resistenze a compressione di due o più provini), deve essere:

$$\text{per } R_{ck} \leq 30 \text{ N/mm}^2 \quad R_m \geq 1,15 R_{ck} \quad \text{per } R_{ck} > 30 \text{ N/mm}^2 \quad R_m \geq 1,10 R_{ck}$$

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.

Se le resistenze medie a compressione per ciascun tipo di calcestruzzo, misurate a 3, 7 e 28 giorni sui provini prelevati dall'impasto di prova all'impianto, non si discostano di  $\pm$  15% dalle resistenze indicate nella relazione di prequalifica, queste verranno assunte a riferimento per i primi 50 prelievi; in caso contrario l'impasto di prova all'impianto deve essere ripetuto e i valori delle resistenze da assumere a riferimento per i primi 50 prelievi verranno determinate adottando, per ciascuna età di maturazione, la media delle resistenze a 3, 7 e 28 giorni dei due impasti di prova. 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, 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 idraulico secondo UNI 11307 (per i calcestruzzi tipo C1 e A1);
- 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 super fluidificanti 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 e 28 giorni di stagionatura, in conformità alla norma UNI EN 12390 parte 3;
- determinazione del modulo elastico statico a compressione, secondo UNI 6556;
- determinazione della resistenza a trazione indiretta secondo UNI EN 12390-6;
- 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 (per i calcestruzzi di classe B1, B2 ed E);

- determinazione della resistenza ai cicli di gelo disgelo, secondo norma UNI 7087, nel caso di specifiche indicazioni progettuali.

La prova della profondità di penetrazione all'acqua (secondo UNI EN 12390-8), da eseguirsi su almeno 3 provini, dovrà fornire i seguenti valori: valore massimo:  $\leq 50$  mm; valore medio  $\leq 20$  mm.

La determinazione della resistenza a compressione a 1,3,7,14 giorni, di cui al primo punto del precedente elenco, verrà eseguita mediante prove sul materiale relativo 1 prelievo (2 cubetti) mentre la determinazione della resistenza a 28 giorni, mediante prove su 4 prelievi (8 cubetti).

Inoltre, 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. 6.11 della presente sezione di Capitolato.

Inoltre, 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.

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.

#### **7.5.9. 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 17/1/2018.

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.

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 dei controlli di accettazione che dovranno essere eseguiti presso laboratori di cui all'art. 59 del DPR n.380/2001.

### **7.5.9.1. 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 17/1/2018 e nella relativa Circolare esplicativa. I controlli saranno classificati come segue:

- di tipo A: controllo di accettazione ogni 300 m<sup>3</sup> massimo di getto;
- di tipo B: controllo di accettazione impiegato quando siano previsti quantitativi di miscela omogenea uguali o superiori ai 1500 m<sup>3</sup>.

Il prelievo del conglomerato per i controlli di accettazione si deve eseguire all'uscita della betoniera (non prima di aver scaricato almeno 0.3 m<sup>3</sup> 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 di plastica/cartoncino rigido sulla quale verrà riportata 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;
- 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, nonché del trasporto e della 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 17-01-2018.

#### **7.5.9.2. Controllo di accettazione dei valori di consistenza**

Salvo diverse specifiche e/o accordi con le FERROVIE la lavorabilità al momento del getto sarà 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 m3 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 possieda 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.

#### **7.5.9.3. 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 auto compattazione 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<sup>3</sup> 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 ( $mv$ ). Il confronto con la massa volumica determinata in sede di prelievo di accettazione dei provini cubici ( $mvo$ ), compattati a rifiuto, porterà alla valutazione del grado di compattazione del calcestruzzo nella struttura:  $G_c = mv/mvo$

Tale rapporto deve risultare maggiore di 0,90, 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 alle norme UNI EN 12504-2/3/4.

### **7.5.10. CARATTERISTICHE DELL'ACCIAIO D'ARMATURA PER C.A. EC.A.P.**

#### ***7.5.10.1. 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 17.01.2018 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 17.01.2018 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 all'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 17/1/2018; 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).

### **7.5.10.2. Acciaio per cemento armato**

È ammesso esclusivamente l'impiego di acciaio saldabile e ad aderenza migliorata, delle seguenti tipologie:

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. 17.01.2018 - 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 17/1/2018.

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 17/1/2018.

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.

I certificati di prova emessi dai laboratori devono contenere tutte le indicazioni elencate nel par. 11.3.2.10.4 del D.M. 17.01.2018 e la verifica delle tolleranze dimensionali riportate al par. 11.3.2.8 del DM 17/1/2018.

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. 17.01.2018.

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 17/01/2018, 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 giustifichino 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.

### **7.5.10.3. Acciaio per cemento armato precompresso**

È ammesso esclusivamente l'impiego di acciai qualificati secondo le procedure di cui al par. 11.3.1.2 del DM 17/1/2018 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 (fpt);
- tensione di snervamento (fpy);
- limite elastico allo 0.1% (fp0.1);
- tensione corrispondente al 1% della deformazione totale (fp1).

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.

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.

### **7.5.11. NORME E REGOLE DI ESECUZIONE**

#### ***7.5.11.1. 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.

#### ***7.5.11.2. 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 provvisoriale 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**

È 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 cassetta a perdere inglobata nell'opera, l'ESECUTORE deve verificarne la funzionalità se è elemento portante e la non dannosità se è elemento accessorio.

### **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 in quantità controllata, 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;
- predisposizioni dei fori, delle tracce, delle cavità, ecc., previste nei disegni costruttivi;
- copriferro;
- prodotti disarmanti.

#### **7.5.11.3. 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'idonea 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.

#### **7.5.11.4.      *Posa in opera del calcestruzzo***

##### **6.5.11.4.1 Attività preliminari alla fase di getto**

L'ESECUTORE è tenuto a presentare alle 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 motivi di sicurezza), in forma scritta, con un preavviso minimo di 1 giorno.

Inoltre, l'ESECUTORE deve prevedere l'elaborazione di una specifica di stagionatura delle opere/parti d'opera da realizzare; tale specifica deve essere trasmessa per informazione alle 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 stesura 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.

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 fare uso di additivi ritardanti, in modo da garantire tempi massimi per le interruzioni senza compromettere le caratteristiche di monoliticità.

### **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 anti evaporanti 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 sottofalda 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 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 casseforme 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 super fluidificanti per il mantenimento della lavorabilità;
- a fine getto mantenere bagnate le superfici del calcestruzzo per almeno due giorni.

#### **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:  $\Delta T_{2\max} < 20^{\circ}\text{C}$  (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:  $\Delta T_{1\max} < 50^{\circ}\text{C}$  (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:  $\Delta T_{2\max} < 20^{\circ}\text{C}$  (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  $\Delta T_{3\max} \leq 20^{\circ}\text{C}$  (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:  $\Delta T_{1\max} < 40^{\circ}\text{C}$  (differenza tra la temperatura del calcestruzzo fresco 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:  $\Delta T_{1\max} < 35^{\circ}\text{C}$  (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:  $\Delta T_{2\max} < 20^{\circ}\text{C}$  (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  $\Delta T_{3\max} \leq 20^{\circ}\text{C}$  (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 del FERROVIE particolari accorgimenti per il rispetto delle suddette condizioni di temperatura (es. serpentine di raffreddamento o altro sistema).

#### **7.5.11.5. 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 scasseratura (esulante dalle 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°C o maggiori di 35°C l'ESECUTORE deve utilizzare esclusivamente casseri in legno o coibentati sull'intera superficie del getto ed eventualmente teli isolanti.

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 poliuretaniche 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.

#### **7.5.11.6.      *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.

#### **7.5.11.7.      *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.

### **7.5.12. ELEMENTI PRECOMPRESSI**

#### **7.5.12.1. 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 all'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.

#### **7.5.12.2. 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 sfiato per le guaine secondo le indicazioni di progetto.
- c) Al momento della messa in tensione dei cavi 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.

#### **7.5.12.3.      *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 17/01/08 – 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.

#### **7.5.12.4.      *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:

- 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 m<sup>3</sup>/h e sia accoppiata a un'idonea attrezzatura equipaggiata da contalitri 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 entro 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 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;
- 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 cinque 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  $\pm 4$  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.

### **7.5.13. 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 17/1/2018, 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.

#### **7.5.13.1.      *Controlli in fase di produzione degli elementi***

Di seguito si riportano gli ulteriori controlli che l'ESECUTORE deve eseguire relativamente alla miscela di calcestruzzo:

##### **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  $R_{ck}$  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  $f_{ctk}$  (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  $R_{ck}$  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 pre-stagionatura, 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;
- 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 scassatura 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 tre giorni dalla tesatura e poi settimanalmente per tutta la fase di stoccaggio del manufatto;

#### **7.5.13.2. 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.

#### **7.5.13.3. *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:

- 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.

#### **7.5.14. CALCESTRUZZI SPECIALI**

##### **7.5.14.1. *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**

È 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. Per la correlazione tra le resistenze a compressione cubica e cilindrica vale la formula indicata al punto 6.5.9.1 cui si rimanda.

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

Tabella 6.5.14.1.1: Classificazione in funzione del campo d'impiego

### 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.

Figura 6.18.1.1 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. 6.5.2.

#### **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 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;
- 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.

### **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 gunita (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.

L'additivo deve avere un contenuto in alcali equivalente ( $Na_2O+0,65K_2O$ ) 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%. Gli acceleranti non alcalini devono avere un contenuto in massa di alcali inferiore al 1%.

### 6.5.14.1.3 Produzione

#### **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 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 ± 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/m<sup>2</sup> 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/m<sup>2</sup> 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.

#### **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 (norma EN 14488-2).
- Determinazione energia assorbita (norma EN 14488-4).
- 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).

Le FERROVIE potranno richiedere eventuali prove e verifiche aggiuntive.

Tabella 6.5.14.1.4: Frequenza minima dei controlli in corso d'opera in relazione ai m3 ed ai m2 prodotti

PROVA	Temporaneo non strutturale	Permanente non strutturale	Permanente strutturale/Temporaneo strutturale
<i>Spessore (media di 4 saggi)</i>	<i>ogni 3000 m<sup>2</sup></i>	<i>ogni 1000 m<sup>2</sup></i>	<i>ogni 500 m<sup>2</sup></i>
<i>Contenuto di fibre nel calcestruzzo fresco (*)</i>	<i>ogni 3000 m<sup>2</sup></i>	<i>ogni 3000 m<sup>2</sup></i>	<i>ogni 100 m<sup>3</sup> o ogni 500 m<sup>2</sup></i>
<i>Dosaggio dell'additivo per la proiezione</i>	-	<i>ogni 2000 m<sup>2</sup></i>	<i>ogni 1000 m<sup>2</sup></i>
<i>Resist. a compress. (stima) del cls giovane (+)</i>	<i>ogni 5000 m<sup>2</sup> e almeno 1 volta ogni 2 mesi</i>	<i>ogni 5000 m<sup>2</sup> e almeno 1 volta ogni 2 mesi</i>	<i>ogni 2500 m<sup>2</sup> e almeno 1 volta al mese</i>
<i>Resistenza a compressione del cls indurito</i>	<i>ogni 1000 m<sup>3</sup> e almeno 1 volta al mese</i>	<i>ogni 1000 m<sup>3</sup> e almeno 1 volta a settimana</i>	<i>In base alle frequenze stabilite dal DM 14/1/08 per i controlli di legge e almeno 2 volte a settimana</i>
<i>Contenuto di fibre nel calcestruzzo indurito (*)</i>	<i>ogni 2000 m<sup>3</sup> o ogni 10000 m<sup>2</sup></i>	<i>ogni 2000 m<sup>3</sup> o ogni 10000 m<sup>2</sup></i>	<i>ogni 400 m<sup>3</sup> o ogni 2000 m<sup>2</sup></i>
<i>Penetrazione dell'acqua sotto pressione</i>	(-)	(-)	(-)
<i>Assorbimento di energia (Tenacità) (*)</i>	<i>ogni 2000 m<sup>3</sup> o ogni 10000 m<sup>2</sup></i>	<i>ogni 2000 m<sup>3</sup> o ogni 10000 m<sup>2</sup></i>	<i>ogni 400 m<sup>3</sup> o ogni 2000 m<sup>2</sup></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

#### 7.5.14.2. 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.

### 7.5.14.3. Calcestruzzo autocompattante

L'impiego è consentito se previsto da progetto con le modalità e specifiche indicate nella norma UNI 11040. In fase di progetto può essere preso a riferimento il documento "The European Guidelines for Self- Compacting Concrete (BIBM-CEMBUREAU-ERMCO-EFCA- EFNARC)".

### 7.5.15. 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.

OGGETTO DEL CONTROLLO	DESCRIZIONE E PARAMETRO DI CONTROLLO	TOLLERANZA (mm)		ULTERIORE LIMITAZIONE
1- Fondazioni: plinti, platee, solettoni ecc.	Posizionamento rispetto alle coordinate di progetto	$\pm 30$		
	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	$\pm 20$		
	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 $0 < H \leq 6$ m	$\pm 20$		
	Verticalità per $6 < H \leq 12$ m	$\pm H/0,3$		
	Verticalità per $H > 12$ m	$\pm [H/0,3-(H-12)/0,5]$		
3- Solette e solettoni per impalcati,solai in genere.	Spessore	-5	+10	
	Quota altimetrica estradosso	$\pm 10$		
4- Vani, cassette,inserterie.	Posizionamento e dimensionamento vani e cassette	$\pm 15$		
	Posizionamento inserti(piastr e boccole)	$\pm 10$		
5- Travi prefabbricate (misurazioni sulcassero)	Lunghezza "L"	$\pm L/2000$		20
	Generica dimensione "D" della sezione retta	$\pm D/200$		2
6- Travi prefabbricate (misurazione sulla trave)	Posizionamento appoggi:direzione longitudinale (trave di lunghezza "L")	$\pm L/2000$		10
	Posizionamento appoggi: direzione trasversale	$\pm 10$		
	Posizionamento altimetrico appoggi(assoluto)	$\pm 5$		
	Posizionamento altimetrico appoggi(relativo ad altri appoggi della stessa travata sulla stessa pila)	$\pm 2,5$		
	Parallelismo-trasversale-tra contropiastra trave e contropiastra baggiolo	$\pm 0,003$		
	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	$\pm 25$	
--	----------------------------	----------	--

OGGETTO DEL CONTROLLO	DESCRIZIONE E PARAMETRO DI CONTROLLO	TOLLERANZA(mm)	ULTERIORE
(*) 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	$\pm 20$ (*)	
	Interasse barre	$\pm 20$ (*)	
	Armatura di precompressione (cavi e barre): posizionamento(verticale/orizzontale)	$\pm 10$	
	Armatura di precompressione (trefoli): posizionamento(verticale/orizzontale)	$\pm 5$	
	Punto terminale di barra rettilinea	$\pm 50$ (**)	
	Lunghezza di sovrapposizione o di ancoraggio	-25	
	Piastra di ancoraggio trefoli:inclinazione	1	

## 7.5.16. MALTE DI CEMENTO

### 7.5.16.1. *Malte per ancoraggi*

Per l'ancoraggio di strutture metalliche al calcestruzzo di cordoli o solette, mediante tirafondi o zanche come nel caso degli apparecchi d'appoggio delle travate, devono utilizzarsi malte reoplastiche premiscelate, marcate CE conformi alle indicazioni contenute nella norma EN 1504-6. Per il confezionamento l'ESECUTORE dovrà attenersi alle prescrizioni fornite dal produttore della malta prevedendo in ogni caso l'idrolavaggio e la saturazione con acqua della superficie delle cavità predisposte per l'ancoraggio (condizione "satura superficie asciutta"), immediatamente prima dell'applicazione della malta.

Il prodotto dovrà possedere le seguenti caratteristiche prestazionali:

- nella prova di espansione contrastata secondo il procedimento indicato nella UNI 8147, il prodotto dovrà produrre un aumento della lunghezza dei provini a 7 giorni di almeno 0.07%;
- dopo 28 giorni di stagionatura dovrà possedere le seguenti caratteristiche meccaniche:

- resistenza a compressione maggiore di 80 N/mm<sup>2</sup>;
- resistenza a flessione maggiore di 10 N/mm<sup>2</sup>;
- coefficiente di permeabilità inferiore a  $1 \times 10^{-12}$ ;
- resistenza allo sfilamento delle barre di acciaio secondo EN 1881.

Le FERROVIE potranno richiedere all'ESECUTORE l'esecuzione di tutte o parte delle suddette prove di caratterizzazione.

#### **7.5.16.2. Malte per rasatura**

Qualora si renda necessario eseguire la rasatura di superfici in calcestruzzo, devono utilizzarsi malte cementizie monocomponente a presa normale a base di cementi ad alta resistenza, aggregati a grana fine, additivi speciali e polimeri sintetici in polvere. L'applicazione della malta dovrà essere effettuata previa adeguata preparazione del supporto, asportando tutte le parti inconsistenti e in fase di distacco, fino a ottenere un sottofondo solido, avendo cura di eliminare residui polverosi che impediscono la corretta adesione del prodotto. Il prodotto dovrà essere applicato dopo aver saturato d'acqua le superfici e applicato a spatola metallica liscia in uno spessore compreso tra 1 e 3 mm per singola mano.

Il prodotto dovrà essere marcato CE e rispondere ai requisiti richiesti dalla EN 1504-3, per le malte non strutturali di classe R2, e ai requisiti della EN 1504-2, qualora l'applicazione del prodotto abbia lo scopo di proteggere la superficie di calcestruzzo.

Si richiedono inoltre i seguenti requisiti:

- bleeding (acqua di essudazione) secondo UNI EN 480: assente;
- aderenza al calcestruzzo secondo EN 1542:  $\geq 2.5$  (a 28 giorni);
- profondità di penetrazione dell'acqua secondo ISO EN 7031-94  $< 15$  mm;
- resistenza cicli di gelo-disgelo secondo UNI 7087  $> 50$ ;
- modulo elastico a 28giorni secondo EN 13412  $\leq 16.000$  MPa;
- resistenza a compressione secondo EN 196-1: a 1 giorno 11 MPa, a 28 giorni  $\geq 40$  MPa;
- resistenza a flessione secondo EN 196-1 a 1 giorno 3 MPa, a 28 giorni  $\geq 7$  MPa.

Le FERROVIE potranno richiedere all'ESECUTORE l'esecuzione di tutte o parte delle suddette prove di caratterizzazione.

#### **7.5.16.3. Malte per ripristino strutturale del calcestruzzo**

Per il ripristino di strutture degradate in calcestruzzo dovranno utilizzarsi malte a ritiro compensato e a presa normale, ad elevata duttilità composte da cementi ad alta resistenza, aggregati selezionati, fibre sintetiche o inorganiche e speciali additivi. I prodotti dovranno essere provvisti di marcatura CE ed essere conformi alla UNI EN 1504-3 – classe R4.

Si richiedono inoltre i seguenti requisiti:

- espansione contrastata, secondo UNI 8147, pari allo 0.04% a 1 giorno ed allo 0.06% a 28 gg;
- bleeding (acqua di essudazione) secondo UNI EN 480: assente;
- aderenza al calcestruzzo secondo EN 1542:  $\geq 8$  MPa. (a 28 gg.);
- profondità di penetrazione dell'acqua secondo ISO EN 7031-94  $< 5$  mm;

- resistenza cicli di gelo-disgelo secondo UNI 7087 > 50;
- modulo elastico a 28 gg. secondo EN 13412 pari a 25.000 ±2000 MPa;
- resistenza a compressione secondo EN 196-1: a 1 giorno 25 MPa, a 28 giorni  $\geq$  60 MPa;
- resistenza a flessione secondo EN 196-1 a 1 giorno 8 MPa, a 28 giorni  $\geq$  11 MPa.

Le FERROVIE potranno richiedere all'ESECUTORE l'esecuzione di tutte o parte delle suddette prove di caratterizzazione.

L'applicazione della malta deve essere preceduta da adeguata preparazione del supporto asportando il calcestruzzo ammalorato fino ad ottenere un sottofondo solido, esente da parti in distacco e sufficientemente ruvido. In caso di presenza di armatura dovrà provvedersi alla preventiva pulizia dei ferri e, in caso, all'applicazione di specifico trattamento passivante. Il prodotto dovrà essere applicato dopo aver saturato d'acqua le superfici attenendosi alle prescrizioni del Produttore.

#### **7.5.16.4. Malte per ripristini strutturali mediante colaggio**

Nel caso si debba procedere al ripristino strutturale di calcestruzzo degradato per mezzo di malta di cemento colabile, questa dovrà essere premiscelata, bicomponente, ad espansione contrastata e a presa normale, ad elevata fluidità, composta da cementi ad alta resistenza e fibre sintetiche, resistente agli agenti aggressivi dell'ambiente. La malta sarà conforme alla classe R4 della EN 1504-3 e provvista di marcatura CE.

Si richiedono inoltre i seguenti requisiti:

- espansione contrastata, secondo UNI 8147, pari allo 0.04% a 1 giorno ed allo 0.06% a 28 gg;
- resistenza alla fessurazione ("O ring test"): nessuna fessura dopo 180 giorni;
- bleeding (acqua di essudazione) secondo UNI EN 480: assente;
- aderenza al calcestruzzo secondo EN 1542:  $\geq$  9 MPa. (a 28 gg.);
- profondità di penetrazione dell'acqua secondo ISO EN 7031-94 < 5 mm;
- resistenza cicli di gelo-disgelo secondo UNI 7087 > 50;
- modulo elastico a 28 gg. secondo EN 13412 pari a 29.000 ±2000 MPa;
- resistenza a compressione secondo EN 196-1: a 1 giorno 35 MPa, a 28 giorni  $\geq$  70 MPa;
- resistenza a flessione secondo EN 196-1 a 1 giorno 5 MPa, a 28 giorni  $\geq$  8 MPa.

Le FERROVIE potranno richiedere all'ESECUTORE l'esecuzione di tutte o parte delle suddette prove di caratterizzazione.

L'applicazione della malta deve essere preceduta da adeguata preparazione del supporto asportando il calcestruzzo ammalorato fino ad ottenere un sottofondo solido, esente da parti in distacco e sufficientemente ruvido. In caso di presenza di armatura dovrà provvedersi alla preventiva pulizia dei ferri e, in caso, all'applicazione di specifico trattamento passivante. Il prodotto dovrà essere applicato dopo aver saturato d'acqua le superfici attenendosi alle prescrizioni del Produttore.



## **7.6. PLINTI PREFABBRICATI IN CALCESTRUZZO ARMATO PER PALI DI ILLUMINAZIONE**

### **7.6.1. Descrizione generale**

Il progetto prevede due tipi di plinti in calcestruzzo:

- Plinti di fondazione (dimensioni 1000x1000x1000mm) per palo Hft=8,2 metri con apparecchio testa palo per illuminazione stradale e pista ciclopedonale;
- Plinti di fondazione (dimensioni 800x800x800mm) per palo Hft=4,4 metri con apparecchio testa palo per attraversamenti pedonali stradali.

I plinti prefabbricati devono essere realizzati in calcestruzzo armato vibrocompresso, destinati alla fondazione e al sostegno di pali per illuminazione pubblica. Ogni plinto deve essere dotato di:

- Pozzetto di ispezione e cablaggio integrato
- Sede circolare per l'alloggiamento del palo
- Fori passacavo per l'innesto di cavidotti
- Foro centrale per la messa a terra

### **7.6.2. Caratteristiche tecniche dei materiali**

- Calcestruzzo: classe minima C25/30, conforme alla UNI EN 206-1
- Armatura: acciaio tipo B450C, conforme alla UNI 11110-1
- Cemento: tipo CEM II/A-LL 42,5 R, conforme alla UNI EN 197-1
- Aggregati: conformi alla UNI EN 12620, selezionati per garantire durabilità e resistenza

### **7.6.3. Caratteristiche dimensionali**

I plinti devono essere forniti in diverse dimensioni standard con:

- Pozzetto ispezione: dimensioni minime 32x32 cm
- Foro palo: diametro 22–30 cm, profondità 60–80 cm
- Peso: variabile da 800 a 1600 kg in funzione del modello

### **7.6.4. Posa in opera**

Il plinto deve essere posato su letto di magrone in calcestruzzo non armato di spessore minimo 10 cm. Il riempimento attorno al plinto deve essere eseguito con sabbia ben costipata.

L'alloggiamento del palo deve essere completato con malta cementizia espansiva, per garantire l'incastro statico al piede.

Il pozzetto deve essere chiuso con chiusino in ghisa o tappo in calcestruzzo armato pedonabile.

### **7.6.5. Requisiti funzionali**

- Resistenza a compressione garantita  $\geq 30$  Mpa
- Classe di esposizione ambientale XC2–XA1
- Compatibilità con pali diritti o conici fino a 12 m di altezza
- Predisposizione per dispersore di terra e collegamento equipotenziale

## **8. PALI E MICROPALI**

### **8.1. SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE**

La presente sezione del Capitolato si applica a tutte le opere di fondazione ove sono previsti pali e micropali.

#### **8.1.1. CAMPO DI APPLICAZIONE**

Per l'utilizzo dei pali nelle opere di sostegno valgono le prescrizioni contenute nella Sezione 8 "Paratie di pali, diaframmi e palancolate" 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 mm :S D :S 600 mm
- pali di grande diametro: D > 600 mm

I "MICROPALI" sono perforazioni trivellate aventi diametro D < 300 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.M. 161/2012, 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 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.

#### **8.2.1. NORMATIVA NAZIONALE**

- D.M. Infrastrutture 17 gennaio 2018 "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. 17 gennaio 2018"
- D.lgs. 03 aprile 2006 n° 152 "Norme in materia ambientale"

### **8.2.2. 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"
- 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"

### **6.2.3. Normativa ferroviaria**

- RFI DTC SICS CS MA IFS 001 A "Manuale di progettazione delle opere civili" Parte II - Sezione 3
- Manuale di progettazione RFI Parte II - Sezione 2: Pontie 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

### **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, 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.

**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.

Prova: forma di verifica che si effettua in ragione del contratto, delle disposizioni normative, delle disposizioni delle FERROVIE.

#### **8.4. ABBREVIAZIONI cls: calcestruzzo**

DL: Direzione Lavori

SLE: Stati Limite di Esercizio

WBS: Work Breakdown Structure

#### **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, 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 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.

#### **8.5.1. 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 substrati 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.

## **8.6. PALI DI MEDIO E GRANDE DIAMETRO**

### **8.6.1. 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.

#### **8.6.1.1. *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 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. È 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.



### **8.6.1.2. 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.

### **8.6.1.3. 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".

## **8.6.2. MODALITÀ ESECUTIVE**

### **8.6.2.1. 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 un'asta rigida, alla base della testa di battuta. È 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);
- 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 30760 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 7 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 2: 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.

#### 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).

#### **8.6.2.2. 7.6.2.2.**

#### **8.6.2.3. 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 ( $c_u$ ) che alla generica profondità di scavo ( $H$ ) soddisfino la seguente condizione:

$c_u \geq \gamma H/3$

dove:

$\gamma$  = 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 8710 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 10720 %.

### **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. È ammessa la giunzione 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 disaggregazione 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 disagregatori rotanti, con risalita dei detriti per trascinamento 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; 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.

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 disaggregazione del terreno e l'estrazione dei detriti dal foro. In terreni sabbiosi si potrà fare ricorso anche ad utensili disagregatori rotanti, con risalita dei detriti per trascinamento 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.

## **8.7. MICROPALI**

### **8.7.1. 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").

#### **8.7.1.1. *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.

#### **8.7.1.2. *Micropali a semplice cementazione***

Sono realizzati inserendo entro una perforazione di piccolo diametro un'armatura metallica e connessi al 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.

### **8.7.2. 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  $< 8$  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.

### **8.7.3. MODALITA' ESECUTIVE**

#### **8.7.3.1. 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 pistoncini 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:

$\gamma$  = peso dell'unità di volume del terreno.

Per i terreni fortemente cementati il valore della coesione sarà determinato con prova di compressione semplice.

#### **8.7.3.2. 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);
- 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.

### **8.7.3.3. 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;
- 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.

## **8.8. 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.

### **8.8.1. 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 2: 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**

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 di pali è superiore a 500.

È 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 17 gennaio 2018 "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;
- 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.

### **8.8.2. 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.

### **8.8.3. PROVEDI 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.

#### **8.8.3.1. 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.

##### **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;



### **8.8.3.2. 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.

#### **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

### **8.8.4. 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.

#### **8.8.4.1. 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.

#### **8.8.4.2. 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.

#### **8.8.4.3. 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.

### **8.9. TOLLERANZE DI COSTRUZIONE**

#### **8.9.1. 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).

### **8.9.2. 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).

### **8.9.3. 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		ULTERIORI LIMITAZIONI	
1- PALO TRIVELLATO	1.1	Coordinate planimetriche centro palo (generico)	mm	5	di progetto	10% <I		75	
	1.2	Coordinate planimetriche centro palo (paratia di pali)	mm	5	di progetto	5% <I		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 "<I" palo finito	mm	5	di progetto	-2% <I	+5% <I		
	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% <I		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 "<I" micropalo finito	mm	5	di progetto	-2% <I	+5% <I		
	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		

## **9. PARATIE DI PALI**

### **9.1. SCOPO E 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.

#### **9.1.1. CAMPO DI APPLICAZIONE**

L'utilizzo di palancole in acciaio è limitato alle sole opere provvisorie; 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.M. 161/2012, D.M. 05/02/98 e s.m.i., D.M. 27/09/2010, etc.).

### **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. 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.

#### **9.2.1. NORMATIVA NAZIONALE**

- D.M. Infrastrutture 17 gennaio 2018 "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. 17 gennaio 2018"
- 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"
- UNI EN 12063:2002 "Esecuzione di lavori geotecnici speciali - Palancolate"

### **9.2.2. NORMATIVA FERROVIARIA**

- RFI DTC SICS 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

### **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; **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).

#### **9.4. ABBREVIAZIONI**

PVC: Cloruro Polivinile

SLE: Stati Limite di Esercizio

#### **9.5. 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;
- 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 sette 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 previsto e, 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.
- 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.

### 9.5.1. 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.

## 9.6. MATERIALI

### 9.6.1. 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.

### 9.6.2. 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.

## **9.7. MODALITA' ESECUTIVE**

### **9.7.1. PARATIE DI PALI**

Per le modalità esecutive dei pali si rimanda alla Sezione 7 "Pali e micropali" del presente Capitolato.

## **9.8. CONTROLLI FINALI**

Sono previste le seguenti tipologie di prove:

- Prove di carico
  - assiale (non distruttiva): con carichi di prova  $P_{max}$  2: a 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.

Per quanto riguarda le prove soniche, la loro frequenza dovrà rispettare quanto riportato nella seguente tabella:

Prova sonica hole). Non prima di 28	Vengono attrezzati tutti i pannelli ed eseguite prove su almeno 1/3 di questi a scelta della DIREZIONE
--	--

Tabella 8.8.1

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.

### **9.8.1. PROVEDI 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

#### **9.8.1.1. 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.

#### **9.8.1.2. 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.

### **9.9. TOLLERANZE DI COSTRUZIONE**

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 documento.

## **10. GALLERIE ARTIFICIALI**

### **10.1. GALLERIE ARTIFICIALI**

#### **10.1.1. 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) cassate 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 i genere nei casi in cui lo spessore del terreno di ricoprimento (distanza fra l'estradosso della copertura e la quota di sistemazione deliano 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'impalca o 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 predalles in C.A.P. Dovrà invece essere sempre prevista la realizzazione di una controfodera in c.a contatto con la paratia laterale, ancorata alla paratia, alla platea di fondo e all'impalcato di copertura.

### **10.1.2. 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 di diaframmi caratteristici delle proprie attrezzature in modo da evitare qualunque riduzione della sagoma della galleria o degli spessi delle pareti di rivestimento.

### **10.1.2.1. Tolleranza**

Alle gallerie artificiali realizzate tra paratie non sono applicabili le tolleranze sul posizionamento dei pali indicate nelle sezioni del capitolato, che si riferiscono a strutture di fondazione.

### **10.1.3. CONGLOMERATO CEMENTIZIO**

Per le modalità di confezionamento trasporto e posa in opera del conglomerato cementizio, in aggiunta alle prescrizioni esecutive riportate nella sezione sei 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 opere del cls nella zona di calotta fuori cassero affinché si realizzi una efficace protezione dell'armatura 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/mm<sup>2</sup>.

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 lisciato, 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 della presente sezione.

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 superfici con le quali i rivestimenti dovranno venire a contatto e redigere un verbale in contraddittorio con la Direzione Lavori.

#### **10.1.4. IMPERMEABILIZZAZIONE**

##### **10.1.4.1.**

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 riinterro.

- 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.

##### **10.1.4.2. *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 alto 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 8.7.4-1 Caratteristiche della membrana impermeabile prefabbricata a base di bitume distillato selezionato e modificato con resine propopileniche, armata con poliestere da filo continuo (spunbound) ad elevate resistenze meccaniche:

DESC RIZIONE	VALORI LIMITE	NORMA DI RIF.
Spessore	4 mm	UNI 8202/6
resistenza a punzonamento statico	$\geq 350$	UNI 8202/11
resistenza a trazione L/T	1200-1 00 N	UNI 8202/8
flessibilità a freddo	5 cm	UNI 8202/15 UNI 8202/30
resistenza a trazione della giunzione rispetto al valore della resistenza a trazione su striscia (UNI 8202/8)	-10° C $\geq 70$ %	

Tabella 8.7.4-2 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 delle radici, armata con tessuto non tessuto di poliestere da filo continuo (spunbound) ad elevate prestazioni meccaniche aventi le seguenti caratteristiche tecniche:

DESC IZIONE	VALORI LIMITE	NORMA DI RIF.
Spessore	4 mm	UNI 8202/6
massa areica	4 Kg/mq	UNI 8202/7
resistenza a trazione L/T	800-60 N/cm	UNI 8202/8
flessibilità a freddo	-15 °C	UNI 8202/15
resistenza alle radici	supera a 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

#### 10.1.4.3. Confezionamento, trasporto e stoccaggio dei materiali

Si farà riferimento alle prescrizioni contenute nell'omologo paragrafo 11 5.5.3 delle gallerie naturali.

#### 10.1.4.4. Documentazione e controlli di conformità

Si farà riferimento alle prescrizioni contenute nell'omologo paragrafo 11 5.5.4 delle gallerie naturali.

#### 10.1.4.5. 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 a che in base alle raccomandazioni dei produttori dei materiali utilizzati e secondo le procedure preventivamente approvate dalla Direzione Lavori.

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.

#### **10.1.4.6. 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, fil 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 degli 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.

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.

#### **10.1.4.7. 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.

#### **10.1.4.8. 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/mm<sup>2</sup> 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 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.

#### **10.1.4.9. 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 larghezza minore di 20 mm e lo spazio fra le saldature dovrà risultare non inferiore a 6 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 n elemento quadrato di VC, 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 riparata mediante applicazione di una nuova membrana che dovrà avere una sovrapposizione perimetrale non inferiore a 15 c.

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 sottoposta a prova di trazione a rottura secondo la Norma IN 16726.

La membrana non potrà essere applicata e termosaldata a temperature inferiori a +5 °C.

#### **10.1.4.10.     *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 sulla struttura previa spalmatura di uno strato di imprimitura 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 10 cm.

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 c.

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.

#### **10.1.4.11.     *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/mm<sup>2</sup>.

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.

#### **10.1.4.12. 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 pare e dello scavo per un'altezza minima di 80 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).

#### **10.1.4.13. Controlli e prove**

Si farà riferimento alle prescrizioni relative alle gallerie naturali in tradizionale, contenute nel paragrafo 11.5.5.7.

#### **10.1.5. RINTERRI**

Andranno seguite le prescrizioni riguardanti i rinterri (vedi Sezione apposita del Capitolato).

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 alte nativamente 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 a ripristinare la configurazione originaria del piano campagna.

## **11. PAVIMENTAZIONI STRADALI**

### **11.1. SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE**

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 stradali;  
pavimentazione di opere stradali accessorie;

#### **11.1.1. 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.

### **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**

- 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. 12 aprile 2006, n. 163 "Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE"
- D.M. Infrastrutture 11 aprile 2007 "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.M. Infrastrutture 17 gennaio 2018 "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. 17.01.2018"
- 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"

### **11.2.2. 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 stacciatura"
- 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 uniassiale"
- 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 "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: 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 CENISO/TS 17892-10/2005 "Indagini e prove geotecniche - Prove di laboratorio su 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"
- 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  $M_d$  e  $M_d'$  mediante prova di carico a doppio ciclo con piastra circolare"

#### Leganti idraulici

- UNI EN 197-1/2011 "Cemento - Composizione, specifiche 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, specifiche 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 sottovuoto"
- UNI EN 12597/2002 "Bitumi 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 "Bitumi 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 dutilometro"
- 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 modificati da polimeri"

#### Conglomerati bituminosi

- UNI EN 12697 parte 1/2006 - 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"
- UNIENISO 10319/2008 "Geosintetici - Proवादitrazione a banda larga"
- UNIENISO 12236/2006 "Geosintetici - Proवादipunzonamentostatico (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"

### **11.3. 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. (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

#### **11.4. ABBREVIAZIONI**

RFI: Rete Ferroviaria Italiana S.p.A.;

DL: Direzione lavori;

#### **11.5. PRESCRIZIONI GENERALI**

##### **11.5.1. 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.

##### **11.5.2. 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.

Di seguito si riporta un esempio di marchio CE relativo al conglomerato bituminoso.

### 11.6. 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 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 benestare 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..

#### **11.6.1. 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 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.

#### **11.6.2. 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.

## **11.7. PAVIMENTAZIONI STRADALI**

### **11.7.1. 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

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/m<sup>2</sup>; 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 semi penetrazione

È 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 semi penetrazione è effettuato in due passate, la prima con 2 kg/m<sup>2</sup> di emulsione bituminosa e 28 dm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> di pietrischetto di pezzatura compresa fra 10 e 25 mm, la seconda con 1,5 kg/m<sup>2</sup> di emulsione bituminosa e 12dm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> 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 compattatori 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

È 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/m<sup>3</sup> 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/m<sup>3</sup> 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/m<sup>2</sup> di emulsione e 5,5 litri/m<sup>2</sup> di graniglia silicea da 2/5 mm.

### 11.7.2. LEGANTI

#### 11.7.2.1. **Leganti bituminosi di base e modificati**

#### 11.7.2.2. **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	:S-8	:S-10
punto di infiammabilità	°C	EN 22592(b)	230	230
SECONDA PARTE - valori dopo RTFOT (resistenza all'invecchiamento-UNI EN 12607-1) <sup>(*)</sup>				
Variazione di massa	%	UNI EN 12607-1	:S 0,5	:S 0,8
incremento del punto di rammollimento	°C	UNI EN 1427-2007	:S 11	:S 11
penetrazione residua	%	UNI EN 1426 - 2007	2:50	2:46

<sup>(\*)</sup>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	:S-8	:S -10	:S -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	-	:S 3(°)	:S 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	:S 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 50C

Tab. 13.8.2/a - Caratteristiche dei bitumi modificati per mano d'attacco

BITUME SOFT O HARD			
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	:S -10
viscosità dinamica a 160° C	UNI EN 13399 - 2010	Pa x s	0,10-0,4

### 11.7.2.3. Emulsioni bituminose

#### 10.7.2.3.1. Emulsioni bituminose per mano di attacco cationiche non modificate

Le emulsioni bituminose, vedi 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	:S40	:S45
contenuto di bitume	% in peso	UNI EN 1431 - 2013	2: 60	2: 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	2: 40	2: 40
punto di rottura Fraass	° C	UNI EN 12593 - 2007	:S -8	:S -8

### 11.7.2.4. Utilizzo di additivi

L'eventuale utilizzo di additivi, (es. ACF -Attivanti chimico funzionali, DP-Attivanti di adesione) dovranno essere preventivamente autorizzato dalla Direzione Lavori.

### 11.7.3.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	$\geq 400 \text{ g/m}^2$	
Spessore: a 2,0 KPa a 200 KPa	$\geq 4,0 \text{ mm}$ $\geq 1,9 \text{ mm}$	UNI ENISO 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	$\geq 24 \text{ kN/m}$ $\geq 21 \text{ kN/m}$	CNR-BU N. 142-1992
Deformazione a rottura – Media tra la direzione di produzione e la trasvers. – Media in una delle due direzioni	$\geq 85 \%$ $\geq 30 \div 95 \%$	CNR-BU N. 142-1992 EN ISO 10319
Resistenza a lacerazione	$\geq 1,4 \text{ kN}$	CNR-BU N. 143-1992
Resistenza al punzonamento	$\geq 4,0 \text{ kN}$	UNI 8279/14 EN ISO 12236

#### **11.7.4. SOVRASTRUTTURA STRADALE**

I materiali, ai fini del loro impiego, dovranno essere forniti di marcatura CE secondo quanto previsto da norme e leggi vigenti.

##### ***11.7.4.1. 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.

#### **10.7.4.1.1. 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 quattro classi di aggregati con predosatori in numero corrispondenti alle classi impiegate.

#### **10.7.4.1.2. 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 stesura 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.

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.

#### **10.7.4.1.3 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 7 2 kg/m<sup>2</sup>, in relazione al tempo ed alla intensità del traffico di cantiere cui potrà venire sottoposto e successivo spargimento di sabbia.

#### **10.7.4.1.5. 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 + 5 % fino al passante al setaccio 4 e di + 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 m<sup>3</sup> 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.

#### **11.7.4.2. 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.

#### **10.7.4.2.1. 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.

È 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.

#### **10.7.4.2.2. 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.

#### **10.7.4.2.3. 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'

#### **11.7.4.3. 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.

**10.7.4.3.1. 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".

**10.7.4.3.2. 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 PSVmix.

Il PSVmix 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 (VOLi) utilizzando le MVA e riportate anch'esse a 100%)

Il PSVmix si calcola sommando il prodotto della percentuale volumetrica di ogni pezzatura (compresa la sabbia) utilizzata per il relativo valore di PSV diviso per 100:

$$PSV_{mix} = \sum (PSV_i \cdot VOL_i) / 100$$

**10.7.4.3.3. 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):  $R \& B > 5\%$

L'ESECUTORE dovrà eseguire le prove di verifica delle caratteristiche sopra richieste alla qualificazione e ogni 500 m<sup>3</sup> 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 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 benestare 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 sottoindicati 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/mm<sup>2</sup>.

I provini per le misure di stabilità, rigidezza 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:

- + 5% per lo strato di base;
- + 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 + 3%.

Per il passante al setaccio 0,063 mm, + 1,5%.

Per la percentuale di bitume non sarà tollerato uno scostamento da quella di progetto di + 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 quattro 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 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/m<sup>2</sup>.

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 auto livellamento. 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 azzerramento, 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

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 sotto spessori 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.

#### 10.7.4.3.4. 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 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):  $R\&B > 5\%$

L'ESECUTORE dovrà eseguire le prove di verifica delle caratteristiche sopra richieste alla qualificazione e ogni 500 m<sup>3</sup> 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 benestare 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 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):  $R+B > 5\%$

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.

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 Fuso granulometrico per strato di collegamento e tappeto di usura

MISCELA Serie setacci UNI	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:

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	$\geq 10$	$\geq 12$
b) Scorrimento (mm)	UNI EN 12697-34	$\leq 14$	$\leq 13,5$
c) Rigidità (a/b)	UNI EN 12697-34	$> 3,5$	$> 5,0$
d) Vuoti residui (%)	UNI EN 12697-8	$\geq 3$ e $\leq 6$	$\geq 4$ e $\leq 6$
e) Perdita stabilità Marshall (%)		$\leq 25$ 0,6	$\leq 25$ 0,7
f) Prova trazione indiretta (brasiliana) (vedere se mettere)	UNI EN 12697-23		

#### 10.7.4.3.3 "Strato di base"

Nel caso di impiego di bitumi modificati dovranno essere eseguite, per ogni 1.000 m<sup>2</sup> 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/mm<sup>2</sup> (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).

## **12. OPERE A VERDE**

### **12.1. SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE**

La presente sezione del Capitolato 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 a 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 all'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.).

### **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 documentazione e normativa di riferimento.

### **12.2.1. 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 latitante 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. 10 agosto 2012, n. 161 - Regolamento recante la disciplina dell'utilizzazione delle terre e rocce da scavo.
- 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

#### **12.2.2. 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.

#### **12.2.3. DOCUMENTAZIONE TECNICA**

- Capitolato Speciale d'Appalto tipo per lavori stradali -Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti;
- 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 SICS MA IFS 001 B - parte II - Sezione 1 “Ambiente” (RFI DTC SICS AM MA IFS 001 A): capitolo 1.6 “Progettazione di Opere a verde” e Sezione 3 “Corpo Stradale” (RFI DTC SICS CS MA IFS 001 A): 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 SICS SP IFS 001 B) – Parte II – Sezione 5 “Opere in Terra e scavi” (RFI DTC SICS CS SP IFS 004 A).

Il presente documento dovrà inoltre correlarsi con:

- il progetto definitivo;
- 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.

### **12.3. 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 interrate 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.

## **12.4. 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

## **12.5. 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 alle 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 e, infine, dalla scarsa diligenza posta nel sorvegliare gli operai;
- ☐ procedere in modo da impedire scoscendimenti 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., D.M. 161/2012, D.L. 69/2013, L.98/2013, 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 a 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.

## **12.6. 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 (passaggiunico)
- 5.b Idrosemina a spessore (duepassaggi)
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 conpiloti
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 rinverdita
- 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 rinverdita
- 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”;
- 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”.

**12.7. 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.

### **12.7.1. 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.

## **12.8. 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.

### **12.8.1. 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.).

#### **12.8.1.1. 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.

#### **12.8.1.2. 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.

#### **12.8.1.3. 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.

#### **12.8.1.4. 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.

#### **12.8.1.5. 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.

#### **12.8.1.6. 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.

#### **12.8.1.7.      *Concimi***

I concimi minerali, semplici e complessi, usati per le 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.

#### **12.8.1.8.      *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.

#### **12.8.1.9.      *Fitofarmaci***

Tutti i fitofarmaci (es. anticrittogamici, insetticidi, diserbanti, antitraspiranti) 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.

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.

#### **12.8.1.10.    *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 spennella mento 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.

#### **12.8.1.11.     *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.

#### **12.8.1.12.     *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.

#### **12.8.2. 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 e 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.

#### **12.8.2.1. 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.

#### **12.8.2.2. 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.

#### **12.8.2.3. 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.

#### **12.8.2.4. 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.

#### **12.8.2.5. 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.

#### **12.8.2.6. 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.

### **12.9. 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.

### **12.10. 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.

#### **12.10.1. 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.

È 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 di 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.

### **12.10.2. 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).

È 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 definiti d'intesa con la D.L.

#### **12.10.3. 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 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.

#### **12.10.4. 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.

#### **12.10.4.1.     *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.

#### **12.10.4.2.     *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.

#### **12.10.4.3.     *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.

#### **12.10.4.4. 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'erpatura fino al completo sminuzzamento ed estrazione completa delle erbacce e alla raggiunta idoneità della superficie.

#### **12.10.4.5. 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.

#### **12.10.5. 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.

#### **12.10.6. 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.

### **12.10.7. 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 interesse 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.

### **12.10.8. 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 e arbusti (pronto effetto) e a 0,50 x 0,50 x 0,50 m per alberi e 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 circostante, recuperando lo strato superficiale di terreno per il riempimento delle buche stesse, in accordo con la D.L.

### **12.10.9. 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.

#### **12.10.10. 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.

#### **12.10.11. 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'assestamento 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.

#### **12.10.11.1.    *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.

#### **12.10.11.2.    *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.

#### **12.10.11.3.    *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., *Bromus* 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., *Agropyronrepens*, *Brachypodiumpinnatum*, *Bromus* *inermis*, *Bromuserectus*, *Cynodondactylon*, *Dactyloglomerata*, *Festuca* *rubra*, *Festuca* *arundinacea*, *Loliumitalium*, *Lolium* *perenne*, *Arrhenatherumelatum*, *Agrostis* *stenium*.

LEGUMINOSE: *Medicago* sp. pl., *Onobrychis* *vicifolia*, *Hedysarumcoronarium*, *Lotus* *corniculatus*, *Anthyllisvulneraria*, *Trifolium* sp. pl.

ARBUSTI: *Acer* *campestre*, *Cercis* *siliquastrum*, *Cistus* *salvifolius*, *Corylus* *avellana*, *Cornus* *sanguinea*, *Cornilla* *aemera*, *Crataegus* *monogyna*, *Cytisus* *scoparius*, *Eleagnus* *angustifolia*, *Hippophae* *ramnoides*, *Laburnum* *anagyroides*, *Pistacia* *lentiscus*, *Pistacia* *terrebinthus*, *Prunus* *spinosa*, *Rosa* *canina*, *Spartium* *juncem*, *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 ed 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.

#### **12.10.11.4. 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.

#### **12.10.12.     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 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 pacciame (paglia, foglie secche, segatura, cippatura di ramaglia e di corteccia di conifera, ecc.) od altro analogo materiale precedentemente approvato dalla Direzione Lavori.

#### **12.11.   ULTIMAZIONE D'IMPIANTO E GARANZIA DI ATTECCIMENTO**

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.

#### **12.12. 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.

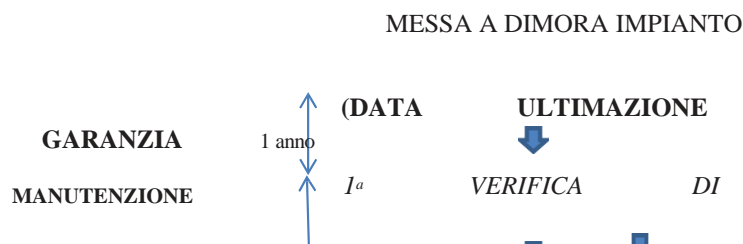
Il piano di manutenzione prevede altresì tempi, modalità e condizioni per l'asportazione di pali tutori, protezioni dei fusti, legacci, teli di pacciamatura, picchetti e di quant'altro non sia più utile alla protezione e difesa degli impianti al termine dei tre anni di garanzia.

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.





### **12.12.1. 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, 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.

#### **12.12.1.1.     *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.

#### **12.12.1.2.     *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. È 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 sconcature intorno al colletto della pianta. Si avrà cura, durante l'apertura delle sconcature, a non danneggiare il fusto né tantomeno le radici della pianta. Ad avvenuto assorbimento dell'acqua le sconcature dovranno essere ricolmate con la terra precedentemente scavata.

#### **12.12.1.3.      *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. È 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.

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.

#### **12.12.1.4.      *Sfalcio, diserbi e sarchiature***

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 funzione 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.

#### **12.12.1.5.     *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.

### **12.13. 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;
4. 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

## **13. PALI PER ILLUMINAZIONE STRADALE**

### **13.1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

I pali per illuminazione pubblica devono essere progettati, realizzati e installati in conformità con:

- UNI EN 40-2, 40-3-1, 40-3-3, 40-5: requisiti generali, carichi, verifica e specifiche per pali in acciaio
- CEI 64-8 e CEI 64-19: impianti elettrici per illuminazione esterna
- UNI EN ISO 1461: zincatura a caldo
- DM 28 marzo 2018: criteri ambientali minimi (CAM)
- UNI 11479:2020: controlli e manutenzione dei pali

### **13.2. TIPOLOGIE E MATERIALI**

I pali devono essere:

- in acciaio zincato a caldo, con eventuale verniciatura protettiva (classe C3-C4 secondo ISO 12944)

- Conici o tronco-conici, a sezione circolare o poligonale
- Monoblocco o a innesto, con altezza nominale da 4 a 12 metri (fino a 18 m per pali con sbraccio)

Ogni palo deve essere dotato di:

- Portello di ispezione con serratura
- Piastra base per ancoraggio su plinto prefabbricato o gettato in opera
- Predisposizione per messa a terra

### **13.3. Requisiti meccanici**

Secondo la UNI EN 40-3-1, i pali devono essere progettati per resistere a:

- Carichi da vento (zona e classe di esposizione)
- Peso dell'apparecchio illuminante e del braccio
- Eventuali carichi accidentali (vibrazioni, urti)

La verifica strutturale deve essere eseguita secondo la UNI EN 40-3-3, con classificazione per:

- Classe di resistenza al vento
- Classe di sicurezza strutturale

### **13.4. Requisiti elettrici**

Gli impianti devono rispettare:

- Protezione contro i contatti diretti e indiretti
- Collegamento equipotenziale e dispersore di terra
- Cablaggio interno con cavi a doppio isolamento
- Dispositivi di protezione differenziale e magnetotermica

Il vano tecnico deve consentire l'installazione sicura dei dispositivi elettrici e la manutenzione in sicurezza.

### **13.5. Marcatura CE**

Tutti i pali devono essere dotati di marcatura CE, obbligatoria per:

- Pali > 3 m di altezza
- Pali con sbraccio fino a 18 m
- Pali diritti fino a 20 m

La marcatura CE attesta la conformità alla UNI EN 40 e deve essere accompagnata da:

- Dichiarazione di prestazione (DoP)
- Etichetta identificativa con dati del produttore, anno di fabbricazione, classe di carico

### **13.6. Criteri ambientali minimi (CAM)**

In base al DM 28 marzo 2018, i pali devono:

- Essere riciclabili e facilmente disassemblabili
- Avere una vita utile  $\geq 20$  anni
- Essere progettati per minimizzare l'impatto ambientale in fase di produzione, installazione e smaltimento.

## **14. BARRIERE STRADALI**

### **14.1. Normativa di riferimento**

Le barriere stradali devono essere progettate, omologate e installate in conformità con:

- D.M. 223/1992 – Criteri per la progettazione e l'impiego dei dispositivi di ritenuta
- D.M. 2367/2004 – Istruzioni tecniche aggiornate per la progettazione, omologazione e impiego dei dispositivi di ritenuta
- UNI EN 1317 (parti 1–7) – Requisiti prestazionali, metodi di prova e classificazione delle barriere
- Codice della Strada, art. 14 e art. 21 – Obblighi di manutenzione e sicurezza delle infrastrutture
- Circolare MIT n. 62032/2010 – Requisiti per la marcatura CE e validità dei crash test

### **14.2. Classificazione e prestazioni**

Le barriere devono essere classificate secondo la UNI EN 1317-2 in base a:

- Livello di contenimento (es. N2, H1, H2, H4b)
- Indice di severità dell'urto (ASI): deve essere  $\leq 1,0$
- Larghezza operativa (W) e spostamento dinamico (VD)

Ogni barriera deve essere accompagnata da:

- Rapporto di prova (crash test) eseguito in campo prova accreditato ISO/IEC 17025
- Certificato di omologazione ministeriale
- Marcatura CE conforme alla Direttiva 89/106/CEE (oggi Regolamento UE 305/2011)

### **14.3. Tipologie costruttive**

Le barriere possono essere:

- Metalliche (guardrail a doppia onda, tripla onda, profilati tubolari)
- In calcestruzzo prefabbricato (tipo New Jersey)
- Combinazioni acciaio-calcestruzzo (barriere integrate)

Devono essere installate:

- Su fondazioni idonee (plinti, cordoli, ancoraggi)
- Con giunzioni certificate e dispositivi di assorbimento energia, se previsti

#### **14.4. Criteri di impiego**

Secondo il D.M. 223/1992 e il D.M. 2367/2004, le barriere devono essere installate in corrispondenza di:

- Bordi di opere d'arte (ponti, viadotti, sovrappassi)
- Scarpate con pendenza  $\geq 2/3$
- Margini in rilevato con dislivello  $\geq 1$  m
- Spartitraffico centrale su strade a doppia carreggiata
- Zone di confluenza o divergenza (rampe, svincoli)

La lunghezza minima di transizione e di raccordo deve rispettare le indicazioni contenute nelle istruzioni tecniche allegate al D.M. 2367/2004.

#### **14.5. Installazione e manutenzione**

L'installazione deve essere eseguita da personale qualificato, secondo le istruzioni del produttore e le prescrizioni del certificato di omologazione. Devono essere garantiti:

- Allineamento e altezza costante
- Assenza di deformazioni o danneggiamenti
- Controlli periodici visivi e funzionali

Eventuali sostituzioni devono avvenire con componenti identici e omologati, mantenendo la continuità prestazionale del sistema.

### **15. PARAPETTI STRADALI DI SICUREZZA**

#### **15.1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

I parapetti stradali, intesi come dispositivi di ritenuta per la protezione dei veicoli e degli utenti della strada, devono essere conformi a:

- Codice della Strada, art. 14 (manutenzione e sicurezza delle strade) e art. 21 (occupazione e modifiche della sede stradale)
- D.M. 223/1992 – Criteri per la progettazione e l'impiego dei dispositivi di ritenuta
- D.M. 2367/2004 – Istruzioni tecniche aggiornate per l'omologazione e l'installazione
- UNI EN 1317-1/2/5 – Classificazione, prove di crash test, marcatura CE
- Regolamento (UE) 305/2011 – Obblighi di marcatura CE per prodotti da costruzione

#### **15.2. CLASSIFICAZIONE E PRESTAZIONI**

I parapetti devono essere classificati secondo la UNI EN 1317-2 in base a:

- Livello di contenimento: N2, H1, H2, H4b (in funzione della tipologia di strada e rischio)
- Indice di severità dell'urto (ASI): deve essere  $\leq 1,0$
- Larghezza operativa (W) e spostamento dinamico (VD): determinati da prove di crash test

Ogni sistema deve essere:



- Omologato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
- Accompagnato da marcatura CE e Dichiarazione di Prestazione (DoP)

### **15.3. TIPOLOGIE COSTRUTTIVE**

Secondo il Codice della Strada (D.Lgs. 285/1992) e il relativo Regolamento di esecuzione (D.P.R. 495/1992), nonché le norme tecniche di riferimento (come la UNI EN 1317), le tipologie costruttive dei parapetti si distinguono in:

- barriere metalliche,
- in calcestruzzo,
- in sistemi misti,

ciascuna con caratteristiche specifiche di resistenza, deformabilità e capacità di assorbimento dell'urto.

La norma UNI EN 1317 definisce le classi prestazionali dei dispositivi in base a criteri come il livello di contenimento, la larghezza operativa e la severità dell'urto. La scelta del tipo di parapetto da installare dipende da diversi fattori, tra cui la categoria della strada, la velocità di progetto, il traffico previsto e la conformazione del tracciato, garantendo in ogni caso la sicurezza passiva dei veicoli e degli occupanti.

### **15.4. MANUTENZIONE E CONTROLLI**

I parapetti metallici devono essere sottoposti a un piano di manutenzione programmata, in conformità con le indicazioni del produttore e le linee guida del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti. Le attività previste includono:

- Ispezioni visive periodiche (almeno annuali) per verificare:
  - Integrità strutturale (assenza di deformazioni, corrosione, bulloneria allentata)
  - Continuità del sistema (assenza di interruzioni o elementi mancanti)
  - Stato dei dispositivi terminali e di transizione
- Interventi correttivi:
  - Sostituzione di elementi danneggiati con componenti identici e omologati
  - Ripristino della zincatura o della verniciatura protettiva, se compromessa
  - Verifica e ripristino degli ancoraggi e delle fondazioni
- Documentazione:
  - Ogni intervento deve essere registrato in un registro di manutenzione
  - Le ispezioni devono essere eseguite da personale qualificato e documentate con relazioni tecniche e fotografiche

### **15.5. COMPATIBILITÀ AMBIENTALE E SICUREZZA**

I parapetti devono essere progettati e installati in modo da:

- Non costituire pericolo per i motociclisti: ove previsto, devono essere integrati con dispositivi salva-motociclista (DSM) conformi alla UNI EN 1317-8.

- Essere compatibili con l'ambiente circostante, evitando impatti visivi eccessivi in contesti paesaggistici sensibili.
- Garantire la sicurezza degli utenti vulnerabili (pedoni, ciclisti) nei tratti urbani, mediante parapetti a maglia chiusa o con altezza maggiorata.

## **16. SEGNALETICA STRADALE VERTICALE**

### **16.1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

- Codice della Strada, art. 38: definisce la segnaletica verticale come uno dei quattro gruppi ufficiali di segnaletica stradale, stabilendone obblighi, priorità e criteri di collocazione;
- UNI EN 12899-1: norma armonizzata per la progettazione, produzione e marcatura CE della segnaletica verticale permanente.
- DM 10 luglio 2002: regolamento tecnico per la segnaletica stradale.

### **16.2. REQUISITI TECNICI**

- Materiali: alluminio, acciaio zincato o materiali compositi, resistenti alla corrosione e agli agenti atmosferici.
- Pellicole rifrangenti: classe 1 (ingegneristica), classe 2 (alta intensità), classe 3 (prismatica), conformi alla UNI EN 12899-1.
- Marcatura CE: obbligatoria per tutti i segnali permanenti, con indicazione della classe di prestazione (rifrangenza, resistenza al vento, durata).
- Supporti: pali in acciaio zincato o alluminio, con fondazioni in plinto prefabbricato o gettato in opera.

### **16.3. INSTALLAZIONE**

- Altezza minima dal suolo: 2,20 m in ambito urbano, 1,50 m in ambito extraurbano.
- Distanza dalla carreggiata:  $\geq 0,50$  m (urbano),  $\geq 1,00$  m (extraurbano).
- Orientamento: perpendicolare al senso di marcia, visibilità  $\geq 100$  m.
- Manutenzione: i segnali devono essere mantenuti in perfetta efficienza e sostituiti in caso di danneggiamento o perdita di efficacia rifrangente.

## **17. SEGNALETICA STRADALE ORIZZONTALE**

### **17.1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

- Codice della Strada, art. 38: definisce la segnaletica orizzontale come parte integrante della regolamentazione della circolazione, con valore legale vincolante;
- UNI EN 1436: norma tecnica che specifica i requisiti prestazionali della segnaletica orizzontale (visibilità, resistenza, rifrangenza)
- DM 10 luglio 2002: regolamento tecnico per la segnaletica orizzontale.

## **17.2. REQUISITI TECNICI**

- Materiali: vernici a base solvente, idrosolubili, termoplastiche o bicomponenti, con caratteristiche antiscivolo e rifrangenti.

Prestazioni minime:

- RL (rifrangenza a secco)  $\geq 100$  mcd/lux/m<sup>2</sup>
- Qd (visibilità diurna)  $\geq 130$  mcd/lux/m<sup>2</sup>
- SRT (aderenza)  $\geq 45$
- Durabilità: almeno 1 anno in condizioni di traffico medio
- Colori: bianco, giallo, azzurro, rosso, conformi al significato previsto dal Regolamento di attuazione del CdS.

## **17.3. APPLICAZIONE**

- Tracciatura: mediante macchina traccialinee automatica o manuale.
- Spessori:  $\geq 1,5$  mm per vernici,  $\geq 3$  mm per termoplastiche.
- Pulizia del fondo: obbligatoria prima dell'applicazione.
- Condizioni ambientali: temperatura  $\geq 10$  °C, assenza di pioggia e umidità eccessiva.

## **18. ARMAMENTO**

### **18.1. Descrizione interventi armamento**

Il progetto definitivo prevede la rimozione temporanea di un tratto di binari sulla linea ferroviaria a doppio binario "Saronno – Como" al PL Km 31+267 di via Alla Fonte, nel comune di Lomazzo. Il nuovo sottopasso collegherà via Como alla SP30 con una rotatoria in direzione sud, in corrispondenza dello stabilimento Spumador, ed una seconda rotatoria in direzione nord che collega l'attuale SP30 all'asse stradale principale del sottopasso di nuova realizzazione.

Per realizzare il nuovo sottopasso saranno demoliti i tratti di binari pari e dispari sovrastanti; la rimozione risulta necessaria per l'esecuzione dei pali di grande diametro ( $\varnothing 1,20$ m). L'interruzione dell'esercizio ferroviario, per permettere l'esecuzione dei pali, avrà durata pari a quattordici giorni consecutivi.

Successivamente verrà installato il Ponte Bologna, per permettere la ripresa del servizio ferroviario.

A fine lavori si prevede di ripristinare la tratta con nuovi binari posati su ballast con scartamento di 1435 mm, con rotaie di acciaio qualità R260, profilo 60E1, rispondenti all'Allegato A della norma EN 13674 - 1:2011 ed alla Specifica Tecnica RFI TCAR SP AR 02 001 A, e traverse in C.A.V.P. da m 2,30 con attacco Vossloh W14, scartamento 1435 mm, sezione della massicciata di tipo A, e G.I.I. prefabbricati in stabilimento.

Il pietrisco di tipo tenace con granulometria 31-51 sarà rispondente al dettato della Specifica Tecnica RFI DINIC SF AR 04 001 A "Pietrisco per Massicciata Ferroviaria".

## **18.2. Normative di riferimento**

- Lettera circolare F.S. n. 51 del 25 maggio 1956 n. L. 5/1S.55/2/20528: Nuova distribuzione degli appoggi nei binari ed unificazione di tipi di posa;
- Circolare F.S. n. 19 del 5 marzo 1959 n. L. C/5/2/20528: Regolarizzazione dello spartito delle traverse nei lavori all'armamento;
- Circolare n. 287 del 9 maggio 1978 n. L. 4.24/114072: Precauzioni durante la stagione estiva. Prescrizioni di esecuzione dei lavori d'armamento in rapporto alle temperature e relativa Appendice n. 1 del 25/7/1979 n. L. 4.24/126804;
- Istruzione F.S. n. 60/c del 10 luglio 1968 n. L.SA. 12/125268/334: Armamento dei binari – Cassette per la manovra a mano degli scambi e relativa Appendice n. 1 del 31/1/1970 n. L.SA. 12/103238/442;
- Istruzione F.S. n. 60/E del 28 febbraio 1969 n. L.SA. 12/109317: Armamento dei binari – Dispositivi d'immobilizzazione degli aghi degli scambi;
- Istruzione F.S. n. 60/G dell'8 settembre 1969 n. L.SA. 12/131065: Armamento dei binari – Dispositivo d'immobilizzazione di emergenza degli aghi degli scambi;
- Circolare F.S. n. 30 del 2 maggio 1958 n. L.C. 5.1/29138: Armamento tipo 60 UNI e suo impiego;
- Circolare F.S. n. 114 del 19 dicembre 1959 n. L.C. 5.2/1/124404: Lavori all'armamento;
- Istruzione F.S. n. 60/a del 15 maggio 1963 n. L.SA. 47115: Armamento dei binari – Dispositivi per giunzioni provvisorie;
- Istruzione n. 1-6.0 – S.SE/A.01/1309 del 3.10.1988: Scambi su traversoni in c.a.p.;
- Appendice n. 1 alla istruzione n. 1 "Scambi su traversoni in c.a.p." S.SE/A-002037 del 19/7/1989;
- Istruzione TC.C/A/011131-008-63 del 4/2/1992: Istruzione tecnica per le giunzioni incollate di rotaie e per gli incollaggi dei cuori monoblocco in acciaio fuso al Mn per deviatori – Fabbricazione – Posa in opera e connessi provvedimenti per il binario;
- Circolare TC.C/S/91/001673 – 87270000 del 16/4/1991: Standardizzazione materiali d'armamento;
- Disegno F.S. n. 9373 relativo alla traversa UB c.a.p. tipo 60E;
- Disegno F.S. n. 9194 relativo all'ancoraggio in ghisa sferoidale marca AP6;
- Disegno F.S. n. 8286 relativo a doppio attacco elastico;
- Disegno PANDROL Ltd 3739/1/c relativo al fermaglio E2039;
- Disegno F.S. n. 9140 relativo alla piastrina isolante marca PIP 63;
- Disegno F.S. n. 9139 relativo alle piastre sottorotaia marca PGS 13;
- Disegno F.S. n. 9283 relativo alle piastre sottorotaia marca PGS 20;
- Disegno F.S. n. 9281 relativo alle piastre sottorotaia marca PGS 19;
- Disegno F.S. n. 9278 relativo all'ancoraggio in ghisa sferoidale marca AP7;
- Disegno PANDROL 1370 relativo al fermaglio PR401 A;
- Disegno F.S. n. 9279 relativo alla piastra di acciaio marca 60S1;

- Disegno F.S. n. 9280 relativo alla piastrina isolante marca PIP 64;
- Disegno F.S. n. 8690 relativo a chiavardini marca CK1;
- Disegno DB LOTKU 184 relativo a ramponi VOSSLOH marca MUSKL3;
- Disciplinare tecnico per la progettazione e la fornitura in opera di armamento di tipo innovativo (divisione tecnologia e sviluppo di sistema 10/12/1991);
- Lettera circolare I/SC.AM.04/1984/02854 del 17 marzo 1996 alla circolare TC.C/S/91/001673 – 8727 del 16/4/91 “Standardizzazione materiali d’armamento”;
- Istruzione F.S. n. 60/a del 15 maggio 1963 n. L.SA. 47115 “Armamento dei binari – dispositivi per giunzione provvisoria”;
- Circolare L. 4213-338-6.5 del 25/10/86 “Scartamento del binario” e 1° appendice TC.C/A-ES.I/A-63-17 del 22/9/92 alla circolare L. 4213-338-6.5 del 25/10/1986;
- Istruzione n. 62 b dell’11/5/73 “Armamento – calibro F.S. 69 per il controllo delle grandezze fondamentali del binario”;
- Istruzione tecnica TC.T/TC.C/ES.I/18/505 del 12.10.92 “Applicazioni di connessioni elettriche alle rotaie e agli apparecchi del binario”;
- Norme tecniche ed. aprile 1993 per la saldatura in opera di rotaie, eseguita con i procedimenti alluminotermico e elettrico a scintillio;
- Circolare n. 1/6.7 – S.SE/A.03/418 del 10.6.88 “Abilitazione per l’esecuzione di saldature alluminotermiche delle rotaie per il personale dipendente da imprese appaltatrici”;
- Circolare P.MI/U.04/1/6.5 del 2 luglio 88 “Saldatura elettrica a scintillio delle rotaie mediante l’impiego della macchina semovente”;
- Specifica tecnica S.OC/A.W/R.S ed. 1/1991 per forniture di lunghe barre di rotaie composte mediante saldatura elettrica;
- Specifica tecnica S.OC/A.W/R ed. 1/91 per forniture di rotaie e barre per aghi di acciaio per linee ferroviarie;
- Istruzione TC.C/A/011131-008-53 del 4/2/92 “Istruzione tecnica per le giunzioni incollate di rotaie e per gli incollaggi dai cuori monoblocco in acciaio fuso al mn per deviatori – fabbricazione – posa in opera e connessi provvedimenti per il binario”;
- Disegno F.S. n. 9711 scambio semplice dx e sx S60 UNI/1200/0,074. Tale disegno si riferisce a scambi con cuore a punta fissa;
- Condizioni tecniche per la fornitura di scambi del tipo 60 UNI con cuori monoblocco di acciaio fuso al Mn – edizione aprile 1982;
- Specifiche tecniche I.IN/SC.AM-II-D-6 ed. settembre 1994 per la fornitura di cuori monoblocco in acciaio fuso al manganese;
- Prescrizione tecnica S.SE/A.02 II – D – 5b – edizione aprile 1989 per la fabbricazione e per il collaudo di aghi grezzi per armamento tipo 60 UNI composti da barra forgiata (o stampata) a caldo saldata alla rotaia (per scambi 170/0,12; 250/0,12; 400/0,074; 400/0,094; 1200/0,040; 1200/0,055 e scambi intersezione 170/0,12; sp. e dp.);
- Specifiche di fornitura per traverse di legno, legnami per scambi e legnami per ponti – ed. settembre 95;
- Immobilizzatori d’ago universali DI TCAR SF AR 06 001 A;

- Circolare n. 91-6.8 del 11 maggio 1966 libretto modello L. 94 per il controllo degli apparecchi di binario in opera;
- Disegno F.S. n. 9020 immobilizzatore d'ago universale I.A. 60 U3;
- Disegno F.S. n. 9592 immobilizzatore punta mobile I.P.M. 60U – 1;
- Disegno F.S. n. 9599 immobilizzatore punta mobile;
- Istruzione 60 f – L.SA 11/111613 del 25 marzo 1969 “Armamento dei binari – rosette elastiche”;
- Circolare L. 41.344.5.9 n. 120859 del 28/9/87 “Sicurezza del binario nei confronti dello svio – valore limite dello sghebo del binario”;
- Circolare L. 41-343-7.1 del 28 aprile 1987 “Velocità massima d’orario” e Dispaccio di servizio FS 00619 del 1/7/88 (appendice alla circolare L. 41-343-7.1 del 28 aprile 1987);
- Circolare n. 287/6.5 del 9 maggio 1978 n. L. 4.24/114072 “Precauzioni durante la stagione estiva. Prescrizioni di esecuzione dei lavori d’armamento in rapporto alle temperature” e appendice n. 1 del 25/7/79 n. L. 4.24/126804 alla circolare n. 287/6.5 del 9 maggio 1978 n. L. 4.24/114072;
- Circolare n. 63 L. 5/2/59629 del 27 giugno 1959 “Esecuzione dei lavori di manutenzione in corrispondenza dei binari con rotaie di lunghezze normali e con lunghe rotaie saldate (I.r.s.) – Prescrizioni in sicurezza in rapporto alla temperatura ambiente della rotaia”;
- Specifica tecnica per la fornitura di fermaglio elastico marca E1/2039 per traverse tipo FS V 35 P II-.M-11 (Ed. Dic. 1998);
- Specifica tecnica per la fornitura di cuscinetti elastici per deviatori 60 UIC.II.D.4E (ed. Gen. 1999);
- Cuscinetti elastici autolubrificanti DI/T/009/161 (ed. Gen. 1999);
- Specifica tecnica per la fornitura di chiodi completi di collare e rosetta piana, a bloccaggio irreversibile, per il montaggio di giunti isolanti incollati II-M-22 (ed. Feb. 1999);
- Specifiche tecniche per la fornitura di paraurti ad azione frenante (DI TCAR SF AR 01 001A – ed. Luglio 1999);
- Specifiche tecniche per la fornitura di piastre per controrotaie UIC 33 per deviatori ferroviari armamento 60 UIC;
- Specifica tecnica RFI: Linee guida per la realizzazione e manutenzione dei binari su base assoluta con tracciati riferiti a punti fissi in coordinate topografiche (RFI TCAR ST AR 01 002A - ed. dicembre 2001);
- Norme tecniche per la saldatura in opera di rotaie eseguita con i procedimenti alluminotermico e scintillio RFI TCAR ST AR 07 001 A;
- Procedura Operativa Subdirezionale RFI: Criteri per la valutazione tecnica del materiale d’armamento tolto d’opera e classificabile come “usato servibile” (RFI DMA PS IFS 002 B).

Nel caso in cui due o più elaborati di riferimento trattino lo stesso argomento, verrà preso in considerazione l’elaborato emesso alla data più recente.

Inoltre, dovranno essere prese a riferimento e rispettati i contenuti di tutte le circolari, disposizioni, specifiche tecniche / specifiche di prodotto / fornitura RFI, anche se non espressamente elencate, per dare completamente realizzato l’intervento a regola d’arte.

### **18.3. Tipologia dei materiali da impiegare**

L'armamento sarà di tipo tradizionale su ballast con scartamento di 1435 mm, con rotaie di acciaio qualità R260, profilo 60E1, rispondenti all'Allegato A della norma EN 13674-1:2011 ed alla Specifica Tecnica RFI TCAR SP AR 02 001 A, e traverse in C.A.V.P. da m 2,30 con attacco Vossloh W14, scartamento 1435 mm, sezione della massicciata di tipo A, e G.I.I. prefabbricati in stabilimento.

Il pietrisco di tipo tenace con granulometria 31-51 sarà rispondente al dettato della Specifica Tecnica RFI DINIC SF AR 04 001 A "Pietrisco per Massicciata Ferroviaria".

Le traverse saranno del tipo RFI 230 con attacco Vossloh W14, scartamento 1435 mm e rispondenti alla Specifica Tecnica di Prodotto RFI TCAR SP AR 03 002 C e traverse cave in corrispondenza degli attraversamenti cavi per gli enti ferroviari.

### **18.4. Caratteristiche dei materiali da impiegare**

#### **18.4.1. Rotaie**

L'armamento sarà costituito da rotaie di qualità R260 e profilo 60E1 rispondenti all'Allegato A della norma EN 13674-1:2011 ed alla Specifica Tecnica di Prodotto RFI TCAR SP AR 02 001 A ed eventuali successive.

Le rotaie, fornite in barre di lunghezza commerciale (36 m), scevre da saldature, saranno saldate a formare la lunga rotaia saldata (L.R.S.), mediante saldature con procedimento alluminotermico.

Per quanto concerne le regolazioni termiche, i G.I.I. e le eventuali serraglie di cui si rendesse necessario l'inserimento, sono previste saldature con procedimento alluminotermico.

La posa delle rotaie avverrà con giunzioni sfalsate a 12 m.

#### **18.4.2. Traverse linea 230 V**

Saranno impiegate traverse in C.A.V.P. tipo RFI 230 V con attacco Vossloh, rispondenti alla Specifica Tecnica di Prodotto RFI TCAR SP AR 03 002 C ed eventuali modifiche / integrazioni, posate con modulo 6/10, le cui principali caratteristiche sono:

- Lunghezza mm 2300;
- altezza della sezione sottorotaia mm 182;
- peso traversa (compreso organi attacco di 1° e 2° livello) Kg 248.

#### **18.4.3. Traverse speciali per Giunzioni Isolanti Incollate 2V G**

In corrispondenza delle Giunzioni Isolanti Incollate, per il sostegno delle stesse, dovranno essere installate traverse speciali per giunzioni isolanti in C.A.V.P. tipo RFI 230 2V G, rispondenti alla Specifica RFI DTC STS A 0011 P 2014 2031 ed eventuali modifiche / integrazioni, le cui caratteristiche salienti sono:

- Lunghezza mm 2300;
- altezza della sezione sottorotaia mm 182;

- peso traversa (compreso organi attacco di 1° e 2° livello) Kg 347.

#### **18.4.4. Traverse speciali passacavi 230 GII**

Per l'alloggiamento di tutti i cavi destinati all'impiantistica di segnalamento dovrà essere inoltre previsto l'utilizzo, in corrispondenza delle Giunzioni Isolanti Incollate, di traverse speciali passacavi in C.A.V.P. tipo RFI 230 GII, rispondenti alla Specifica RFI STF RFI TCAR SF AR 03 002 E, autorizzate all'uso con lettera DTC STS A 0011 P 2014 0000235 ed eventuali modifiche / integrazioni, le cui caratteristiche salienti sono:

- Lunghezza mm 2300;
- altezza della sezione sottorotaia mm 220;
- peso traversa (compreso organi attacco di 1° e 2° livello) Kg 369.

#### **18.4.5. Ballast e piattaforma**

Il ballast costituente la massicciata dovrà essere di tipo tenace con granulometria 31-51 corrispondente alla prima categoria e rispondente alla Specifica RFI DINIC SF AR 04 001 A "Pietrisco per massicciata ferroviaria".

Lo spessore della massicciata, da misurarsi in corrispondenza della rotaia più vicina al piano di regolamento, al di sotto del piano inferiore della traversa, non dovrà essere inferiore a 35 cm.

Analogamente l'unghiatura dovrà rispettare i requisiti necessari per la formazione della LRS.

Laddove si rendesse necessario ricostituire il piano di piattaforma, o in presenza di inquinamenti localizzati, al di sotto dello spessore di 35 cm, misurato dal piano inferiore delle traverse ricambiate, verrà steso uno strato ben livellato e costipato dello spessore di 10 cm formato da detrito con adeguata granulometria come sub-ballast.

Il pietrisco dovrà essere preventivamente lavato per rimuovere eventuale pulviscolo e dovrà essere privo di sostanze che siano ritenute pericolose per l'ambiente e nocive per la salute dei lavoratori.

#### **18.4.6. Giunti isolanti incollati**

Gli spezzoni da impiegarsi per la realizzazione delle G.I.I. dovranno essere di qualità R260 profilo 60E1 e lunghezza non inferiore a 3,00 m ciascuno. Gli stessi saranno accoppiati di testa tra loro, mediante incollaggio, ad ottenere una lunghezza complessiva della G.I.I. pari a 6,00 m, secondo quanto previsto dalla Specifica RFI TCAR SF AR 07 002 B ed eventuali modifiche / integrazioni.

Gli attacchi dei G.I.I. dovranno essere dotati di dispositivi di serraggio anti-svitamento tipo Tracksure o chiodato in luogo degli elementi tradizionali.

#### **18.4.7. Canalette e cunicoli porta cavi prefabbricati**

Poiché le canalette porta cavi collocate a raso, lateralmente al binario di linea, potrebbero in alcuni casi interferire con l'attività di risanamento della massicciata, saranno spostate e ricollocate nella loro posizione, non interferente con il piede della massicciata ferroviaria, al termine dei lavori di livellamento del binario a cura e spese dell'Appaltatore.



Dovranno essere sostituiti con coperchi e canalette di nuova fornitura, gli elementi che dovessero a qualsiasi titolo risultare danneggiati.

## **18.5. Modalità esecutive**

### **18.5.1. Attività previste**

Tutti i lavori previsti nel progetto sono articolati in differenti attività, atte a garantirne la perfetta esecuzione nel rispetto delle vigenti normative ed entro i limiti delle tolleranze ammesse.

Le principali attività riguardano:

- Adeguamento altimetrico;
- formazione della massicciata nella prevista sezione e corretto posizionamento plano-altimetrico del binario, mediante livellamento con macchine rinalzatrici pesanti agenti a vibro compressione;
- posa di traverse e rotaie;
- saldatura con i prescritti procedimenti delle rotaie;
- inserimento secondo normativa delle G.I.I.;
- regolazione delle tensioni interne delle rotaie;
- lavori accessori e di completamento.

Per l'effettuazione di tutti lavori oggetto del progetto, siano essi di demolizione che di costruzione, dovranno essere utilizzati idonei macchinari.

Le modalità esecutive sopra descritte sono focalizzate ad ottenere la realizzazione di una sovrastruttura rispondente ai migliori standard ottenibili riguardo a caratteristiche geometriche e stabilità, così da ridurre ai minimi termini l'incidenza di interruzione del servizio, derivante dalla necessità di interventi di ripristino delle originarie condizioni geometriche.

## **18.6. Gestione dei materiali provenienti dagli interventi di armamento**

Gli interventi all'armamento ferroviario, come già precedentemente illustrati, comportano lo smaltimento oppure il recupero dei materiali costituenti la sovrastruttura ferroviaria, come da indicazioni riportate nella specifica relazione di gestione delle materie di risulta.

### **18.6.1. Pietrisco**

Per quanto riguarda il pietrisco, per la valutazione relativa alla gestione del materiale sono stati presi in considerazione i seguenti riferimenti normativi:

- Decreto legislativo 152/2006 e smi;
- DPR 120/2017;
- Legge 98/2013;
- Pronuncia di compatibilità ambientale, D.d.u.o. 5/10/2012 n. 8776, con particolare riferimento al punto 3.

**18.6.2. Rotaie e materiale metallico minuto**

Rotaie lavorate, rotaie e materiale minuto non riutilizzabili, dovranno essere recuperati e depositati in apposite cataste/cumuli su aree indicate dalle FERROVIENORD.

**18.6.3. Traverse in C.A.P. e legno**

Le traverse in C.A.P. e le traverse ed i traversoni in legno dovranno essere allontanati dai cantieri a cura dell'Appaltatore e conferiti a idonei impianti di smaltimento.

**18.7. Prescrizioni**

Per l'effettuazione di tutti i lavori e le forniture richieste, nonché per i riferimenti relativi a termica e geometria nelle opere del presente progetto, si farà riferimento esclusivamente alle prescrizioni contenute nella tariffa AM, o in assenza alle specifiche disposizioni e circolari RFI.

La documentazione sopra citata è da ritenersi valida anche come specifica tecnica relativa ai materiali da utilizzarsi.

**19. PONTI FERROVIARI PROVVISORI AUTOPORTANTI****19.1. Normativa e specifiche tecniche di riferimento**

Tutte le fasi di progettazione, realizzazione, collaudo e gestione del ponte ferroviario provvisorio devono essere conformi alla normativa vigente, con particolare riferimento alle prescrizioni tecniche di Rete Ferroviaria Italiana (RFI) e agli standard europei armonizzati. Di seguito sono elencate le principali normative da rispettare:

**19.1.1. Normativa RFI**

- RFI DTC INC PO SP IFS 001 A – Specifica tecnica per la progettazione e verifica delle opere civili sotto binario, comprese le strutture provvisorie.
- Capitolato Tecnico RFI – Parte II, Sezione 12 – Prescrizioni per ponti, viadotti, sottovia e cavalcavia.
- Norme RFI TCAR SF AR 03 – Requisiti per parapetti ferroviari e dispositivi di sicurezza.
- Sistema di Qualificazione SQ011 – Requisiti per fornitori di strutture metalliche ferroviarie.

**19.1.2. Normativa tecnica nazionale**

- Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018) – Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018, per la progettazione strutturale in zona sismica e non.
- Circolare esplicativa n. 7/2019 – Applicazione delle NTC 2018.

**19.1.3. Normativa europea (Eurocodici)**

- EN 1990 – Principi generali di progettazione strutturale

- EN 1991 – Azioni sulle strutture (carichi permanenti, variabili, vento, neve, traffico ferroviario)
- EN 1993 – Progettazione delle strutture in acciaio
- EN 1997 – Progettazione geotecnica
- EN 1998 – Progettazione in zona sismica

#### **19.1.4. Norme sui materiali e componenti**

- EN 10025-2 – Acciai strutturali laminati a caldo
- EN 1090-2 – Esecuzione delle strutture in acciaio
- EN 1337 – Apparecchi di appoggio per ponti
- EN 14399 – Bulloneria strutturale ad alta resistenza
- UNI EN ISO 1461 – Zincatura a caldo
- ISO 12944 – Protezione dalla corrosione mediante verniciatura

#### **19.2. Descrizione dell'intervento**

Come indicato al capitolo precedente, si prevede l'installazione del ponte provvisorio "Bologna", per l'esecuzione dell'opera di sottopasso carrabile. Il ponte installato deve essere di tipo modulare, facilmente trasportabile e montabile in tempi rapidi, anche in condizioni di emergenza o in aree difficilmente accessibili.

Il "Ponte Bologna 25", progettato per sottopassi carrabili, è configurato in esercizio a doppio binario e composto da un numero esiguo di elementi portanti. Presenta una trave centrale a cassone, che regge l'armamento ferroviario, alla quale sono affiancate due travi a cassoncino, atte a dare appoggio in tre punti al cassone centrale. Questa configurazione permette di realizzare il ponte con una luce di calcolo di 21,34 metri e con una luce netta di 17,74 metri, in presenza di una distanza piano del ferro/sotto trave di 85 cm.

Le tre travi poggiano con schema isostatico su due basamenti di acciaio. Per facilitare il montaggio, tutti gli elementi, tranne le due travi laterali a cassoncino, sono ambidestri (l'unica limitazione è data dall'armamento ferroviario nel caso di tracciato in curva).

Il "Ponte Bologna 25", (per sottopassi stradali), permette il transito dei treni alla velocità di 80 km/h, migliorando sensibilmente i tempi di montaggio e smontaggio, adattandosi a differenti tracciati (in curva e in rettilineo) e contenendo il numero dei pezzi, il loro peso e l'altezza dell'impalcato, che si ripercuote sulla quota altimetrica del sottopasso.

#### **19.3. Caratteristiche tecniche dell'opera**

Il ponte provvisorio deve essere compatibile con le geometrie esistenti della linea (binari, massicciata, sagoma limite) e con le condizioni di accessibilità del sito (es. presenza di strade, fiumi, infrastrutture interferenti).

Secondo le specifiche tecniche RFI, un ponte ferroviario provvisorio deve:

- Avere una luce libera variabile (tipicamente da 10 a 40 m per modulo)
- Sostenere carichi ferroviari secondo i modelli "Treni Reali" e HSLM (High Speed Load Model)
- Garantire una velocità di transito fino a 80 km/h per treni passeggeri e 60 km/h per merci

- Essere progettato per una vita utile nominale di almeno 10 anni (anche se l'uso è temporaneo)
- Consentire il transito di treni secondo i profili di carico RFI (es. sagoma limite UIC 505-1)
- Garantire la continuità elettrica e la compatibilità con la linea di contatto (se presente)
- Essere compatibile con i sistemi di segnalamento e sicurezza della linea
- Essere installabile con interferenze minime al traffico ferroviario esistente

### **19.3.1. Tipologia strutturale**

Il ponte ferroviario provvisorio deve essere di tipo modulare metallico, con struttura portante costituita da travi reticolari in acciaio ad alta resistenza, assemblate mediante bullonatura. La configurazione più comune è a travata semplice appoggiata, eventualmente accoppiata in più campate per superare luci maggiori. L'impalcato può essere realizzato con:

- Soletta in lamiera grecata con getto collaborante in calcestruzzo
- Pannelli prefabbricati in calcestruzzo armato o precompresso

#### **19.3.1.1. Dimensioni geometriche**

Le dimensioni variano in funzione del sito e della configurazione ferroviaria, ma devono rispettare:

- Luce libera: da 10 m a 40 m per singola campata
- Larghezza utile:  $\geq 3,50$  m per binario singolo ( $\geq 7,00$  m per doppio binario)
- Altezza libera sotto impalcato: secondo normativa idraulica o stradale
- Sagoma limite: conforme a UIC 505-1 e alle prescrizioni RFI per il profilo di carico

#### **19.3.1.2. Carichi di progetto**

I carichi da considerare sono definiti nella Parte III della specifica RFI e includono:

- Modelli di carico "Treni Reali" (Allegato 1.1)
- Modelli HSLM (High Speed Load Model) per linee AV/AC (Allegato 1.3)
- Carichi dinamici e effetti di risonanza (Allegato 2)
- Azioni termiche, vento, neve, sisma secondo Eurocodici

#### **19.3.1.3. Velocità di esercizio**

La struttura deve garantire:

- Velocità massima: fino a 80 km/h per treni passeggeri
- Velocità ridotta: 60 km/h per treni merci
- In presenza di vincoli strutturali o geometrici, possono essere imposti rallentamenti temporanei, da definire in fase di collaudo.

#### **19.3.1.4. Appoggi e dispositivi**

Gli appoggi devono essere:

- Elastomerici o metallici, ispezionabili e sostituibili
- Progettati per assorbire movimenti longitudinali e trasversali
- Compatibili con le azioni sismiche e con le dilatazioni termiche

#### **19.4. Materiali e componenti**

I ponti sono generalmente realizzati in acciaio ad alta resistenza e zincato a caldo per la protezione dalla corrosione. I componenti sono prefabbricati e modulari, con giunzioni bullonate per facilitare il montaggio. Alcuni produttori offrono sistemi standardizzati con elementi reticolari e impalcati in lamiera grecata o calcestruzzo prefabbricato.

##### **19.4.1. Acciaio strutturale**

I ponti ferroviari provvisori devono essere realizzati principalmente in acciaio strutturale ad alta resistenza, conforme alle seguenti normative:

- EN 10025-2 per acciai laminati a caldo (es. S355JR, S355J2)
- EN 10210 per profili cavi strutturali
- EN 1090-2 per l'esecuzione delle strutture in acciaio

L'acciaio deve garantire:

- Resistenza meccanica adeguata ai carichi ferroviari dinamici
- Duttilità per assorbire sollecitazioni sismiche
- Tenacità anche a basse temperature (prove Charpy a -20 °C)

##### **19.4.2. Trattamenti protettivi**

Tutti i componenti metallici devono essere protetti contro la corrosione mediante:

- Zincatura a caldo secondo UNI EN ISO 1461
- Eventuale ciclo di verniciatura aggiuntivo per ambienti aggressivi (classe C4 o C5 secondo ISO 12944)
- Protezione dei giunti bullonati con grassi anticorrosivi o sigillanti

##### **19.4.3. Bulloneria strutturale**

I collegamenti devono essere realizzati con bulloni ad alta resistenza:

- Classe 8.8 o 10.9 secondo EN 14399
- Conformi alle prescrizioni RFI per giunzioni permanenti
- Serraggio controllato mediante metodo a coppia o tensionamento diretto

##### **19.4.4. Impalcato**

L'impalcato può essere costituito da:

- Lamiere grecate in acciaio zincato con getto collaborante in calcestruzzo (classe C30/37 o superiore)
- Pannelli prefabbricati in calcestruzzo armato vibrato o precompresso
- Sistemi di impermeabilizzazione e finitura superficiale antiscivolo

#### **19.4.5. Appoggi e dispositivi accessori**

Gli appoggi devono essere:

- Elastomerici armati o appoggi a rulli per movimenti longitudinali
- Progettati secondo EN 1337 e dimensionati per le azioni sismiche
- Ispezionabili e sostituibili senza smontaggio dell'impalcato

Accessori obbligatori:

- Parapetti ferroviari conformi a RFI TCAR SF AR 03
- Dispositivi di guida del binario (guard rail, controrotaie)
- Canalette portacavi, se richieste

#### **19.5. Prestazioni richieste**

Devono essere garantite:

- Resistenza meccanica a carichi dinamici e statici
- Stabilità strutturale anche in caso di eventi sismici
- Durabilità in ambienti aggressivi (umidità, gelo, salinità)
- Sicurezza ferroviaria, con dispositivi di guida e contenimento

##### **19.5.1. Resistenza meccanica e stabilità**

Il ponte provvisorio deve garantire la resistenza strutturale a tutte le azioni previste in esercizio, secondo i modelli di carico ferroviario indicati da RFI:

- Treni Reali (Allegato 1.1 della specifica RFI)
- HSLM (High Speed Load Model) per linee AV/AC
- Carichi dinamici e effetti di impatto (Allegato 2)

Le verifiche devono essere eseguite secondo i principi degli Eurocodici strutturali (EN 1990–1999), con combinazioni di carico allo Stato Limite Ultimo (SLU) e Stato Limite di Esercizio (SLE).

##### **19.5.2. Durabilità**

Anche se provvisoria, la struttura deve garantire una vita utile nominale coerente con il periodo di esercizio previsto (tipicamente 2–5 anni), con margini di sicurezza. I materiali devono essere:

- Protetti dalla corrosione (zincatura, verniciatura)
- Manutenibili e ispezionabili
- Conformi alle classi di esposizione ambientale secondo EN 206-1 (per il calcestruzzo) e ISO 12944 (per l'acciaio)

##### **19.5.3. Sicurezza ferroviaria**

Il ponte deve garantire:

- Stabilità del binario e continuità geometrica
- Assenza di deformazioni eccessive sotto carico dinamico (freccia max  $\leq L/1000$ )
- Compatibilità con la sagoma limite e con i dispositivi di sicurezza (guard rail, controrotaie)
- Protezione contro il deragliament, secondo le norme RFI TCAR SF AR 03

#### **19.5.4. Comportamento sismico**

La struttura deve essere verificata per le azioni sismiche secondo:

- NTC 2018 (Norme Tecniche per le Costruzioni)
- Eurocodice 8 (EN 1998) per strutture in acciaio
- Classificazione sismica del sito secondo la zonazione nazionale

Devono essere previsti:

- Appoggi antisismici o dispositivi di dissipazione
- Verifiche di stabilità globale e di resistenza dei collegamenti

#### **19.5.5. Ispezionabilità e accessibilità**

Tutti i componenti devono essere:

- Ispezionabili visivamente senza smontaggi complessi
- Accessibili per operazioni di manutenzione ordinaria
- Dotati di sistemi di identificazione (marcatura CE, codici di tracciabilità)

### **19.6. Aspetti costruttivi**

Il ponte deve essere:

- Montabile in opera, se possibile senza interrompere il traffico ferroviario
- Smontabile e riutilizzabile
- Compatibile con gru mobili o mezzi ferroviari per la posa
- Dotato di sistemi di appoggio regolabili e facilmente ispezionabili

#### **19.6.1. Modalità di posa in opera**

Secondo le prescrizioni RFI per opere civili su linee in esercizio, la posa in opera di un ponte ferroviario provvisorio deve avvenire con tecniche che minimizzino l'interferenza con l'esercizio ferroviario. Le modalità ammesse includono:

- Montaggio a terra e varo con gru o carrelli traslatori (push-launching)
- Montaggio in opera per elementi modulari con giunzioni bullonate
- Utilizzo di mezzi ferroviari speciali per il trasporto e la movimentazione dei moduli

Tutte le operazioni devono essere pianificate in modo da garantire:

- Sicurezza del personale e dell'infrastruttura
- Riduzione dei tempi di interruzione della linea (preferibilmente in regime notturno o in "finestra")
- Coordinamento con il gestore dell'infrastruttura per la gestione delle interferenze

#### **19.6.2. Fasi di montaggio e smontaggio**

Le fasi operative devono essere dettagliate in un Piano di Montaggio e Smontaggio, che includa:

- Cronoprogramma dettagliato
- Sequenza delle operazioni (posa appoggi, assemblaggio travi, varo impalcato, posa binari)
- Verifiche intermedie e collaudi provvisori
- Procedure di emergenza in caso di anomalie

Lo smontaggio deve avvenire in condizioni analoghe, con particolare attenzione alla rimozione controllata dei componenti e al ripristino del sito.

#### **19.6.3. Interferenze con la linea ferroviaria**

Le attività devono essere compatibili con:

- Sagoma limite e profilo di carico
- Linea di contatto (se presente): devono essere previste protezioni o disalimentazioni temporanee
- Segnalamento e telecomunicazioni: ogni interferenza deve essere valutata e mitigata
- Accessi al cantiere: devono essere previsti percorsi separati per mezzi e personale, con protezioni fisiche

#### **19.6.4. Tempi di esecuzione**

I tempi di esecuzione devono essere ottimizzati per:

- Ridurre al minimo le interruzioni del traffico ferroviario
- Consentire il ripristino rapido della funzionalità della linea
- Garantire la sicurezza operativa durante tutte le fasi

### **19.7. Controlli e collaudi**

Sono previste:

- Prove di carico statiche e dinamiche
- Verifiche dimensionali e documentali
- Certificazioni CE dei materiali e componenti

#### **19.7.1. Controlli in officina**

Per i ponti ferroviari provvisori, RFI prevede che il collaudo statico venga eseguito in officina, prima della messa in opera. Questo collaudo comprende:

- Verifica dimensionale dei componenti prefabbricati
- Controllo della bulloneria strutturale (classe, coppia di serraggio, certificazioni)
- Controllo visivo e strumentale delle saldature (es. liquidi penetranti, ultrasuoni)
- Verifica dei trattamenti protettivi (zincatura, verniciatura) secondo UNI EN ISO 1461 e ISO 12944

Tutti i materiali devono essere accompagnati da certificati di origine e conformità CE, in linea con le norme EN 1090-2.

#### **19.7.2. Collaudo statico in opera**

Il collaudo statico in opera è obbligatorio solo se il ponte viene assemblato o modificato in sito. In tal caso, il collaudo deve essere eseguito secondo le modalità previste dalle NTC 2018 e dalle prescrizioni RFI, e comprende:

- Prova di carico statica con convogli ferroviari o carichi equivalenti



- Monitoraggio delle deformazioni (freccia massima ammessa  $\leq L/1000$ )
- Verifica della risposta dinamica (assenza di vibrazioni anomale o risonanze)
- Controllo della continuità del binario e della geometria del tracciato

Il collaudo deve essere documentato con relazione tecnica firmata da tecnico abilitato, da trasmettere a RFI per l'autorizzazione all'esercizio.

### **19.7.3. Controlli durante l'esercizio**

Durante l'intero periodo di utilizzo, il ponte deve essere sottoposto a:

- Ispezioni periodiche visive (mensili o trimestrali, secondo criticità)
- Controlli funzionali su appoggi, giunti, bulloneria
- Verifica dello stato di conservazione dei trattamenti protettivi
- Registrazione delle anomalie e interventi manutentivi

Tutte le attività devono essere annotate nel registro di manutenzione e comunicate al gestore dell'infrastruttura.

## **19.8. Manutenzione e gestione**

### **19.8.1. Piano di manutenzione**

Ogni opera, anche se provvisoria, deve essere accompagnata da un Piano di Manutenzione redatto in fase di progettazione definitiva. Tale piano deve contenere:

- Frequenza e modalità delle ispezioni visive (es. mensili o trimestrali)
- Verifiche funzionali su appoggi, giunti, bulloneria e dispositivi accessori
- Controllo dello stato dei trattamenti protettivi (zincatura, verniciatura)
- Registrazione delle anomalie e delle azioni correttive

Il piano deve essere coerente con le classi d'uso e la vita utile nominale dell'opera, come definite nella Parte II della specifica RFI.

### **19.8.2. Accessibilità per ispezioni**

Tutti i componenti strutturali devono essere:

- Accessibili senza smontaggi complessi
- Dotati di dispositivi di sicurezza per l'accesso (es. parapetti, scale, piattaforme)
- Progettati per consentire ispezioni visive e strumentali anche in esercizio

Le opere devono essere ispezionabili in condizioni di sicurezza per il personale, secondo le Norme di esercizio ferroviario.

### **19.8.3. Durata prevista e condizioni di smontaggio**

La durata di esercizio del ponte provvisorio deve essere definita in fase progettuale. Al termine del periodo previsto, il ponte deve essere:

- Smontato in sicurezza, secondo un piano di smontaggio
- Rimosso senza danneggiare l'infrastruttura ferroviaria

- Il sito deve essere ripristinato secondo le condizioni originarie o secondo quanto previsto dal progetto definitivo