0	08/2013		Venturini	Cacciatori	Venturini
Revisione	Data	Oggetto revisione	Redatto	Verificato	Approvato

REGIONE LIGURIA PROVINCIA DI GENOVA COMUNE DI GENOVA

PROTOCOLLO D'INTESA PER GLI INTERVENTI STRUTTURALI VOLTI ALLA MITIGAZIONE DELL'EMERGENZA IDRAULICA DEL BACINO DEL TORRENTE BISAGNO, ALLA RIDEFINIZIONE URBANISTICA DEL TRATTO TERMINALE ED ALLA RIQUALIFICAZIONE AMBIENTALE DELL'ALVEO E DELLE AREE CIRCOSTANTI

COMUNE DI GENOVA

AREA TECNICA - DIREZIONE MANUTENZIONE INFRASTRUTTURE E VERDE PUBBLICO

Dirigente **Ing. Stefano PINASCO**

PROGETTISTI:

A.T.I.

TECHNITAL S.p.A. (Capogruppo mandataria)
STUDIO MAIONE INGEGNERI ASSOCIATI
SGI STUDIO GALLI INGEGNERIA S.p.A.
ARTELIA GROUP S.A.

RESPONSABILE UNICO PROCEDIMENTO **Ing. Stefano PINASCO**

Staff tecnico

TECHNITAL S.p.A. (Capogruppo mandataria)
Ing. A.Scotti - Ing. S. Venturini
STUDIO MAIONE INGEGNERI ASSOCIATI
Ing. D Cerlini - Ing. M. Ferrari
SGI STUDIO GALLI INGEGNERIA S.p.A.
Ing. A.Galli - Ing. U. Galli
ARTELIA GROUP S.A.
Mr. O. Cazaillet

Intervento/Opera

SCOLMATORE DEL TORRENTE BISAGNO IN COMUNE DI GENOVA
PRIMO LOTTO: REALIZZAZIONE DELLE OPERE PER LA MESSA IN SICUREZZA IDRAULICA DEL TORRENTE FEREGGIANO (E RIVI ROVARE E NOCE)

Elaborato
TECHNITAL S.p.A.

Dott. Ing. Simone Venturini

Oggetto della tavola

DOCUMENTI ECONOMICO AMMINISTRATIVI
Disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi tecnici

Scala

Data
Agosto 2013

Progetto Definitivo	Tavola N° PD1.DD.01

Codice GULP	Codice Commessa Precedente	Revisione
12383	DSU100	0

I DISEGNI E LE INFORMAZIONI IN ESSI CONTENUTE SONO PROPRIETA' ESCLUSIVA DEL COMUNE DI GENOVA E NON POSSONO ESSERE MODIFICATI, RIPRODOTTI, RESI PUBBLICI O UTILIZZATI PER USI DIFFERENTI DA QUELLI PER CUI SONO STATI REDATTI, SALVO AUTORIZZAZIONE SCRITTA.

DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI TECNICI

OPERE CIVILI

I N D I C E

1. OPERE PREVISTE IN PROGETTO 7

2. GALLERIA FEREGGIANO E GALLERIE MINORI 8

2.1. Galleria Fereggiano 8
2.1.1. Sezione tipo A0 14
2.1.2. Sezione tipo A1 15
2.1.3. Sezione B0 16
2.1.4. Sezione tipo B1 18
2.1.5. Sezione tipo B1* 19
2.1.6. Rivestimenti definitivi 21
2.2. Gallerie minori 22
2.2.1. Sezioni tipo delle gallerie a servizio delle opere di presa sul rii Rovare e Noce 23

3. OPERE DI PRESA 26

3.1. Il manufatto di presa ed il pozzo a vortice sul torrente Fereggiano 27
3.1.1. Il manufatto di presa ed il pozzo a vortice 27
3.1.2. Camera di dissipazione 31
3.1.3. Cameretta con scale di accesso 32
3.1.4. Sistemazione dell'alveo e deviazione della fognatura 33
3.2. Il manufatto di presa ed il pozzo a vortice sul Rio Rovare 34
3.2.1. Il manufatto di presa ed il pozzo a vortice 34
3.2.2. Camera di dissipazione 37
3.2.3. Cameretta con scale di accesso 38
3.3. Il manufatto di presa sul Rio Noce 38
3.3.1. Il manufatto di presa 38
3.3.2. Camera di dissipazione 41
3.3.3. Cameretta con scale di accesso 42

4. OPERA DI SBOCCO A MARE 43

4.1. Nuova scogliera di protezione 47
4.2. Nuovo scalo di alaggio 47
4.3. Ripristini e sistemazioni esterne 48

5. CARATTERISTICHE TECNICHE E PRESTAZIONALI DEI MATERIALI IMPIEGATI 49

5.1. Materiali di largo impiego 49
5.1.1. Calcestruzzi 49
5.1.2. Acciaio da armatura 62
5.1.3. Opere metalliche 63
5.1.3.1 I materiali 63
5.1.3.2 Disposizioni generali 69
5.1.3.3 Lavorazioni in officina 70
5.1.3.4 Montaggio di carpenteria 71

5.1.3.5 Trattamenti protettivi di verniciatura 72
5.1.4. Verniciature e tinteggiature 73
5.1.4.1 Generalità 73
5.1.4.2 Materiali 74
5.1.4.3 Modalità esecutive 80
5.2. Opere di sostegno e scavo in sotterraneo. Opere di consolidamento 83
5.2.1. Diaframmi in c.a. 83
5.2.2. Jet Grouting per trattamenti colonnari e per tamponi di fondo 84
5.2.3. Palancolati metallici 88
5.2.4. Micropali per berlinesi 90
5.2.5. Tiranti d'ancoraggio per diaframmi, berlinesi, palancolate metalliche 95
5.3. Cementi armati, pavimentazioni e scogliere 105
5.3.1. Strutture in c.a. 105
5.3.2. Conglomerato bituminoso per strato di base 107
5.3.3. Conglomerati bituminosi binder e di usura 113
5.3.4. Massi per scogliere e protezioni d'alveo 119
5.3.4.1 Qualifica delle cave 119
5.4. Galleria principale Fereggiano, gallerie minori 127
5.4.1. Centine metalliche e reti elettrosaldate 127
5.4.2. Conglomerato cementizio proiettato (spritz-beton) 128
5.4.3. Conglomerato cementizio proiettato fibrorinforzato (spritz-beton) 130
5.4.4. Bulloni d'ancoraggio 131
5.4.5. Drenaggi 131
5.4.5.1 Canalette di raccolta 131
5.4.5.2 Tubi drenanti microfessurati 131
5.4.6. Impermeabilizzazione 133
5.4.6.1 Impermeabilizzazione con guaina in PVC 133
5.4.7. Preconsolidamento del fronte di scavo con elementi in vetroresina (VTR) 135
5.4.8. Iniezioni 137
5.4.9. Infilaggi 139
5.5. Il manufatto di presa ed il pozzo a vortice sul torrente Fereggiano 142
5.5.1. Scavi 142
5.5.2. Demolizioni 146
5.5.3. Opere in conglomerato cementizio 146
5.5.4. Opere di carpenteria metallica 149
5.5.5. Organi di intercettazione idraulica 151
5.5.6. Armature degli scavi con opere permanenti 153
5.5.7. Pozzo a vortice 154
5.5.8. Sistemazione superficiale 155
5.5.9. Sistema di drenaggio 156
5.6. Camera di dissipazione delle acque sul torrente Fereggiano 157
5.6.1. Scavi in sotterraneo 157
5.6.2. Opere in conglomerato cementizio 158
5.6.3. Opere di carpenteria metallica 159

5.6.4. Organi di intercettazione idraulica 160
5.6.5. Armature degli scavi con opere permanenti 161
5.6.6. Sistema di drenaggio 161
5.7. Cameretta con scale di accesso sul torrente Fereggiano 161
5.7.1. Opere in conglomerato cementizio 161
5.7.2. Opere di carpenteria metallica 163
5.7.3. Armature degli scavi con opere permanenti 164
5.7.4. Pozzo di accesso 165
5.7.5. Impianto elettrico 165
5.8. Sistemazione dell'alveo e deviazione della fognatura del torrente Fereggiano 167
5.8.1. Scavi 167
5.8.2. Opere in conglomerato cementizio 167
5.8.3. Idrodemolizione 169
5.8.4. Selciatone 169
5.8.5. Tubazioni 169
5.9. Il manufatto di presa ed il pozzo a vortice sul Rio Rovare 171
5.9.1. Demolizioni 171
5.9.2. Opere in conglomerato cementizio 171
5.9.3. Scatolare prefabbricato di dimensione interna 2.0x2.0m 172
5.9.4. Tubazioni 173
5.9.5. Opere di carpenteria metallica 173
5.9.6. Organi di intercettazione idraulica 174
5.9.7. Armature degli scavi con opere permanenti 176
5.9.8. Pozzo a vortice 177
5.10. Camera di dissipazione delle acque sul Rio Rovare 179
5.10.1. Scavi in sotterraneo 179
5.10.2. Opere in conglomerato cementizio 179
5.10.3. Opere di carpenteria metallica 181
5.10.4. Organi di intercettazione idraulica 182
5.10.5. Armature degli scavi con opere permanenti 182
5.10.6. Sistema di drenaggio 182
5.11. Cameretta con scale di accesso sul Rio Rovare 183
5.11.1. Opere in conglomerato cementizio 183
5.11.2. Opere di carpenteria metallica 183
5.11.3. Armature degli scavi con opere permanenti 185
5.11.4. Pozzo di accesso 185
5.11.5. Impianto elettrico 186
5.12. Il manufatto di presa sul Rio Noce 187
5.12.1. Demolizioni 187
5.12.2. Opere in conglomerato cementizio 187
5.12.3. Tubazioni in pvc 188
5.12.4. Opere di carpenteria metallica 189
5.12.5. Pozzo a vortice 189
5.13. Camera di dissipazione delle acque sul Rio Noce 191
5.13.1. Scavi in sotterraneo 191
5.13.2. Opere in conglomerato cementizio 191

5.13.3. Opere di carpenteria metallica 192
5.13.4. Organi di intercettazione idraulica 193
5.13.5. Armature degli scavi con opere permanenti 194
5.13.6. Sistema di drenaggio 194
5.14. Cameretta con scale di accesso sul Rio Noce 194
5.14.1. Scavi 194
5.14.2. Opere in conglomerato cementizio 194
5.14.3. Opere di carpenteria metallica 195
5.14.4. Armature degli scavi con opere permanenti 196
5.14.5. Pozzo di accesso 197
5.14.6. Impianto elettrico 198
5.15. Opera di sbocco a mare 200
5.15.1. Scavi 200
5.15.2. Opere in conglomerato cementizio 203
5.15.3. Diaframmi in c.a. 205
5.15.4. Tiranti d'ancoraggio per diaframmi 207
5.15.5. Pali a mare 217
5.15.6. Palancolati metallici 220
5.15.7. Scatolari prefabbricati 222
5.15.8. Scogliera di terra 222
5.15.9. Demolizioni 229
5.15.10. Panconi di servizio 229

6. LINEE GUIDA PER L'ISPEZIONE E LA MANUTENZIONE DELLE OPERE 231

6.1. Criteri e modalità di ispezione e manutenzione delle opere 231
6.2. Galleria di adduzione Fereggiano e gallerie minori 233
6.3. Opere di presa 236
6.3.1. Alveo e manufatto di presa del torrente Fereggiano 237
6.3.2. Alveo del rio Rovare e del rio Noce 238
6.3.3. Organi di intercettazione idraulica del torrente Fereggiano, del rio Rovare e del rio Noce 238
6.3.4. Opere in sotterraneo del torrente Fereggiano, del rio Rovare e del rio Noce 239
6.4. Opera di sbocco a mare 240

INDICE DELLE FIGURE

Fig. 2.1 - Sezione corrente del tratto di galleria di completamento del deviatore Fereggiano prevista nel presente progetto. Elementi strutturali della sezione A0 9
Fig. 2.2 - Sovrapposizione della sezione corrente del tratto di galleria di completamento del deviatore Fereggiano con la sezione circolare corrente del tratto già costruito (progetto Italstrade) 10
Fig. 2.3 - Sezione tipologica B1* da prevedere nei sottopassi ferroviari 12
Fig. 3.1 - Geometria del pozzo di presa Fereggiano 30
Fig. 3.2 - Geometria del pozzo di presa Rovare 36
Fig. 3.3 - Geometria del pozzo di presa Noce 40

INDICE DELLE TABELLE

Tab. 2.1 - Quote di sottopasso delle linee ferroviarie 11
Tab. 6.1 - Misure di portata drenata dalla galleria Fereggiano 235

1. OPERE PREVISTE IN PROGETTO

Le opere previste in progetto sono le seguenti:

- prolungamento della galleria esistente del deviatore Fereggiano dalla progressiva 909 alla progressiva 3.717, posta al piede del pozzo di presa delle portate scolmate dal rio Fereggiano, con creazione di 4 sfiati/aerofori lungo l'asse della galleria principale;
- opera di presa sul rio Fereggiano;
- opera di presa sul rio Rovare;
- opera di presa sul rio Noce;
- opera di sbocco a mare, come prevista nel PD 2007, ma limitata sia in lunghezza al solo tratto a valle di Corso Italia che in larghezza, limitando la scogliera a mare fino allo scivolo di alaggio e non oltre a ponente;
- raccordo tra lo sbocco del tratto esistente della galleria Fereggiano e l'opera di sbocco di progetto.

Nei paragrafi che seguono viene fornita una descrizione dettagliata delle opere sopra elencate, unitamente ai contenuti prestazionali degli elementi previsti in progetto, con evidenza delle caratteristiche, della forma e delle principali dimensioni dell'intervento, nonché dei materiali e dei componenti dei quali si prevede l'impiego.

Infine vengono fornite le linee guida che dovranno essere seguite per la redazione del "Piano di manutenzione dell'opera e delle sue parti" che dovrà essere redatto nel corso della progettazione esecutiva delle opere.

Nel presente documento sono state incluse anche le modeste opere elettromeccaniche (paratoie), gli impianti elettrici e quelli meccanici pur trattandosi di un Disciplinare per lavorazioni civili in quanto le parti elettromeccaniche del progetto sono ridotte a piccoli e minimali interventi).

2. GALLERIA FEREGGIANO E GALLERIE MINORI

2.1. Galleria Fereggiano

La galleria di adduzione denominata Fereggiano permette di convogliare a mare le acque di piena derivate dalle opere di presa collocate sui rii Fereggiano, Rovare e Noce. Prende avvio dall'opera di presa sul rio Fereggiano e, dopo un'ampia curva di raggio 140 e 250 m, si sviluppa in direzione nord – sud verso lo sbocco a mare collocato nei pressi dello stabilimento balneare Benvenuto, collegandosi alla porzione già realizzata del deviatore Fereggiano realizzato negli anni '90 per uno sviluppo di 909.

La galleria, la cui realizzazione è prevista con il metodo di scavo tradizionale, ha sezione policentrica con diametro interno netto di 5,20 m (uguale al diametro della galleria esistente che però a sezione circolare), e presenta una lunghezza complessiva pari a circa 3.717 m (di cui 909 già realizzati). Le caratteristiche geometriche dell'opera sono le seguenti:

- sezione tipo policentrica con diametro di : 5,20 m
- lunghezza complessiva : 909 + 2.808 = 3.717 m
- quota all'imbocco a monte : 12,99 m s.m.m.
- quota al filo esterno di C.so Italia : - 2,82 m s.m.m.
- scabrezza secondo Gauckler – Strickler : 75 $m^{1/3}s^{-1}$

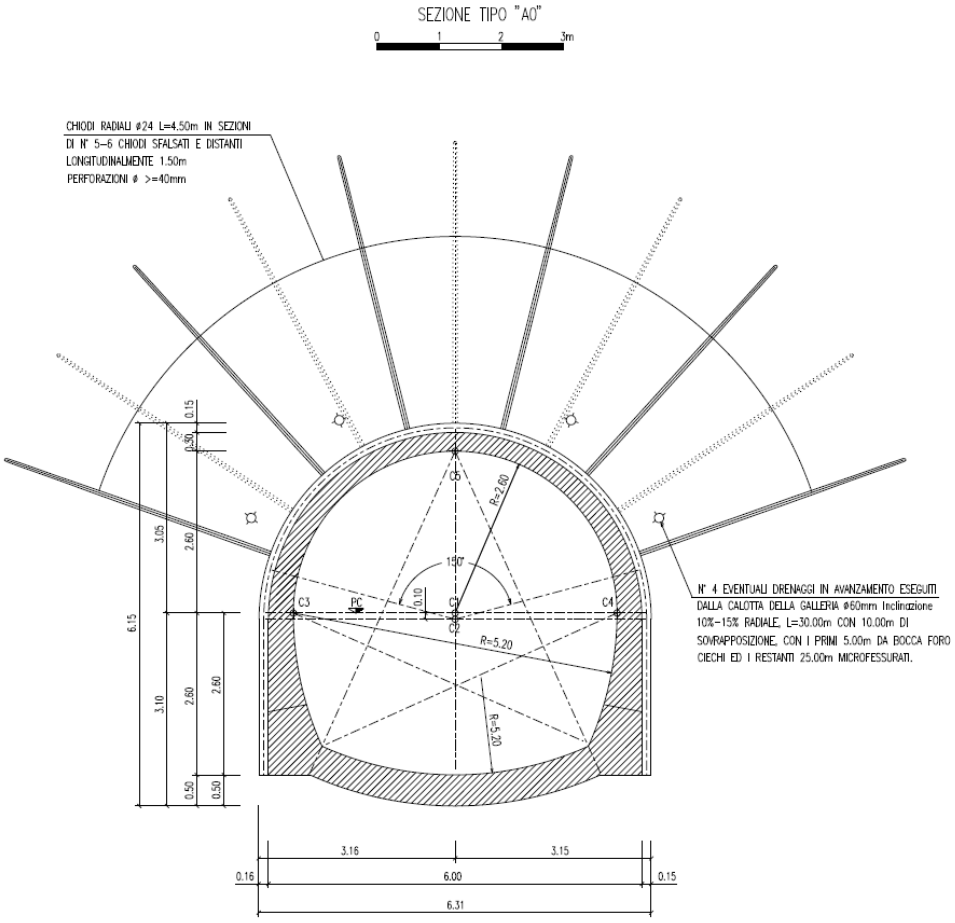


FIG. 2.1 - SEZIONE CORRENTE DEL TRATTO DI GALLERIA DI COMPLETAMENTO DEL DEVIATORE FEREGGIANO PREVISTA NEL PRESENTE PROGETTO. ELEMENTI STRUTTURALI DELLA SEZIONE A0

Il raccordo tra la sezione policentrica di progetto e quella circolare già realizzata verrà operato nei 5-6 m già scavati ma non rivestiti, ove si potranno agevolmente raccordare le due sezioni, allineando le quote di talweg evitando la formazione di gradini. Come visibile nella figura che segue, le due sezioni sono molto simili e consentono un agevole raccordo.

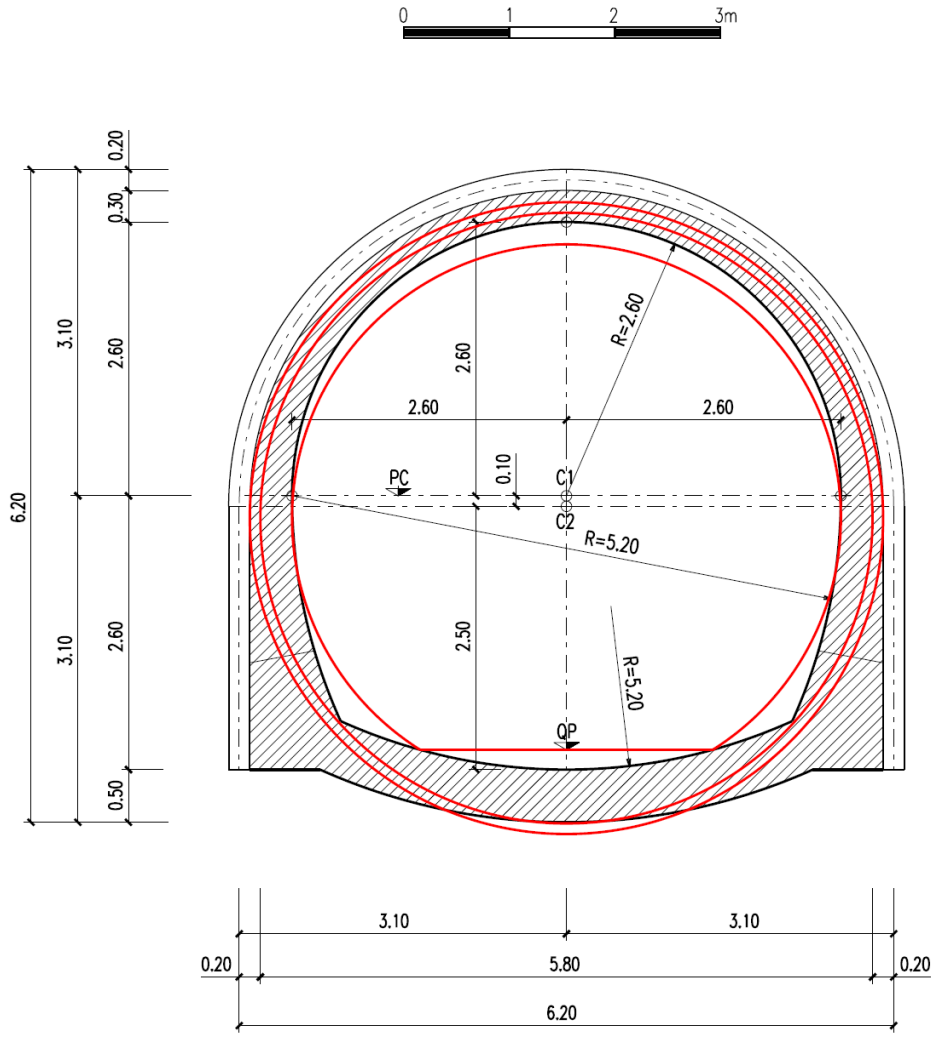


FIG. 2.2 - SOVRAPPOSIZIONE DELLA SEZIONE CORRENTE DEL TRATTO DI GALLERIA DI COMPLETAMENTO DEL DEVIATORE FEREGGIANO CON LA SEZIONE CIRCOLARE CORRENTE DEL TRATTO GIÀ COSTRUITO (PROGETTO ITALSTRADE)

Il raccordo tra le 2 sezioni andrà fatto nel tratto non rivestito (6-7 m) in maniera dolce di modo da evitare gradini o angoli bruschi.

In funzione dei vincoli geometrici ed idraulici esistenti, ed in base alle verifiche idrauliche condotte, alla galleria di adduzione delle acque di piena è stata assegnata una pendenza longitudinale pari al 3‰ che consente di sottopassare la linea ferroviaria Genova – La Spezia (il cui estradosso inferiore è a quota 15,58 m s.m.m.) e la programmata opera di quadruplicamento ferroviario (la cui quota di estradosso inferiore è prevista a 16,10 m s.m.m.).

Le quote di riferimento per i sottopassi sono le seguenti:

TAB. 2.1 - QUOTE DI SOTTOPASSO DELLE LINEE FERROVIARIE

opera	**Quota estradosso inferiore (m s.m.m.)**	**Quota estradosso superiore della galleria idraulica Fereggiano (m s.m.m.)**
Linea ferroviaria esistente	15,58	6,79 + 6,15 = 12,94
Quadruplicamento linea ferroviaria	16,10	8,44 + 6,15 = 14,59 8,59 + 6,15 = 14,74

Come si vede, la livelletta della galleria è compatibile con le quote della linea ferroviaria esistente ma è necessario prevedere opportuni accorgimenti per un corretto e sicuro sottopasso della stessa.

I lavori di costruzione del nuovo quadruplicamento della linea potranno essere essi stessi realizzati avendo cura di "appoggiare" con adeguati magisteri la nuova linea (in doppio tracciato parallelo) alla galleria idraulica che in entrambi i sottopassi ferroviari sarà realizzata secondo la sezione tipologica B1* indicata in Fig. 2.3.

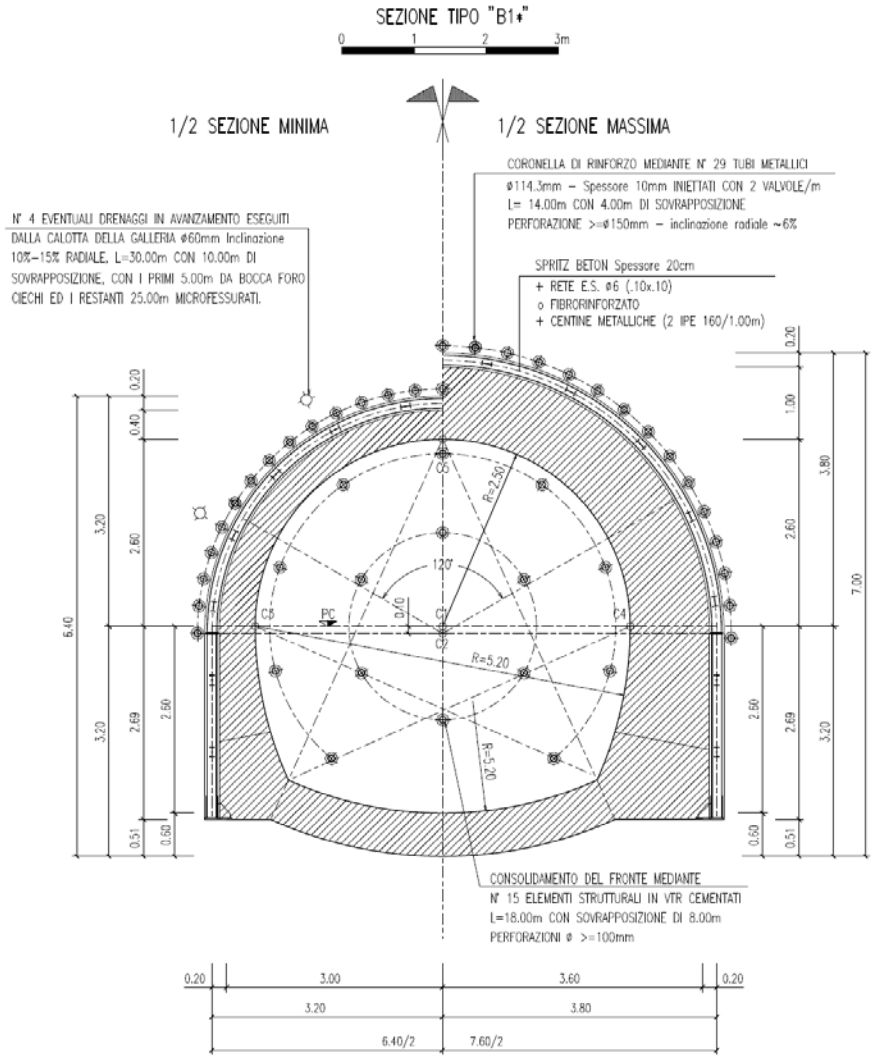


FIG. 2.3 - SEZIONE TIPOLOGICA B1* DA PREVEDERE NEI SOTTOPASSI FERROVIARI

In corrispondenza delle immissioni delle due gallerie minori provenienti dalle opere di presa realizzate sui rii Fereggiano, Rovare e Noce, è stata prevista la realizzazione di manufatti di raccordo la cui sagoma è stata appositamente studiata per ridurre al minimo le perdite di carico generate dal mescolamento dei due flussi in arrivo da monte.

A causa dell'elevata velocità dell'acqua nella galleria principale durante il funzionamento dell'impianto, ed anche per evitare turbolenze e l'insorgere del fenomeno della cavitazione, la sagoma delle due porte stagne è stata adattata al profilo della galleria policentrica. L'apertura delle porte è prevista verso l'alto verso la galleria principale, con un movimento che avviene attorno a due perni in acciaio inossida-

bile scorrevoli su boccole autolubrificanti. Le guarnizioni sono in gomma con profilo tale da favorire una tenuta di tipo autoclavico; considerando comunque che la galleria opera sempre a pelo libero e quindi la spinta sulle guarnizioni è relativamente modesta, sono previsti dispositivi da azionare a porta chiusa per precaricare le tenute stesse e ridurre al minimo le eventuali perdite verso le gallerie di servizio.

Al variare delle caratteristiche geomeccaniche dell'ammasso attraversato e dell'eventuale interferenza con strutture in sotterraneo esistenti, sono state previste sei diverse sezioni tipo.

Per lo scavo in sotterraneo in base alla litologia, alle coperture ed alle caratteristiche geomeccaniche dei materiali attraversati si sono individuate cinque sezioni tipo denominate A0, A1, B0, B1 e B1*.

Laddove l'ammasso roccioso interessato dallo scavo presenta un comportamento di tipo A, "fronte stabile", lo scavo è seguito, nel caso in cui la litologia e la giacitura favorevole degli strati lo consente, dalla messa in opera di una bullonatura radiale sistematica e di uno strato di spritz beton (Sezione tipo A0) o dalla realizzazione di un prerivestimento costituito da centine metalliche e spritz-beton (Sezione tipo A1).

Nelle tratte in cui l'ammasso presenta un comportamento tipo B, "fronte stabile a breve termine", si prevede la realizzazione in avanzamento di interventi di preconsolidamento al solo contorno di scavo (Sezione tipo B0) o anche del fronte di scavo mediante elementi strutturali in VTR volti a contrastare l'evoluzione dei fenomeni deformativi in presenza di materiali alterati nelle zone di faglia (Sezione tipo B1), associati alla realizzazione del rivestimento di prima fase in centine e spritz-beton. Gli interventi al fronte verranno dosati quantitativamente e geometricamente in funzione della situazione geologica presente al fronte in fase di scavo.

La sezione tipo B1*, analoga alla precedente, presenta un rivestimento di prima fase di maggior rigidezza con centine a passo ridotto, per superare in condizioni di sicurezza il sottopasso della linea ferroviaria Genova-La Spezia esistente.

Lo scavo a piena sezione consente di "chiudere" il pre-rivestimento mediante il getto di murette e arco rovescio a distanza ravvicinata dal fronte, incrementandone la capacità portante, e di procedere in tempi brevi al completamento del rivestimento definitivo con il getto della calotta; in tale modo si limitano consistentemente i fenomeni deformativi.

2.1.1. Sezione tipo A0

La sezione tipo *A0*, è costituita da:

- n. 4 drenaggi in avanzamento (eventuali, in presenza di acqua), ϕ 60 mm, L = 30 m con sovrapposizione pari a 10 m; ciechi i primi 5 m da bocca foro e microfessurati i restanti 25 m;
- un prerivestimento costituito da uno strato di 15 cm di spritz-beton con rete elettrosaldata ϕ 6/10 x 10 cm o fibrorinforzato;
- una bullonatura in calotta costituita da raggiere alternate di 5 - 6 barre in acciaio ϕ 24 mm ad aderenza migliorata in raggiere alternate di lunghezza L = 4.5 m e passo p = 1.5 m ;
- impermeabilizzazione costituita da tessuto non tessuto e manto in PVC;
- rivestimento definitivo in calcestruzzo semplice dello spessore di 50 cm in arco rovescio e di 30 cm in calotta.

Sono state considerate le seguenti fasi costruttive:

- FASE 1: esecuzione di drenaggi in avanzamento (eventuali, in presenza di acqua)
- FASE 2: scavo. Lo sfondo potrà avere lunghezza massima pari a 3 - 3.5 m, compreso il disgaggio, eseguendo lo scavo a piena sezione, sagomando il fronte a forma concava. Al termine dello sfondo e prima di porre in opera gli interventi di prima fase, verrà eseguito un accurato disgaggio di tutti i blocchi instabili.
- FASE 3: messa in opera dello spritz-beton e della bullonatura radiale. Lo spritz-beton deve essere armato con rete elettrosaldata o fibrorinforzato, e preferibilmente posto in opera in due strati, un primo strato di regolarizzazione, di spessore pari a 5 cm, ed un secondo strato di completamento, fino allo spessore totale di 15 cm, a seguito della messa in opera dei bulloni. Perforazione e messa in opera dei bulloni in acciaio ad una distanza massima dal fronte pari a metà del diametro di scavo.
- FASE 4: il getto delle murette e dell'arco rovescio non è vincolato dalla distanza dal fronte, ma dovrà comunque essere regolato in funzione del comportamento deformativo del cavo.
- FASE 5: impermeabilizzazione. La posa in opera della impermeabilizzazione sarà eseguita prima del getto del rivestimento definitivo.
- FASE 6: il getto del rivestimento definitivo sarà eseguito ad una distanza dal fronte di scavo non vincolata ma comunque funzione del comportamento de-

formativo del cavo riscontrato in corso d'opera. Qualora le operazioni vengano interrotte per un periodo prossimo alle 24 ore, sarà necessario porre in opera uno strato di spritz-beton armato o fibrorinforzato di 10 cm al fronte. Inoltre, se il fermo delle lavorazioni supererà le 48 ore (festività o altro), il ciclo delle lavorazioni dovrà necessariamente terminare con la sagomatura a forma concava del fronte e con la messa in opera del rivestimento di prima fase a ridosso del fronte stesso. In relazione al comportamento deformativo del fronte e del cavo, il getto del rivestimento definitivo dovrà essere opportunamente avvicinate al fronte.

2.1.2. Sezione tipo A1

La sezione tipo A1 è costituita da:

- n. 4 drenaggi in avanzamento (eventuali, in presenza di acqua), ϕ 60 mm, L = 30 m con sovrapposizione pari a 10 m; ciechi i primi 5 m da bocca foro e microfessurati i restanti 25 m;
- prerivestimento composto da centine 2 IPE140 con passo p = 1.20 m – 1.40 m ed uno strato di 20 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata ϕ 6/10x10 x o fibrorinforzato;
- impermeabilizzazione costituita da tessuto non tessuto e manto in PVC;
- rivestimento definitivo in calcestruzzo semplice dello spessore di 50 cm in arco rovescio e di 30 cm in calotta.

Sono state considerate le seguenti fasi costruttive:

- FASE 1: esecuzione dei drenaggi in avanzamento (eventuali, in presenza di acqua).
- FASE 2: scavo. Lo sfondo potrà avere lunghezza massima pari a 1.5 - 3.0 m, compreso il disgaggio, eseguendo lo scavo a piena sezione, sagomando il fronte a forma concava. Al termine dello sfondo e prima di porre in opera gli interventi di prima fase, verrà eseguito un accurato disgaggio di tutti i blocchi instabili.
- FASE 3: messa in opera delle centine e dello spritz-beton. Appena posate le centine devono essere collegate alle altre attraverso le apposite catene. Lo spritz-beton deve essere armato con rete elettrosaldata o fibrorinforzato. La distanza tra l'ultima centina ed il fronte di scavo è pari a 0.60 m circa.

- FASE 4: Il getto delle murette e dell'arco rovescio non è vincolato dalla distanza dal fronte, ma dovrà comunque essere regolato in funzione del comportamento deformativo del cavo.
- FASE 5: impermeabilizzazione. La posa in opera della impermeabilizzazione sarà eseguita prima del getto del rivestimento definitivo.
- FASE 6: getto del rivestimento definitivo. Il getto delle murette e dell'arco rovescio non è vincolato dalla distanza dal fronte, ma dovrà comunque essere regolato in funzione del comportamento deformativo del cavo. L'intercettazione in fase di scavo di forti venute d'acqua concentrate potrà comportare una riduzione della distanza di getto del rivestimento definitivo. Qualora le operazioni vengano interrotte per un periodo prossimo alle 24 ore, sarà necessario porre in opera uno strato di spritz-beton armato o fibrorinforzato di 10cm al fronte. Inoltre, se il fermo delle lavorazioni supererà le 48 ore (festività o altro), il ciclo delle lavorazioni dovrà necessariamente terminare con la sagomatura a forma concava del fronte e con la messa in opera del rivestimento di prima fase a ridosso del fronte stesso. In relazione al comportamento deformativo del fronte e del cavo, l'arco rovescio e le murette dovranno essere opportunamente avvicinate al fronte.

2.1.3. Sezione B0

La sezione tipo B0 è costituita da:

- n. 4 drenaggi in avanzamento (eventuali, in presenza di acqua), ϕ 60 mm, L = 30 m con sovrapposizione pari a 10 m; ciechi i primi 5 m da bocca foro e microfessurati i restanti 25 m;
- un intervento di pre-sostegno costituito da una coronella di n° 19 tubi in acciaio ϕ 114.3 mm, sp. = 10 mm, iniettati con 2 valovole al metro, disposti su un angolo 120° con passo p = 0.45 m, lunghezza L = 14 m e sovrapposizione 4 m;
- un prerivestimento composto da centine 2 IPE160 con passo p = 1.00 m e da uno strato di 20 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata ϕ 6/10 x 10 cm o fibrorinforzato;
- impermeabilizzazione costituita da tessuto non tessuto e manto in PVC;
- rivestimento definitivo in c.a. dello spessore di 60 cm in arco rovescio ed in calcestruzzo semplice dello spessore medio di 60 cm (variabile 30 ÷ 90 cm) in calotta.

Sono state considerate le seguenti fasi costruttive:

- FASE 1: esecuzione dei drenaggi in avanzamento (eventuali, in presenza di acqua).
- FASE 2: esecuzione interventi di pre-sostegno, sagomatura del fronte di scavo a forma concava (f ~ 1.00 m), esecuzione sul fronte di scavo di uno strato di spritz-beton fibrorinforzato o in alternativa armato con rete elettrosaldata dello spessore minimo di 10 cm, ed esecuzione del presostegno in calotta secondo la geometria di progetto attraverso una perforazione $\varphi \geq 150$ mm, inserimento tubo e sigillatura boccaforo, cementazione del tubo.
- FASE 3: scavo. Lo scavo deve essere eseguito a piena sezione, per singoli sfondi di lunghezza massima pari a 1.0 - 1.2 m compreso il disgaggio, sagomando il fronte a forma concava anche ad ogni sfondo parziale (eseguendo se necessario lo spritz-beton armato sp. 10cm anche su ognuno di tali fronti).
- FASE 4: messa in opera dello spritz-beton e delle centine. Appena posate le centine devono essere collegate alle altre attraverso le apposite catene. Lo spritz-beton deve essere armato con rete elettrosaldata o fibrorinforzato. La distanza tra l'ultima centina ed il fronte di scavo è pari a circa 0.50 m.
- FASE 5: getto di murette ed arco rovescio. Il getto delle murette e dell'arco rovescio dovrà avvenire entro 5∅ dal fronte di scavo.
- FASE 6: impermeabilizzazione. La posa in opera della impermeabilizzazione sarà eseguita prima del getto del rivestimento definitivo.
- FASE 7: getto del rivestimento definitivo. Il getto del rivestimento definitivo sarà eseguito ad una distanza dal fronte di scavo funzione del comportamento deformativo del cavo riscontrato in corso d'opera, e comunque entro una distanza non superiore a 10∅. L'intercettazione in fase di scavo di forti venute d'acqua concentrate potrà comportare una riduzione della distanza di getto del rivestimento definitivo. Qualora le operazioni vengano interrotte per un periodo prossimo alle 24 ore, sarà necessario porre in opera uno strato di spritz-beton armato o fibrorinforzato di 15 cm al fronte. Inoltre, se il fermo delle lavorazioni supererà le 48 ore (festività o fermi di qualsiasi natura), il ciclo delle lavorazioni dovrà necessariamente terminare con il consolidamento incrementato del fronte appena eseguito (previa sagomatura a forma concava ed esecuzione dello strato di spritz-beton armato $Sp \geq 10$ cm) e con il rivestimento di prima fase, l'arco rovescio e le murette avvicinati al fronte stesso.

2.1.4. Sezione tipo B1

La sezione tipo B1 è costituita da:

- n. 4 drenaggi in avanzamento (eventuali, in presenza di acqua), ϕ 60 mm, L = 30 m con sovrapposizione pari a 10 m; ciechi i primi 5 m da bocca foro e microfessurati i restanti 25 m;
- un intervento di pre-sostegno costituito da una coronella di n° 19 tubi in acciaio ϕ 114.3 mm, sp. = 10 mm, iniettati con 2 valovole al metro, disposti su un angolo 120° con passo p = 0.45 m, lunghezza L = 14 m e sovrapposizione 4 m;
- un preconsolidamento del fronte realizzato mediante la messa in opera di n° 15 elementi strutturali in vetroresina cementati, aventi lunghezza pari a L = 18 m e sovrapposizione minima con il campo successivo pari a 8.00 m;
- un prerivestimento composto da centine 2 IPE160 con passo p = 1.00 m e da uno strato di 20 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata ϕ 6/10 x 10 cm o fibrorinforzato;
- impermeabilizzazione costituita da tessuto non tessuto e manto in PVC;
- rivestimento definitivo in c.a. dello spessore di 60 cm in arco rovescio ed in calcestruzzo semplice dello spessore medio di 60 cm (variabile 30 ÷ 90 cm) in calotta.

Sono state considerate le seguenti fasi costruttive:

- FASE 1: esecuzione dei drenaggi in avanzamento (eventuali, in presenza di acqua).
- FASE 2: esecuzione interventi di pre-sostegno e di pre-consolidamento, sagomatura del fronte di scavo a forma concava (f ~ 1.00 m), esecuzione sul fronte di scavo di uno strato di spritz-beton fibrorinforzato o in alternativa armato con rete elettrosaldata dello spessore minimo di 10 cm, ed esecuzione del presostegno in calotta e preconsolidamento al fronte secondo la geometria di progetto con la seguente modalità:
  A. Posa in opera dei tubi metallici al contorno: perforazione φ ≥ 150 mm, inserimento tubo e sigillatura boccaforo, cementazione del tubo.
  B. Posa in opera degli elementi strutturali di preconsolidamento del fronte con le seguenti modalità: perforazione φ ≥ 100 mm, inserimento dell'elemento strutturale in VTR, cementazione dell'elemento strutturale ogni 4 - 5 fori.

- FASE 3: scavo. Lo scavo deve essere eseguito a piena sezione, per singoli sfondi di lunghezza massima pari a 1.0 - 1.2 m compreso il disgaggio, sagomando il fronte a forma concava anche ad ogni sfondo parziale (eseguendo se necessario lo spritz-beton armato sp. 10cm anche su ognuno di tali fronti).
- FASE 4: messa in opera dello spritz-beton e delle centine. Appena posate le centine devono essere collegate alle altre attraverso le apposite catene. Lo spritz-beton deve essere armato con rete elettrosaldata o fibrorinforzato. La distanza tra l'ultima centina ed il fronte di scavo è pari a circa 0.50 m.
- FASE 5: getto di murette ed arco rovescio. Il getto delle murette e dell'arco rovescio dovrà avvenire entro 5∅ dal fronte di scavo.
- FASE 6: impermeabilizzazione. La posa in opera della impermeabilizzazione sarà eseguita prima del getto del rivestimento definitivo.
- FASE 7: getto del rivestimento definitivo. Il getto del rivestimento definitivo sarà eseguito ad una distanza dal fronte di scavo funzione del comportamento deformativo del cavo riscontrato in corso d'opera, e comunque entro una distanza non superiore a 10∅. L'intercettazione in fase di scavo di forti venute d'acqua concentrate potrà comportare una riduzione della distanza di getto del rivestimento definitivo. Qualora le operazioni vengano interrotte per un periodo prossimo alle 24 ore, sarà necessario porre in opera uno strato di spritz-beton armato o fibrorinforzato di 15 cm al fronte. Inoltre, se il fermo delle lavorazioni supererà le 48 ore (festività o fermi di qualsiasi natura), il ciclo delle lavorazioni dovrà necessariamente terminare con il consolidamento incrementato del fronte appena eseguito (previa sagomatura a forma concava ed esecuzione dello strato di spritz-beton armato Sp ≥ 10 cm) e con il rivestimento di prima fase, l'arco rovescio e le murette avvicinati al fronte stesso.

2.1.5. Sezione tipo B1*

La sezione tipo B1* è costituita da:

- n. 4 drenaggi in avanzamento (eventuali, in presenza di acqua), ϕ 60 mm, L = 30 m con sovrapposizione pari a 10 m; ciechi i primi 5 m da bocca foro e microfessurati i restanti 25 m;
- un intervento di pre-sostegno costituito da una coronella di n° 29 tubi in acciaio ϕ 114.3 mm, sp. = 10 mm, iniettati con 2 valvole al metro, disposti su un angolo 180°, passo 0,35 m, lunghezza L = 14 m e sovrapposizione 4 m;

- un preconsolidamento del fronte realizzato mediante la messa in opera di n° 15 elementi strutturali in vetroresina cementati, aventi lunghezza pari a L = 18 m e sovrapposizione minima con il campo successivo pari a 8.00 m;
- un prerivestimento composto da centine 2 IPE160 con passo p = 1.00 m e da uno strato di 20 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata ϕ 6/10 x 10 cm o fibrorinforzato;
- impermeabilizzazione costituita da tessuto non tessuto e manto in PVC;
- rivestimento definitivo in c.a. dello spessore di 60 cm in arco rovescio ed in calcestruzzo semplice dello spessore medio di 70 cm (variabile 40 ÷ 100 cm) in calotta.

Sono state considerate le seguenti fasi costruttive:

- FASE 1: esecuzione dei drenaggi in avanzamento (eventuali, in presenza di acqua).
- FASE 2: esecuzione interventi di presostegno e di preconsolidamento, sagomatura del fronte di scavo a forma concava (f ~ 1.00 m), esecuzione sul fronte di scavo di uno strato di spritz-beton fibrorinforzato o in alternativa armato con rete elettrosaldata dello spessore minimo di 10 cm, esecuzione del presostegno in calotta e consolidamento al fronte secondo la geometria di progetto con la seguente modalità:
  A. Posa in opera dei tubi metallici al contorno: perforazione, inserimento tubo e sigillatura boccaforo, cementazione del tubo.
  B. Posa in opera degli elementi strutturali di pre-consolidamento del fronte con le seguenti modalità: perforazione eseguita a secco φ ≥ 100 mm, inserimento dell'elemento strutturale in VTR, cementazione dell'elemento strutturale ogni 4 - 5 fori.
- FASE 3: scavo. Lo scavo dovrà essere eseguito a piena sezione, per singoli sfondi di lunghezza massima pari a 0.50 m compreso il disgaggio, sagomando il fronte a forma concava anche ad ogni sfondo parziale (eseguendo se necessario lo spritz-beton armato sp. 10 cm anche su ognuno di tali fronti).
- FASE 4: messa in opera dello spritz-beton e delle centine. Appena posate le centine devono essere collegate alle altre attraverso le apposite catene. Lo spritz-beton deve essere armato con rete elettrosaldata fibrorinforzato. La distanza tra l'ultima centina ed il fronte di scavo è pari a circa 0.25 m.
- FASE 5: getto di murette ed arco rovescio. Il getto delle murette e dell'arco rovescio dovrà avvenire entro 3∅ dal fronte.

- FASE 6: impermeabilizzazione. La posa in opera della impermeabilizzazione sarà eseguita prima del getto del rivestimento definitivo.
- FASE 7: getto del rivestimento definitivo. Il getto del rivestimento definitivo sarà eseguito ad una distanza dal fronte di scavo funzione del comportamento deformativo del cavo riscontrato in corso d'opera, e comunque entro una distanza non superiore a 6∅. L'intercettazione in fase di scavo di forti venute d'acqua concentrate potrà comportare una riduzione della distanza di getto del rivestimento definitivo. Qualora le operazioni vengano interrotte per un periodo prossimo alle 24 ore, sarà necessario porre in opera uno strato di spritz-beton armato o fibrorinforzato di 10 cm al fronte. Inoltre, se il fermo delle lavorazioni supererà le 48 ore (festività o fermi di qualsiasi natura), il ciclo delle lavorazioni dovrà necessariamente terminare con il consolidamento incrementato del fronte appena eseguito (previa sagomatura a forma concava ed esecuzione dello strato di spritz-beton armato $S_p \geq 10$ cm) e con il rivestimento di prima fase, l'arco rovescio e le murette avvicinati al fronte stesso.

2.1.6. Rivestimenti definitivi

Galleria Fereggiano (da progr. 909 a 3.717) e gallerie minori

- Resistenza caratteristiche Rck : 40 MPa
- Classe di esposizione : XSC2-XS1-XA2
- Classe di consistenza : S4 con additivo superfluidificante. Grado di compattazione g_c=0.97
- Copriferro : 40 mm
- Cemento : Portland, conforme UN-ENV197/1
- Diametro max aggregati : 25 mm
- Aggregati : basaltici o meta-basaltici (Los Angeles ≤ 15) conformi UNI8520 parte 2 (categoria A)

L'utilizzo di aggregati basaltici o meta-basaltici è prescritto per garantire una adeguata resistenza ai fenomeni erosivi conseguenti al trasporto solido associato alla portata scolmata.

Il rivestimento definitivo delle sezioni tipo A0 ed A1 sarà in calcestruzzo semplice; la sezione tipo B1 e B0 avrà rivestimento definitivo di calotta in calcestruzzo semplice ed arco rovescio in calcestruzzo armato; la sezione tipo B1*, per il sottopasso della linea ferroviaria Genova - La Spezia, avrà arco rovescio e rivestimento di calotta in calcestruzzo armato.

Si prevede inoltre il getto in calcestruzzo armato di arco rovescio e rivestimento definitivo di calotta della galleria principale per 80 m in corrispondenza dell'interferenza con le opere previste per il futuro quadruplicamento della linea ferroviaria Genova - La Spezia, previste in sovrappasso all'opera in progetto, per circa 20 m a cavallo degli innesti con le gallerie di servizio ed in corrispondenza dei cameroni di innesto con le opere di presa minori.
Dovendo essere garantito il valore di scabrezza dell'opera idraulica, assunto pari a quello del calcestruzzo integro (scabrezza secondo Strickler pari a 75 $m^{1/3}s^{-1}$), durante il procedere dei lavori, i rivestimenti di arco rovescio già gettati verranno protetti dall'azione dei mezzi di cantiere in transito attraverso la realizzazione di una massicciata provvisoria costituita da inerti di idonea pezzatura, da disporsi in arco rovescio previa interposizione di un telo in PVC accoppiato ad uno strato di tessuto non tessuto; tale massicciata dovrà essere rimossa al termine dei lavori, lasciando in vista la sagoma di intradosso del getto in calcestruzzo.

2.2. Gallerie minori

L'adduzione a mare delle acque di piena derivate dalle opere di presa minori realizzate sui rii Rovare e Noce è assicurata dalla realizzazione di due gallerie minori che mettono in comunicazione le due prese con la galleria di adduzione Fereggiano.
La galleria a servizio della presa sul Rovare presenta le seguenti caratteristiche:

- sezione tipo policentrica con diametro di : 3,20 m
- lunghezza complessiva : 208,1 + 37,05 = 245,15 m
- quota all'imbocco a monte : 20,61 m s.m.m.
- quota allo sbocco : 9,92 m s.m.m.
- pendenza longitudinale : 3,55 %
- scabrezza secondo Gauckler – Strickler : 75 $m^{1/3}s^{-1}$

Il manufatto di collegamento della galleria minore con quella di adduzione principale è costituito da un divergente collocato sulla galleria minore, avente lunghezza di circa 37 m, pendenza sempre pari al 8,9 %, e sezione trasversale variabile da quella policentrica da 3,20 m (sezione di monte) a quella policentrica da 5,20 m nella sezione di valle.
Le caratteristiche della galleria a servizio della presa sul Noce:

- sezione tipo policentrica con diametro di : 3,20 m

- lunghezza complessiva : 220,2+34,27 = 254,47 m
- quota all'imbocco a monte : 15,64 m s.m.m.
- quota allo sbocco : 6,86 m s.m.m.
- pendenza longitudinale : 2,5 %
- scabrezza secondo Gauckler – Strickler : 75 $m^{1/3}s^{-1}$

Il manufatto di collegamento della galleria minore con quella di adduzione principale, in analogia con quanto già descritto per il Rovare, è costituito da un divergente collocato sulla galleria minore, avente lunghezza di circa 36,53 m, pendenza sempre pari al 9,76 %, e sezione trasversale variabile da quella policentrica da 3,20 m (sezione di monte) a quella policentrica da 5,20 m nella sezione di valle.

2.2.1. Sezioni tipo delle gallerie a servizio delle opere di presa sul rii Rovare e Noce

Le sezioni tipo previste sono due: la sezione A1-R1 che si applica per la quasi totalità della galleria con eccezione delle zone di imbocco e delle faglie, e la sezione B1-R1 che invece si applica in corrispondenza delle zone di imbocco e delle faglie.

Sezione tipo A1-R1

- Prerivestimento. È costituito da 2 centine IPE 140, con interasse 1.00 m, rivestite da 20 cm di spritz-beton fibrorinforzato. La centina presenta un allargamento al piede per ridurre le pressioni trasmesse al terreno sottostante.
- Muretta ed arco rovescio. Rappresentano la prima parte del rivestimento definitivo messa in opera e vengono gettate contemporaneamente ad una distanza massima dal fronte pari a 7 diametri; l'arco rovescio ha uno spessore pari a 0,40 m.
- Impermeabilizzazione e drenaggio. Contro il prerivestimento verrà posto in opera il tessuto non tessuto ricoperto dalla guaina impermeabile di poliestere. Il tessuto non tessuto raccoglie l'acqua che dall'ammasso roccioso filtra attraverso lo spritz-beton nel cavo e lo convoglia ai tubi di drenaggio posti all'altezza della muretta. La guaina di poliestere è sostanzialmente impermeabile ed impedisce all'acqua di raggiungere il rivestimento definitivo.

- Rivestimento definitivo. Viene gettato il rivestimento definitivo dalla muretta fino alla calotta ad una distanza massima dal fronte pari a 20 diametri. Ha uno spessore in calotta di 0,30 m.

Sezione tipo B1-R1

- Stabilizzazione del cavo. L'intervento proposto consente di evitare la caduta della parte plasticizzata, con conseguente pericolo per le maestranze, almeno per il periodo di tempo necessario a completare lo scavo e mettere in opera il prerivestimento. Nel caso in esame la lunghezza libera, o sfondo consentito, è pari a 1 m. L'intervento proposto è costituito da una coronella di n° 17 tubi metallici, aventi diametro 88,9 mm, spessore di 10 mm, e con una leggera inclinazione verso l'alto rispetto alla direzione di avanzamento. Essi hanno lunghezza 12 m e verranno eseguiti con una sovrapposizione di 3,00 m. I tubi vanno posizionati ad un interasse di circa 0,40 m lungo la circonferenza per un arco di estensione pari a 150° sulla calotta e saranno valvolati con n° 2 valvole a metro in modo da poter essere iniettati con pressioni di iniezione atte a garantire una sufficiente penetrazione della miscela di iniezione nell'ammasso roccioso circostante. In avanzamento è prevista l'esecuzione di drenaggi posizionati lungo il perimetro dello scavo. I dreni avranno diametro 110 mm, verranno eseguiti con direzione suborizzontale, lunghezza di 24 m ed una sovrapposizione durante l'avanzamento di 9 m. Dal momento che i dreni hanno una funzione provvisoria, e devono essere attivi per un periodo ridotto di tempo, non richiedono accorgimenti particolari. Per garantire la stabilità del foro nel periodo di funzionamento sarà sufficiente inserire un tubo microfessurato avente diametro esterno appena inferiore a quello di perforazione.
- Prerivestimento. È costituito da 2 centine IPE 140, con interasse 1.00 m, rivestite da 20 cm di spritz-beton fibrorinforzato. La centina presenta un allargamento al piede per ridurre le pressioni trasmesse al terreno sottostante.
- Muretta ed arco rovescio. Rappresentano la prima parte del rivestimento definitivo messa in opera e vengono gettate contemporaneamente ad una distanza massima dal fronte pari a 7 diametri; l'arco rovescio ha uno spessore pari a 0,40 m; entrambi questi elementi strutturali vengono sempre interamente armati.

- Impermeabilizzazione e drenaggio. Contro il prerivestimento verrà posto in opera il tessuto non tessuto ricoperto dalla guaina impermeabile di poliestere. Il tessuto non tessuto raccoglie l'acqua che dall'ammasso roccioso filtra attraverso lo spritz-beton nel cavo e lo convoglia ai tubi di drenaggio posti all'altezza della muretta. La guaina di poliestere è sostanzialmente impermeabile ed impedisce all'acqua di raggiungere il rivestimento definitivo.
- Rivestimento definitivo. Viene gettato il rivestimento definitivo dalla muretta fino alla calotta ad una distanza massima dal fronte pari a 20 diametri. Ha uno spessore in calotta compreso fra 0,30 m e 0,84 m circa.

3. OPERE DI PRESA

Le opere di presa sul torrente Fereggiano, sul rio Rovare e sul rio Noce sono costituiti dai seguenti manufatti:

- *manufatto di presa ed il pozzo a vortice:* il manufatto di presa delle acque è costituito da un canale in c.a. e dal canale e dalla camera di imbocco al vortice, anch'essi in c.a.. La tipologia adottata per le tre opere di presa in oggetto è quella delle luci e delle soglie che sono governate dalle classiche leggi dell'idraulica. Per quanto riguarda invece il collegamento con la galleria di derivazione viene utilizzato un pozzo. Questo tipo di manufatto è stato utilizzato per superare i notevoli dislivelli tra la quota del corso d'acqua e la galleria di progetto garantendo al contempo efficienza idraulica e dissipazione dell'energia;
- *camera di dissipazione delle acque:* consiste in una vasca atta a dissipare energia e rilasciare l'aria eventualmente trascinata dalla corrente, onde evitare che questa possa liberarsi repentinamente danneggiando le strutture. La camera è stata pensata in modo tale che si formi al suo interno un cuscino d'acqua che permetta la dissipazione dell'energia della corrente in caduta dal pozzo, prima che questa entri nella galleria di collegamento allo scolmatore in progetto;
- *cameretta con scale di accesso:* ogni manufatto di presa è dotato di una scala di servizio elicoidale necessaria a permettere l'accesso in condizioni di sicurezza al manufatto e lo svolgimento di operazioni di ispezione e manutenzione. L'accesso alla scala di servizio avverrà attraverso una cameretta interrata dotata di chiusino circolare in ghisa e scaletta alla marinara o, nel manufatto sul torrente Fereggiano, di cancello d'accesso. In fase di esercizio dell'opera, il pozzo di accesso verrà utilizzato anche per la ventilazione del manufatto; a tale scopo la soletta ricavata sul cielo della camera di dissipazione, così come le camerette di accesso alla scala si servizio, saranno dotate di chiusure permeabili all'aria (grigliato) per la fuoriuscita dell'aria trascinata dalla corrente in caduta nel pozzo. In tutti gli accessi verrà poi realizzato un impianto elettrico con componenti di classe IP 68, comprendente quadro elettrico, prese di corrente ed impianto di illuminazione con diversi corpi illuminanti. Al fine di permettere la verifica delle portate che saranno recapitate in alveo e in galleria, saranno posizionati anche dei misuratore di portata ad ultrasuoni.

Tra le opere da realizzare sul torrente Fereggiano è prevista inoltre la sistemazione dell'alveo, mediante la posa di selciatone di spessore pari a 20 cm intasato in calce-

struzzo, nel tratto a monte e a valle del manufatto di presa. E' inoltre previsto il ricollocamento della condotta fognaria di raccolta delle acque nere.

Oltre a ciò per il torrente Fereggiano è previsto un sistema di raccolta delle acque di drenaggio della strada che attualmente vengono recapitate in alveo. In particolare gli scarichi presenti attualmente sul muro in destra idraulica saranno raccolti da una canaletta in calcestruzzo realizzata in adiacenza al canale in c.a..

Infine le opere in progetto dovranno essere completate dalle sistemazioni superficiali; per l'opera di presa sul torrente Fereggiano è previsto il rivestimento della pista di accesso tramite autobloccanti inerbiti.

Qualora, durante la realizzazione delle opere, si rimuoverà la pavimentazione stradale si dovrà provvedere a ripristinarla.

3.1. Il manufatto di presa ed il pozzo a vortice sul torrente Fereggiano

In seguito ai sopralluoghi svolti nel bacino e nell'asta del Rio Fereggiano, è stata confermata l'ubicazione dell'opera decisa nel progetto preliminare. Tale ubicazione dell'opera di presa è in alveo, in corrispondenza della piccola ansa a valle della copertura attualmente ad uso parcheggio-strada che si trova in Via Pinetti all'altezza di Salita Ginestrato, e consente di raggiungere un buon compromesso tra le esigenze di carattere idrologico, idraulico, e di disponibilità di area. Quest'ultimo aspetto, in particolare, costituisce la motivazione forte che ha condotto alla scelta indicata.

Per l'inquadramento dell'opera di presa si rimanda all'elaborato grafico PD1 DS 100 – Planimetria generale.

Come già detto la tipologia adottata per l'opera di presa in oggetto è quella delle luci e delle soglie; in particolare, la portata destinata a proseguire nel Fereggiano sarà derivata attraverso una luce di fondo, mentre quella da condurre nella galleria in progetto sarà sfiorata mediante una soglia nel canale di imbocco al vortice e quindi al pozzo.

3.1.1. Il manufatto di presa ed il pozzo a vortice

L'opera di presa in progetto è stata pensata in modo che la portata ordinaria defluisca in adiacenza alla sponda destra attraverso una luce di dimensione 1,90 x

1,90 m e parzializzata a 1,90 x 1,00 m da una paratoia manuale, a scorrimento verticale in acciaio zincato a caldo. Il fondo della luce è posto a quota 50,90 m s.m.m.. Tale portata, pari a 10 m^3/s (90 – 80 m^3/s) per un evento con tempo di ritorno pari a 200 anni, sarà convogliata in un canale in c.a. a sezione rettangolare di larghezza pari a 1,90 m, con pendenza del fondo pari a 0,04.

La paratoia sarà movimentabile posizionandosi sul grigliato pedonale in acciaio collocato sul canale in c.a.. Al fine di evitare cadute il grigliato sarà protetto da un parapetto metallico. La paratoia, da mantenere fissa durante gli eventi, potrà nel tempo essere utilizzato oltre che per le fasi di manutenzione anche per modificare le portate che proseguono verso valle. La paratoia sarà posizionata immediatamente a valle del muro in c.a. sul quale è stata ricavata la luce di fondo. Il muro in c.a. nel tratto di monte verrà protetto con un angolare in acciaio inox, al fine di evitare l'ammaloramento degli spigoli.

Tale muro, che si prolunga verso monte in destra idraulica, raggiungerà l'estradosso della copertura esistente. Questo al fine di proteggere le abitazioni situate in destra idraulica in presenza di eventi di piena con tempo di ritorno superiori a quello di progetto.

Quando la portata Q_i (=5 m^3/s) verrà superata, l'eccesso di portata sarà convogliato mediante uno sfioro nel canale di alimentazione del pozzo a vortice.

La soglia di imbocco della derivazione alla galleria in progetto, posizionata appena a monte della fine della copertura stradale di Via Pinetti consente di derivare la portata Q_s pari a 80 m^3/s, nel caso di un evento duecentennale. Tale soglia verrà rivestita con una piastra in acciaio inox risvoltato per 50 cm, il cui scopo è quello di proteggerla da urti con materiale trasportato dalla corrente. La sua conformazione, inclinata rispetto al corso d'acqua, è stata pensata in modo tale da far confluire, in corrispondenza di portate ordinarie, la maggior parte del trasporto solido verso valle lungo il Fereggiano cioè attraverso la luce di fondo precedentemente descritta.

A tal riguardo, dalle indagini condotte, è emerso che il torrente Fereggiano è in grado di trasportare a valle materiale avente dimensioni massime che possono arrivare a 90 - 100 mm, ed è comunque poco probabile che possa giungere a saturazione perché le zone di apporto non sembrano ben sviluppate, anche a causa dell'intensa edificazione dei versanti adiacenti il corso d'acqua.

Si rimanda alla relazione del PD2007 dedicata per la descrizione delle prove condotte sul modello fisico, atte a valutare il reale impatto del materiale solido trasportato dalla corrente sul funzionamento dell'opera.

Si sottolinea comunque in questa sede che le prove eseguite hanno mostrato che, per portate ordinarie, il materiale solido viene recapitato in alveo mentre all'aumentare della portata parte del materiale finisce nel pozzo e quindi nella camera di dissipazione, senza però alterare il funzionamento del manufatto di presa.
Il canale di imbocco al pozzo, realizzato in c.a., di larghezza 4,00 m, ha una lunghezza pari a 20 m e inclinazione del fondo pari a 0,0023. La sezione del canale è stata dimensionata in modo tale che riesca a contenere la portata di progetto con un franco di almeno 1 m rispetto alle strutture esistenti e di progetto.
Il manufatto così pensato è in grado di scaricare portate anche superiori alla portata di progetto. Tuttavia nel caso in cui il pozzo si otturasse o non fosse in grado di smaltire la portata di progetto si è pensato di far sfiorare la portata in eccesso lungo una soglia ricavata sulla parete destra della camera del vortice, e di farla proseguire in alveo.
La geometria di tale soglia è stata definita in seguito alla realizzazione del modello fisico; in particolare la sagoma dello sfioro è stata fatta coincidere con il profilo idrico della corrente corrispondente ad un evento duecentennale, in modo tale che lo sfioro in alveo del deflusso in eccesso inizi al raggiungimento di tale portata..
E' previsto di rivestire la soglia sfiorante con una piastra in acciaio inox.
La manutenzione dell'opera di presa sarà possibile mediante il posizionamento di n. 6 panconi, di altezza pari a 1,08 m ciascuno, nel canale di imbocco al vortice; tutta la portata in arrivo sarà quindi convogliata nel canale rettangolare in destra idraulica e quindi nell'alveo. Al contrario, in caso di necessità, tutta la portata potrà essere convogliata nella galleria in progetto chiudendo la paratoia di accesso al corso d'acqua.
Il pozzo a vortice di diametro pari a 5,80 m, ubicato in sinistra rispetto al canale di imbocco al vortice, permette alla corrente in arrivo di superare un dislivello di quasi 38 m (50,90 – 12,99 = 37,91 m) avendo assunto con 50,90 m s.m.m. la quota di talweg del rio all'altezza dello stramazzo di presa e con 12,99 m s.m.m. la quota di imbocco della galleria d derivazione a valle della camera di dissipazione prevista al piede del pozzo. Tale pozzo, come i pozzi previsti nelle altre opere di presa e i pozzi di accesso ad esclusione di quelli previsti sul Rio Noce, sarà realizzato mediante l'impiego di una testa fresante. L'imbocco del pozzo sarà rivestito con una piastra in acciaio inox, mentre le pareti del pozzo saranno realizzate in c.a. autocompattante.

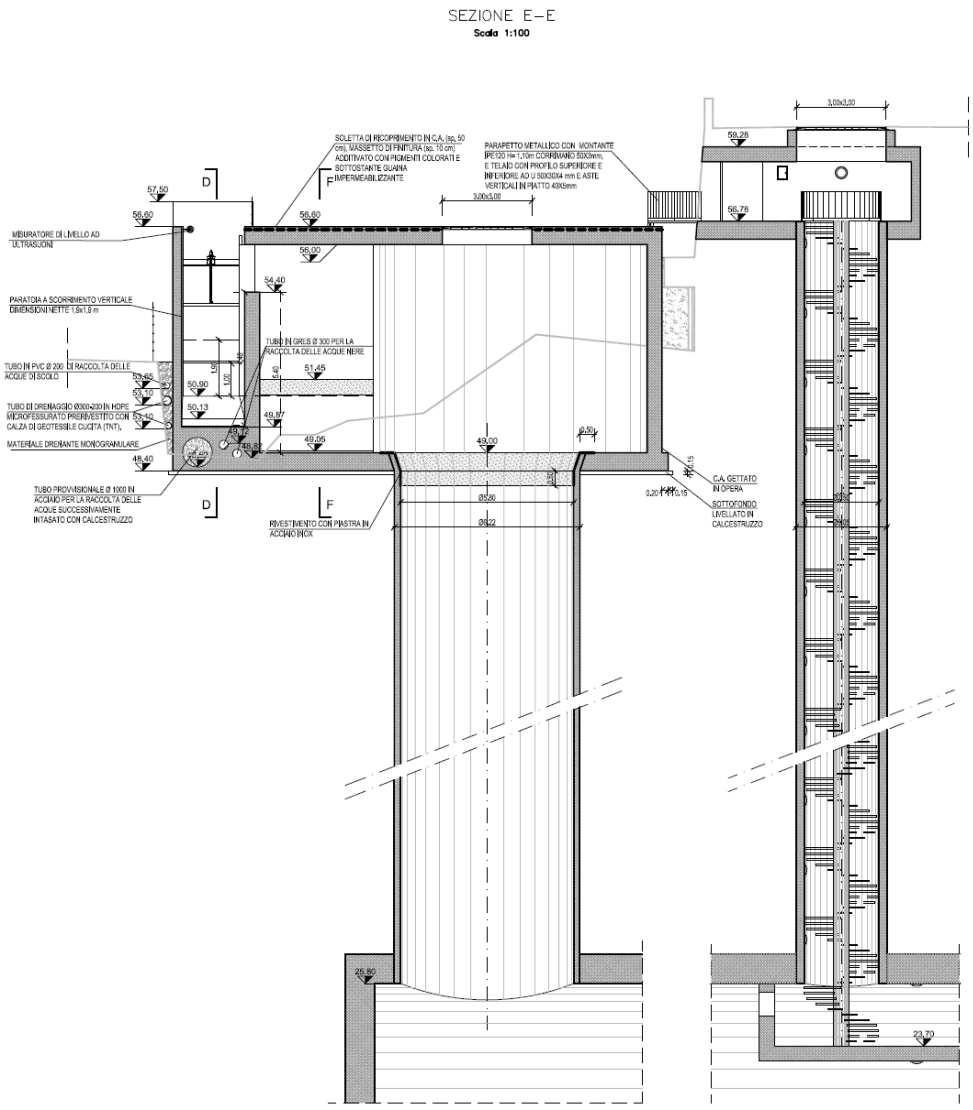


FIG. 3.1 - GEOMETRIA DEL POZZO DI PRESA FEREGGIANO

Il canale di imbocco al vortice e la camera del vortice sono state coperte rispettivamente con un grigliato carrabile e con una soletta carrabile in c.a., il cui intradosso è posto alla quota 56,00 m s.m.m. Tale copertura è dotata di una apertura 3x3 m per permettere l'accesso ai piccoli mezzi nel pozzo, anch'essa ricoperta da una griglia carrabile. Al fine di evitare cadute dall'alto la copertura sarà dotata di parapetto metallico.

Per consentire l'ingresso dei mezzi ai luoghi in cui è ubicato il manufatto di presa saranno realizzate due piste di servizio, la prima collega il piano stradale a quota 58,70 m s.m.m. al piano di copertura del manufatto a quota 56,60 m s.m.m.(pend. 0,17); tale pista avrà una larghezza minima di 3 m e una lunghezza di circa 12 m.

La seconda, che dalla copertura del manufatto porta al fondo dell'alveo, avrà una pendenza media pari a 0,23. Tale pista avrà lunghezza pari a 35 m e larghezza pari a 2,50 m. Quest'ultima pista sarà sostenuta da un muro di altezza variabile e spessore 0,50 m, mentre l'altra si appoggerà alla struttura del manufatto. La prima pista consentirà l'accesso ad un piazzale posto a quota 56,60 m s.m.m. Entrambe le piste e il piazzale saranno rivestite con una pavimentazione in autobloccanti drenanti in calcestruzzo inerbiti. Le piste saranno datate di parapetto metallico.
A valle del canale in c.a. che recapita le acque in alveo, sarà realizzato un nuovo muro in destra idraulica a sostegno di quello esistente realizzato in pietrame che è risultato instabile.
Inoltre è previsto un sistema di raccolta delle acque di drenaggio della strada che attualmente vengono recapitate in alveo. In particolare gli scarichi presenti attualmente sul muro in destra idraulica saranno raccolti da una canaletta in calcestruzzo realizzata in adiacenza al canale in c.a.. Tale canaletta di pendenza pari a 0,04 recapiterà le acque raccolte, in una tubazione in PVC ϕ 200 posizionato dietro il muro in c.a. che viene realizzato a sostegno del muro esistente.
Inoltre, al fine di drenare le acque convogliate in alveo da tubi di drenaggio che attraversano il muro in pietrame, saranno posizionati due tubi drenanti in HDPE microfessurati pre-rivestiti con calza di geotessile cucita. In questo tratto l'intercapedine tra il muro in progetto e quello esistente sarà riempita con materiale drenante monogranulare avvolto in geotessile.
Le opere descritte sono riportate graficamente nelle tavole PD1 DS 350-364.

3.1.2. Camera di dissipazione

La corrente in caduta dal pozzo verrà recapitata nella camera di dissipazione. La geometria di tale camera è stata pensata in modo tale che si formi al suo interno un cuscino d'acqua che permetta la dissipazione dell'energia della corrente in caduta dal pozzo, prima che questa entri nella galleria di collegamento allo scolmatore in progetto. Allo scopo è stato previsto un gradino, posto alla quota di partenza della galleria di collegamento, che permette di creare un cuscino d'acqua di profondità almeno pari a 0,10 volte l'altezza di caduta della corrente.
Come illustrato nella relazione idraulica, tale camera è stata progettata di lunghezza netta almeno pari a 4 volte il diametro del pozzo (Hager, 1985) e di forma policentrica, al fine di una sua più facile realizzazione; il diametro di tale camera è stato dimensionato in modo tale che la distanza tra il cielo della camera e il fondo della galleria di collegamento all'imbocco risultasse almeno pari a circa 2 volte il

diametro del pozzo (Hager, 1985). Inoltre al fine di permettere l'accesso alla camera da parte degli addetti alla manutenzione si è deciso di ricavare sul cielo della camera un camminamento. Per tale ragione il diametro della camera è divenuto 15,80 m, garantendo così un franco idraulico almeno pari a 2 metri rispetto il camminamento.
Il pavimento del camminamento è stato rivestito con resina antiscivolo. Sul pavimento di tale passerella è stato posizionato un grigliato in acciaio antisdrucciolo di dimensioni 4x1 m che permette il passaggio dell'aria trascinata dalla corrente in caduta nel pozzo. Mediante il sistema di scale descritto in precedenza è così possibile raggiungere il piano posto alla quota di imbocco della galleria di collegamento. Tale piano, di lunghezza pari a 5,20 m sarà ottenuto mediante riempimento con calcestruzzo di secondo getto.
Le parti più sollecitate dalla corrente, quali l'imbocco della galleria e ed il gradino che permette la formazione del cuscino d'acqua, saranno rivestiti con piastre e angolari in acciaio inox. Per consentire l'accesso al fondo della camera di dissipazione è stata collocata una scaletta a pioli in acciaio inox.

3.1.3. Cameretta con scale di accesso

Come precedentemente descritto, il manufatto sarà dotato di scale di servizio per l'accesso dalla superficie alla camera di dissipazione. L'accesso alla scala di servizio avverrà attraverso una cameretta interrata, posta al di sotto di via Ginestrato, di dimensioni interne 4,70 m x 5,00 m x 2,0 m.
La scavo di tale camera sarà realizzato dal piano stradale, previo consolidamento delle pareti dello scavo. La camera sarà dotata di cancello in acciaio zincato a caldo dal piazzale a quota 56,60 m s.m.m.. Tale scelta è stata dettata dalla necessità di permettere il transito di aria dalla camera dissipazione e all'imbocco della galleria di collegamento dell'opera di presa alla galleria principale.
Al fine di accedere alla camera sarà inoltre posizionata una passerella in grigliato antisdrucciolo che permetterà di collegare la camera alla copertura del manufatto.
All'interno della camera sarà posizionato il quadro elettrico. La cameretta sarà infine dotata di una botola di dimensione netta 3x3 con chiusini modulari in ghisa posta al di sopra della scala, che permetterà le eventuali operazioni di manutenzione straordinaria. Il manufatto sarà dotato di scale di accesso al pozzo che partono dalla cameretta di accesso e terminano sulla soletta ricavata sul cielo della camera di dissipazione delle acque.

Nel caso del torrente Fereggiano le scale partono da quota 56,78 m s.m.m. ed arrivano alla soletta della camera di dissipazione posta a quota 23,70 m s.m.m..

3.1.4. Sistemazione dell'alveo e deviazione della fognatura

A monte dell'opera in oggetto è stata prevista una risagomatura e il rivestimento del fondo dell'alveo mediante un selciatone in pietrame dello spessore di 20 cm, per un tratto di circa 100 m, lungo tutto il tratto di alveo coperto. Ciò al fine di regolarizzarne il fondo e controllare le caratteristiche idrauliche della corrente in arrivo. Tale tratto di alveo avrà pendenza pari a 0,02. Inoltre è previsto il rivestimento dei muri della copertura, per una altezza pari a 2 m, e della ciabatta del muro mediante posa di rete elettrosaldata e spritz - beton fibrorinforzato con aggregati di tipo basaltico. Tale operazione sarà preceduta da idropulizia della superficie volta alla rimozione di eventuali muschi e licheni presenti, trattamento delle armature ammalorate ed eventuale ripristino delle porzioni ammalorate delle pareti e della ciabatta del muro.
A valle dell'opera di presa, per un ulteriore tratto di alveo di lunghezza pari a 40 m circa è prevista la risagomatura ed il rivestimento del fondo con selciatone in pietrame in analogia al tratto di monte, prevedendo una sezione con un alveo di magra, di larghezza variabile da 1,90 m a 4 m e altezza pari a 0,70 m.
E' previsto infine il ricollocamento della tubazione di raccolta delle acque nere di diametro interno 300 m in gres, portandola in adiacenza alla ciabatta sinistra del muro che sorregge la copertura esistente, (dal picch. 1 al picch. 9). Dal picch. 9 la tubazione si porta in centro dell'alveo e dal picch. 14 al di sotto del canale in c.a.; dal picchetto 15 sarà di nuovo posizionata al di sotto del selciatone portandosi in sponda sinistra. Le acque convogliate da tale tubazione saranno infine recapitate nella tubazione esistente, al pozzetto ubicato al picchetto 23.
Nel pozzetto al picchetto 17 verrà recapitata anche una fognatura nera che attualmente si immette nella tubazione deviata nel punto in cui l'alveo diventa a cielo aperto. Al fine di effettuare le lavorazioni in asciutta per tutto il tratto in progetto è stato collocata al di sotto dell'alveo una tubazione ϕ 1000 mm in acciaio, in grado di smaltire la portata di magra del torrente, che verrà intasata con calcestruzzo alla fine dei lavori.

3.2. Il manufatto di presa ed il pozzo a vortice sul Rio Rovare

3.2.1. Il manufatto di presa ed il pozzo a vortice

In accordo con quanto previsto nel progetto preliminare l'opera di presa è stata posizionata in prossimità di Via Donghi, in corrispondenza della curva e del piazzale ove inizia Via Berghini. L'area attualmente destinata in parte a parcheggio ed in parte utilizzata per capolinea di autobus ha infatti una estensione tale da consentire la realizzazione del pozzo di presa permettendo il mantenimento della viabilità locale e degli accessi carrai.

Come già anticipato, l'opera di presa in progetto è stata pensata in modo che la quasi totalità della portata di progetto defluisca nel canale di alimentazione del pozzo. L'opera di derivazione è stata verificata sia per la portata di progetto (Q_p=26 m^3/s), che per portate minori.

L'approfondimento della topografia dei luoghi e un rilievo planoaltimetrico più dettagliato del tratto tombato dell'alveo in oggetto hanno consentito la precisa ubicazione del manufatto. In particolare la pendenza del tratto tombato al di sotto di Via Berno (pari a 0,30) ha reso necessaria la realizzazione di un manufatto che permettesse di dissipare l'energia della corrente veloce in arrivo, prima di collegarsi nel canale di accesso al vortice in corrente lenta.

Poiché il Rovare nella zona in cui dovrà essere intercettato (lungo la via Berno) corre al di sotto di edifici e parcheggi, si è ritenuto di sostituire un tratto del corso d'acqua in oggetto con uno scatolare, posizionato al di sotto della strada, che in primo momento ha assunto dimensioni analoghe all'esistente (sez. rettangolare 2 x 2 m, i = 0,175 e 0,092). La geometria di questo canale è stata poi modificata a seguito dei risultati della modellazione fisica. Il canale per i primi 9 m avrà sezione quadrata di dimensioni 2,00x2,00 m e, dopo aver realizzato un salto di 1,00 m, adotterà una sezione rettangolare 2,00x3,00 m per un tratto di lunghezza pari a 13 m e pendenza pari a 0,092; il fondo del canale compierà quindi due salti di 1,95 m con sviluppo orizzontale pari a 5 m ciascuno, e pendenza pari a 0,005.

Il tratto di corso d'acqua esistente che verrà abbandonato, in parte verrà demolito ed in parte intasato con calcestruzzo.

Per quanto riguarda il funzionamento idraulico del manufatto in esame, la portata ordinaria, assunta pari a circa 0,30 m^3/s, defluirà attraverso una luce praticata sul fondo. Per valori di portata inferiori alla Q_i (=0,07 m^3/s) tutta la corrente cadrà liberamente nel canale sottostante, attraverso la luce di fondo, e quindi in una tubazione di diametro pari a 500 mm che troverà recapito immediatamente a valle nel

Rovare tombato. Per portate maggiori in arrivo, solo un'aliquota di queste verrà intercettata dalla luce mentre la maggior parte oltrepasserà la luce, procedendo verso il pozzo di salto.

I manufatti di questo tipo sfruttano il principio che per portate maggiori di Q_i la velocità è più elevata di quella di magra, e quindi le traiettorie inferiori dei filetti fluidi sono più tese e tendono perciò a saltare l'orifizio. Le dimensioni stimate della luce sono state verificate mediante la realizzazione del modello fisico. Dai risultati del modello è emerso che la luce deve avere una dimensione 2,00x0,30 m.

Lo scaricatore, seppure fisso e privo di organi mobili durante l'esercizio, è provvisto di una piastra in acciaio inox rimovibile (dimensioni 2,00 x 0,60 m) che permetterà le operazioni di manutenzione ed eventualmente di variare le dimensioni della luce di fondo nel caso in cui si volessero modificare la regolazione della derivazione.

Per valori maggiori di Q_i l'eccesso di portata proseguirà oltre la luce di fondo e, cadendo in un pozzo di raggio interno pari a 6 m, supererà un dislivello di circa 5 m. Essendo il fondo del suddetto pozzo a una quota pari a -4 m, rispetto il fondo del canale in uscita si creerà un cuscino di acqua in grado di dissipare buona parte dell'energia della corrente proveniente da monte. È previsto, inoltre, il rivestimento in acciaio della parete del pozzo sulla quale batterà la corrente veloce in arrivo da monte, al fine di evitare l'ammaloramento della stessa.

Dal suddetto pozzo partiranno rispettivamente il nuovo canale, di dimensioni 2x2 m che troverà recapito nel Rovare esistente e il canale di imbocco al vortice.

All'ingresso di entrambi i canali è stato previsto il posizionamento di un dispositivo di intercettazione : in fase di manutenzione dell'opera in progetto, verrà chiuso l'accesso al vortice, mediante il posizionamento di n. 6 panconi di altezza pari a 1,10 m ciascuno, e la corrente sarà convogliata nel corso d'acqua tombato. Viceversa attraverso la chiusura della paratoia sul Rovare e dell'ulteriore paratoia prevista sulla tubazione ϕ 500, che convoglia le acque nere nel Rovare, sarà possibile convogliare tutta la corrente in galleria.

In condizioni di funzionamento ordinario invece, la portata sarà convogliata nel canale di imbocco al vortice e sarà impedito l'accesso al Rovare delle acque eccedenti Q_i/Q_v. Il canale di accesso al vortice è costituito da una struttura in c.a. lungo 30 m, di dimensioni pari a 2,70 x 5,30 m e pendenza 0,001, in grado di convogliare la portata duecentennale garantendo un franco minimo di 1 m. In corrispondenza della portata di dimensionamento, all'interno di tale canale si instaureranno le condizioni ottimali per il funzionamento dell'opera di presa.

Il pozzo, di diametro pari a 2,90 m, è ubicato in sinistra idraulica rispetto al canale a debole pendenza, e scarica in una camera di fondo a valle della quale parte la galleria di collegamento allo scolmatore principale. Il pozzo permetterà alla corrente derivata di superare un dislivello di 38 m circa. L'imbocco al pozzo sarà rivestito con una piastra in acciaio inox, mentre le sue pareti saranno realizzate in c.a. autocompattante.

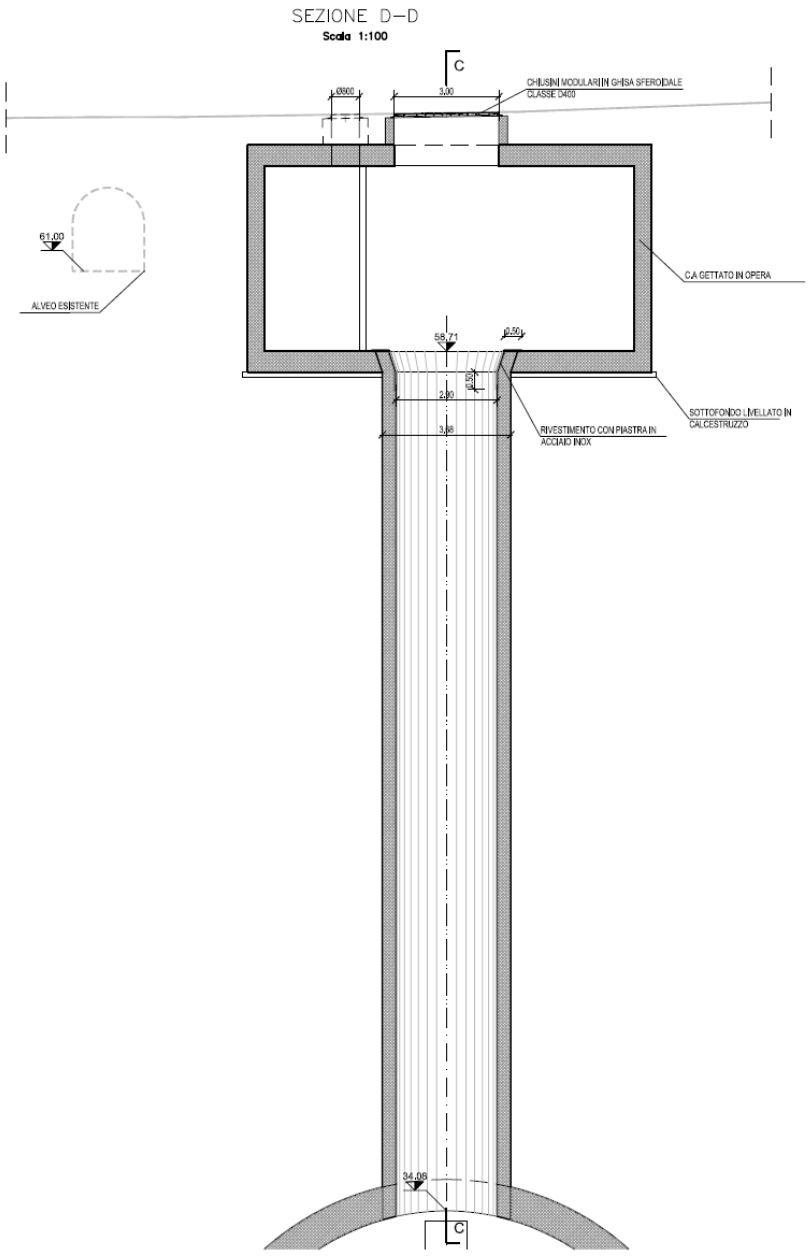


FIG. 3.2 - GEOMETRIA DEL POZZO DI PRESA ROVARE

L'accesso all'opera è garantito da una serie pozzetti, sormontati da chiusini in ghisa sferoidale, forniti di scalette a pioli retraibili. Sia sul pozzo di dissipazione che sul pozzo a vortice che sulle paratoie saranno posizionati dei chiusini modulari in ghisa che consentiranno di calare materiale o mezzi e di accedere alle paratoie, al fine di poterle manovrare.

3.2.2. Camera di dissipazione

La camera di fondo ha la funzione di dissipare l'energia della corrente incidente.
Tale camera ha assunto in fase preliminare forma cilindrica di diametro pari a 10 m e una lunghezza di 15 m con il fondo a – 4 m rispetto la quota di partenza della galleria di collegamento. In tal modo si garantisce la formazione di un cuscino d'acqua, di una profondità almeno pari a 0,10 volte la profondità di caduta della corrente, necessario per dissipare l'energia della corrente sul fondo della camera stessa ed evitare fenomeni di erosione.
Per esigenze idrauliche emerse dopo la realizzazione delle prove sul modello fisico, e per ragioni realizzative si è variata la geometria della camera di dissipazione rispetto a quella definita nella prima fase del progetto definitivo; la sezione della camera è divenuta policentrica, con un diametro maggiore e pari a 13,40 m; la lunghezza effettiva della camera è rimasta invariata.
In particolare al fine di permettere l'accesso alla camera da parte degli addetti alla manutenzione si è deciso di ricavare sul cielo della camera un camminamento. Il pavimento del camminamento è stato rivestito con resina antiscivolo. Sul pavimento di tale passerella è stato posizionato un grigliato in acciaio antisdrucciolo di dimensioni 2x1 m che permette il passaggio dell'aria trascinata dalla corrente in caduta nel pozzo.
Mediante un sistema di scale è così possibile raggiungere il piano posto alla quota di imbocco della galleria di collegamento. Tale piano, di lunghezza pari a 5 m sarà ottenuto mediante riempimento con calcestruzzo di secondo getto. Le parti più sollecitate dalla corrente, quali l'imbocco della galleria e ed il gradino che permette la formazione del cuscino d'acqua, saranno rivestiti con piastre e angolari in acciaio inox. Per consentire l'accesso al fondo della camera di dissipazione è stata collocata una scaletta a pioli in acciaio inox.
Infine, per garantire l'aerazione dell'imbocco della galleria di collegamento dell'opera di presa alla galleria principale, è stato posizionata una tubazione ϕ1200 in acciaio.

3.2.3. Cameretta con scale di accesso

L'accesso alla scala di servizio avverrà attraverso una cameretta interrata, posta al di sotto del piazzale degli autobus, di dimensioni interne 4,70 m x 5,00 m x 2,40 m. La scavo di tale camera sarà realizzato dal piano stradale, previo consolidamento delle pareti dello scavo. La cameretta sarà dotata di chiusino circolare in ghisa e scaletta alla marinara.
Sul cielo della cameretta è stato realizzato un camino di dimensioni planimetriche interne 3,90x0,45 m e altezza pari a circa 3 m; in sommità a tale struttura è prevista una griglia che permetterà il transito di aria dalla camera dissipazione e all'imbocco della galleria di collegamento dell'opera di presa alla galleria principale. All'interno della camera sarà posizionato il quadro elettrico.
La cameretta sarà infine dotata di una botola di dimensione netta 3,00x3,00 m con chiusini modulari posta al di sopra della scala, che permetterà le eventuali operazioni di manutenzione della scala. All'interno della cameretta sarà possibile alloggiare i panconi per la manutenzione del pozzo a vortice. Il manufatto sarà dotato di scale di accesso al pozzo che partono dalla cameretta di accesso e terminano sulla soletta ricavata sul cielo della camera di dissipazione delle acque.
Nel caso del rio Rovare le scale partono da quota 62,90 m s.m.m. ed arrivano alla soletta della camera di dissipazione posta a quota 27,98 m s.m.m..

3.3. Il manufatto di presa sul Rio Noce

3.3.1. Il manufatto di presa

Colloqui con i tecnici del Comune di Genova hanno confermato che il punto migliore per la derivazione delle portate del Rio Noce rimane quello in corrispondenza del pozzo Carena. Tale soluzione si sposa con il progetto del by pass che termina appunto nel pozzo.
L'opera di derivazione è stata verificata sia per la portata di progetto (Q_p= 23 m^3/s) che per portate minori. La tipologia del manufatto di derivazione è analoga a quelle precedentemente descritte.
L'opera di presa in progetto, come già illustrato, era stata pensata in modo che la quasi totalità della portata di progetto defluisse nel canale di alimentazione del pozzo a vortice. Nella fase preliminare di progettazione era stato previsto infatti che la portata ordinaria, assunta pari a circa 0,30 m^3/s, sarebbe defluita a valle dell'opera di presa attraverso una luce di fondo opportunamente dimensionata

mediante una sagomatura del fondo dello scatolare in progetto. Quando la portata Qi (=0,10 m/s) fosse superata, l'eccesso di portata sarebbe stato convogliato nel canale di alimentazione del pozzo a vortice. La portata transitata attraverso la luce di fondo veniva quindi convogliata in una tubazione di diametro pari a Ø500 mm, fino a ricondursi, a valle del manufatto di presa, nel canale esistente e opportunamente ricollocato all'interno del pozzo Carena.

Durante successivi incontri, il Comune di Genova ha chiesto invece che l'opera di captazione in progetto non sia dotata della luce di fondo per la derivazione della portata ordinaria in quanto tale portata sarà recapitata nell'alveo esistente a monte dell'opera in oggetto. Inoltre è stato deciso che il tratto di canale di imbocco al vortice, fino all'ingresso del pozzo Carena sarà realizzato insieme con le opere di by pass previste nel progetto sopra citato, e quindi rientrerà in tale appalto.

Lo scatolare in progetto, realizzato sulla traccia del microtunnel previsto in altra progettazione, ha dimensioni pari a 2,20 x 4,63 m. La sezione di tale scatolare permette il convogliamento della portata massima di progetto garantendo un franco idraulico di 1 m. Il primo tratto di tale scatolare, che si estende per 15 m, sarà a forte pendenza (pendenza pari a 0,015), mentre il secondo tratto, di lunghezza pari a 20 m, e che costituisce il canale di imbocco al vortice, avrà una debole pendenza pari a 0,0027.

Il manufatto ubicato all'interno del pozzo Carena sarà coperto mediante una soletta in c.a., il cui intradosso è posto alla quota 35,40 m s.m.m.. Tale copertura è dotata di un chiusino per permettere l'accesso nel canale di persone.

Al fine di evitare cadute dall'alto la copertura sarà dotata di parapetto metallico.

Il pozzo a vortice, di diametro interno pari a 3,40 m, è ubicato in sinistra idraulica e scarica in una camera di fondo a valle della quale parte la galleria di collegamento con la galleria principale. Il pozzo permetterà alla corrente derivata di superare un dislivello di 15 m circa. L'imbocco al pozzo sarà rivestito con una piastra in acciaio inox, mentre le pareti del pozzo saranno realizzate in c.a. autocompattante. Il pozzo a vortice e il pozzo di acceso verranno realizzati, previo consolidamento con micropali, scavando a sezione piena e posando delle centine metalliche. In seguito le centine verranno ricoperte con una rete elettrosaldata e con spritz beton, a cui seguirà il getto del rivestimento definitivo.

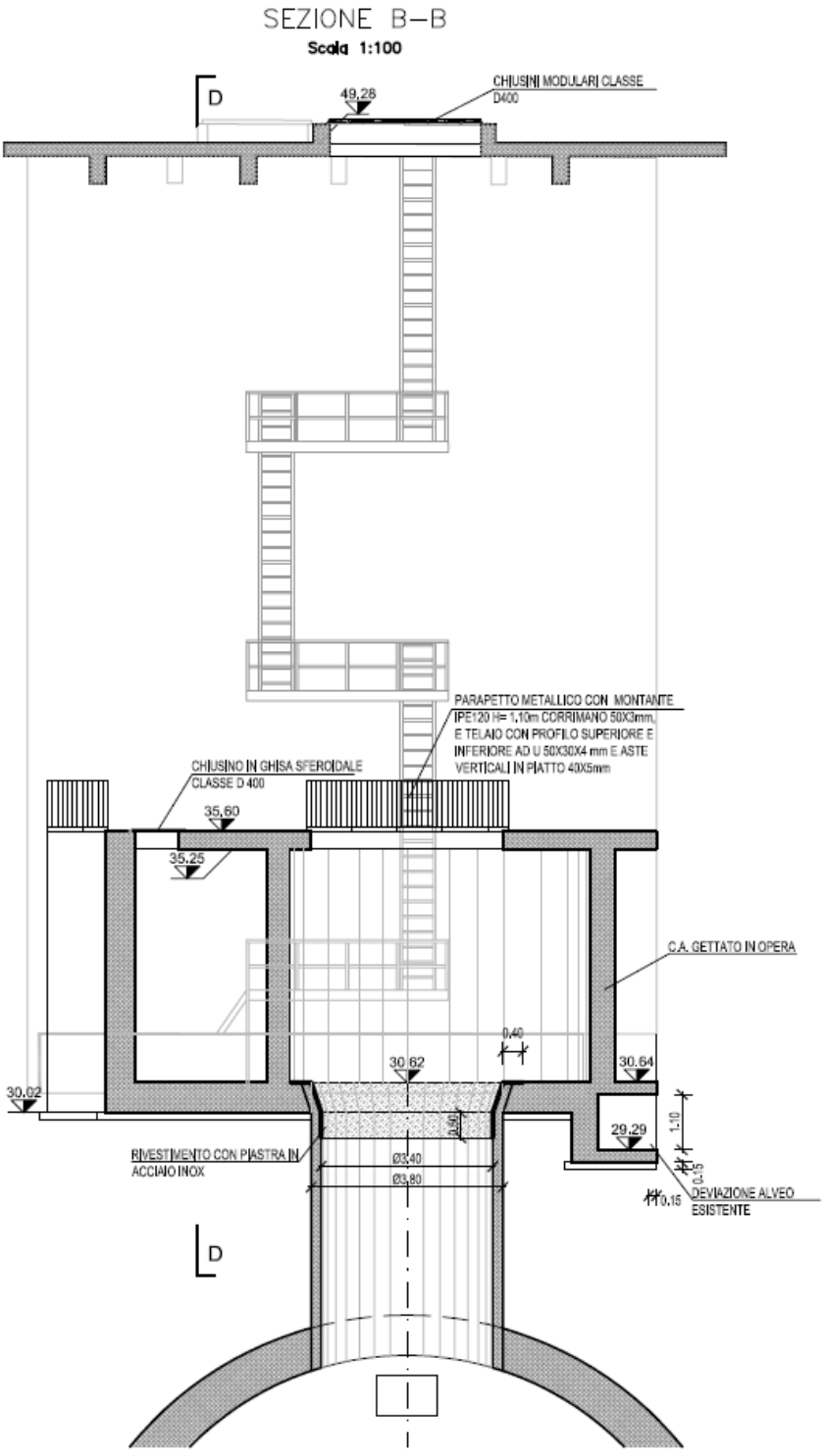


FIG. 3.3 - GEOMETRIA DEL POZZO DI PRESA NOCE

3.3.2. Camera di dissipazione

La geometria della camera di sbocco delle acque provenienti dal pozzo è stata pensata in modo tale che si formi al suo interno un cuscino d'acqua che permetta la dissipazione dell'energia della corrente in caduta dal pozzo, prima che questa entri nella galleria di collegamento allo scolmatore in progetto. Tale camera è stata progettata di lunghezza almeno pari a 4 volte il diametro del pozzo (Hager, 1985) e di forma pseudo-circolare, al fine di una sua più facile realizzazione; il diametro di tale camera è stato dimensionato in modo tale che la distanza tra il cielo della camera e il fondo della galleria di collegamento all'imbocco risultasse almeno pari a circa 2 volte il diametro del pozzo (Hager, 1985). Si è quindi previsto di realizzare un gradino che permettesse di creare un cuscino d'acqua di una profondità almeno pari a 0,10 volte la profondità di caduta della corrente (2,50 m). La camera di fondo ha assunto quindi inizialmente una forma circolare di diametro pari 8,50 m e di lunghezza pari a 15 m. Tale sezione adottata per la camera di sbocco delle acque è stata verificata con l'impiego del modello fisico. Per esigenze idrauliche emerse dopo la realizzazione delle prove sul modello fisico, e per ragioni realizzative si è variata la geometria della camera di dissipazione rispetto a quella definita nella prima fase del progetto definitivo; la sezione della camera è divenuta policentrica, con un diametro maggiore e pari a 12,00 m; la lunghezza effettiva della camera è rimasta invariata.

Infatti al fine di permettere l'accesso alla camera da parte degli addetti alla manutenzione si è deciso di ricavare sul cielo della camera un camminamento; per tale ragione il diametro della camera è divenuto 12,00 m, garantendo così un franco idraulico almeno pari a 2 metri rispetto il camminamento. Il pavimento del camminamento è stato rivestito con resina antiscivolo. Sul pavimento di tale passerella è stato posizionato un grigliato in acciaio antisdrucciolo di dimensioni 2,00x1,00 m che permette il passaggio dell'aria trascinata dalla corrente in caduta nel pozzo.

Mediante un sistema di scale è così possibile raggiungere il piano posto alla quota di imbocco della galleria di collegamento.

Tale piano, di lunghezza pari a 5,00 m sarà ottenuto mediante riempimento con calcestruzzo di secondo getto. Le parti più sollecitate dalla corrente, quali l'imbocco della galleria e ed il gradino che permette la formazione del cuscino d'acqua, saranno rivestiti con piastre e angolari in acciaio inox. Per consentire l'accesso al fondo della camera di dissipazione è stata collocata una scaletta a pioli in acciaio inox.

3.3.3. Cameretta con scale di accesso

L'accesso alla scala di servizio avverrà attraverso una cameretta interrata, posta in parte sul marciapiede di corso Europa, di dimensioni interne 4,70 m x 5,00 m x 2,00 m. La scavo di tale camera sarà realizzato dal piano stradale, previo consolidamento delle pareti dello scavo. La cameretta sarà dotata di chiusino circolare in ghisa e scaletta alla marinara.

Sul cielo della cameretta è stato realizzato un camino di dimensioni planimetriche interne 1,50x0,40 m e altezza pari a 2,00 m. In sommità a tale struttura è prevista una griglia che permetterà il transito di aria dalla camera dissipazione e all'imbocco della galleria di collegamento dell'opera di presa alla galleria principale. All'interno della camera sarà posizionato il quadro elettrico. La cameretta sarà infine dotata di una botola di dimensioni netta 3,00x3,00 m, con chiusini modulari posta al di sopra della scala, che permetterà le eventuali operazioni di manutenzione della scala. Il manufatto sarà dotato di scale di accesso al pozzo che partono dalla cameretta di accesso e terminano sulla soletta ricavata sul cielo della camera di dissipazione delle acque.

Nel caso del rio Noce le scale partono da quota 46,58 m s.m.m. ed arrivano alla soletta della camera di dissipazione posta a quota 23,00 m s.m.m.

4. OPERA DI SBOCCO A MARE

L'ubicazione del manufatto di sbocco a mare è stata mantenuta in corrispondenza dell'attuale sbocco a mare del deviatore del torrente Fereggiano (nei pressi dello stabilimento balneare Benvenuto), secondo quanto già previsto in fase di progettazione preliminare dell'intervento e nel PD2007.

La sua costruzione è limitata al tratto più esterno verso mare, fino a m 20 circa dal filo esterno di Corso Italia. Nessuna opera di nuovo attraversamento è prevista sotto Corso Italia.

L'opera di sbocco a mare è costituita dalle seguenti componenti:

- *Costruzione del tratto terminale della galleria principale Bisagno,* come previsto nel PD2007 per circa 100 m, a partire da una sezione posta a circa 20 m verso mare, oltre Corso Italia fino allo sbocco a mare collocato in prossimità dell'attuale isobata – 7,00 m s.m.m. Il prolungamento viene effettuato mantenendo la sezione policentrica con diametro interno 9,50 m prevista per la galleria Bisagno e la pendenza longitudinale pari al 4‰. La quota di scorrimento della galleria in corrispondenza della sezione terminale di sbocco risulta pari a – 6,30 m. s.m.m.

  La galleria risulterà quindi sommersa per circa 2/3 della sua sezione al di sotto del livello medio del mare, risultando di conseguenza in buona parte invisibile sia da terra sia da mare.

  Per ottimizzare l'inserimento visivo dell'opera è previsto il taglio in sagoma della sezione terminale dell'opera inserendola nella nuova scogliera di terra di progetto (caratterizzata da una pendenza 2:1).
- *Opere finalizzate alla chiusura ed all'accesso:* Per lo svolgimento delle operazioni di manutenzione straordinaria nel tratto terminale della galleria Bisagno (al di sotto del livello medio mare) è stato studiato un sistema di panconatura che consentirà la chiusura stagna della sezione terminale di sbocco e la successiva messa in asciutto dello Scolmatore.

  Il sistema di chiusura è costituito da panconi con scorrimento su due guide (gargami) inclinate in acciaio inox alloggiate nelle due "nervature" in c.a. ricavate nel portale in c.a. di sbocco del manufatto, in adiacenza alla sezione terminale della galleria. Lo scorrimento dei panconi avverrà su pattini in polizene (polietilene ad altissima densità), con sistema di posa/recupero mediante trave pescatrice. Tutte le parti immerse del sistema saranno realizzate in acciaio inox, mentre i panconi verranno trattati con zincatura a caldo.

- *avanzamento della linea di costa* e realizzazione di una *nuova scogliera di protezione a terra* con quota di sommità posta a + 5,00 m, costituita da:
  - una mantellata di massi naturali aventi W_{50} = 10,5 t (9,00 ÷ 12,00 t – massima dimensione reperibile per elementi naturali) e con spessore 4,80 m (3 strati);
  - strato filtro costituito da massi 1,00 – 3,00 t dello spessore di 2,00 m;
  - opera di protezione al piede della scogliera realizzata con massi delle stesse caratteristiche di quelli costituenti la mantellata. La sommergenza della berma è pari a – 4,00 m s.m.m.; il suo spessore è stato fissato in 3,20 m (2 strati). Tale opera poggia, se necessario mediante inserimento di uno strato intermedio di massi naturali 1,00 – 3,00 t, sul substrato roccioso sottostante.

  Nelle immediate adiacenze del manufatto di sbocco la scogliera sarà imbasata su un'apposita "tasca" ricavata nella roccia sottostante.
- *ricostruzione dello scalo di alaggio* esistente per garantire la possibilità di accesso al mare alle imbarcazioni. Il nuovo scalo di alaggio viene inserito nella nuova protezione di costa mediante realizzazione di due muri d'ala in c. a..
  Lo scalo è collocato più a ponente rispetto a quello attualmente esistente al fine di consentire la possibilità di discesa a mare anche nel periodo dei lavori di scavo della galleria di adduzione principale e presenta una larghezza di 6 m (in luogo dei 3,70 m ca. attuali) per migliorare l'accesso al mare da parte delle imbarcazioni e dei bagnanti. La pendenza è pari al 10% parte emersa e 25% per l'avanscalo.
  La nuova collocazione della corsia di alaggio rende necessario lo spostamento del tratto finale del rio Marinetta (sezione scatolare 1,50 m x 1,50 m), che verrà leggermente deviato verso est rispetto alla sua attuale posizione.
- *ripristini e sistemazioni esterne* per consentire l'ottimale inserimento dell'opera nel contesto territoriale, garantendo il mantenimento dello stato dei luoghi e la fruibilità in tempo ordinario dell'area a scopo ricreativo e balneare. Tutta la zona di costa attraversata dalla galleria risulterà infatti completamente fruibile con un sovralzo massimo localizzato di circa 1,00 – 1,50 m rispetto alle attuali quote del terreno: peraltro buona parte della striscia che sarà occupata dallo scaricatore è attualmente caratterizzata dalla presenza di attrezzature balneari su due livelli (cabine) realizzate con strutture di grande

impatto predisposte nell'ambito dei lavori di scavo del deviatore del torrente Fereggiano.

L'esecuzione dell'opera di scarico come sopra descritto consentirà il mantenimento delle attuali destinazioni d'uso delle aree, permettendo una migliore riorganizzazione delle strutture balneari (per esempio ricollocando le cabine sostanzialmente nella posizione attuale lungo la striscia di terreno occupata dallo scolmatore).

Con maggior dettaglio le prescrizioni per il calcestruzzo del manufatto (e di tutte le opere disposte sotto la quota del livello medio del mare) sono:

- Resistenza caratteristica Rck : 45 MPa
- Classe di esposizione : XS3-XC4-XA2
- Classe di consistenza : S5 con additivo superfluidificante. Grado di compattazione da garantire g_c=0.98
- Copriferro : 40 mm
- Cemento : Pozzolanico, conforme UN-ENV197/1
- Diametro max aggregati : 25 mm
- Aggregati : basaltici (Los Angeles ≤ 15) conformi UNI8520 parte 2 (categoria A)

Nel tratto terminale dell'opera (ultimi 35 m prima della sezione di sbocco) viene altresì prevista l'esecuzione di un getto di rinfianco, realizzato secondo le prescrizioni sopra riportate, tra la sezione policentrica della galleria ed i diaframmi da realizzarsi in fase costruttiva, a maggior garanzia di stabilità per la parte dell'opera direttamente esposta verso mare. A tal fine, in questo tratto, si procederà inoltre alla realizzazione di ancoraggi in grado di solidarizzare la struttura alla diaframmatura perimetrale ancorata in roccia.

Per lo svolgimento delle operazioni di manutenzione straordinaria nel tratto terminale della galleria (al di sotto del livello medio mare) è stato studiato un sistema di panconatura che consentirà la chiusura stagna della sezione terminale di sbocco e successiva messa in asciutta dello Scolmatore.

Il sistema di chiusura sarà costituito da panconi con scorrimento su due guide (gargami) inclinate in acciaio inox alloggiate nelle due "nervature" in c.a. ricavate nel portale di sbocco del manufatto, in adiacenza alla sezione terminale della galleria. Lo scorrimento dei panconi avverrà su pattini in polizene (polietilene ad al-

tissima densità), con sistema di posa/recupero mediante trave pescatrice. Tutte le parti immerse del sistema saranno realizzate in acciaio inox, mentre i panconi verranno trattati con zincatura a caldo.

La tecnica costruttiva per l'esecuzione del manufatto prevede la realizzazione di una chiusura perimetrale dell'area di lavoro mediante diaframmi intestati in roccia.

L'esecuzione di tale chiusura nella parte terminale dell'opera, esposta verso mare, necessita della preliminare esecuzione di pali a mare ammorsati in roccia e aventi diametro 1.6 m a delimitazione dell'area (per gli ultimi 40 m verso ponente prima della sezione terminale e gli ultimi 70 m lato levante, oltre che per la chiusura "di testa") all'interno della quale verranno successivamente eseguiti i diaframmi e gettato il manufatto. La quota finale dei pali sarà di +3,00 m s.m.m.. A maggior protezione di tale sistema a fronte di condizioni meteomarine avverse e per migliorare la stabilità della paratia di pali, verrà realizzata una protezione temporanea al piede, in corrispondenza della chiusura "di testa", mediante impiego di massi naturali.

A seguito della realizzazione dei pali, si procederà con riempimento dell'area interna ad essi (attualmente occupata dal mare) onde consentire la realizzazione della diaframmatura. Nella zona a tergo dei pali, i diaframmi in c.a. presenteranno spessore s = 1,00 m e verranno collegati con un cordolo di sommità 1,00 x 1,00 m. La diaframmatura nella zona più arretrata (ossia più verso Corso Italia) sarà invece realizzata con spessore s = 0,80 m e cordolo di collegamento 0,80 x 1,00 m. In entrambi i casi verrà impiegato un sistema ad idrofresa per garantire l'ottimale ancoraggio al substrato roccioso, indispensabile per assicurare una buona impermeabilizzazione del sistema di chiusura studiato.

Per contrastare le sollecitazioni esercitate sulla paratia dal terrapieno esterno e dalla scogliera in progetto, nonché quelle connesse all'azione del moto ondoso, verranno impiegati puntoni di contrasto disposti su 3 file, posti ad interasse di 5 m, e realizzati con tubi Ø 700x10 Fe510. Tali puntoni saranno collegati mediante traversi realizzati con profilati HEB 340 Fe430. Il sistema di tirantatura sarà realizzato con tiranti (ammorsati anch'essi in roccia) a 3 trefoli disposti su 3 file nella parte terminale della paratia, e a 4 trefoli disposti su 2 file nella zona più arretrata. I traversi di collegamento dei tiranti saranno costituiti da profilati HEB180 Fe430.

A maggiore protezione della chiusura in occasione di condizioni di mare avverso verrà realizzata una "veletta" in c.a. sul cordolo di sommità dei diaframmi "lato mare", fino alla quota di +4,50 m s.m.m..

L'impermeabilizzazione del fondo dello scavo sarà inoltre assicurata mediante perforazioni e successive iniezioni in roccia di miscele cementizie.
La realizzazione di tale chiusura impermeabile consentirà le operazioni di getto "in asciutta" del manufatto secondo quanto sopra illustrato.
Al termine delle fasi esecutive si procederà alla demolizione dei diaframmi e dei pali posti dinanzi alla sezione di sbocco: in particolare si prevede la demolizione controllata, in subacqueo, della diaframmatura con impiego di filo diamantato o sistema equivalente. La demolizione dei pali verrà invece effettuata in parte da terra ed in parte da mare, con l'assistenza di subacquei durante l'esecuzione del lavoro.

4.1. Nuova scogliera di protezione

La nuova scogliera di protezione di terra presenta una quota di sommità di +5,00 m s.m.m. e risulta costituita da:

- una mantellata di massi naturali aventi peso medio W50 = 10.5 t (9.0 ÷ 12.0 t – massima dimensione reperibile per elementi naturali) e con spessore 4,80 m (3 strati);
- uno strato filtro costituito da massi 1,00 – 3,00 t dello spessore di 2,00 m;
- un' opera di protezione al piede della scogliera realizzata con massi delle stesse caratteristiche di quelli costituenti la mantellata. La sommergenza della berma è pari a – 4,00 m s.m.m.; il suo spessore è stato fissato in 3,20 m (2 strati). Tale opera poggia, se necessario mediante inserimento di uno strato intermedio di massi naturali 1,00 – 3,00 t, sul substrato roccioso sottostante.

Nelle immediate adiacenze del manufatto di sbocco la scogliera sarà imbasata su un'apposita "tasca" ricavata nella roccia sottostante.

4.2. Nuovo scalo di alaggio

Il nuovo scalo di alaggio viene inserito nella nuova protezione di costa mediante realizzazione di due muri d'ala in c.a..
Lo scalo è collocato più a ponente rispetto a quello attualmente esistente al fine di consentire la possibilità di discesa a mare anche nel periodo dei lavori di scavo della galleria di adduzione principale e presenta una larghezza di 6 m (in luogo dei

3.70 m ca. attuali) per migliorare l'accesso al mare da parte delle imbarcazioni e dei bagnanti. La pendenza è pari al 10% parte emersa e 25% per l'avanscalo.

La tecnica costruttiva prevede la spinta da terra della struttura dell'avanscalo mediante martinetti oleodinamici. Tale operazione sarà preceduta da alcune lavorazioni propedeutiche, quali la messa in opera della protezione al piede (berma) dinanzi alla struttura di alaggio e l'esecuzione di un getto subacqueo di regolarizzazione che costituirà il piano di scorrimento dell'avanscalo.
Durante le fasi di getto della struttura, la protezione del cantiere da eventuali condizioni di agitazione ondosa sarà assicurata da palancole poste a chiusura del varco lasciato nella linea di difesa.
Al temine della fase di spinta dell'avanscalo si procederà quindi, previa demolizione della platea di varo e del muro reggispinta, al completamento dello scalo con realizzazione della parte emersa della struttura.
Per le caratteristiche del conglomerato si rimanda a quanto evidenziato al precedente par. **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**.
La nuova collocazione della corsia di alaggio rende necessario lo spostamento del tratto finale del rio Marinetta (sezione scatolare 1,50 m x 1,50 m), che verrà leggermente deviato verso est rispetto alla sua attuale posizione. Viene quindi previsto lo smontaggio e la ricollocazione degli elementi scatolari 1.50x1.50 m del tratto terminale del rio, recentemente oggetto di intervento da parte del Comune di Genova.

4.3. Ripristini e sistemazioni esterne

Al termine dei lavori tutta la zona di costa attraversata dalla galleria risulterà completamente fruibile a scopi balneari e ricreativi, con sovralzi massimi rispetto all'attuale sistemazione della spiaggia quantificabili in 1,00 – 1,50 m.
La sistemazione finale verrà realizzata con impiego di materiale avente caratteristiche granulometriche idonee ai fini della fruibilità balneare della spiaggia.
In corrispondenza porzione di spiaggia posta al di sopra della galleria (attualmente occupata da cabine realizzate con strutture di grande impatto predisposte nell'ambito dei lavori di scavo del deviatore del torrente Fereggiano) verrà invece realizzata una sistemazione mediante gradonatura in c.a., in modo da garantire la stabilità nel tempo dell'intervento.

5. CARATTERISTICHE TECNICHE E PRESTAZIONALI DEI MATERIALI IMPIEGATI

Nel presente capitolo vengono riportate in primo luogo le caratteristiche tecniche e prestazionali dei materiali di più largo impiego nelle diverse opere che compongono l'impianto, quali calcestruzzi, acciaio da armatura, materiali metallici da carpenteria, ecc., e successivamente, quelle relative ai materiali che vengono impiegati nella singola opera.

5.1. Materiali di largo impiego

5.1.1. Calcestruzzi

A. Riferimenti normativi

Il riferimento normativo per i calcestruzzi impiegati nel progetto è costituito dalla norma UNI EN 206-1: *Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità*. In particolare, per i singoli materiali componenti il calcestruzzo valgono i riferimenti normativi e i requisiti riportati nel seguito.

B. Acqua

Riferimento normativo: UNI EN 1008 - *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.*

L'acqua dovrà essere aggiunta nella quantità prescritta in relazione al tipo di conglomerato cementizio, tenendo conto dell'acqua contenuta negli aggregati. Il contenuto di acqua efficace, da utilizzare nella valutazione del rapporto acqua-cemento dei conglomerati, sarà definito (UNI EN 206) come il contenuto totale di acqua nella miscela depurato dell'acqua di assorbimento degli aggregati, ossia, del quantitativo d'acqua necessario per portare gli aggregati dalla condizione di completo essiccamento a quella di s. s. a. (saturo a superficie asciutta), definita come nella norma UNI EN 1097-6.

C. Leganti idraulici

Dovranno corrispondere ai requisiti delle relative *"Norme per l'accettazione dei leganti idraulici"* di cui alla legge 26/5/1965 n° 595 e successive modificazioni e integrazioni. I leganti idraulici si distinguono in:

Cementi (di cui all'art. 1 lettera A), B), C) della legge 595/1965). Dovranno rispondere alle caratteristiche tecniche dettate da:

- D.M. 03/06/1968 che approva le "Nuove norme sui requisiti di accettazione e modalità di prova dei cementi" (G.U. n°180 del 17/7/1968);
- D.M. 20/11/1984 "Modificazione al D.M. 03/06/1968 recante norme sui requisiti di accettazione e modalità di prova dei cementi" (G.U. n°353 del 27/12/1984);
- Avviso di rettifica al D.M. 20/11/1984 (G.U. n°26 del 31/1/1985);
- D.I. 9/3/1988 n° 126 "Regolamento del servizio di controllo e certificazione di qualità dei cementi";
- UNI EN 197-1 - Cemento - composizione, specificazioni e criteri di conformità per cementi comuni.

Agglomerati cementizi e calci idrauliche (di cui all'art. 1 lettera D) e E) della Legge 595/1965). Dovranno rispondere alle caratteristiche dettate dal D.M. 31/08/1972 che approva le "Norme sui requisiti di accettazione e modalità di prova degli agglomerati cementizi e delle calci idrauliche" (G.U. n°287 del 6/11/1972).

I materiali dovranno trovarsi, al momento dell'uso, in perfetto stato di conservazione. Al fine di contenere i gradienti termici che si possono produrre per effetto del riscaldamento prodotto dall'idratazione del cemento, soprattutto nei getti armati di maggiore spessore, si prescrive l'utilizzo di un cemento a basso calore di idratazione del tipo pozzolanico (CEM IV/A) delle classi normali (32.5N) e ad alta resistenza (42.5N), in accordo alla classificazione presente nella norma UNI EN 197-1. Il cemento dovrà, comunque, corrispondere alle norme vigenti ed in particolare a quanto previsto dal D.M. 03/06/1968 e dalle norme UNI EN 197-1 e UNI EN 197-2. Il cemento in sacchi sarà depositato in magazzini asciutti e protetti, in modo da differenziare ogni spedizione giunta al cantiere. Il cemento sfuso sarà fornito ai silos degli impianti ad una temperatura non superiore a 65°C e si

dovrà evitare un lungo periodo di stoccaggio. Il cemento dovrà essere usato nello stesso ordine col quale arriva, per evitare lunghi immagazzinamenti.

D. Aggregati ordinari per la realizzazione di conglomerati cementizi

Gli aggregati da utilizzare nel confezionamento dei calcestruzzi dovranno essere dotati di marchio CE ai sensi della norma UNI EN 12620 e nel rispetto dei limiti previsti dalla UNI 8520/2 per un aggregato di Categoria A.
In particolare, dovrà essere certificata la rispondenza a tutte le prescrizioni relative alle caratteristiche fondamentali (prospetto 1 della UNI 8520/2). Inoltre, dovrà essere certificata la corrispondenza degli aggregati da utilizzare alle seguenti caratteristiche aggiuntive (prospetto 2 della UNI 8520/2):

- potenziale reattività agli alcali;
- contenuto di contaminanti leggeri;
- resistenza ai cicli di gelo-disgelo, ovvero, degradabilità mediante soluzione solfatica;
- resistenza alla frammentazione.

Particolare attenzione dovrà essere posta alla verifica della potenziale reattività agli alcali degli aggregati. Gli aggregati che all'analisi petrografica avranno evidenziato la presenza di minerali potenzialmente reattivi con gli alcali, potranno essere utilizzati solo se risulterà superata la prova di espansione su prismi di malta a lungo termine (UNI 8520/22 p.to 8). Non è ammesso l'utilizzo di aggregati contenenti minerali potenzialmente reattivi che abbiano superato la prova accelerata nemmeno se l'espansione misurata in seguito a tale prova sarà risultata < 0,10%.
Le certificazioni relative alle analisi sopra indicate faranno parte di un dossier di prequalifica delle miscele che l'Impresa dovrà presentare alla Direzione Lavori con congruo anticipo rispetto all'inizio dei getti.
La documentazione relativa alla certificazione degli aggregati dovrà essere mantenuta aggiornata, per tutto l'arco di durata dei lavori, sulla base delle frequenze indicate dalla UNI EN 12620 ai citati prospetti H.1, H.2 e H.3 ed esibita alla Direzione Lavori ad ogni richiesta. Fa eccezione a quanto sopra riportato il controllo del contenuto di cloruri per aggregati di provenienza non marina che, in deroga a quanto disposto al prospetto H2 della citata norma, dovrà essere eseguito con frequenza mensile su prelievi eseguiti direttamente dalle tramogge o dagli eventuali cumuli di stoccaggio presso l'impianto di betonaggio. Per aggregati di provenien-

za marina resta valida la frequenza (settimanale) di controllo definita al prospetto H3 della citata norma. I prelievi del materiale destinato ai controlli devono essere comunque eseguiti dalle tramogge o dagli eventuali cumuli di stoccaggio presso l'impianto di betonaggio.

La curva granulometrica risultante dovrà essere costantemente compresa nel fuso granulometrico utilizzato in fase di qualifica delle miscela approvato dalla Direzione Lavori e dovrà essere verificata con cadenza secondo la normativa vigente. Particolare attenzione dovrà essere rivolta alla granulometria della sabbia, al fine di ridurre al minimo il fenomeno dell'essudazione (bleeding) nel conglomerato cementizio. All'impianto di betonaggio gli aggregati dovranno essere suddivisi in almeno 3 pezzature. La dimensione massima (D_{max}) dell'aggregato sarà quella indicata, per ciascun tipo di miscela, nel presente capitolato e, comunque, rispettosa delle seguenti condizioni:

- minore di 1/5 della dimensione minima delle strutture;
- minore della spaziatura minima tra le barre di armatura, diminuita di 5 mm;
- minore dello spessore del copriferro, diminuito di 5mm.

Nella tabella 1 sono riepilogate le caratteristiche minime che devono essere possedute dagli aggregati con riferimento, ove possibile, alle definizioni e classificazioni contenute nella UNI EN 12620. Vengono, inoltre, indicate le normative di riferimento da utilizzare per l'esecuzione delle prove.

E. Additivi

Dovranno essere impiegati, ove richiesto, additivi dotati di marcatura CE ai sensi della norma UNI EN 934-2. Le caratteristiche degli additivi dovranno essere verificate preliminarmente in sede di qualifica dei conglomerati cementizi. Nel caso di uso contemporaneo di più additivi dovrà essere fornita la prova della loro compatibilità.

TABELLA 1: CARATTERISTICHE MINIME DEGLI AGGREGATI

Caratteristiche	**Prove**	**Norme**	**Limiti (UNI 8520/2) o Categoria (UNI EN 12620)**
Contenuto di minerali nocivi	Analisi petrografica	UNI EN 932-3	gesso e anidride ≤ 0.5% minerali alcali-reattivi: assenti; miche e scisti cristallini ≤ 1.0%
Granulometria	Analisi granulometrica	UNI EN 933-1	Vedi UNI 8520/22
Gelività degli aggregati	Resistenza a i cicli di gelo-disgelo	UNI EN 1367-1	F_4 dopo 10 cicli
	Degradabilità Mediante soluzioni solfatiche	UNI EN 1367-2	MS_{20} dopo 5 cicli
Resistenza all'abrasione	Los Angeles	UNI EN 1097-2 p.to 5	LA_{30}
Presenza di gesso e solfati solubili	Contenuto di solfati solubili in acido	UNI EN 1744-1 p.to 12	$AS_{0,2}$
Contenuto di fini	Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	ES ≥ 80
Qualità dei fini	Valore di blu	UNI EN 933-9	MB ≤ 0,6 cm^3/g di fini
Contenuto di sostanza umica negli aggregati fini	Determinazione colorimetrica	UNI EN 1744-1	Colore della soluzione più chiaro dello standard di riferimento
Reattività agli Alcali	Prova di espansione a lungo termine	UNI 8520/22 p.to 8	Espansione < 0.05% a 3 mesi < 0.10% a 6 mesi
Presenza di cloruri solubili	Analisi chimica	UNI EN 1744-1 p.to 12	Cl^- ≤ 0,03%
Coefficiente di forma	Determinazione dell'indice di forma	UNI EN 933-4	Sl_{20} (D_{max} ≤ 32mm) Sl_{40} (D_{max} ≥ 32mm)
Densità e compattezza aggregati	Misura della massa volumica e assorbimento d'acqua	UNI EN 1097-6	MV > 2500 kg/m^3 Ass < 5% (<1% per aggregati grossi)

E.1 Additivi fluidificanti, superfluidificanti e iperfluidificanti

Allo scopo di realizzare conglomerati cementizi impermeabili e durevoli a basso rapporto a/c ed elevata lavorabilità, si farà costantemente uso di additivi fluidificanti e superfluidificanti conformi alla UNI EN 934-2 prospetti 1, 2, 3.1 e 3.2.
A seconda delle condizioni ambientali e dei tempi di trasporto e lavorazione, potranno essere impiegati anche additivi del tipo ad azione mista fluidificante - ritardante conformi ai requisiti di cui ai prospetti 1, 10, 11.1 e 11.2 della norma UNI EN 934-2 e fluidificante - accelerante. La necessità di provvedere un cambio di additivo tra la stagione estiva e quella invernale dovrà essere presa in considerazione in fase di qualifica della miscela la quale dovrà essere eseguita per due diversi mix: estivo ed invernale. Gli additivi non dovranno contenere cloruri in quantità superiore a quella ammessa dal prospetto 1 della UNI EN 934-2; il loro dosaggio dovrà essere definito in fase di qualifica dei conglomerati cementizi sulla base delle indicazioni del Fornitore.

E.2 Additivi ritardanti e acceleranti di presa e indurimento

Eventuali additivi ritardanti utilizzati, nella stagione calda, in aggiunta ad additivi riduttori d'acqua, dovranno essere conformi ai requisiti di cui al prospetto 9 della UNI EN 934-2. Eventuali additivi acceleranti di presa e indurimento potranno essere utilizzati se viene dimostrato in fase di prequalifica che il loro utilizzo non compromette le resistenze meccaniche a lungo termine rispetto a quelle ottenute in un mix di riferimento privo di acceleranti e se l'aumento del calore di idratazione non compromette gli esiti della prova di misura del ΔT. Gli acceleranti dovranno, comunque, essere conformi ai requisiti di cui al prospetto 8 della UNI EN 934-2.

E.3 Additivi antigelo

Gli additivi antigelo sono particolari acceleranti di presa e indurimento studiati per prevenire gli effetti negativi sul calcestruzzo di una eventuale gelata che si verifichi la notte successiva il getto. Si tenga presente che gli additivi antigelo non abbassano in maniera significativa il punto di congelamento dell'acqua nel calcestruzzo, ma la loro efficacia è legata esclusivamente all'effetto accelerante che consente al calcestruzzo di affrontare l'eventuale gelata con una resistenza mec-

canica sufficiente ad evitare danni legati all'espansione dell'acqua in fase di solidificazione.

Dovranno essere impiegati soltanto su disposizione della Direzione Lavori, che dovrà approvarne preventivamente tipo e dosaggio.

E.4 Additivi viscosizzanti e coadiuvanti di pompaggio

Gli additivi viscosizzanti servono ad eliminare la tendenza alla segregazione dei calcestruzzi ad elevata fluidità (calcestruzzi autocompattanti). Gli additivi coadiuvanti di pompaggio consentono di rendere più stabili conglomerati cementizi fluidi confezionati con bassi dosaggi di cemento consentendone la pompabilità senza segregazione. Gli additivi viscosizzanti e i coadiuvanti di pompaggio da utilizzare in questa sede non dovranno incrementare il contenuto d'aria inglobato nel calcestruzzo di una quantità maggiore del 20% rispetto al valore misurato su un calcestruzzo di pari composizione ma privo dell'additivo viscosizzante o coadiuvante di pompaggio. Una verifica in tal senso è tassativamente richiesta nella fase di prequalifica in laboratorio di tutti i conglomerati in cui si intende utilizzare questo tipo di additivi.

F. Tecnologie esecutive

F.1 Confezione dei conglomerati cementizi

Gli impianti di betonaggio saranno del tipo automatico o semiautomatico, con dosatura a peso degli aggregati, dell'acqua, degli additivi e del cemento; la dosatura del cemento dovrà sempre essere realizzata con bilancia indipendente e di adeguato maggior grado di precisione, dovrà essere controllato il contenuto di umidità degli aggregati.

La dosatura effettiva degli aggregati dovrà essere realizzata con precisione del 3%; quella del cemento con precisione del 2%. Le bilance dovranno essere revisionate almeno una volta ogni due mesi e tarate all'inizio del lavoro e successivamente almeno una volta all'anno. Per l'acqua e gli additivi è ammessa anche la dosatura a volume. La dosatura effettiva dell'acqua dovrà essere realizzata con precisione del 2% ed i relativi dispositivo dovranno essere tarati almeno una volta al

mese o comunque quando richiesto dalla Direzione Lavori. Il dispositivo di misura del cemento, dell'acqua e degli additivi dovranno essere del tipo individuale. Le bilance per la pesatura degli inerti possono essere di tipo cumulativo (peso delle varie pezzature con successione addizionale).

Si dovrà disporre all'impianto, nel caso di guasto dell'apparecchiatura automatica di carico dei componenti, di tabelle riportanti le pesate cumulative dei componenti per tutte le miscele approvate e per le diverse quantità miscelate in funzione della variazione di umidità della sabbia.

Gli inerti dovranno essere tassativamente ed accuratamente lavati in modo tale da eliminare materiali dannosi o polveri aderenti alla superficie. La percentuale di umidità nelle sabbie non dovrà, di massima, superare l'8% in peso di materiale secco. Gli inerti dovranno essere stoccati in quantità sufficiente a completare qualsiasi struttura che debba essere gettata senza interruzioni. Il luogo di deposito dovrà essere di dimensioni adeguate e consentire lo stoccaggio senza segregazione delle diverse pezzature che dovranno essere separate da appositi setti.

Gli aggregati verranno prelevati in modo tale da garantire la rotazione continua dei volumi stoccati. I silos del cemento debbono garantire la perfetta tenuta nei riguardi dell'umidità atmosferica. Gli impasti dovranno essere confezionati in betoniere aventi capacità tale da contenere tutti gli ingredienti della pesata senza debordare.

Il tempo e la velocità di mescolamento dovranno essere tali da produrre un conglomerato rispondente ai requisiti di omogeneità richiesti e, comunque, vagliando a umido due campioni, prelevati a 1/5 e 4/5 dello scarico della betoniera, con un vaglio a maglia quadrata da 4 mm, la percentuale in peso del materiale trattenuto per i due campioni non dovrà differire più del 10%. Inoltre, lo *slump* degli stessi campioni prima della vagliatura non dovrà differire di più di 30 mm.

Per quanto non specificato, vale la Norma UNI 7163 – 79.

L'impasto dovrà risultare di consistenza uniforme ed omogeneo, uniformemente coesivo (tale cioè da essere trasportato e manipolato senza che si verifichi la separazione dei singoli elementi); lavorabile (in maniera che non rimangano vuoti nel-

la massa o sulla superficie dei manufatti dopo eseguita la vibrazione in opera). Se al momento della posa in opera la consistenza del conglomerato cementizio non è quella prescritta, lo stesso non dovrà essere impiegato per l'opera.

La lavorabilità non potrà essere ottenuta con maggiore impiego di acqua di quanto previsto nella composizione del conglomerato cementizio, ma con l'impiego di fluidificanti, superfluidificanti, aeranti e plastificanti approvati. La produzione ed il getto del conglomerato cementizio dovranno essere sospesi nel caso che la temperatura possa scenda al di sotto di 278 K (5 °C), se l'impianto di betonaggio non è dotato di un adeguato sistema di preriscaldamento degli inerti o dell'acqua tale da garantire che la temperatura dell'impasto, al momento del getto sia superiore a 287 K (14 °C).

I getti all'esterno dovranno comunque essere sospesi quando la temperatura scende al di sotto di 263 K (-10 °C).

F.2 Trasporto

Il trasporto dei conglomerati cementizi dall'impianto di betonaggio al luogo di impiego dovrà essere effettuato con mezzi idonei al fine di evitare la possibilità di segregazione dei singoli componenti e comunque tali da evitare ogni possibilità di deterioramento del conglomerato cementizio medesimo. Saranno accettate in funzione della durata e della distanza di trasporto, le autobetoniere e le benne a scarico di fondo ed, eccezionalmente, i nastri trasportatori. Lo scarico dei componenti nel tamburo delle autobetoniere dovrà avvenire in modo che una parte dell'acqua e di aggregato grosso venga scaricata prima del cemento e degli altri aggregati.

Le betoniere dovranno essere esaminate periodicamente per verificare l'eventuale diminuzione di efficacia dovuta sia all'accumulo di conglomerato indurito o legante che per l'usura delle lame.

Ogni carico di conglomerato cementizio dovrà essere accompagnato da una bolla sulla quale dovranno essere riportati:

- data;
- classe di conglomerato;
- tipo, classe e dosaggio di cemento;

- dimensione massima dell'aggregato;
- la classe di consistenza;
- i metri cubi trasportati;
- l'ora di partenza dall'impianto di confezionamento;
- la struttura a cui è destinato.

L'uso delle pompe sarà consentito a condizione che l'impresa adotti provvedimenti idonei a mantenere il valore prestabilito del rapporto acqua/cemento del conglomerato cementizio alla bocca di uscita della pompa. Non saranno ammessi gli autocarri a cassone o gli scivoli. In ogni caso il tempo intercorrente tra il confezionamento all'impianto ed il getto non dovrà essere superiore ai 90 minuti.

F.3 Posa in opera

La posa in opera sarà eseguita con ogni cura ed a regola d'arte, dopo aver preparato accuratamente e rettificati i piani di posa, le casseforme, i cavi da riempire e dopo aver posizionato le armature metalliche. Nel caso di getti contro terra, roccia, ecc., si deve controllare che la pulizia del sottofondo, il posizionamento di eventuali drenaggi, la stesura di materiale isolante o di collegamento, siano eseguiti in conformità alle disposizioni di progetto. Si avrà cura che in nessun caso si verifichino cedimenti dei piani di appoggio e delle pareti di contenimento. Le casseforme dovranno essere atte a garantire superfici di getto regolari ed a perfetta regola d'arte.

Dovranno essere impiegati prodotti disarmanti aventi i requisiti di cui alle specifiche della Norma UNI 8866; le modalità di applicazione dovranno essere quelle indicate dal produttore evitando accuratamente aggiunte eccessive e ristagni di prodotto sul fondo delle casseforme. Il conglomerato cementizio sarà posto in opera e assestato con ogni cura in modo che le superfici esterne si presentino lisce e compatte, omogenee e perfettamente regolari ed esenti anche da macchie o chiazze. Per la finitura superficiale delle solette è prescritto l'uso di piastre vibranti o attrezzature equivalenti.

Eventuali ferri (filo, chiodi, reggette) che con funzione di legatura di collegamento casseri od altro, dovessero sporgere da getti finiti, dovranno essere tagliati almeno 0,5 cm sotto la superficie finita e gli incavi risultanti verranno accuratamente sigil-

lati con malta fine di cemento. Viene poi prescritto che, dovunque sia possibile, gli elementi dei casseri vengano fissati nella esatta posizione prevista utilizzando fili metallici liberi di scorrere entro tubetti di materiale PVC o simile, di colore grigio, destinati a rimanere incorporati nel getto di conglomerato cementizio, armato o non armato.

Lo scarico del conglomerato dal mezzo di trasporto dovrà avvenire con tutti gli accorgimenti atti ad evitare la segregazione. A questo scopo il conglomerato dovrà cadere verticalmente al centro della cassaforma e sarà steso in strati orizzontali di spessore limitato e comunque non superiore a 50 cm misurati dopo la vibrazione. L'altezza di caduta libera del conglomerato fresco non dovrà mai essere superiore a 100 cm misurati dall'uscita dello scivolo o dalla bocca del tubo convogliatore. È vietato scaricare il conglomerato in un unico cumulo e distenderlo con l'impiego del vibratore. Per getti in pendenza, dovranno essere predisposti dei cordolini di arresto che evitino la formazione di lingue di conglomerato cementizio troppo sottili per essere vibrate efficacemente.
Particolare cura dovrà essere posta nella realizzazione dei giunti di dilatazione o contrazione di tipo Impermeabile (waterstop), o giunti speciali aperti, a cunei, secondo le indicazioni di progetto. Quando il conglomerato cementizio deve essere gettato in presenza d'acqua, si dovranno adottare gli accorgimenti necessari per impedire che l'acqua lo dilavi e ne pregiudichi la normale maturazione. La massa volumica del conglomerato cementizio indurito, misurata secondo la Norma UNI 6394 su provini prelevati dalla struttura, non dovrà risultare inferiore al 97% della massa volumica della miscela fresca misurata nelle prove di qualificazione e/o di quella dichiarata nel mix design.

F.4 Posa armature per c.a.

Nella posa in opera delle armature metalliche entro i casseri è prescritto tassativamente l'impiego di opportuni distanziatori prefabbricati in conglomerato cementizio o in materiale plastico; lungo le pareti verticali si dovrà ottenere il necessario distanziamento esclusivamente mediante l'impiego di distanziatori ad anello; sul fondo dei casseri dovranno essere impiegati distanziatori del tipo approvato dalla Direzione Lavori. L'uso dei distanziatori dovrà essere esteso anche alle strutture di fondazione armate.

Copriferro ed interferro dovranno essere dimensionati nel rispetto del disposto di cui alle Norme di esecuzione per c.a. e c.a.p., contenute nelle "Norme Tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche" (D.M. 09/01/96) emanate in applicazione dell'art. 21 della Legge 5.11.1971 n. 1086.

Lo spessore del copriferro, in particolare, dovrà essere correlato allo stato limite di fessurazione del conglomerato, in funzione delle condizioni ambientali in cui verrà a trovarsi la struttura e comunque non dovrà essere inferiore a 3 cm e comunque come indicato dal progettista. Per strutture ubicate in prossimità di litorali marini o in presenza di acque con componenti di natura aggressiva (acque selenitose, solforose, carboniche, ecc.), la distanza minima delle superfici metalliche delle armature dalle facce esterne del conglomerato dovrà essere di 4 cm e comunque come indicato dal progettista.

Le gabbie di armatura dovranno essere, per quanto possibile, composte fuori opera; in ogni caso in corrispondenza di tutti i nodi dovranno essere eseguite legature doppie incrociate in filo di ferro ricotto di diametro non inferiore a 0,6 mm, in modo da garantire la invariabilità della geometria della gabbia durante il getto. Dovranno essere adottati inoltre tutti gli accorgimenti necessari affinché le gabbie mantengano la posizione di progetto all'interno delle casseforme durante le operazioni di getto.

F.5 Stagionatura e disarmo

F.5.1 Prevenzione delle fessure da ritiro plastico

A getto ultimato dovrà essere curata la stagionatura dei conglomerati cementizi in modo da evitare un rapido prosciugamento delle superfici esposte all'aria dei medesimi e la conseguente formazione di fessure da ritiro plastico, usando tutte le cautele ed impiegando i mezzi più idonei allo scopo. A questo fine le superfici del conglomerato cementizio non protette dalle casseforme dovranno essere mantenute umide il più a lungo possibile e comunque per almeno 7 d, sia per mezzo di prodotti antievaporanti (curing), da applicare a spruzzo subito dopo il getto, sia mediante continua bagnatura, sia con altri sistemi idonei. I prodotti antievaporanti

(curing) ed il loro dosaggio dovranno essere conformi a quanto indicato nella Norma UNI 8656 : tipi 1 e 2.

F.5.2 Disarmo

Durante il periodo della stagionatura i getti dovranno essere riparati da possibilità di urti, vibrazioni e sollecitazioni di ogni genere. La rimozione dell'armatura di sostegno dei getti potrà essere effettuata quando siano state sicuramente raggiunte le prescritte resistenze. In assenza di specifici accertamenti, l'Impresa dovrà attenersi a quanto prescritto dal DM 09/01/1996. Si dovrà controllare che il disarmante impiegato non manchi o danneggi la superficie del conglomerato. A tale scopo saranno usati prodotti efficaci per la loro azione chimica, escludendo i lubrificanti di varia natura.

F.5.3 Giunti di discontinuità ed opere accessorie

È tassativamente prescritto che nelle strutture da eseguire con getto di conglomerato cementizio vengano realizzati giunti di discontinuità sia in elevazione che in fondazione onde evitare irregolari e imprevedibili fessurazioni delle strutture stesse per effetto di escursioni termiche, di fenomeni di ritiro e di eventuali assestamenti. Tali giunti vanno praticati ad intervalli ed in posizioni opportunamente scelte tenendo anche conto delle particolarità della struttura (gradonatura della fondazione, ripresa fra vecchie e nuove strutture, attacco dei muri andatori con le spalle dei ponti e viadotti, ecc).

I giunti saranno ottenuti ponendo in opera, con un certo anticipo rispetto al getto, appositi setti di materiale idoneo, da lasciare in posto, in modo da realizzare superfici di discontinuità (piane, a battente, a maschio e femmina, ecc.) affioranti a faccia vista secondo le linee rette continue o spezzate, e devono seguire le indicazioni di progetto.

Solo nel caso in cui è previsto in progetto che il giunto sia munito di apposito manufatto di tenuta o di copertura, l'elenco prezzi allegato a questo Capitolato, prevederà espressamente le voci relative alla speciale conformazione del giunto, unitamente alla fornitura e posa in opera dei manufatti predetti con le specificazioni di tutti i particolari oneri che saranno prescritti per il perfetto definitivo assetto del

giunto. Laddove previsto nel progetto saranno installati manufatti di tenuta o di copertura dei giunti. Questi possono essere costituiti da elastomeri a struttura etilenica (stirolo butiadene), a struttura paraffinica (bitile), a struttura complessa (silicone poliuretano, poliossipropilene, poliossicloropropilene), da elastomeri etilenici cosiddetti protetti (neoprene) o da cloruro di polivinile. In alternativa manufatti predetti, potrà essere previsto l'impiego di sigillanti.

I sigillanti possono essere costituiti da sostanze oleoresinose, bituminose siliconiche a base di elastomeri polimerizzabili o polisolfuri che dovranno assicurare la tenuta all'acqua, l'elasticità sotto le deformazioni previste, una aderenza perfetta alle pareti, ottenuta anche a mezzo di idonei primers, non colabili sotto le più alte temperature previste e non rigidi sotto le più basse, mantenendo il più a lungo possibile nel tempo le caratteristiche di cui sopra dopo la messa in opera.

È tassativamente proibita l'esecuzione di giunti obliqui formanti angolo diedro acuto (muro andatore, spalla ponte obliquo, ecc.). In tali casi occorre sempre modificare l'angolo diedro acuto in modo tale da formare con le superfici esterne delle opere da giuntare angoli diedri non inferiori ad un angolo retto con facce piane di conveniente larghezza in relazione al diametro massimo degli inerti impiegati nel confezionamento del conglomerato cementizio di ogni singola opera.

Nell'esecuzione dei manufatti contro terra si dovrà prevedere in numero sufficiente ed in posizione opportuna l'esecuzione di appositi fori per l'evacuazione delle acque di infiltrazione.

I fori dovranno essere ottenuti mediante preventiva posa in opera nella massa del conglomerato cementizio di tubi a sezione circolare o di profilati di altre sezioni di PVC o simili.

5.1.2. Acciaio da armatura

Le barre di acciaio per armatura dovranno essere esenti da scorie, soffiature, saldature o da qualsiasi altro difetto. Gli acciai destinati ad armature di conglomerati cementizi armati, normali e precompressi, dovranno corrispondere ai requisiti stabiliti dalla Norme Tecniche emanate con D.M. gennaio 1996 in applicazione dell'art. 21 della Legge 5 novembre 1971 n°1086 e da tutte le successive norme e disposizioni che venissero emanate dai competenti organi. In particolare si impie-

gherà, per l'armatura ordinaria, un acciaio in tondi ad aderenza migliorata avente le seguenti caratteristiche:

- FeB44K saldabile
- FeB38K saldabile (per ϕ>26 mm).

Valgono, inoltre, le ulteriori prescrizioni di duttilità per l'armatura relative alla zona sismica:

$f_y/f_{yk} \leq 1.35$; $(f_t/f_y)_{medio} \leq 1.15$;
$f_{y,eff}/f_{y,nom}<1.25$;
$\varepsilon_{su,k}>8\%$

dove si intende:

- fy è il singolo valore di snervamento;
- fyk è il valore nominale di riferimento;
- ft è il singolo valore di tensione a rottura;
- fy,eff è il valore effettivo della resistenza a snervamento;
- fy,nom è il valore nominale della resistenza a snervamento;
- εsu,k è l'allungamento uniforme al carico massimo.

5.1.3. Opere metalliche

La presente norma disciplina la fornitura dei materiali e l'esecuzione delle strutture metalliche, siano esse carpenteria metalli principale, cioè strutture principali portanti, siano esse piccola carpenteria metallica per sottostrutture secondarie e per piccoli manufatti metallici. Esse riguardano non soltanto l'acciaio, ma anche tutti gli altri materiali metallici normalmente impiegati come l'alluminio e sue leghe, l'acciaio inox, il rame ecc.

5.1.3.1 I materiali

A. Acciaio strutturale per carpenterie

Le caratteristiche dei materiali metallici per carpenteria sono indicate sui disegni di progetto e non devono in ogni caso essere inferiori a quelle qui specificate:

- Profili, piatti e tondi, lamiere:

  UNI EN 10025 S355 J0 (ex Fe510)
  $f_y \geq 355$ MPa

UNI EN 10025 S235 J0 (ex Fe360)
$f_y \geq 235$ MPa

- Perni: 38 NrCrMo4 (ex 38 NCD_4 bonificato)
- Viti: classe 10.9÷8.8, secondo EN 20898-1 (UNI 5712)
- Dadi: classe 10÷8, secondo EN 20898-2 (UNI 5713)
- Rondelle: C-50 (HRC 32-40) secondo EN 10083 (UNI 5714)

I materiali metallici per carpenteria dovranno essere esenti da scorie, soffiature, saldature o da qualsiasi altro difetto. Le lamiere, i tubi, i profilati ed i piatti saranno conformi alle norme UNI in vigore.

B. Altri tipi di acciaio

B.1 Acciaio armonico

L'acciaio armonico per c.a.p. sarà conforme alle prescrizioni del D.M. 9 gennaio 1996 relativo a "Norme Tecniche per strutture in c.a. precompresso" che s'intendono qui integralmente riportate. Il lamierino di ferro per formazione di guaine deve essere del tipo laminato a freddo di qualità extra dolce ed avrà spessore 2/10 mm.

B.2 Acciaio per recinzioni

Per i parapetti, ove non si ricorra a tipi speciali, si farà uso di tubi gas commerciali, serie normale, saldati, con riferimento UNI 8863.87. Per i paletti di recinzione si farà ricorso ad acciai tipo 1 con R_{ak} = 37 ÷ 47 conforme alle tabelle UNI 7070/82. Le reti e le lamiere striate per recinzione saranno in acciaio conforme alle tabelle UNI 3598-54 e modifiche successive e saranno rispondenti alle Norme UNI 5334 e successivi aggiornamenti. Il filo spinato sarà in acciaio zincato con resistenza pari a 65 kg/mm^2, Ø 2,4 mm con triboli a 4 spine con filo zincato cotto, intervallati di cm 7.5 disposti in modo da evitare traslazioni o rotazioni rispetto al filo.

B.3 Lamiere grecate zincate per coperture

Le lamiere grecate zincate per coperture saranno costituite da acciaio FeE 280G secondo norma UNI EN 10147, avranno lo spessore stabilito nel progetto, comunque non inferiore a 6/10 mm, greche come da progetto comunque di altezza non inferiore a 55 mm. La lamiera zincata sarà preverniciata nella faccia esposta con vernici resistenti alla nebbia salina (resistenza maggiore di 1000 ore se testata secondo norma ASTM B112.

C. Ghisa

La ghisa dovrà essere di prima qualità e di seconda fusione, dolce, tenace, leggermente malleabile, facilmente lavorabile con la lima e con lo scalpello; di frattura grigia finemente granosa e perfettamente omogenea, esente da screpolature, vene, bolle, sbavature, asperità ed altri difetti capaci di menomarne la resistenza. Dovrà essere inoltre perfettamente modellata. È previsto l'impiego di ghisa grigia e di ghisa grafite sferoidale.

D. Zincatura

La zincatura di profilati ed oggetti di vario genere e minuterie metalliche sarà rispondente alla norma UNI 5744 e suoi aggiornamenti. La zincatura di fili di acciaio sarà rispondente alla norma UNI 7245 e suoi aggiornamenti. Se non altrimenti disposto dovrà essere impiegato filo zincato di classe "P", per ambiente aggressivo, e di classe M, per ambiente normale. È vietato l'impiego del filo zincato di classe L per l'esterno.

Per tutti i manufatti in lamiera zincata quali coperture, condotti, canali di gronda, converse, scossaline, compluvi, infissi, serrande, serbatoi per acqua e simili, se non altrimenti disposto dovranno essere impiegate lamiere zincate secondo il procedimento Sendzimir, e dei tipi commerciale o per profilatura, a seconda delle lavorazioni meccaniche cui il materiale dovrà essere sottoposto. Lo strato di zincatura, inteso come massa di zinco, espressa in grammi al metro quadrato, presente complessivamente sulle due facce della lamiera, se non diversamente specificato per i singoli prodotti, dovrà essere:

- 275 g/m² per zincatura normale;
- 450 g/m² per zincatura denominata "pesante", da impiegarsi per serbatoi di acqua e simili, e per uso in ambiente aggressivo.

È vietato comunque l'impiego di lamiera con strato di zincatura denominato "extra leggero" o "leggero". Per gli spessori delle lamiere devono essere rispettate le tolleranze di cui al punto 5.1 della norma di unificazione: UNI 5753-84 “Prodotti finiti piatti di acciaio non legato laminati a freddo, rivestiti - Lamiere sottili e nastri larghi zincati in continuo per immersione a caldo”. La finitura delle lamiere dovrà essere a superficie stellata e con protezione di passivazione con acido cromico, o a superficie levigata. La massa dell'unità di superficie del rivestimento dovrà avere i seguenti valori minimi:

Tipo di rivestimento		**Z 275**	**Z 450**
Prova a diagonale su 3 campioni			
Valore min. medio delle 3 prove	g/m²	275	450
Valore min. su 1 campione delle 3 prove	g/m²	245	400

Gli spessori richiesti dovranno intendersi al netto della verniciatura. Le lamiere dovranno essere lisce e flessibili.

E. Alluminio e sue leghe

Per le applicazioni che richiedono l'impiego di laminati, di profilati o di sagomati non estrusi di alluminio, dovrà essere impiegato alluminio primario P-ALP 99,5 UNI 9001/2ª parte-87 di cui alla predetta norma di unificazione. Per le leghe leggere varranno le prescrizioni previste dalle norme UNI 9006/4ª parte-87.Lo stato di fornitura e gli eventuali trattamenti anodici saranno prescritti nel progetto, se non altrimenti disposto. L’ossidazione anodica dell'alluminio sarà conforme alla norma UNI 4522 e suoi aggiornamenti. Per le applicazioni che richiedono l'impiego dei profilati estrusi, si userà preferibilmente la lega primaria alluminio-magnesio-silicio P-Al Si 0,4 Mg UNI 3569 (sostituita dalla UNI 9006/1), allo stato bonificato TA 16 o equivalente, e con:

- carico unitario di rottura a trazione: R = 19-21 kg/mm²;
- allungamento: A% 11-18%;

- durezza Brinnel: HB 50-70 kg/mm^2.

Nel caso che venga richiesto il trattamento di ossidazione anodica, la lega sarà di tipo OA. Per gli elementi in lamiera realizzati con pressopiegatrice, rullati o stampati, saranno preferibilmente impiegate le leghe seguenti:

- alluminio primario P-ALP 99,5 UNI 4507 (sostituita dalla UNI 9001/2);
- lega primaria alluminio-silicio-magnesio P-Al Mg 0,8 UNI 3569 (sostituita dalla UNI 9006/1);
- lega primaria alluminio-silicio-magnesio-manganese P-Al Si 1 Mg Mn UNI 3571 (sostituita dalla UNI 9006/4);
- lega primaria alluminio-magnesio P-Al Mg 0,8 UNI 5764 (sostituita dalla UNI 9005/1).

F. Acciaio inox

I materiali impiegati saranno conformi alle UNI 6900 e suoi aggiornamenti; le corrispondenze con i tipi AISI sono ricavabili dalla "Tabella di corrispondenza approssimata con l'unificazione italiana e con alcune normative estere di acciai legati speciali inossidabili resistenti alla corrosione ed al calore di produzione italiana" IV Edizione dicembre 1985 del Centro Inox. Qualora sia prescritto l'impiego di lamiere e nastri in acciaio inossidabile, la scelta del materiale da impiegare (secondo UNI 8317) sarà basata sui seguenti criteri:

a) per tutte le tipiche applicazioni come: montanti, pannelli facciata, rivestimenti esterni, porte e finestre, modanature, scossaline, ecc.:
   - X5 Cr Ni 1810 corrispondente all'AISI 304;
   - X10 Cr Ni 1809 corrispondente all'AISI 302.
b) per applicazioni interne (stipiti, rivestimenti, ecc.) e per applicazioni esterne, qualora non interessi la conservazione dell'aspetto superficiale (controtelai, elementi di fissaggio, ecc.):
   - X8 Cr 17 corrispondente all'AISI 430.
c) per applicazioni che comportino severe esposizioni in atmosfere marine o industriali e comunque dove è richiesta la massima resistenza alla corrosione:
   - X5 Cr Ni Mo 1712 corrispondente all'AISI 316.

Possono anche essere utilizzati altri acciai inossidabili austenitici con caratteristiche similari a quelle dei tipi indicati.

Per viti ed altri elementi di unione verranno impiegati i seguenti acciai INOX:

a) per i tipi di viti od elementi di unione (fasteners) particolarmente esposti:
   - X5 Cr Ni 1810 - X8 Cr Ni 1812 - X5 Cr Ni Mo 1712
   - tipi: AISI 304 - 305 - 316 rispettivamente.

b) per tutti gli altri tipi di viti od elementi di unione (fasteners):
   - X12 CR 13 - X8 Cr 17
   - tipi: AISI 410 - 430 (o simili).

La finitura da usare corrisponderà alla seguente classificazione dell'American Iron and Steel Institute (AISI) o UNI 8317:

a) Finiture per laminazione:

- n. 1 ottenuta per laminazione a caldo, ricottura e decapaggio, ha aspetto grigio argento opaco;
- n. 2D (D = dull, opaco), ottenuta per laminazione a freddo, ricottura e decapaggio, ha aspetto grigio argento opaco e liscio;
- n. 2B (B = bright, brillante), ottenuta per laminazione a freddo, ricottura, decapaggio e successiva rilaminazione con leggera riduzione (skin-pass), ha aspetto grigio argenteo brillante.

b) Finiture per abrasione:

- n. 4 ottenuta normalmente dalla n. 2B per smerigliatura, con abrasivo di grana 120 180 mesh, ha un aspetto satinato brillante (è correntemente denominata "satinatura");
- n. 6 ottenuta dalla n. 4 per spazzolatura con spazzole di tampico e abrasivi fini (per esempio pomice ventilata), ha un aspetto satinato opaco (è correntemente denominata "spazzolatura");
- n. 7 ottenuta dalla n. 4 per successiva smerigliatura, con abrasivo di grana sempre più fino, è decisamente riflettente.
- n. 8 ottenuta dalla n. 4 con smerigliatura e lucidatura con abrasivi molto fini, è la finitura speculare che presenta il maggiore grado di riflessione.

G. Materiali vari

Il rame da impiegare per la produzione dei semilavorati o dei prodotti finiti, sia di tipo legato che non legato, dovrà corrispondere per qualità, prescrizioni e prove alle seguenti Norme e loro aggiornamenti:

- UNI 5649/1ª – "Rame – tipi di rame non legato da lavorazione plastica - Qualità, prescrizioni e prove";
- UNI 5649/2ª – "Rame – tipi di rame legato da lavorazione plastica - Qualità, prescrizioni e prove";
- UNI 5649/3ª – "Rame – tipi di rame in catodi - Qualità, prescrizioni e prove".

Il rame, lo zinco, lo stagno, e tutti gli altri metalli o leghe metalliche da impiegare nelle costruzioni devono essere delle migliori qualità, ben fusi o laminati a seconda della specie di lavori cui sono destinati e scevri da ogni impurità o difetto che ne vizi la forma, o ne alteri la resistenza o la durata.

Ad ogni modo per tutti i materiali ferrosi l'Impresa è sempre tenuta a presentare alla D.L. i certificati di provenienza e delle prove effettuate presso le ferriere o fonderie fornitrici. Sarà peraltro sempre in facoltà della D.L. compiere le prove tecnologiche, chimiche e meccaniche, le ispezioni in sito ed allo stabilimento di origine del materiale per accertare le qualità del medesimo.

5.1.3.2 Disposizioni generali

Le strutture dovranno essere calcolate e realizzate nel rispetto della vigente normativa italiana ed in particolare:

- D.M. 16 gennaio 1996 "Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi".
- D.M. 9 gennaio 1996 "Norme Tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale, precompresso e per le strutture metalliche".
- Norme C.N.R. 10012-81 "Azioni sulle costruzioni".
- Norme C.N.R. - UNI 10011-85 "Costruzioni di acciaio: istruzioni per il calcolo, l'esecuzione il collaudo e la manutenzione".
- Norme C.N.R. - UNI 10022-85 "Profilati di acciaio formati a freddo: istruzione per l'impiego nelle costruzioni".

L'Appaltatore è tenuto a presentare alla D.L. copia dei certificati di collaudo degli acciai per quanto riguarda le caratteristiche meccaniche, il metodo di fabbricazione e le composizioni chimiche. L'Appaltatore dovrà dimostrare che i processi di costruzione della carpenteria metallica avvengono con "Sistema di qualità" certificato secondo la norma UNI-EN 29002.

5.1.3.3 Lavorazioni in officina

Il taglio dei profili dovrà essere a perfetta squadratura; la lunghezza dovrà essere esatta nei limiti di tolleranza stabiliti dalle norme UNI ENV 1993-1-1. Le superfici dei materiali dovranno essere pulite, dritte e spianate. L'eventuale raddrizzamento o spianamento dovranno essere effettuati con dispositivi meccanici agenti per pressione (ad esempio presse, cilindri e simili) o con riscaldamenti locali, tali però da non provocare eccessive tensioni e deformazioni locali. Il taglio del materiale sarà effettuato con macchine utensili ed alla fiamma, preferibilmente con guida meccanica eliminando eventuali scorie mediante molatura.

Le superfici destinate al mutuo contatto per trasmettere forze di compressione devono assicurarne il combaciamento. I fori per i chiodi e bulloni di membrature principali saranno di norma eseguiti al trapano; qualora il materiale lo consenta, con punzone di diametro inferiore al foro definitivo di almeno 3 mm, da allargare successivamente al trapano ed all'alesatore. Per le membrature secondarie è ammessa la punzonatura al trapano definitivo, senza successivo allargamento per acciai di qualità Fe 37 B (il cui impiego è permesso solo per le lamiere grecate), con spessori non superiori a 10 mm.

E' rigorosamente vietato l'uso della fiamma per l'esecuzione di fori per chiodi e bulloni.

I fori per i chiodi e bulloni dovranno presentarsi cilindrici, con superficie interna liscia e priva di screpolature e cricche, per le giunzioni con bulloni normali e con bulloni ad A.R. le eventuali sbavature sul perimetro del foro dovranno essere asportate con molatura. I pezzi da saldare dovranno essere opportunamente preparati in particolare i lembi smussati dovranno essere ottenuti a macchina, oppure con la fiamma. In questo secondo caso dovranno essere corrispondenti a quanto indicato nel disegno. Nei casi non indicati nel disegno si deve intendere che le saldature dovranno ricostruire la completa sezione resistente.

Si raccomanda la massima precisione nel disporre le flange ortogonali alla trave. A tale scopo si raccomanda l'uso di opportune dime.

5.1.3.4 Montaggio di carpenteria

L'Appaltatore dovrà preparare a sua cura e spese un programma esecutivo di montaggio della carpenteria metallica con l'indicazione dei mezzi di sollevamento, delle opere provvisionali di sostegno e delle fasi di montaggio. Tale programma, che dovrà tener conto del tempo contrattuale disponibile e delle prescrizioni tecniche contrattuali, dovrà essere presentato alla D.L. almeno un mese prima dell'inizio dei montaggi. L'assemblaggio ed il montaggio in opera delle strutture dovrà essere effettuato senza che venga interrotto il traffico di cantiere e sulle adiacenti sede stradali, salvo brevi interruzioni durante le operazioni di sollevamento, da concordare con la D.L.

Il montaggio in opera di tutte le strutture costituenti il manufatto, dovrà essere effettuato in conformità a quanto, a tal riguardo, sarà indicato nella relazione di calcolo e negli elaborati grafici del progetto. Durante il carico, lo scarico, il trasporto, il deposito ed il montaggio si dovrà porre la massima cura per evitare che le strutture vengano deformate e sovrasollecitate. Le parti a contatto con funi, catene ed altri organi di sollevamento saranno opportunamente protette. Il montaggio sarà eseguito in modo che la struttura raggiunga la configurazione geometrica di progetto nel rispetto dello stato di sollecitazione previsto nel progetto medesimo. Durante le operazioni di montaggio si effettueranno controlli del posizionamento degli elementi strutturali e dovranno essere adottati tutti quegli accorgimenti necessari a garantire la stabilità delle strutture stesse nel corso delle operazioni di movimentazione e tiro in alto dei manufatti. La rimozione dei collegamenti provvisori e di altri dispositivi ausiliari dovrà essere fatta solo quando essi risulteranno staticamente superflui.

Nei collegamenti con bulloni si dovrà procedere all'alesatura di quei fori che non risultino centrati e nei quali i bulloni previsti in progetto non entrino liberamente. Se il diametro del foro alesato risulta superiore al diametro sopracitato, si dovrà procedere alla sostituzione del bullone con uno di diametro superiore. E' ammesso il serraggio dei bulloni con chiave pneumatica purché questo venga controllato con chiave dinamometrica, la cui taratura dovrà risultare da certificato rilasciato da laboratorio ufficiale in data non anteriore ad un mese. Per le unioni con bulloni,

l'impresa effettuerà, alla presenza della direzione dei lavori, un controllo di serraggio su un numero adeguato di bulloni.

Le tolleranze dimensionali dei manufatti in opera saranno quelle stabilite dalle norme UNI ENV 1993-1-1.

5.1.3.5 Trattamenti protettivi di verniciatura

Tutte le opere metalliche dovranno essere adeguatamente protette contro la corrosione. La carpenteria metallica, se non diversamente disposto, sarà protetta contro la corrosione con il seguente ciclo di verniciatura:

- Presso il fornitore delle strutture:
  - sabbiatura SA 2½;
  - applicazione di uno strato di primer zincante inorganico all'acqua, spessore del film secco non inferiore a mm 0,075;
  - applicazione di una mano di intermedia di pittura epossipoliammidica in dispersione acquosa, spessore del film secco non inferiore a mm 0,080.

- In cantiere:
  - operazioni di pulizia, eliminazione di polvere e parti incoerenti previo lavaggio, sgrassaggio delle superfici, accurata spazzolatura meccanica e/o manuale delle zone eventualmente deteriorate e applicazione a pennello di ritocco con primer epossidico modificato spessore del film secco non inferiore a mm 0,100;
  - applicazione di almeno due mani pittura acrilica all'acqua per uno spessore complessivo del film secco non inferiore a mm 0,080. Quest'applicazione non è richiesta sulle superfici a contatto con i getti.

La piccola carpenteria metallica sarà normalmente zincata a caldo e, se non a vista, non necessiterà di ulteriori trattamenti. Le parti a vista saranno invece trattate con il seguente ciclo di verniciatura:

- Presso il fornitore delle strutture:
  - zincatura a caldo con spessore del rivestimento come da progetto e comunque non inferiore a Z 350, prospetto II della norma UNI EN10147;
  - passivazione chimica.

- In cantiere:
  - operazioni di pulizia, eliminazione di polvere e parti incoerenti previo lavaggio, sgrassaggio delle superfici, accurata spazzolatura meccanica e/o manuale delle zone eventualmente deteriorate e applicazione di una mano di primer epossidico all'acqua spessore del film secco non inferiore a mm 0,040;
  - applicazione di almeno due mani pittura acrilica all'acqua per uno spessore complessivo del film secco non inferiore a mm 0,060.

Normalmente le lamiere grecate ed i grigliati in acciaio zincato od in alluminio vengono richiesti già preverniciati a forno.

Per le caratteristiche delle vernici vedasi il successivo punto 5.1.4.2A.

5.1.4. Verniciature e tinteggiature

5.1.4.1 Generalità

Per la classificazione dei prodotti vernicianti, l'analisi dei requisiti, le caratteristiche ed i metodi di prova si fa riferimento alle norme UNI 8752 - 8753 - 8754 - 8755 – 8756 o successivi aggiornamenti. I produttori dei prodotti vernicianti utilizzati dovranno essere certificati in ISO 9002. Tutti i prodotti in argomento dovranno essere forniti in cantiere in recipienti originali sigillati, di marca qualificata (è richiesto il Marchio di Qualità controllata rilasciato dall'Istituto Italiano del Colore - I.I.C), recanti il nome commerciale del prodotto, il nome della ditta produttrice e la data di scadenza. Per ogni prodotto dovrà essere fornita alla D.L. una scheda tecnica compilata secondo i criteri stabiliti dalle norme UNI 8757 e 8759. I prodotti vernicianti dovranno essere stoccati in ambienti chiusi o quantomeno coperti e non devono essere esposti a radiazioni solare diretta, al gelo, ed alle intemperie. La temperatura del locale non dovrà scendere al di sotto dei 5°C, in particolare se devono essere stoccati prodotti all'acqua, ne dovrà superare i 40°C.

I prodotti vernicianti stoccati in luoghi freddi dovranno essere posti in un locale con temperatura di almeno 15°C, 24 ore prima del loro utilizzo, onde evitare di usarli ad una viscosità inadeguata e con tempi di reticolazione eccessivamente lunghi. In alternativa è buona norma immettere i recipienti a bagnomaria (20÷30°C). E' importante assicurare un'adeguata rotazione degli stocks per evita-

re di superare il limite di durata a magazzino. I prodotti devono essere conservati nei contenitori originali sigillati fino al momento dell'impiego ed essere accessibili ai rappresentanti del Committente per gli opportuni controlli. Al momento dell'apertura del contenitore, il prodotto verniciante deve presentarsi senza difetti. E' comunque sempre indispensabile omogeneizzare la massa preferibilmente con agitatori meccanici e poi procedere alla filtrazione con le apposite reti per allontanare qualsiasi eventuale grumo.

Nel caso di pitture a due componenti omogeneizzare separatamente base ed indu-ritore e mescolarli successivamente fra loro, tassativamente nelle proporzioni indicate dal fornitore. Non aggiungere diluente se ciò non è consentito dalla istruzioni del produttore.

5.1.4.2 Materiali

A. Vernici di fondo e finitura per supporti metallici

A.1 Zincante inorganico

Primer inorganico base di etilsilicati e zinco metallico in elevata percentuale, specifico per cicli protettivi d'opere nuove, avente le seguenti caratteristiche:

Peso specifico:	gr/l 2650 ± 100
Contenuto solido in volume	% 64 ± 2
Zinco metallico nel film secco	% 86 ± 2
Legante	Silicati d'etile
Diluente	Alcoli
Colore	Grigio
Aspetto	Opaco
Resistenza alla temperatura	°C 400 all'aria
Temperatura d'applicazione	-5 °C ÷ + 40 °C
Tempo d'indurimento	24 ore a + 20 °C, 75% U.R
Intervallo sovraverniciatura	minimo 24 ore (a +20°C, 75% U.R.)
Umidità relativa d'applicazione	95 % max
Condizioni d'impiego	Atmosfera urbana, marina e industriale aggressiva.

A.2 Primer per acciaio zincato a caldo

Primer epossipoliammidico a basso spessore, utilizzabile come fondo d'aderenza su acciaio zincato a caldo e leghe leggere, avente le seguenti caratteristiche:

Peso specifico:	gr/l 1400 ± 50
Contenuto solido in volume	% 58 ± 2
Legante	Epossipoliammidico
Diluente	Aromatici alcoli
Colore	Bianco
Aspetto	Semilucido
Resistenza alla temperatura	°C 120 all'aria
Temperatura d'applicazione	+10 °C ÷ + 50 °C
Tempo d'indurimento	18 ÷ 24 ore a + 20 °C, 65% U.R.
Intervallo sovraverniciatura	Min 24 h (a +20°C 65% U.R. – max 15 gg
Umidità relativa d'applicazione	85 % max
Condizioni d'impiego	Atmosfera urbana, marina e industriale aggressiva.

A.3 Intermedio epossidico

Pittura epossi-poliammidica, a medio spessore, utilizzabile come strato intermedio di cicli protettivi, avente le seguenti caratteristiche:

Peso specifico:	gr/l 1400 ± 50
Contenuto solido in volume	% 56 ± 2
Legante	Epossipoliammidico
Diluente	Aromatici alcoli
Colore	Grigio
Aspetto	Opaco
Resistenza alla temperatura	°C 120 all'aria
Temperatura d'applicazione	+5 °C ÷ + 50 °C
Indurimento 10°C - 20°C - 35°C	ore 36 - 24 – 18
Intervallo sovraverniciatura	minimo 24 ore
Umidità relativa d'applicazione	85 % max

Condizioni d'impiego	Atmosfera urbana, marina e industriale aggressiva.

A.4 Primer epossidico modificato

Primer epossidico modificato, ad alto spessore, utilizzabile per cicli protettivi d'interventi manutentivi, avente le seguenti caratteristiche:

Peso specifico:	gr/l 1450 ± 50
Contenuto solido in volume	% 89 ± 2
Legante	Epossipoliammido-amminico modificato
Diluente	aromatici alcoli
Colore	grigio metallizzato o a scelta della D.L.
Aspetto	Satinato
Resistenza alla temperatura	°C 120 all'aria
Temperatura d'applicazione	+5 °C ÷ + 50 °C
Tempo d'indurimento	24 ÷ 36 ore a + 20 °C, 65% U.R
Intervallo sovraverniciatura	minimo 18 ore
Umidità relativa d'applicazione	80 % max
Condizioni d'impiego	Atmosfera urbana, marina e industriale aggressiva.

A.5 Pittura acrilica all'acqua

Pittura acrilica all'acqua, ad alto spessore, utilizzabile per cicli protettivi di finitura, avente le seguenti caratteristiche:

Peso specifico:	gr/l 1300 ± 50
Contenuto solido in volume	% 44 ± 2
Legante	copolimeri acrilici
Diluente	acqua dolce
Colore	a scelta della D.L.
Aspetto	semilucido o altro a scelta della D.L.
Resistenza alla temperatura	°C 150 all'aria

Temperatura d'applicazione	+10 °C ÷ + 50 °C
Tempo d'indurimento	48 ore a + 20 °C, 65% U.R
Intervallo sovraverniciatura	minimo 24 ore
Umidità relativa d'applicazione	80 % max
Condizioni d'impiego	Atmosfera urbana, marina e industriale aggressiva.

B. Pitture per murature e per calcestruzzi

B.1 Isolante inbibente a base di resine emulsionate acriliche per tinteggiature

L'isolante imbibente a base di resine emulsionate acriliche, da impiegare come sottofondo per pitture a temperatura ed idropitture, onde ottenere uniformità di assorbimento e migliore aderenza delle successive mani di prodotti vernicianti, dovrà essere composto da resine acriliche in dispersione acquosa e garantire le seguenti caratteristiche:

- colorazione — incolore
- contenuto di solidi in peso — (%) ≥ 15
- massa volumica — (kg/l) 1.05
- tempo di essiccazione — 1 ora al tatto, 10 ore per accettare le sovrastanti mani di prodotto di ricopertura
- diluibilità — con acqua

B.2 Pittura a base di tempera

La pittura a base di tempera per interni dovrà essere costituita da resine acriliche in dispersione acquosa e da idonei pigmenti. Dovrà inoltre garantire le seguenti caratteristiche:

- pigmenti (+cariche) in quantità non superiore al 50% del totale PV ed essere formati da biossido di titanio, silicati e carbonato di calcio
- massa volumica — (kg/dm^3) ≤ 15
- essiccazione al tatto — (minuti) 30-60
- residue secco in peso — (%) ≥ 30

B.3 Idropittura a base di resine sintetiche per interni

Sottoposte a prove di laboratorio, le idropitture a base di resine sintetiche per interni dovranno garantire le seguenti caratteristiche:

- pigmenti dosati al 50% di biossido di titanio: (%) 40-50
- veicolo costituito da resine sintetiche poliacetovililiche omopolimere o copolimere disperse in acqua con residuo secco non inferiore al 30% del veicolo: (%) 50-60
- massa volumica: (kg/dm^3) ≤ 15
- essiccazione: (ora) 1
- residue secco: (%) 58

B.4 Idropittura a base di resine viniliche

Le idropitture a base di resine viniliche per interni, dovranno essere costituite da resine viniliche in dispersione acquosa e da idonei pigmenti.
Dovranno inoltre garantire le seguenti caratteristiche:

- pigmenti in quantità non superiore al 40% in peso del totale PV ed essere formati da biossido di titanio, coloranti organici e/o inorganici e carbonato di calcio
- veicolo in quantità non superiore al 60% in peso del totale PV ed essere formato da resine viniliche disperse in acqua, con residuo secco non inferiore al 20% in peso del veicolo
- massa volumica (kg/dm^3) $\leq 1,40$
- essiccazione al tatto (minuti) 60-90
- residue secco in peso (%) 52 ($\pm$ 2)

B.5 Vernice protettiva ed impermeabilizzante per calcestruzzi “faccia a vista”

La vernice protettiva impermeabilizzante da applicare sui calcestruzzi (a faccia vista” dovrà essere costituita da emulsioni acrilici addittivata con idrorepellenti. Dovrà possedere proprietà idrofughe di lunga durata ed inoltre dovrà presentare una grande resistenza alle intemperie ed una limitata sensibilità alle variazioni di temperatura. Il prodotto dovrà essere incolore e non potrà produrre mutamenti nell’aspetto e nel colore alla superficie sulla quale sarà applicato.

Detta vernice dovrà essere applicata a pennello in modo uniforme su tutte le superfici da proteggere e secondo le indicazioni fornite dalla ditta produttrice.

B.6 Vernici protettive acriliche

Le vernici protettive acriliche dovranno essere costituite da resine acriliche non modificate, sciolte in adatti solventi, da pigmenti coloranti e/o inorganici e da idonei filler.

Dovranno inoltre garantire le seguenti caratteristiche:

- pigmenti (+ cariche) in quantità non superiore al 40% del totale PV ed pigmenti coloranti organici e/o inorganici variabili in qualità e quantità a seconda della tinta, filler silicei e carbonato di calcio rivestito
- veicolo in quantità non inferiore al 60% del totale PV ed essere formato da resine acriliche pure, sciolte in idonei solventi, con residuo secco non inferiore al 30% in peso del veicolo
- massa volumica (kg/dm^3) $\leq 1{,}25$
- essiccazione al tatto (minuti) 6÷8
- residue secco in peso (%) 58 (± 2)

C. Prodotti vari

C.1 Rivestimenti protettivi per superfici in legno

Sono costituiti da vernici con fondo e smalto protettivo a base di resine sintetiche in dispersione acquosa e dovranno avere la certificazione per le caratteristiche di resistenza al fuoco secondo quanto previsto dalla normativa vigente e dagli elaborati di progetto.

C.2 Olio di lino cotto

Dovrà essere ben depurato, di colore assai chiaro e perfettamente limpido, d'odore forte ed ammarassimo al gusto, scevro da adulterazioni con olio minerale, olio di pesce, etc. Non dovrà lasciare alcun deposito né essere rancido, e disteso sopra una lastra di vetro o di metallo dovrà essiccare completamente nell'intervallo di 24

ore. Avrà acidità nella misura del 7%, impurità non superiori all'1% ed alla temperatura di 15°C presenterà una densità compresa fra 0.91 e 0.93.

C.3 Acquaragia (essenza di trementina)

Dovrà essere limpida, incolore, d'odore gradevole e volatilissima. La sua densità a 15°C sarà di 0.87.

5.1.4.3 Modalità esecutive

A. Condizioni ambientali ed atmosferiche

Qualora le condizioni ambientali ed atmosferiche differiscano da quelle elencate nei seguenti punti a-f, i lavori non devono essere iniziati o devono essere sospesi se già iniziati:

a) i lavori devono essere eseguiti su superfici perfettamente asciutte;
b) la temperatura ambiente e quella delle superfici da verniciare, salvo diverse prescrizioni riportate nelle schede tecniche dei materiali, devono essere comprese tra +5°C e +35°C;
c) lo stato igrometrico non deve superare l'80% di umidità relativa;
d) non deve sussistere presenza di vento con particelle o polveri in sospensione, di fumi o di vapori aggressivi;
e) La temperatura delle superfici da verniciare deve essere di almeno 3°C sopra il punto di rugiada (dew point);
f) La verniciatura deve essere programmata in modo che polvere, intemperie condensa ed altri contaminanti non cadono sulle superfici appena verniciate.

B. Preparazione delle superfici

Qualunque tinteggiatura, coloritura o verniciatura dovrà essere preceduta da una conveniente ed accuratissima preparazione delle superfici, e precisamente da raschiature, scrostature, stuccature, eventuali riprese di spigoli e tutto quanto occorre per uguagliare le superfici medesime. Successivamente le dette superfici dovranno essere perfettamente levigate con carta vetrata e, quando trattasi di coloriture o verniciature, nuovamente stuccate, indi pomiciate e lisciate, previa imprimitura, con modalità e sistemi atti ad assicurare la perfetta riuscita del lavoro. Speciale riguardo dovrà aversi per le superfici da rivestire con vernici.

Per le opere in legno; la stuccatura ed imprimitura dovrà essere fatta con mastici adatti, e la levigatura e rasatura delle superfici dovrà essere perfetta.
Per le opere metalliche la preparazione delle superfici dovrà essere preceduta dalla raschiatura delle parti ossidate, salvo più accurati trattamenti previsti nel punto 5.1.3.

C. Attrezzi e modalità operative

Le pitture devono essere applicate secondo le prescrizioni del colorificio produttore e riportate sulle schede tecniche. Strumenti ed apparecchiature devono essere dotate di separatori di olio ed acqua. Ciascuna mano dovrà essere applicata allo spessore richiesto e l'operatore dovrà disporre di spessimetri ad umido per orientarsi in tal senso. L'applicazione non deve evidenziare colature e sgocciolamenti, che devono essere tempestivamente eliminati, con pennello a film ancora bagnato.
Ciascuna mano dovrà essere essiccata prima di applicare la mano successiva; i tempi minimi di sovrapplicazione sono riportati dalle schede tecniche. Anche se molte pitture possono essere sovrapplicate a distanza di tempo è buona norma non lasciar passare più di 24-48 ore per evitare che tra gli strati restino intrappolati inquinanti esterni. La diluizione, qualora necessaria, deve rientrare nelle percentuali previste nelle schede tecniche dei prodotti. Dopo l'applicazione dell'ultimo strato di finitura il supporto deve presentarsi completamente ricoperto, di tonalità omogenea e di aspetto uniforme.
Le successive passate di coloritura ad olio e verniciatura dovranno essere di tonalità diverse, in modo che sia possibile, in qualunque momento, controllare il numero delle passate che sono state applicate.
Prima d'iniziare le opere da pittore, l'Impresa ha inoltre l'obbligo di eseguire, nei luoghi e con le modalità che le saranno prescritti, i campioni dei vari lavori di rifinitura, sia per la scelta delle tinte che per il genere di esecuzione, e di ripeterli eventualmente con le varianti richieste, sino ad ottenere l'approvazione della D.L..
Essa dovrà, infine adottare ogni precauzione e mezzo atti ad evitare spruzzi o macchie di tinte o vernici sulle opere finite (pavimenti, rivestimenti, infissi, etc.) restando a suo carico ogni lavoro necessario a riparare i danni eventualmente arrecati.

D. Cicli di verniciatura e tinteggiatura

D.1 Cicli di verniciatura per opere metalliche

Vale quanto specificato nel punto 5.1.3.5.

D.2 Ciclo di tinteggiatura di murature esterne

Sarà eseguito come appresso:
1) spolveratura e ripulitura delle superfici;
2) prima stuccatura a gesso e colla;
3) levigatura con carta vetrata;
4) applicazione di uno strato di isolante inbibente acrilico
5) applicazione di due strati di pittura acrilica al solvente, di cui la prima diluita al 5-10% e la seconda diluita allo 0-3%, spessore totale mm 0,100.

D.3 Cicli di tinteggiatura di murature interne

Nei locali tecnici e magazzini e per i servizi igienici, sarà effettuata una tinteggiatura a tempera con il seguente ciclo:
1) spolveratura e ripulitura delle superfici;
2) adeguata spazzolatura;
3) applicazione di uno strato di isolante inbibente acrilico;
4) applicazione successiva di 3 mani di tempera di cui la prima (piuttosto diluita) a pennello e le altre due a rullo a pelo lungo.

Nei locali abitativi ed ad uso ufficio sarà effettuata una tinteggiaturacon idropittura con il seguente ciclo:
1) spolveratura e ripulitura delle superfici;
2) rasatura con impiego di stucchi appropriati;
3) adeguata spazzolatura;
4) applicazione di uno strato di isolante imbibente acrilico;
5) applicazione di due strati di pittura a base di resine sintetiche per interni o vinilica all’acqua, di cui la prima diluita allo 0-5%, spessore totale mm 0,170.

D.4 Protezione calcestruzzi a vista

1) spolveratura e ripulitura delle superfici;
2) applicazione di due mani di pittura protettiva costituita da emulsioni acriliche addittivate con idrorepellente.

5.2. Opere di sostegno e scavo in sotterraneo. Opere di consolidamento

5.2.1. Diaframmi in c.a.

La tecnica di perforazione sarà di norma basata sull'impiego di fanghi bentonitici. Durante la perforazione occorrerà tener conto della esigenza di non peggiorare le caratteristiche meccaniche del terreno circostante il diaframma, e quindi dovranno quindi essere minimizzati:

- il rammollimento degli strati coesivi;
- la diminuzione di densità relativa degli strati incoerenti;
- la diminuzione delle tensioni orizzontali efficaci proprie dello stato naturale;
- la riduzione dell'aderenza diaframma-terreno da un impiego improprio.

La posizione planimetrica dei diaframmi dovrà mantenersi nelle tolleranze indicate nel progetto. La verticalità dovrà essere assicurata con tolleranza del 2 %. La tolleranza ΔS sullo spessore, verificata in base ai volumi di conglomerato cementizio assorbito dovrà essere compresa tra 0.01 S e 0.1 S. La profondità "L", dovrà risultare conforme al progetto ± 20 cm.
Il conglomerato cementizio sarà confezionato da apposita centrale di preparazione atta al dosaggio a peso dei componenti. La dimensione massima degli aggregati dovrà essere inferiore al valore minimo di interspazio tra le armature e comunque non superiore a 40 mm. Il conglomerato cementizio dovrà avere la resistenza caratteristica cubica di progetto e comunque non dovrà risultare di classe inferiore a 30 MPa. Il rapporto acqua/cemento non dovrà superare il valore di 0.50 nella condizione di aggregato saturo a superficie asciutta. La lavorabilità dovrà essere tale da dare uno «slump» al cono di Abrams compreso fra 16 e 18 cm.
Per soddisfare entrambi questi requisiti potrà essere aggiunto all'impasto un idoneo additivo fluidificante non aerante. E' ammesso altresì l'uso di ritardanti di presa o di fluidificanti con effetto ritardante. I mezzi di trasporto dovranno essere tali da evitare segregazioni dei componenti. Il conglomerato cementizio dovrà essere confezionato e trasportato con un ritmo tale da consentire di completare il

getto di ciascun elemento di diaframma senza soluzione di continuità e nel più breve tempo possibile; in ogni caso ciascun getto dovrà venire alimentato con una cadenza effettiva, inclusi tutti i tempi morti, non inferiore a 20 m^3/h.
La centrale di confezionamento dovrà quindi consentire la erogazione nell'unità di tempo di volumi di conglomerato cementizio almeno doppi di quello sopra indicato.
Le armature metalliche dovranno essere realizzate in conformità alle indicazioni di progetto. Le armature trasversali saranno costituite da riquadri o staffe a più braccia, con ampio spazio libero centrale per il passaggio del tubo di getto, e saranno di norma esterne alle armature verticali.
Le armature metalliche verticali potranno essere costituite da barre tonde oppure da barre ad aderenza migliorata, e verranno pre-assemblate fuori opera in «gabbie»; i collegamenti saranno ottenuti con doppia legatura in filo di ferro oppure mediante punti di saldatura elettrica. Le gabbie di armatura saranno dotate di opportuni distanziatori non metallici atti a garantire la centratura dell'armatura ed un copriferro netto minimo rispetto alla parete di scavo di 6 cm.
Per i distanziatori in plastica al fine di garantire la solidarietà con il calcestruzzo, è necessario verificare che la loro superficie sia forata per almeno il 25%. I centratori saranno posti a gruppi di 3-4 regolarmente distribuiti sul periodo e con spaziatura verticale di 3.0 – 4.0 m.
Non si ammette la distribuzione delle barre verticali su doppio strato; l'intervallo netto minimo tra barra e barra, misurato lungo il perimetro che ne unisce i centri, non dovrà in nessun caso essere inferiori a 7.5 cm con aggregati inferiori ai 2 cm e a 10 cm con aggregati di classe superiore, e comunque con D_{max} non superiore ai 40 mm.
Le gabbie di armatura dovranno essere perfettamente pulite ed esenti da ruggine, messe in opera prima dell'inizio del getto mantenute in posto sostenendole dall'alto, evitando in ogni caso di appoggiarle sul conglomerato cementizio già in opera sul fondo del cavo.

5.2.2. Jet Grouting per trattamenti colonnari e per tamponi di fondo

Si definiscono trattamenti colonnari jetting gli interventi di consolidamento e miglioramento dei terreni, mediante mescolazione in posto con leganti cementizi, con la tecnica esecutiva basata sull'impiego dei sistemi jetting (ad uno o più fluidi). Perforato il terreno, l'iniezione jetting viene eseguita di norma in risalita, utilizzando quale circuito di iniezione la batteria di aste di perforazione e l'utensile di

disgregazione, opportunamente corredato di ugelli di iniezione. Per effetto della rotazione dell'asta durante l'estrazione, l'iniezione jetting realizza una colonna il cui diametro medio nominale dipende dalle modalità e dai parametri di iniezione utilizzati (n. dei fluidi, pressioni, velocità di rotazione e di risalita, etc.).
Gli elementi ottenuti, qualora previsto dal progetto, possono essere successivamente armati, utilizzando barre in acciaio ad aderenza migliorata o tubi metallici.
L'inserimento dell'armatura può avvenire a miscela cementizia fresca, per infissione a pressione, oppure riperforando le colonne con fanghi cementizi aventi la stessa composizione della miscela di iniezione. Di norma le perforazioni saranno eseguite con o senza rivestimento, con circolazione di fluidi di perforazione per l'allontanamento dei detriti e per il raffreddamento dell'utensile. I fluidi di perforazione potranno essere costituite da:

- acqua
- fanghi cementizi
- aria, nel caso di perforazione a rotopercussione con martello a fondo foro, o in altri casi proposti dall'Impresa.

Le pressioni di iniezione devono essere determinate in modo da non provocare indesiderati inconvenienti, quali sollevamenti nelle adiacenze o comunicazioni tra fori o colonne vicine, non ancora indurite. I trattamenti colonnari potranno essere realizzati in verticale o comunque inclinati in relazione alle indicazioni di progetto.
Per la scelta della tipologia più idonea delle attrezzature necessarie, o delle metodologie esecutive e le pressioni di iniezione dovranno essere effettuate prove tecnologiche preliminari atte a verificare le caratteristiche del terreno da consolidare.
Definite le attrezzature, la metodologia esecutiva e le pressioni di iniezione si procederà all'esecuzione di un campo di prova che sarà costituito da almeno 4 colonne rappresentative dell'intervento da realizzare. Sulle colonne del campo di prova si dovranno effettuare tests di controllo per verificare che esse siano conformi a quanto previsto nel progetto. In particolare:

- si eseguirà la determinazione del diametro medio delle colonne con la messa a giorno di almeno 3 m delle stesse o mediante carotaggi;
- si eseguiranno carotaggi continui per tutta la lunghezza delle colonne, in asse, lungo il bordo presunto, ed in corrispondenza dell'intersecazione di colonne compenetranti;

- si misurerà la velocità di propagazione delle onde elastiche longitudinali, lungo i fori eseguiti in asse con il metodo del carotaggio sonico;
- nel caso di realizzazione di tamponi di fondo, si effettueranno prove cross-hole attraverso almeno 3 tubi in acciaio posti ad un interasse di circa un metro. Le misure microsismiche dovranno essere effettuate per tutte le coppie possibili di tubi sia sul terreno vergine prima dell'intervento, sia sul terreno consolidato dopo almeno 30 gg. dall'esecuzione del trattamento colonnare;
- nel caso di realizzazione di tamponi di fondo saranno anche eseguite prove di permeabilità del tipo Lugeon.

In ogni caso, a meno di particolari esigenze specificate nel progetto, le caratteristiche delle colonne che si dovranno realizzare saranno conformi a quanto specificato in tabella 2.3.5.e, ove con:

- qu: si intende la resistenza media ad espansione laterale libera su campioni prelevati dai carotaggi di controllo;
- Dm: è il diametro medio, in uno stesso tipo di terreno, misurato su colonne scoperte.

Il modulo di elasticità tangenziale E dovrà assumere valori pari o superiori a $E \geq 100\ q_u$.

Per ottenere i suddetti valori, si dovranno rispettare le seguenti quantità minime di cemento da iniettare, in funzione del sistema prescelto (la quantità di cemento viene indicata come peso secco per metro cubo di terreno trattato):

- sistema monofluido 350 ÷ 400 kg/m³
- sistema a due fluidi 400 ÷ 450 kg/m³
- sistema a tre fluidi 600 ÷ 700 kg/m³

CARATTERISTICHE E LIMITI DI ACCETTABILITÀ DELLE COLONNE JET-GROUTING

SISTEMA	**TIPO TERRENO**	**DIAMETRO MEDIO (m) D_m**	**RESISTENZA (MPa) q_u**
Monofluido	Incoerenti sciolti Incoerenti da mediamente addensati ad addensati	0.60÷0.80 0.4÷0.6	>5÷6
	Coesivi soffici o mediamente compatti Coesivi molto compatti	0.4÷0.6 0.3÷0.5	≥1.5÷2.0

A due fluidi	Incoerenti sciolti	1.0÷1.5	≥5÷6.0
	Incoerenti da mediamente addensati ad addensati	0.6÷0.9	
	Coesivi soffici o mediamente compatti	0.7÷1.0	≥1.5÷2.0
	Coesivi molto compatti	0.5÷0.8	
A tre fluidi	Incoerenti sciolti	1.6÷2.0	≥5÷6.0
	Incoerenti da mediamente addensati ad addensati	1.0÷1.5	
	Coesivi soffici o mediamente compatti	1.2÷1.6	≥1.5÷2.0
	Coesivi molto compatti	0.6÷1.00	

Dovrà essere impiegata una miscela binaria cemento/acqua il cui rapporto è variabile, in funzione del sistema operativo, del tipo di terreno e dei parametri richiesti.

È ammesso l'uso di additivi, aventi le funzioni di seguito indicate:

- stabilizzanti (la resa volumetrica deve risultare ≥ 97%) o fluidificanti;
- acceleranti o ritardanti di presa;
- impermeabilizzanti;
- di protezione delle miscele dal dilavamento nel caso di falda in movimento con forte velocità;
- di protezione da eventuali agenti organici presenti nel terreno.

Naturalmente l'adozione di tali additivi svolge un ruolo importante sulle caratteristiche meccaniche delle miscele e della colonna di terreno stabilizzato, che andranno di volta in volta verificate ed accettate in funzione degli scopi del trattamento stesso. Di norma le miscele cementizie di iniezione per i trattamenti jet-grouting saranno preparate adottando un dosaggio in peso dei componenti tale da soddisfare un rapporto acqua/cemento:

$$1 \leq a/c \leq 2$$

Se previsto in progetto, le colonne dovranno essere armate con elementi in acciaio (tubi di acciaio tipo Fe 430-510 senza saldatura longitudinale del tipo per costruzione meccanica con manicotti di giunzione filettati o saldati , che essere in grado di resistere ad una sollecitazione a trazione pari almeno al 70% del medesimo carico ammissibile a compressione, da introdurre a spinta con idonea attrezzatura

nel corpo delle colonne in corrispondenza del perforo appena ultimata l'iniezione e prima che la miscela inizi la presa.

Le colonne dovranno essere realizzate nella posizione e con le dimensioni nominali di progetto, con le seguenti tolleranze ammissibili, salvo più rigorose limitazioni indicate in progetto:

- coordinate planimetriche del centro della colonna: ± 5 cm
- scostamento dall'asse teorico: ± 2%
- lunghezza: ± 15 cm
- diametro medio reso: non inferiore a quello nominale di progetto
- quota - testa colonna: ± 5 cm

5.2.3. Palancolati metallici

Un palancolato è un diaframma realizzato mediante infissione nel terreno di profilati metallici, di sezione generalmente a forma di U aperta, i cui bordi laterali, detti gargami, sono sagomati in modo da realizzare una opportuna guida all'infissione del profilato adiacente, disposto in posizione simmetricamente rovesciata. In genere le palancole metalliche vengono utilizzate per realizzare opere di sostegno provvisorio di scavi di modesta profondità. In questi casi le palancole vengono recuperate, estraendole mediante impiego di un vibratore. Meno frequente è l'impiego di palancole per realizzare opere di sostegno o di protezione a carattere definitivo.
Dovranno essere utilizzati profilati aventi forma, sezione, spessore, lunghezza, conformi a quanto previsto dal progetto o, nel caso di impieghi di carattere provvisionale, comunque sufficienti a resistere alle massime sollecitazioni, sia in esercizio che durante le fasi di infissione ed estrazione. Salvo differenti indicazioni riportate nei disegni di progetto, l'acciaio delle palancole dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- tensione di rottura ft = 550 N/mm²
- elastico fy = 390 N/mm².

La superficie delle palancole dovrà essere convenientemente protetta con una pellicola di bitume o altro materiale protettivo. I bordi di guida dovranno essere perfettamente allineati e puliti.

I piani di lavoro dovranno essere adeguati in relazione alle dimensioni delle attrezzature da utilizzare, la loro quota dovrà consentire di rispettare ovunque le quote di progetto della testa del palancolato.
La realizzazione dei palancolati provvisori e definitivi richiede che vengano adottati tutti i provvedimenti necessari perché l'opera abbia, senza eccezioni, i requisiti progettuali, in particolare per quanto riguarda la verticalità, la complanarità ed il mutuo incastro degli elementi costitutivi, la capacità di resistere ai carichi laterali.
L'attrezzatura d'infissione e di estrazione avrà caratteristiche conformi a quanto definito dall'Impresa allo scopo di assicurare il raggiungimento della profondità d'infissione richiesta nel contesto stratigrafico locale e la possibilità di estrazione degli elementi non definitivi. L'infissione sarà realizzata a percussione, utilizzando un battipalo, o tramite vibrazione, con apposito vibratore. L'estrazione sarà preferibilmente eseguita mediante vibrazione. Il battipalo sarà di tipo scorrevole su una torre con guide fisse e perfetto allineamento verticale, con caratteristiche in accordo alle prescrizioni di progetto, se esistenti. Si potranno impiegare battipali a vapore o diesel, in ogni caso in grado di fornire l'energia sufficiente all'infissione entro i terreni presenti nel sito, adeguatamente alle condizioni della stratigrafia locale.
La massa battente del battipalo agirà su un cuffia o testa di battuta in grado di proteggere efficacemente la palancola da indesiderate deformazioni o danni. Il vibratore sarà a masse eccentriche regolabili, a funzionamento idraulico o elettrico.
Le caratteristiche dell'attrezzatura (momento di eccentricità, numero di vibrazioni al minuto, forza centrifuga all'avvio, ampiezza ed accelerazione del minimo) saranno scelte in relazione alle prestazioni da ottenere, eventualmente anche a seguito di prove tecnologiche preliminari. Dovranno comunque essere rispettati i limiti delle vibrazioni du cui alla Norma DIN 4150. Le palancole saranno preferibilmente infisse con l'ausilio di uno scavo guida d'invito, di dimensioni adeguate.
L'infissione per battitura avverrà con l'uso di un battipalo perfettamente efficiente e proseguirà fino al raggiungimento della quota di progetto o fino al raggiungimento del rifiuto, che, se non diversamente indicato, sarà considerato raggiunto quando si misureranno, per 50 colpi di maglio, avanzamenti non superiori a 10 cm. Si potrà ricorrere a delle iniezioni di acqua in pressione per facilitare il superamento di livelli granulari addensati, procurando la discesa della palancola per peso proprio con l'ausilio di una modesta battitura. Le palancole appartenenti ad opere provvisorie saranno estratte associando tiro e vibrazione. Per quanto riguarda i palancolati si prescrive il rispetto delle seguenti tolleranze:

- posizione planimetrica dell'asse mediano del palancolato : ± 3 cm
- verticalità: ± 2%
- quota testa: ± 5 cm
- profondità: ± 25 cm

5.2.4. Micropali per berlinesi

I micropali sono pali trivellati ottenuti attrezzando le perforazioni di piccolo diametro (d ≤ 300 mm) con tubi metallici, che possono anche essere dotati di valvole di non ritorno (a secondo delle modalità di solidarizzazione con il terreno), che sono connessi al terreno mediante:

- riempimento a gravità;
- riempimento a bassa pressione;
- iniezione ripetuta ad alta pressione.

Tali modalità di connessione con il terreno, sono da applicare rispettivamente:

- per micropali eseguiti in roccia o terreni coesivi molto compatti il cui modulo di deformabilità a breve termine sia superiore ai 200 MPa, utilizzeremo il primo tipo di connessione;
- per micropali eseguiti in terreni di qualunque natura, caratterizzati da un modulo di deformazione a breve termine inferiore a 200 MPa, utilizzeremo il secondo ed il terzo tipo di connessione.

L'armatura metallica può essere costituita da:

- tubo senza saldature, eventualmente dotato di valvole di non ritorno;
- da un profilato metallico della serie UNI a doppio piano di simmetria;
- da una gabbia di armature costituita da ferri longitudinali correnti del tipo ad aderenza migliorata, e da una staffatura esterna costituita da anelli o spirali continue in tondo ad aderenza migliorata o liscio.

Le tecniche di perforazione e le modalità di getto dovranno essere definite in relazione alla natura dei materiali da attraversare e delle caratteristiche idrogeologiche locali. La scelta delle attrezzature di perforazione ed i principali dettagli esecutivi, nel caso di situazioni stratigrafiche particolari o per l'importanza dell'opera, dovranno essere messi a punto anche mediante l'esecuzione di micropali di prova.
Dovranno essere adottate durante la perforazione tutte le tecniche per evitare il franamento del foro, la contaminazione delle armature, l'interruzione e/o

l'inglobamento di terreno nella guaina cementizia che solidarizza l'armatura al terreno circostante. Le perforazioni dovranno quindi essere eseguite con rivestimento, ed i detriti allontanati mediante opportuni fluidi di perforazione. Questo potrà consistere in:

- acqua;
- fanghi bentonitici;
- schiuma;
- aria, nel caso di perforazione a rotopercussione con martello a fondo foro, o in altri casi approvati dalla DL.

Dato il tipo di terreno interessato non è ammessa la perforazione a secco. Prima di iniziare la perforazione l'Impresa dovrà, a sua cura e spese, individuare sul terreno la posizione dei micropali mediante appositi picchetti sistemati in corrispondenza dell'asse di ciascun palo. Su ciascun picchetto dovrà essere riportato il numero progressivo del micropalo quale risulta dalla pianta della palificata. Nel caso di armatura con barre di acciaio per c.a. si useranno barre longitudinali ad aderenza migliorata e spirale di tondino liscio. Saranno pre-assemblate in gabbie da calare nel foro al termine della perforazione, la giunzione tra i vari elementi della gabbia sarà ottenuta mediante doppia legatura, tra una gabbia e la successiva (in caso di pali di profondità eccedente le lunghezze commerciali delle barre) la giunzione avverrà per saldatura delle barre longitudinali corrispondenti. In ogni caso le armature saranno corredate da distanziatori non metallici (blocchetti di malta o elementi di materia plastica) idonei ad assicurare un copriferro minimo di 3 cm disposti a intervalli longitudinali non superiore a 2,50 m.
Nel caso di armature tubolari si useranno tubi di acciaio Fe 430 – Fe 510, senza saldatura longitudinale del tipo per costruzioni meccaniche. Le giunzioni tra i diversi spezzoni di tubo potranno essere ottenute mediante manicotti filettati o saldati. Tali giunzioni dovranno consentire una trazione pari almeno all'80% del carico ammissibile a compressione. Nel caso i tubi di armatura siano anche dotati di valvole per l'iniezione, essi dovranno essere scovolati internamente dopo l'esecuzione dei fori di uscita della malta (fori d = 8 mm) allo scopo di asportare le sbavature lasciate dal trapano.
Le valvole saranno costituite da manicotti di gomma di spessore minimo s = 3.5 mm, aderenti al tubo e mantenuti in posto mediante anelli in fili di acciaio (diametro 4 mm) saldati al tubo in corrispondenza dei bordi del manicotto. La valvola più bassa sarà posta subito sopra il fondello che occlude la base del tubo. Anche le

armature tubolari dovranno essere dotate di distanziatori non metallici per assicurare un copriferro minimo di 3 cm, posizionati di preferenza sui manicotti di giunzione.

Il cemento da impiegare per le malte e miscele cementizie dovrà essere scelto in relazione alle caratteristiche ambientali, prendendo in considerazione in particolare l'aggressività dell'ambiente esterno. Gli inerti saranno di norma utilizzati solo per il confezionamento di malte da utilizzare per il getto dei micropali a semplice cementazione. In relazione alle prescrizioni di progetto l'inerte sarà costituito da sabbie fini, polveri di quarzo, polveri di calcare, o ceneri volanti.
Nel caso di impiego di ceneri volanti, ad esempio provenienti dai filtri di altoforni, si dovrà utilizzare materiale totalmente passante al vaglio da 0.075 mm. È ammesso l'impiego di additivi fluidificanti non aeranti. L'impiego di acceleranti potrà essere consentito solo in situazioni particolari. Per quanto riguarda le malte e le miscele cementizie queste di norma dovranno presentare resistenza cubica pari a : Rck ≥ 25 MPa. A questo scopo si prescrive che il dosaggio in peso dei componenti sia tale da soddisfare un rapporto acqua/cemento:

$$a/c \leq 0.5$$

La composizione delle miscele di iniezione, riferita ad 1 m^3 di prodotto, dovrà essere la seguente:

- acqua: 600 kg
- cemento: 1200 kg
- additivi: 10 ÷ 20 kg

con un peso specifico pari a circa 1,8 kg/dm^3

Nella definizione della composizione delle malte, prevedendo un efficace mescolazione dei componenti atta a ridurre la porosità dell'impasto, si può fare riferimento al seguente dosaggio minimo, riferito ad 1 m^3 di prodotto finito:

- acqua: 300 kg
- cemento: 600 kg
- additivi: 5 ÷ 10 kg
- inerti: 1100 ÷ 1300 kg

La perforazione sarà eseguita mediante sonda a rotazione o rotopercussione, con rivestimento continuo e circolazione di fluidi, fino a raggiungere la profondità di

progetto. Per la circolazione del fluido di perforazione saranno utilizzate pompe a pistoni con portate e pressioni adeguate. Si richiedono valori minimi di 200 l/min e 25 bar. Nel caso di perforazione a roto-percussione con martello a fondo-foro si utilizzeranno compressori di adeguata potenza; le caratteristiche minime richieste sono:

- portata ≥ 10 m³/min
- pressione 8 bar.

Le tecniche costruttive per la formazione del fusto del micropalo sono le seguenti:

A. per micropali ad iniezioni ripetute ed alta pressione:

Completata la perforazione si provvederà 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. Si provvederà quindi ad inserire l'armatura tubolare valvolata, munita di centratori, fino a raggiungere la profondità di progetto. Sono preferibili i centratori non metallici. Il tubo dovrà essere prolungato fino a fuoriuscire a bocca foro per un tratto adeguato a consentire le successive operazioni di iniezione.
Di norma si procederà immediatamente alla cementazione del micropalo (guaina); la messa in opera delle armature di frettaggio, ove previste, sarà eseguita successivamente all'iniezione. La solidarizzazione dell'armatura al terreno verrà eseguita in due o più fasi, come di seguito specificato. Si utilizzerà la miscela cementizia sopra specificata. Non appena completata la messa in opera del tubo valvolato di armatura, si provvederà immediatamente alla formazione della guaina cementizia, iniettando attraverso la valvola più profonda un quantitativo di miscela sufficiente a riempire l'intercapedine tra le pareti del foro e l'armatura tubolare. Contemporaneamente si procederà alla estrazione dei rivestimenti provvisori, quando utilizzati, e si effettueranno i necessari rabbocchi di miscela cementizia. Completata l'iniezione di guaina si provvederà a lavare con acqua il cavo interno del tubo di armatura. Trascorso un periodo di 12 ÷ 24 ore dalla formazione della guaina, si darà luogo alla esecuzione delle iniezioni selettive per la formazione del bulbo di ancoraggio.

Si procederà 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 dovrà superare il limite di 60 bar; in caso contrario la valvola potrà essere abbandonata. Ottenuta l'apertura della valvola, si darà luogo all'iniezione in pressione fino ad ottenere i valori dei volumi di assorbimento e di pressione prescritti in progetto. Per pressione di iniezione si intende il valore minimo che si stabilisce all'interno del circuito.
L'iniezione dovrà essere tassativamente eseguita utilizzando portate non superiori a 30 l/min, e comunque con valori che, in relazione alla effettiva pressione di impiego, siano tali da evitare fenomeni di fratturazione idraulica del terreno (claquage).
I volumi di iniezione saranno 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 sarà nuovamente iniettata, trascorso un periodo di 12 ÷ 24 ore. Fino a quando le operazioni di iniezione non saranno concluse, al termine di ogni fase occorrerà procedere al lavaggio interno del tubo d'armatura. Per eseguire l'iniezione si utilizzeranno delle pompe oleodinamiche a pistoni, a bassa velocità, aventi le seguenti caratteristiche minime:

- pressione max di iniezione: ≈ 100 bar
- portata max: ≈ 2 m^3/ora
- n. max pistonate/minuto: ≈ 60.

B. per micropali con riempimento a gravità ed a bassa pressione:

Completata la perforazione e rimossi i detriti, si provvederà ad inserire entro il foro l'armatura, che dovrà essere conforme ai disegni di progetto. La cementazione potrà avvenire con riempimento a gravità o con riempimento a bassa pressione. Nel primo caso il riempimento del foro, dopo la posa delle armature, dovrà avvenire 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 inerti sabbiosi, ovvero con peso di volume superiore a quello degli eventuali fanghi di perforazione, il tubo convogliatore sarà 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.
Nel caso di malta con inerti fini o di miscela cementizia pura, senza inerti, 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 sopraccitati. Il riempimento sarà proseguito fino a che la malta immessa risalga in superficie senza inclusioni o miscelazioni con il fluido di perforazione. Si dovrà accertare la necessità o meno di effettuare rabbocchi, da eseguire preferibilmente tramite il tubo di convogliamento. Nel secondo caso, il foro dovrà essere interamente rivestito; la posa della malta o della miscela avverrà in un primo momento, entro il rivestimento provvisorio, tramite un tubo di convogliamento come descritto al paragrafo precedente.
Successivamente si applicherà 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 smonterà allora la sezione superiore del rivestimento e si applicherà la testa di pressione al tratto residuo di rivestimento, previo rabboccamento dall'alto per riportare a livello la malta. Si procederà analogamente per le sezioni successive fino a completare l'estrazione del rivestimento.
In relazione alla natura del terreno potrà essere sconsigliabile applicare la pressione d'aria agli ultimi 5-6 m di rivestimento da estrarre, per evitare la fratturazione idraulica degli strati superficiali. Le tolleranze di posa ammesse sono le seguenti:

- la posizione planimetrica non dovrà discostarsi da quella di progetto più di 5 cm, salvo diverse indicazioni della DL;
- la deviazione dell’asse del micropalo rispetto all’asse di progetto non dovrà essere maggiore del 2%;
- la sezione dell’armatura metallica non dovrà risultare inferiore a quella di progetto;
- il diametro dell’utensile di perforazione dovrà risultare non inferiore al diametro di perforazione di progetto;
- quota testa micropalo: ± 5 cm;
- lunghezza: ± 15 cm.

5.2.5. Tiranti d’ancoraggio per diaframmi, berlinesi, palancolate metalliche

A. Generalità e definizioni

Per tiranti di ancoraggio si intendono elementi strutturali connessi al terreno o alla roccia, che in esercizio sono sollecitati a trazione. Le forze di trazione sono quindi applicate sulla struttura da tenere ancorata mediante una piastra di ripartizione (testata). In tali elementi la sollecitazione di trazione è impressa in tutto, o in parte, all’atto del collegamento con l’opera ancorata. Il tirante si compone delle seguenti parti:

- la testa, costituita dal dispositivo di bloccaggio e dalla piastra di ripartizione;
- il tratto libero intermedio di collegamento tra testa e tratto attivo;
- il tratto attivo (fondazione), che trasmette al terreno la forza di trazione del tirante.

I tiranti, in relazione alla durata di esercizio, vengono distinti in:

- tiranti provvisori, la cui funzione deve essere espletata per un periodo di tempo limitato e definito a priori (inferiore a due anni);
- tiranti permanenti, la cui funzione deve essere espletata per un periodo di tempo commisurato alla vita utile dell'opera ancorata.

Di norma l'armatura dei tiranti di ancoraggio è costituita da un fascio di trefoli in acciaio, tipo c.a.p., solidarizzati al terreno mediante iniezioni cementizie. Nelle strutture di ancoraggio che lavorano totalmente o prevalentemente a trazione si distinguono i seguenti elementi:

a) Testata
È il dispositivo di ripartizione delle sollecitazioni di ancoraggio sulla opera ancorata; è normalmente costituita da una piastra metallica di adeguate dimensioni, dotata di fori passanti per ospitare le armature, con i relativi dispositivi di bloccaggio, ed il condotto di iniezione.

b) Armatura
È l'elemento destinato a trasmettere le sollecitazioni dalle testate al terreno o alla roccia; è costituita da trefoli o barre, a seconda del tipo di ancoraggio.

c) Tratto libero
È la parte di armatura che non è solidarizzata al terreno o alla roccia, la cui lunghezza caratterizza la deformabilità dell'ancoraggio.

d) Fondazione (Bulbo di ancoraggio)
È il tratto di armatura che viene solidarizzato al terreno o alla roccia e trasferisce le sollecitazioni per attrito.

e) Canna di iniezione
È costituito da un tubo generalmente in PVC, dotato o meno di valvole a manchettes, che viene collegato al circuito di iniezione per la solidarizzazione dell'anco-

raggio al terreno o alla roccia. Nei tiranti di ancoraggio fra il tratto libero e la fondazione è di norma interposto un dispositivo di separazione, chiamato sacco otturatore, tenuto in sede da due tamponi posti alle estremità. La funzione del sacco otturatore è di bloccare le eventuali fughe di miscela cementizia attraverso il tratto libero; esso dunque è particolarmente necessario nei tiranti aventi inclinazione prossima all'orizzontale. Nei tiranti definitivi sono presenti dispositivi atti a realizzare la protezione delle armature anche in corrispondenza del tratto di fondazione. Questo dispositivo è in genere costituito da una guaina in PVC corrugata, dotata di centratori esterni, connessa tramite giunzioni a tenuta all'ogiva o puntale terminale, ed al tampone del sacco otturatore. Un condotto di iniezione, dotato di sfiato, consente di eseguire il riempimento a volume controllato dell'interno di questa guaina (bulbo interno). Nel caso di tiranti a iniezioni selettive, la guaina grecata è collegata alla canna di iniezione e reca incorporate delle valvole a manchettes.

B. Prove tecnologiche preliminari per definire le metodologie esecutive e costruttive

Prima di dare inizio ai lavori dovrà essere messa a punto la metodologia esecutiva dei tiranti mediante l'esecuzione di un adeguato numero di tiranti preliminari di prova. Il numero dei tiranti preliminari di prova sarà stabilito in base all'importanza dell'opera e al grado di omogeneità del sottosuolo. Il numero minimo per le varie tipologie di tiranti di prova potrà essere riferito alle indicazioni fornite in tal senso dalle raccomandazioni A.I.C.A.P..

I tiranti preliminari di prova dovranno essere eseguiti in aree limitrofe a quelle interessanti i tiranti progetto e comunque rappresentative dal punto di vista geotecnico e idrogeologico. Le modalità di applicazione e l'entità del carico massimo di prova e così pure la successione dei cicli di carico e scarico saranno stabiliti in accordo con eventuali prescrizioni di progetto e con le raccomandazioni A.I.C.A.P su "Ancoraggi nei terreni e nelle rocce" (maggio 1993). Le tecniche di perforazione e le modalità di connessione al terreno dovranno essere definite in relazione alla natura dei materiali da attraversare e delle caratteristiche idrogeologiche locali.

La scelta delle attrezzature di perforazione ed i principali dettagli esecutivi dovranno essere messi a punto mediante l'esecuzione di tiranti di ancoraggio preliminari di prova.

Particolare cura dovrà essere posta relativamente alla verifica dell'aggressività dell'ambiente nei riguardi del cemento impiegato nella realizzazione della miscela di iniezione dei tiranti.

C. Materiali ed elementi costruttivi

C1) Acciai e dispositivo di bloccaggio

Gli acciai impiegati nella realizzazione dei tiranti di ancoraggio dovranno essere conformi alle norme del D.M.09.01.1996 e successivi aggiornamenti emanate in applicazione dell'art.21 della Legge 5/11/1971 n. 1086. I dispositivi di bloccaggio dovranno essere conformi alle disposizioni dell'allegato “B” della Circolare Ministero LL.PP. 30/06/1980 ed eventuali successivi aggiornamenti.

Si utilizzeranno trefoli Φ 6/10" in acciaio liscio; le caratteristiche dei trefoli sono qui di seguito elencate:

- componenti : 7 fili Φ 5 mm
- diametro nominale : 15.20 mm
- sezione nominale : 139 mm²
- tensione effettiva all'1% di allungamento : 225 kN
- tensione di rottura effettiva : 250 kN
- modulo elastico : E=200 ÷ 205 KN/mm2
- limite elastico convenzionale allo 0.1% : fp(1)k 1600N/mm²
- tensione di rottura : fptk ≥ 1800 N/mm²
- allungamento a rottura su 610 mm : 5.2 ÷ 5.1%
- peso : 1.1Kg/m

Di conseguenza le tensioni ammissibili sono:

- in esercizio : $\sigma a \leq 0.6$ fptk
- in fase provvisoria : $\sigma ai \leq 0.85$ fp(1)k

a cui corrispondono i seguenti valori dei carichi di trazione:

- in esercizio : T ≤ 150 kN
- in fase transitoria : T ≤ 180 kN

I dispositivi di bloccaggio dei tiranti a trefoli dovranno essere conformi alle disposizioni dell'Allegato "B" della Circolare Ministeriale LL.PP. 30 giugno 1980 ed eventuali successivi aggiornamenti; per i bulloni si farà invece riferimento al D.M.

del 9 gennaio 1996. Si adotteranno piastre di ripartizione le cui dimensioni dovranno essere scelte in relazione alle caratteristiche geometriche e di portata dei tiranti ed alle caratteristiche di resistenza e deformabilità del materiale di contrasto.

C2) Miscele di iniezione

Saranno usate miscele di iniezione a base di cemento, aventi la seguente composizione per 1 m^3 di prodotto:

- acqua: 600 kg;
- cemento: 1200 kg;
- additivi: 10÷20 kg.

Il cemento dovrà presentare contenuto in cloro, inferiore allo 0.05% in peso e contenuto totale di zolfo da solfuri, inferiore allo 0.15% in peso. L'acqua dovrà essere conforme alle norme UNI 7163 dell'aprile 1979. Gli additivi non dovranno essere aeranti. La miscela dovrà presentare i requisiti seguenti, periodicamente controllati durante le lavorazioni.

D. Distanziatori, tamponi e condotti di iniezione

I distanziatori avranno lo scopo di disporre l'armatura di ancoraggio nel foro di alloggiamento in modo che sia garantito il ricoprimento dell'acciaio da parte della miscela di iniezione. La forma dei distanziatori dovrà quindi essere tale da consentire il centraggio dell'armatura nel foro di alloggiamento durante tutte le fasi di manipolazione e nello stesso tempo non dovrà ostacolare il passaggio della miscela; in ogni caso in corrispondenza del distanziatore la sezione libera di foro deve essere pari ad almeno due volte la sezione dei condotto di iniezione.
I distanziatori dovranno essere realizzati in materiali non metallici di resistenza adeguata agli sforzi che devono sopportare ed essere disposti a intervalli non superiori a 5 m nel tratto libero; nel tratto di fondazione saranno intercalati da legature e disposti a interessi di 2.0-2.5 m in modo da dare al fascio di trefoli una conformazione a ventri e nodi. Per armature costituite da barre i distanziatori non saranno alternati a legature. I tamponi di separazione fra la parte libera e la fondazione dovranno essere impermeabili alla miscela e tali da resistere alle pressioni di iniezione. I tamponi dovranno essere realizzati o con elementi meccanici o con elementi chimici (materiale iniettato) aventi caratteristiche tali da garantire l'arma-

tura dalla corrosione. Le caratteristiche dei condotti di iniezione da impiegare dovranno essere tali da soddisfare i seguenti requisiti:

- avere resistenza adeguata alle pressioni di iniezione risultando cioè garantiti per resistere alla pressione prevista con un coefficiente di sicurezza pari ad 1,5 e comunque avere una pressione di rottura non inferiore a lo bar;
- avere diametro interno minimo orientativamente pari a 10 mm nel 'caso in cui non siano presenti aggregati, pari a 16 mm in caso contrario; ciò al fine di consentire il passaggio della miscela d'iniezione.

E. Perforazione

La perforazione potrà essere eseguita a rotazione o a rotopercussione, in materie di qualsiasi natura e consistenza, compreso calcestruzzi, murature, trovanti e/o roccia dura, anche in presenza di acqua. Il foro potrà essere eseguito a qualsiasi altezza e l'impresa dovrà provvedere ad eseguire idonei ponteggi ed impalcature, rispondenti a tutte le indicazioni di Legge. Il foro dovrà essere rivestito nel caso che il terreno sia rigonfiante o non abbia coesione sufficiente ad assicurare la stabilità delle pareti del foro durante e dopo la posa delle armature; in roccia si rivestirà il foro nei casi in cui:

- l'alterazione e la fessurazione della roccia siano tali da richiederlo per assicurare la stabilità delle pareti durante e dopo la posa delle armature;
- la natura della roccia sia tale da far temere la formazione di spigoli aguzzi lungo le pareti del foro, suscettibili di danneggiare le guaine di protezione.

Il fluido di perforazione potrà essere acqua, aria, una miscela di entrambi, oppure, unicamente per perforazioni in terreni sciolti, un fango di cemento e bentonite.
L'impiego di aria non è consentito in terreni incoerenti sotto falda. Al termine della perforazione si dovrà procedere al lavaggio del foro con acqua o aria. Nel caso coi terreni con prevalente componente argillosa, di rocce marnose tenere e terreni argillosi sovraconsolidati, il lavaggio sarà eseguito con sola aria, evitando l'utilizzo di fluidi di perforazione. Quando sia previsto dal progetto e sia compatibile con la natura dei terreni, si potranno eseguire, mediante l'impiego di appositi utensili allargatori, delle scampanature di diametro noto, regolarmente intervallate lungo la fondazione del tirante.
In base alle indicazioni emerse nel corso della esecuzione dei tiranti preliminari di prova e comunque in presenza di falde artesiane e di terreni particolarmente permeabili, 1 I impresa dovrà provvedere a sua cura e spese, a preventive iniezioni di

intasamento all'interno del foro con miscele e modalità approvate dalla Direzione Lavori. Per la circolazione del fluido di perforazione saranno utilizzate pompe a pistoni con portate e pressioni adeguate. Si richiedono valori minimi di 200 l/min e 25 bar, rispettivamente. Nel caso di perforazione a roto-percussione con martello a fondo foro si utilizzeranno compressori di adeguata potenza; le caratteristiche minime richieste sono:

- portata ≥ 10 m3/min;
- pressione ≥ 8 bar.

Le tolleranze ammesse nella realizzazione dei fori sono le seguenti:

- il diametro dell'utensile di perforazione dovrà risultare non inferiore al diametro di progetto e non superiore del 10% di tale diametro;
- la lunghezza totale di perforazione dovrà risultare conforme al progetto;
- la variazione di inclinazione e di direzione azimutale non dovrà essere maggiore di ±2°;
- la posizione della testa foro non dovrà discostarsi più di lo cm dalla posizione di progetto.

La lunghezza totale dell'armatura e la lunghezza del tratto attivo, posizionato nella parte terminale della perforazione, dovranno risultare conformi alle indicazioni progettuali.

F. Allestimento del tirante

Ultimata la rimozione dei detriti si provvederà all'allestimento del tirante:

- riempimento del foro con miscela cementizia (cementazione di 1^ fase), se necessaria;
- introduzione del tirante;
- riempimento dei dispositivi di separazione e protezione interni (sacco otturatore, bulbo interno);
- esecuzione delle iniezioni selettive a pressioni e volumi controllati;
- posizionamento della testata e dei dispositivi di tensionamento;
- prove di carico di collaudo;
- tensionamento del tirante;
- iniezione della parte libera;
- protezione della testata.

Se presente l'iniezione di 1ª fase l'introduzione del tirante potrà essere eseguita solo allorché:

- la perforazione sia interamente rivestita;
- il tirante sia dotato della valvola di fondo esterna all'ogiva;
- il riempimento avvenga contemporaneamente all'estrazione dei rivestimenti e siano operati gli eventuali rabbocchi finali;
- i trefoli ed i condotti di iniezione siano opportunamente prolungati fino a fuoriuscire a bocca foro per un tratto adeguato a consentire le successive operazioni di iniezioni e di tesatura;
- il sacco otturatore, nel caso di tiranti orizzontali o debolmente inclinati ($i \leq 25°$), sia presente.

La solidarizzazione dell'armatura al terreno verrà eseguita in due o più fasi, come di seguito specificato. La cementazione di 1° fase, se necessaria, sarà eseguita all'atto del completamento della perforazione, secondo quanto specificato al precedente punto; si utilizzerà un volume di miscela cementizia commisurato al volume teorico del foro.
In questa fase si eseguiranno anche le operazioni di riempimento del sacco otturatore, ove presente, e del bulbo interno per i tiranti definitivi, utilizzando quantitativi di miscela corrispondenti ai volumi teorici degli stessi. Completata l'iniezione di 1^ fase si provvederà a lavare con acqua il cavo interno del tubo di iniezione.
Trascorso un periodo di 12 ÷ 24 ore dalla formazione della guaina, si darà luogo alla esecuzione delle iniezioni selettive per la formazione del bulbo di ancoraggio.
Si procederà 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 dovrà superare il limite di 60 bar; in caso contrario la valvola potrà essere abbandonata. Ottenuta l'apertura della valvola si darà luogo all'iniezione in pressione fino ad ottenere i valori dei volumi di assorbimento e di pressione prescritti in progetto. La pressione di iniezione si intende il valore minimo che si stabilisce all'interno del circuito. L'iniezione dovrà essere tassativamente eseguita utilizzando portate non superiori a 30 l/min, e comunque con valori che, in relazione alla effettiva pressione di impiego, siano tali da evitare fenomeni di fratturazione idraulica del terreno (claquage). I valori di iniezione saranno 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 sarà nuovamente iniettata, trascorso un periodo di 12 ÷ 24 ore. Fino a quando le operazioni di iniezione non saranno concluse, al termine di ogni fase occorrerà procedere al lavaggio interno della canna. Per eseguire l'iniezione dovranno essere utilizzate delle pompe oleodinamiche a pistoni, a bassa velocità, aventi le seguenti caratteristiche minime:

- pressione max di iniezione : ≈ 100 bar
- portata max : ≈ 2 m³/ora
- n. max pistonate/minuto : ≈ 60.

G. Elementi di protezione

In relazione alla aggressività dell'ambiente sono ammesse le seguenti due classi di protezione:

- classe 1 per tiranti provvisori in ambiente aggressivo e non aggressivo e per tiranti permanenti in ambiente non aggressivo, con protezione che consisterà in una guaina di polietilene o di polipropilene che avvolge il tratto libero;
- classe 2 per tiranti permanenti in ambiente aggressivo, con protezione di tutto il tirante che sarà costituita da una guaina in polietilene o in polipropilene; essa potrà essere flessibile o semirigida e liscia per il tratto libero; sarà invece grecata per il tratto di fondazione del tirante.

Lo spessore della guaina non dovrà essere inferiore a 1,5 mm e dovrà garantire contro lacerazioni in tutte le fasi di lavorazione e posa ed in presenza delle sollecitazioni meccaniche e chimiche previste in esercizio.
La sezione interna della guaina dovrà essere pari ad almeno quattro volte la sezione trasversale complessiva delle armature (trefoli o barre) contenute e dovrà comunque assicurare uno spessore di iniezione per il ricoprimento degli elementi più esterni dell'armatura di almeno 5 mm. Per le guaine corrugate dovrà risultare una distanza tra due nervature successive > 5 mm ed una differenza tra i diametri interni, maggiore e minore, superiore a 8 mm.
Ciascun trefolo o barra dovrà essere ulteriormente protetto:

- da una guaina individuale in P.V.C., polietilene o polipropilene nella parte libera;
- da una verniciatura in resina epossidica elasticizzata nel tratto di fondazione.

Gli spazi residui tra guaina e pareti del perforo dovranno essere riempiti con miscela cementizia. Gli spazi residui tra armatura e guaina dovranno essere perfettamente riempiti con grasso meccanico chimicamente stabile, inalterabile e non saponificabile.

H. Tesatura e collaudo

Trascorsi ventotto giorni dall'ultima iniezione, o meno, secondo il tipo di miscela, ogni tirante verrà sottoposto a tesatura di collaudo. L'inizio delle operazioni di tesatura e collaudo dovrà essere comunque autorizzato dalla Direzione Lavori. La trazione di collaudo (Nc) è pari a 1,2 volte la trazione massima di esercizio (Nes).
La prova di collaudo si eseguirà assegnando dapprima al tirante una trazione di assestamento No = 0.10 Nes e misurando la corrispondente posizione delle armature rispetto alle piastre di testata. I tiranti che non soddisferanno i requisiti di collaudo verranno sostituiti con nuovi tiranti di caratteristiche e posizione concordate con la Direzione Lavori, sentito il Progettista. Ai tiranti risultanti idonei verrà applicata gradualmente e senza interruzioni la forza di tesatura iniziale prevista dal progetto. Al termine delle operazioni di tesatura verranno serrati gli organi di bloccaggio.
Le apparecchiature impiegate dovranno consentire le seguenti precisioni di misurazione:

- per gli allungamenti di 0.1 mm;
- per le forze, del 2% della trazione massima di esercizio (Nes).

I. Protezioni anticorrosive in opera

La protezione anticorrosiva del tratto libero del tirante sarà completata iniettando all'interno della guaina la miscela utilizzata nelle operazioni di iniezione dopo il completamento delle operazioni di tesatura del tirante. L'iniezione nel tratto libero della miscela cementizia prima della tesatura o di fasi eventuali di ritesatura, potrà avvenire solo per armature costituite da trefoli a sezione compatta, ingrassati e protetti da guaine individuali in P.V.C., in modo che sia assicurato lo scorrimento tra guaina e trefolo con minime resistenze.
La protezione della testa del tirante potrà essere ottenuta, nei casi in cui è prescritta la protezione di classe 1, con un getto della miscela indicata previa aggiunta di additivi antiritiro, mentre nel caso si debba realizzare una protezione di classe 2, si

provvederà all'incapsulamento della testa mediante involucri protettivi di polietilene o polipropilene di spessore minimo pari a 2 mm che verranno connessi per saldatura alla guaina che avvolge il tratto libero; successivamente, con un getto di miscela cementizia, armata con rete, si proteggerà ulteriormente la testa dagli urti e dalle abrasioni.
Per un periodo non inferiore a centottanta giorni decorrente dalla data della ultimazione delle operazioni di tesatura di collaudo, le teste di tutti i tiranti dovranno essere lasciate accessibili per le operazioni di controllo e ritesatura da eseguire rispettivamente a novanta e centottanta giorni dalla data della tesatura di collaudo.

5.3. Cementi armati, pavimentazioni e scogliere

5.3.1. Strutture in c.a.

Valgano le prescrizioni di cui ai punti 5.1.1 e 5.1.2

A. Materiali costituenti e loro qualificazione

Gli aggregati grossi (trattenuti al crivello UNI n.5) e gli aggregati fini sono gli elementi lapidei che formano il misto granulare. L'aggregato grosso può essere costituito da elementi ottenuti dalla frantumazione di rocce di cava massive o di origine alluvionale, da elementi naturali a spigoli vivi o arrotondati. Tali elementi possono essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella tabella A1

Tabella A1 : Caratteristiche qualitative aggregato grosso			
Indicatori di qualità			Strato pavimentazione
Parametro	*Normativa*	*Unità di misura*	
Los Angeles	CNR 34/73	*%*	≤30
Micro Deval Umida	CNR 109/85	*%*	-
Quantità di frantumato	-	*%*	>30
Dimensione max	CNR 23/71	*mm*	63
Sensibilità al gelo[3]	CNR 80/80	*%*	≤20

L'aggregato fino deve essere costituito da elementi naturali o di frantumazione che possiedano le caratteristiche riassunte nella tabella A2

Tabella A2 : Caratteristiche qualitative aggregato fine			
Passante al crivello UNI n. 5			
Indicatori di qualità			Strato pavimentazione
Parametro	*Normativa*	*Unità di misura*	*Fondazione*
Equivalente in Sabbia	CNR 27/72	*%*	□□ 40
Indice Plasticità	CNR-UNI 10014	*%*	N.P.
Limite Liquido	CNR-UNI 10014	*%*	□□ 25
Passante allo 0.075	CNR 75/80	*%*	□□ 6

Ai fini dell'accettazione, prima dell'inizio dei lavori, l'Impresa è tenuta a predisporre la qualificazione degli aggregati tramite certificazione attestante i requisiti prescritti. Tale certificazione deve essere rilasciata da un Laboratorio riconosciuto dal Ministero LL.PP. La miscela di aggregati da adottarsi per la realizzazione del misto granulare deve avere una composizione granulometrica contenuta nei fusi riportati in tabella A3.

Tabella A3 : Fusi granulometrici del misto granulare stabilizzato			
Serie crivelli e setacci UNI	Passante (%)		
Crivello	70	100	-
Crivello	30	70 - 100	100
Crivello	15	-	70 - 100
Crivello	10	30 - 70	50 - 85
Crivello	5	23 - 55	35 - 65
Setaccio	2	15 - 40	25 - 50
Setaccio	0.4	8 - 25	15 - 30
Setaccio	0.075	2 - 15	5 - 15

La dimensione massima dell'aggregato non deve in ogni caso superare la metà dello spessore dello strato di misto granulare ed il rapporto tra il passante al setaccio UNI 0.075 mm ed il passante al setaccio UNI 0.4 mm deve essere inferiore a 2/3. L'indice di portanza CBR (CNR-UNI 10009) dopo quattro giorni di imbibizione in acqua (eseguito sul materiale passante al crivello UNI 25 mm) non deve essere minore del valore assunto per il calcolo della pavimentazione ed in ogni caso non minore di 60. È inoltre richiesto che tale condizione sia verificata per un intervallo di ±1,5% rispetto all'umidità ottimale di costipamento.

Il modulo resiliente (M_R) della miscela impiegata deve essere quello inserito nel progetto della pavimentazione e viene determinato applicando la norma AASHTO T294 o altra metodologia indicata dal progettista. **Il modulo di deformazione (M_d)** dello strato deve essere quello inserito nel progetto della pavimentazione e viene determinato impiegando la metodologia indicata nella norma (CNR 146/92).

Il modulo di reazione (k) dello strato deve essere quello inserito nel calcolo della pavimentazione e viene determinato impiegando la metodologia indicata nella norma (CNR 92/83). I diversi componenti e, in particolare le sabbie, debbono essere del tutto privi di materie organiche, solubili, alterabili e friabili.

B) Confezionamento e posa del misto granulare stabilizzato

Il piano di posa dello strato deve avere le quote, la sagoma, i requisiti di portanza prescritti ed essere ripulito da materiale estraneo. Il materiale va steso in strati di spessore finito non superiore a 25 cm e non inferiore a 10 cm e deve presentarsi, dopo costipamento, 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. La stesa va effettuata con finitrice o con grader appositamente equipaggiato. Tutte le operazioni anzidette sono sospese quando le condizioni ambientali (pioggia, neve, gelo) siano tali da danneggiare la qualità dello strato stabilizzato. Quando lo strato finito risulti compromesso a causa di un eccesso di umidità o per effetto di danni dovuti al gelo, esso deve essere rimosso e ricostituito a cura e spese dell'Impresa. Il materiale pronto per il costipamento deve presentare in ogni punto la prescritta granulometria. Per il costipamento e la rifinitura verranno impiegati rulli vibranti, rulli gommati o combinati, tutti semoventi. Il costipamento di ciascuno strato deve essere eseguito sino ad ottenere una densità in sito non inferiore al 98% della densità massima fornita dalla prova AASHO modificata.

5.3.2. Conglomerato bituminoso per strato di base

A. Generalità

Lo strato di base è costituito da un misto granulare di frantumato, ghiaia, sabbia ed eventuale additivo (secondo le definizioni riportate nelI'art. 1 delle Norme C.N.R. sui materiali stradali - fascicolo n. 4/1953 - ("Norme per l'accettazione dei

pietrischi, dei pietrischetti, delle graniglie, delle sabbie e degli additivi per costruzioni stradali"), impastato con bitume a caldo, previo preriscaldamento degli aggregati, steso in opera mediante macchina vibrofinitrice e costipato con rulli gommati, vibranti gommati e metallici. Lo spessore della base è prescritto nel progetto.

B. Inerti

I requisiti di accettazione degli inerti impiegati nei conglomerati bituminosi per lo strato di base dovranno essere conformi alle prescrizioni contenute nel fascicolo n. 4 delle norme C.N.R. - 1953 ("Norme per l'accettazione dei pietrischi, dei pietrischetti, delle graniglie, delle sabbie e degli additivi per costruzioni stradali") e nelle norme C.N.R. 65-1978 C.N.R. 80-1980. Per il prelevamento dei campioni destinati alle prove di controllo dei requisiti di accettazione così come per le modalità di esecuzione delle prove stesse, valgono le prescrizioni contenute nel fascicolo n. 4 delle norme C.N.R. - 1953 - ("Norme per l'accettazione dei pietrischi, dei pietrischetti, delle graniglie, delle sabbie e degli additivi per costruzioni stradali"), con l'avvertenza che la prova per la determinazione della perdita in peso sarà fatta col metodo Los Angeles secondo le norme del C.N.R B.U. n. 34 (del 28-3-1973), anziché col metodo DEVAL. L'aggregato grosso sarà costituito da frantumati in quantità non inferiore al 30% della miscela degli inerti e da ghiaie che dovranno avere una perdita di peso alla prova Los Angeles eseguita sulle singole pezzature inferiore al 25%. In ogni caso gli elementi dell'aggregato dovranno essere costituiti da elementi sani, duri, durevoli, a superficie ruvida, puliti ed esenti da polvere e da materiali estranei, inoltre non dovranno mai avere forma appiattita, allungata o lenticolare. L'aggregato fino sarà costituito in ogni caso da sabbie naturali e di frantumazione (la percentuale di queste ultime non dovrà essere inferiore al 30% della miscela delle sabbie) che dovranno rispondere al seguente requisito:

- equivalente in sabbia (C.N.R. 27 -1972) superiore a 50.

Gli eventuali additivi, provenienti dalla macinazione di rocce preferibilmente calcaree o costituiti da cemento, calce idrata, calce idraulica, polveri d'asfalto, dovranno soddisfare ai seguenti requisiti:

- setaccio UNI 0,18 (ASTM n. 80): passante in peso: 100%;
- setaccio UNI 0,075 (ASTM n. 200): passante in peso: 90%.

La granulometria dovrà essere eseguita per via umida.

C. Legante

Dovranno essere impiegati bitumi semisolidi per uso stradale di normale produzione con le caratteristiche indicate nella tabella seguente, impiegati per il confezionamento di conglomerati bituminosi. Detti leganti sono denominati “A” e “B” .
La tabella che segue si riferisce al prodotto di base così com’è prelevato nelle cisterne e/o negli stoccaggi. È preferibile l’impiego del bitume di tipo A, ma nel Nord Italia può anche essere impiegato il bitume di tipo B.
L’indice di penetrazione, dovrà calcolato con la formula appresso riportata, compreso fra -1,0 e +1,0:
- indice di penetrazione = 20 u - 500 v / u + 50 v

dove:
u = temperatura di rammollimento alla prova "palla-anello" in °C (a 25°C);
v = log. 800 - log. penetrazione bitume in dmm (a 25°C.).

D. Miscela

La miscela degli aggregati da adottarsi dovrà avere una composizione granulometrica contenuta nel seguente fuso:

Serie crivelli e setacci U.N.I.	Passante: % totale in peso
Crivello 40	100
Crivello 30	80 ÷ 100
Crivello 25	70 ÷ 95
Crivello 15	45 ÷ 70
Crivello 10	35 ÷ 60
Crivello 5	25 ÷ 50
Setaccio 2	20 ÷ 40
Setaccio 0,4	6 ÷ 20
Setaccio 0,18	4 ÷ 14
Setaccio 0,075	4 ÷ 8

Il tenore di bitume dovrà essere compreso tra il 4 % e il 5% riferito al peso totale degli aggregati (C.N.R. 38 - 1973). Il conglomerato dovrà avere i seguenti requisiti:

TABELLA "BITUMI DI BASE"			
		BITUME "A"	**BITUME "B"**
CARATTERISTICHE	UNITÀ	VALORE	VALORE
Penetrazione a 25°C/298°K, 100g, 5s	0,1 mm	65 85	85 105
Punto di rammollimento	C / K	48-54/321-327	47-52/320-325
Indice di penetrazione		-1 / +1	-1 / +1
Punto di rottura (Fraass), min.	C / K	-8 / 265	-9 / 264
Duttilità a 25°C/298°K, min.	cm	90	100
Solubilità in solventi organici, min.	%	99	99
Perdita per riscaldamento (volatilià) T = 163°C / 436°K, max.	%	+/- 0,5	+/- 1
Contenuto di paraffina, max.	%	3	3
Viscosità dinamica a T = 60°C / 333°K, gradiente di velocità = 1 s-1	Pa.s	220 - 400	150 - 250
Viscosità dinamica a T = 160°C / 433°K, gradiente di velocità = 1 s-1	Pa.s	0,4 – 0,8	0,2 – 0,6
Valori dopo RTFOT (Rolling Thin Film Overt Test)			
Viscosità dinamica a T = 60°C / 333°K, gradiente di velocità = 1 s-1	Pa.s	700 - 800	500 - 700
Penetrazione residua a 25°C/298°K, 100g, 5s	%	≤70	≤75
Variazione del Punto di rammollimento	C / K	≤ +8 / ≤281	≤+ 10 / ≤ 283

- il valore della stabilità Marshall (C.N.R. 30 -1973) eseguita a 60°C su provini costipati con 75 colpi di maglio per faccia, dovrà risultare non inferiore a 700 Kg; inoltre il valore della rigidezza Marshall, cioè il rapporto tra la stabilità misurata in Kg e lo scorrimento misurato in mm, dovrà essere superiore a 250;
- gli stessi provini per i quali viene determinata la stabilità Marshall dovranno presentare una percentuale di vuoti residui compresi fra 4% e 7%. I provini per le misure di stabilità e rigidezza anzidette dovranno essere confezionati presso l'impianto di produzione e/o presso la stesa. La temperatura di compattazione dovrà essere uguale o superiore a quella di stesa; non dovrà però superare quest'ultima di oltre 10°C.

Le miscele di aggregati e leganti idrocarburici dovranno rispondere inoltre anche alle norme C.N.R. 134 1991.

E. Formazione e confezione delle miscele

Il conglomerato sarà confezionato mediante impianti fissi autorizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte. La produzione di ciascun impianto non dovrà essere spinta oltre la sua potenzialità per garantire il perfetto essiccamento, l'uniforme riscaldamento della miscela ed 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 componenti della miscela dovrà essere eseguito a peso mediante idonea apparecchiatura la cui efficienza dovrà essere costantemente controllata. Ogni impianto dovrà assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta ed a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione nonché il perfetto dosaggio sia del bitume che dell'additivo. La zona destinata all’ammannimento degli inerti sarà preventivamente e convenientemente sistemata per annullare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possano 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 farà uso di almeno 4 classi di aggregati 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 componenti la miscela, in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli inerti con il legante; comunque esso non dovrà mai scendere al di sotto dei 20 secondi. La temperatura degli aggregati all'atto della mescolazione dovrà essere compresa tra 150°C e 170°C, e quella del legante tra 150°C e 180°C, salvo diverse disposizioni della Direzione Lavori in rapporto al tipo di bitume impiegato. Per la verifica delle suddette temperature, gli essiccatori, le caldaie e le tramogge degli impianti dovranno essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e periodicamente tarati. L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non dovrà di norma superare lo 0.5%.

F. Posa in opera delle miscele

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 di quota, sagoma, densità e portanza indicati nei precedenti articoli relativi alle fondazioni stradali in misto granulare stabilizzato. Procedendo 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 in ragione di 0,50 Kg/m².
La posa in opera dei conglomerati bituminosi verrà effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici, in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismo di autolivellamento. 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 dei giunti longitudinali preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una strisciata alla precedente con l'impiego di 2 o più finitrici. Qualora ciò non sia possibile, il bordo della striscia già realizzata dovrà essere spalmato con emulsione bituminosa 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 previo taglio ed asportazione della parte terminale di azzeramento.
La sovrapposizione dei giunti longitudinali tra i vari strati sarà programmata e realizzata in maniera che essi risultino fra di loro sfalsati di almeno cm 20 e non cadano mai in corrispondenza delle 2 fasce della corsia di marcia normalmente interessata dalle ruote dei veicoli pesanti. Il trasporto del conglomerato dall'impianto di confezione al cantiere di stesa, dovrà avvenire mediante mezzi di trasporto di adeguata portata, efficienti e veloci e comunque sempre dotati di telone di copertura per evitare i raffreddamenti superficiali eccessivi e formazione di crostoni.
La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la finitrice, dovrà risultare in ogni momento non inferiore a 130°C. La stesa dei conglomerati dovrà essere sospesa quando le condizioni meteorologiche generali possano pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro; gli strati eventualmente compromessi (con densità inferiori a quelle richieste) dovranno essere immediatamente rimossi e successivamente ricostruiti a cura e spese dell'Impresa. La compattazione dei conglomerati dovrà iniziare appena stesi dalla vibro-

finitrice e condotta a termine senza soluzione di continuità. La compattazione sarà realizzata a mezzo di rulli gommati o vibrati gommati con l'ausilio di rulli a ruote metalliche, tutti in numero adeguato ed aventi idoneo peso e caratteristiche tecnologiche avanzate in modo da assicurare il raggiungimento delle massime densità ottenibili.
Al termine della compattazione, lo strato di base dovrà avere una densità uniforme in tutto lo spessore non inferiore al 97% di quella Marshall dello stesso giorno, rilevata all'impianto o alla stesa. Tale valutazione sarà eseguita sulla produzione giornaliera, su carote di 15 cm di diametro; il valore risulterà dalla media di due prove (C.N.R. 40-1973). 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. La superficie degli strati dovrà presentarsi priva di irregolarità ed ondulazioni. Un'asta rettilinea lunga m 4,00, posta in qualunque direzione sulla superficie finita di ciascuno strato dovrà aderirvi uniformemente.

5.3.3. Conglomerati bituminosi binder e di usura

A. **Generalità**

La parte superiore della sovrastruttura stradale sarà, in generale, costituita da un doppio strato di conglomerato bituminoso steso a caldo, e precisamente: da uno strato inferiore di collegamento (binder) e da uno strato superiore di usura, secondo quanto stabilito dalla Direzione Lavori. Il conglomerato per ambedue gli strati sarà costituito da una miscela di pietrischetti, graniglie, sabbie ed additivi, secondo le definizioni riportate nell'Art. 1 delle norme C.N.R., fascicolo n. 4/1953 - (“Norme per l’accettazione dei pietrischi, dei pietrischetti, delle graniglie, delle sabbie e degli additivi per costruzioni stradali”), mescolati con bitume a caldo, e verrà steso in opera mediante macchina vibrofinitrice e compattato con rulli gommati e lisci.

B. **Inerti**

Il prelievo dei campioni di materiali inerti, per il controllo dei requisiti di accettazione appresso indicati, verrà effettuato secondo le norme C.N.R., Capitolo II del fascicolo 4/1953 - (“Norme per l’accettazione dei pietrischi, dei pietrischetti, delle graniglie, delle sabbie e degli additivi per costruzioni stradali”). Per il preleva-

mento dei campioni destinati alle prove di controllo dei requisiti di accettazione, così come per le modalità di esecuzione delle prove stesse, valgono le prescrizioni contenute nel fascicolo n. 4 delle Norme C.N.R. 1953 - ("Norme per l'accettazione dei pietrischi, dei pietrischetti, delle graniglie, delle sabbie e degli additivi per costruzioni stradali"), con l'avvertenza che la prova per la determinazione della perdita in peso sarà fatta col metodo Los Angeles secondo le Norme C.N.R. B.U n. 34 (del 28-3-1973) anziché col metodo DEVAL. L'aggregato grosso (pietrischetti e graniglie) dovrà essere ottenuto per frantumazione ed essere costituito da elementi sani, duri, durevoli, approssimativamente poliedrici, con spigoli vivi, a superficie ruvida, puliti ed esenti da polvere o da materiali estranei.
L'aggregato grosso sarà costituito da pietrischetti e graniglie che potranno anche essere di provenienza o natura petrografica diversa, purché alle prove appresso elencate, eseguite su campioni rispondenti alla miscela che si intende formare, risponda ai seguenti requisiti.

- Per strati di collegamento (BINDER):

- perdita in peso alla prova Los Angeles eseguita sulle singole pezzature secondo le norme ASTM C 131 - AASHO T 96, inferiore al 25% (C.N.R. 34-1973);
- indice dei vuoti delle singole pezzature, secondo C.N.R., fascicolo 4/1953 - ("Norme per l'accettazione dei pietrischi, dei pietrischetti, delle graniglie, delle sabbie e degli additivi per costruzioni stradali"), inferiore a 0,80;
- coefficiente di imbibizione, secondo C.N.R., fascicolo 4/1953 - ("Norme per l'accettazione dei pietrischi, dei pietrischetti, delle graniglie, delle sabbie e degli additivi per costruzioni stradali") inferiore a 0,015 (C.N.R. 137-1992);
- materiale non idrofilo, secondo C.N.R., fascicolo 4/1953 - ("Norme per l'accettazione dei pietrischi, dei pietrischetti, delle graniglie, delle sabbie e degli additivi per costruzioni stradali").

Nel caso che si preveda di assoggettare al traffico lo strato di collegamento in periodi umidi od invernali, la perdita in peso per scuotimento sarà limitata allo 0,5%.

- Per strati di usura:

- perdita in peso alla prova Los Angeles eseguita sulle singole pezzature secondo le norme ASTM C 131 - AASHO T 96, inferiore od uguale al 20% (C.N.R. 34 -1973);

- almeno un 30% in peso del materiale dell'intera miscela deve provenire da frantumazione di rocce che presentino un coefficiente di frantumazione minore di 100 e resistenza a compressione, secondo tutte le giaciture, non inferiore a 140 N/mm², nonché resistenza alla usura minima 0,6;
- indice dei vuoti delle singole pezzature, secondo C.N.R., fascicolo n. 4/1953 - ("Norme per l'accettazione dei pietrischi, dei pietrischetti, delle graniglie, delle sabbie e degli additivi per costruzioni stradali"), inferiore a 0,85;
- coefficiente di imbibizione, secondo C.N.R., fascicolo 4/1953 - ("Norme per l'accettazione dei pietrischi, dei pietrischetti, delle graniglie, delle sabbie e degli additivi per costruzioni stradali"), inferiore a 0,015 (C.N.R 137-1992);
- materiale non idrofilo, secondo C.N.R., fascicolo 4/1953 - ("Norme per l'accettazione dei pietrischi, dei pietrischetti, delle graniglie, delle sabbie e degli additivi per costruzioni stradali"), con limitazione per la perdita in peso allo 0,5%.

In ogni caso i pietrischi e le graniglie dovranno essere costituiti da elementi sani, duri, durevoli, approssimativamente poliedrici, con spigoli vivi, a superficie ruvida, puliti ed esenti da polvere e da materiali estranei. L'aggregato fino sarà costituito in ogni caso da sabbie naturali o di frantumazione che dovranno soddisfare ai requisiti dell' Art. 5 delle norme C.N.R. fascicolo n. 4 del 1953, ed in particolare:

- equivalente in sabbia, determinato con la prova AASHO T 176, (e secondo la norma C.N.R. B.U. n. 27 del 30-3-1972) non inferiore al 55%;
- materiale non idrofilo, secondo C.N.R., fascicolo 4/1953 - ("Norme per l'accettazione dei pietrischi, dei pietrischetti, delle graniglie, delle sabbie e degli additivi per costruzioni stradali") con le limitazioni indicate per l'aggregato grosso. Nel caso non fosse possibile reperire il materiale della pezzatura $2 \div 5$ mm necessario per la prova, la stessa dovrà essere eseguita secondo le modalità della prova Riedel-Weber con concentrazione non inferiore a 6.

Gli additivi minerali (fillers) saranno costituiti da polvere di rocce preferibilmente calcaree o da cemento, calce idrata, calce idraulica, polveri di asfalto e dovranno risultare alla setacciatura per via secca interamente passanti al setaccio n. 30 ASTM e per almeno il 65% al setaccio n. 200 ASTM. Per lo strato di usura, a richiesta della Direzione dei Lavori, il filler potrà essere costituito da polvere di

roccia asfaltica contenente il 6 ÷ 8% di bitume ad alta percentuale di asfalteni con penetrazione Dow a 25°C inferiore a 150 dmm.

Per fillers diversi da quelli sopra indicati è richiesta la preventiva approvazione della Direzione dei Lavori in base a prove e ricerche di laboratorio.

C. **Legante**

Il bitume, *per gli strati di collegamento e di usura*, dovrà essere del tipo "A" e "B" riportato nel punto 5.3.2 C.

D. **Miscele**

1) *Strato di collegamento (binder).* La miscela degli aggregati da adottarsi per lo strato di collegamento dovrà avere una composizione granulometrica contenuta nel seguente fuso:

Serie crivelli e setacci U.N.I	Passante: % totale in peso
Crivello 25	100
Crivello 15	65 ÷ 100
Crivello 10	50 ÷ 80
Crivello 5	30 ÷ 60
Setaccio 2	20 ÷ 45
Setaccio 0,4	7 ÷ 25
Setaccio 0,18	5 ÷ 15
Setaccio 0,075	4 ÷ 8

Il tenore di bitume dovrà essere compreso tra il 4,5% ed il 5,5% riferito al peso degli aggregati (C.N.R. 38-1973). Esso dovrà comunque essere il minimo che consenta il raggiungimento dei valori di stabilità Marshall e compattezza di seguito riportati. Il conglomerato bituminoso destinato alla formazione dello strato di collegamento dovrà avere i seguenti requisiti:

- la stabilità Marshall, eseguita a 60°C su provini costipati con 75 colpi di maglio per ogni faccia, dovrà risultare in ogni caso uguale o superiore a 900 Kg. Inoltre il valore della rigidezza Marshall, cioè il rapporto tra la stabilità misu-

rata in Kg e lo scorrimento misurato in mm, dovrà essere in ogni caso superiore a 300 (C.N.R 30-1973);

- gli stessi provini per i quali viene determinata la stabilità Marshall dovranno presentare una percentuale di vuoti residui compresa tra 3 ÷ 7%. La prova Marshall eseguita su provini che abbiano subito un periodo di immersione in acqua distillata per 15 giorni, dovrà dare un valore di stabilità non inferiore al 75% di quello precedentemente indicato. Riguardo alle misure di stabilità e rigidezza, sia per i conglomerati bituminosi tipo usura che per quelli tipo binder, valgono le stesse prescrizioni indicate per il conglomerato di base.

2) *Strato di usura.* La miscela degli aggregati da adottarsi per lo strato di usura dovrà avere una composizione granulometrica contenuta nei seguenti fusi:

Serie crivelli e setacci U.N.I	**Passante: % totale in peso Fuso tipo "A"**	**Passante: % totale in peso Fuso tipo "B"**
Crivello 20	100	--
Crivello 15	90 – 100	100
Crivello 10	70 – 90	70 – 90
Crivello 5	40 – 55	40 – 60
Setaccio 2	25 – 38	25 – 38
Setaccio 0,4	11 – 20	11 – 20
Setaccio 0,18	8 – 15	8 – 15
Setaccio 0,075	6 – 10	6 – 10

Il legante bituminoso tipo "A" dovrà essere compreso tra il 4,5% ed il 6% riferito al peso totale degli aggregati (C.N.R. 38-1973). Il fuso tipo "A" dovrà comprendere le curve per strati di usura dello spessore compreso tra 4 e 6 cm. Il fuso tipo "B" dovrà comprendere le curve per strati di usura dello spessore di 3 cm. Il conglomerato dovrà avere i seguenti requisiti:

a) resistenza meccanica elevatissima, cioè capacità di sopportare senza deformazioni permanenti le sollecitazioni trasmesse dalle ruote dei veicoli sia in fase dinamica che statica, anche sotto le più alte temperature estive, e sufficiente flessibilità per poter seguire sotto gli stessi carichi qualunque assestamento eventuale del sottofondo anche a lunga scadenza.

Il valore della stabilità Marshall (C.N.R. 30-1973) eseguita a 60°C su provini costipati con 75 colpi di maglio per faccia dovrà essere di almeno 10.000 N [1000 Kg].

Inoltre il valore della rigidezza Marshall, cioè il rapporto tra stabilità misurata in Kg e lo scorrimento misurato in mm, dovrà essere in ogni caso superiore a 300.

La percentuale dei vuoti dei provini Marshall, sempre nelle condizioni di impiego prescelte, deve essere compresa fra 3% e 6%.

La prova Marshall eseguita su provini che abbiano subito un periodo di immersione in acqua distillata per 15 giorni, dovrà dare un valore di stabilità non inferiore al 75% di quelli precedentemente indicati;

b) elevatissima resistenza all'usura superficiale;
c) sufficiente ruvidezza della superficie tale da non renderla scivolosa;
d) grande compattezza: il volume dei vuoti residui a rullatura terminata dovrà essere compreso fra 4% e 8%.

Ad un anno dall'apertura al traffico, il volume dei vuoti residui dovrà invece essere compreso fra 3% e 6% e impermeabilità praticamente totale; il coefficiente di permeabilità misurato su uno dei provini Marshall, riferentisi alle condizioni di impiego prescelte, in permeametro a carico costante di 50 cm d'acqua, non dovrà risultare inferiore a 10^{-6} cm/s.

E. **Formazione, confezione e stesa degli impasti**

Valgono le stesse prescrizioni indicate per lo strato di base, salvo che per il tempo minimo di miscelazione effettiva, che, con i limiti di temperatura indicati per il legante e gli aggregati, non dovrà essere inferiore a 25 secondi. Nella confezione dei conglomerati bituminosi dei vari strati (base, collegamento o binder e usura) dovranno essere impiegate speciali sostanze chimiche attivanti l'adesione dei bitumi - aggregato ("dopes" di adesività), costituite da composti azotati di natura e complessità varia, ovvero da ammine ed in particolare da alchilammido - poliammine ottenute per reazione tra poliammine e acidi grassi C16 e C18.

Detti additivi polifunzionali per bitumi dovranno comunque resistere alla temperatura di oltre 180° C senza perdere più del 20% delle loro proprietà fisico - chimiche. Il dosaggio potrà variare a seconda delle condizioni d'impiego, della natura

degli aggregati e delle caratteristiche del prodotto, tra lo 0,3% e lo 0,6% sul peso del bitume da trattare (da Kg 0,3 a Kg 0,6 per ogni 100 Kg di bitume).
L'immissione delle sostanze attivanti nella cisterna del bitume (al momento della ricarica secondo il quantitativo percentuale stabilito) dovrà essere realizzata con idonee attrezzature tali da garantire la perfetta dispersione e l'esatto dosaggio (eventualmente mediante un completo ciclo di riciclaggio del bitume attraverso la pompa apposita prevista in ogni impianto), senza inconvenienti alcuno per la sicurezza fisica degli operatori.

5.3.4. Massi per scogliere e protezioni d'alveo

5.3.4.1 Qualifica delle cave

I massi dovranno provenire da cave accettate dalla Direzione Lavori. A tale proposito l'Impresa dovrà effettuare un'indagine preliminare allo scopo di individuare la/le cava/e che possano fornire i materiali lapidei rispondenti sia ai requisiti di qualità che alle cadenze di fornitura necessarie per il rispetto del programma dei lavori. Al termine dell'indagine l'Impresa segnalerà le cave che intende qualificare e procederà, in contraddittorio con la Direzione Lavori, ad effettuare le prove indicate nelle seguenti tabelle 1A e 1B.

Una volta ottenuti i risultati delle prove, l'Impresa deve redigere la Relazione di qualifica di ciascuna cava in cui verranno descritte le caratteristiche principali della cava (natura petrografica della roccia, caratteristiche degli impianti per la selezione delle categorie di pezzatura inferiore, la produzione di massi di pezzatura superiore rispetto alla produzione globale, etc.) con allegati tutti i certificati prodotti. Tale relazione deve essere inviata alla Direzione Lavori per ottenerne formale approvazione.

Qualora una cava sia già stata qualificata nell'ambito di altri progetti sarà discrezione della Direzione Lavori verificare se la precedente qualifica potrà ritenersi ancora valida sia dal punto di vista temporale che per eventuali modifiche delle caratteristiche del fronte di cava; qualora il materiale richiesto per la formazione delle scogliere sia disponibile dal salpamento di strutture consimili sarà disponibile utilizzarlo previa approvazione della Direzione Lavori, che ha la facoltà di richiedere all'Impresa verifiche della distribuzione di massa con lo stesso criterio adottato per il materiale di nuova fornitura.

Requisiti di qualità e limiti di accettabilità dei massi naturali

I materiali lapidei dovranno rispondere in particolare ai requisiti e limiti di accettabilità di seguito riportati in forma sintetica.

Distribuzione della massa

Pietrame 10 - 200 kg

La distribuzione granulometrica del pietrame 10 – 200 kg (classe P1 in tabella 1A) deve rispondere ai seguenti requisiti:

Unità	Distribuzione percentuale della massa			
%	$y < 2$	$0 < y < 10$	$70 < y < 100$	$y < 97$
kg	2	10	200	300

dove y rappresenta la quantità di massi avente peso inferiore a quanto riportato in tabella, espressa in percentuale. In aggiunta a tali limiti si dovrà verificare anche che il peso medio W_{50} sia compreso tra 70 e 130 kg, e che il rapporto W_{85}/W_{15} sia compreso tra 5 e 10. La distribuzione granulometrica sarà determinata su di un campione minimo di 5 t. Operativamente sarà pesato il campione totale e successivamente saranno selezionati mediante esame visivo (misura delle tre dimensioni principali e/o comparazione con massi di riferimento) i materiali di peso superiore rispettivamente a 200 kg (verificando comunque l'assenza di massi con peso superiore a 300 kg), 10 kg e 2 kg. La distribuzione della massa sarà individuata esaminando i tre campioni selezionati.

Pietrame 100 – 2,000 kg

La distribuzione della massa del pietrame 100 – 2,000 kg (classe M1 in tabella 1A) deve rispondere ai seguenti requisiti:

Unità	Distribuzione percentuale della massa			
%	$y < 2$	$0 < y < 10$	$70 < y < 100$	$y < 97$
kg	20	100	2,000	3,000

dove y rappresenta la quantità di massi avente peso inferiore a quanto riportato in tabella, espressa in percentuale. In aggiunta a tali limiti si dovrà verificare anche che il peso medio W_{50} sia compreso tra 700 e 1,300 kg, e che il rapporto W_{85}/W_{15} sia compreso tra 2 e 4. La distribuzione granulometrica sarà determinata su di un campione minimo di 10 t. Operativamente sarà pesato il campione totale e successivamente saranno selezionati mediante esame visivo (misura delle tre dimensioni principali e/o comparazione con massi di riferimento) i materiali di peso superiore rispettivamente a 2,000 kg (verificando comunque l'assenza di massi con peso superiore a 3,000 kg), 100 kg e 20 kg. La distribuzione della massa sarà individuata esaminando i tre campioni selezionati.

Densità

La pietra naturale dovrà avere una densità media (misurata su materiale saturo a superficie asciutta) maggiore o uguale a 2.600 kg/m³ (prova ASTM C128 o similari).

Forma

I massi delle pezzature superiori dovranno essere di forma e superficie irregolare e la dimensione principale più piccola non dovrà essere inferiore ad un terzo di quella massima in un numero di massi superiore al 5% del campione.

Integrità dei blocchi

Le prove d'integrità dei blocchi sono destinate ai massi di grossa pezzatura al fine di verificare l'eventuale presenza di discontinuità, generate principalmente dal metodo di coltivazione della cava (tipo e quantità di esplosivo, maglia, etc.), che possono indurre rotture durante le fasi di carico, stoccaggio, ricarico, posa in opera. La prova di integrità sarà effettuata mediante prove di caduta diretta di singoli massi da 3 m di altezza da ripetere per un congruo numero di elementi rappresentativi della categoria dei massi in esame. I massi saranno fatti cadere su di un letto di pietra di spessore medio pari a 0.50 m.

L'indice di rottura $I_d = [(W_{50i} - W_{50f})/W_{50i}] \times 100$ [%] ottenuto calcolando il valore del W_{50} dei massi prima (W_{50i}) e dopo le prove di caduta (W_{50f}) deve risultare non superiore al 5 % per i soli massi aventi peso singolo superiore al 2 % della curva cumulata.

Assorbimento d'acqua W_{ab}(%)

Il valore medio di assorbimento d'acqua (prove tipo NEN 5187 o altre prove similari approvate dalla Direzione Lavori) del pietrame deve risultare minore del 4 %. I risultati di questa prova vanno comunque giudicati unitamente a quelli di seguito indicati per la verifica della resistenza all'alterabilità.

Resistenza chimica

L'alterazione fisica dei massi con effetti di disgregazione superficiale può essere provocata dall'imbibizione ed essicamento, da diversa espansione di minerali componenti la roccia, dalla cristallizzazione di sali. Prove di verifica della resistenza all'alterabilità nel tempo saranno eseguite scegliendo uno dei seguenti metodi in funzione della natura petrografica del pietrame:

- Resistenza Magnesio-Solfato. Può essere effettuata in conformità alla norma ASTM C88. Il valore dell'indice MSS deve essere inferiore al 10 %.
- Assorbimento del Blu-Metilene MBA (g/100g). Il valore di assorbimento del Blu-Metilene deve essere minore di 0,7 (g/100g). Questo test permette di individuare minerali argillosi.
- Prove di imbibizione-essicamento da effettuare secondo il metodo di Lienhart-Stransky [Lienhart e Stransky 1984].

Gelività

È richiesta l'esecuzione di prova di gelo-disgelo da eseguire secondo il R.D. 16 Novembre 1939 Art. n° 8, oppure secondo la norma NEN 5184. Il valore della perdita in peso non deve superare il 5%.

Resistenza alla compressione

La resistenza meccanica alla compressione non dovrà risultare inferiore a 500 kg/cm^2.

Resistenza all'usura

Dovrà essere verificata in accordo con la norma ASTM 131-76 accettando una perdita in peso inferiore o uguale al 30 %, oppure secondo altra norma approvata dalla Direzione Lavori. Il giudizio di idoneità della cava da parte della Direzione Lavori dovrà tener conto dell'insieme dei risultati delle prove di qualifica potendo accettare che i risultati di una singola prova non rientrino nei limiti di accettabilità.

Prove in corso d'opera

La verifica dei fusi granulometrici, della distribuzione delle masse, della forma e dell'integrità dei blocchi dovrà essere effettuata in cava o all'arrivo in cantiere, mentre la verifica della densità dovrà essere effettuata presso un laboratorio autorizzato. Le prove ed i prelievi dovranno essere effettuati in contraddittorio con la Direzione Lavori secondo le cadenze medie indicate nella tabella 1A. La Direzione Lavori potrà richiedere un'intensificazione delle prove, qualora i valori misurati si discostassero da quelli prescritti, fintanto che le modifiche al metodo di coltivazione delle cave o alla selezione e carica dei materiali non dimostrino che le caratteristiche dei materiali rientrino nei requisiti di capitolato.

OPERE IN SCOGLIERA: CARATTERISTICHE E PROVE PER IL PIETRAME

10 ÷ 200 kg (P1)
100 ÷ 2,000 kg (M1)

TABELLA 1°

Caratteristiche	Prove				Note
	Norme o metodo di prova	In fase di qualifica	In corso d'opera	Classi di scogli da sottoporre a prove	
		n° di prove	n° di prove	P1/M1	
Distribuzione della massa		1 prova	P1, M1: vedi tabelle precedenti	x	
Densità	ASTM C128	10 prove/ cava		x	(2)
Assorbimento d'acqua	NEN 5187 o ASTM C127	10 prove/ cava		x	(2)
Resistenza chimica	ASTM C88; oppure: prova del Blu-Metilene; oppure: prova di imbibizione ed essicamento	6 prove/ cava		x	(2) (3)

TABELLA 1B

Caratteristiche	Prove				Note
	Norme o metodo di prova	In fase di qualifica	In corso d'opera	Classi di scogli da sottoporre a prove	
		n° di prove	Frequenza media	P1/M1	
Gelività	R.D.n°2232 / 1939 o NEN 5184	3 prove/ cava		x	

NOTE :

(2) La Direzione Lavori può richiedere anche eventuali prove in corso d'opera per verificare il mantenimento delle caratteristiche fisiche dei materiali nell'ambito della stessa cava (in caso di cambiamenti del fronte della cava).

(3) La Direzione Lavori sceglierà il tipo di prova da effettuare in relazione alle caratteristiche dei materiali di ciascuna cava proposta dall'Impresa.

Una volta ottenuti i risultati delle prove, l'Impresa deve redigere la Relazione di qualifica di ciascuna cava in cui verranno descritte le caratteristiche principali della cava (natura petrografica della roccia, caratteristiche degli impianti per la selezione delle categorie di pezzatura inferiore, la produzione di massi di pezzatura superiore rispetto alla produzione globale, etc.) con allegati tutti i certificati prodotti. Tale relazione deve essere inviata alla Direzione Lavori per ottenerne formale approvazione. Qualora una cava sia già stata qualificata nell'ambito di altri progetti sarà discrezione della Direzione Lavori verificare se la precedente qualifica potrà ritenersi ancora valida sia dal punto di vista temporale che per eventuali modifiche delle caratteristiche del fronte di cava.

Requisiti di qualità, distribuzione della massa, e limiti di accettabilità dei massi naturali

I materiali lapidei dovranno rispondere in particolare ai requisiti e limiti di accettabilità di seguito riportati in forma sintetica.

Distribuzione della massa e forma

Il peso medio dei bolognini dovrà essere pari a 70 ± 20 %. I bolognini dovranno avere forma prossima a quella di un cubo di lato pari a 30 cm. Saranno ammessi bolognini con dimensioni diverse da quelle sopra indicate con una tolleranza del ± 20 % sui tre lati.

Densità

La pietra naturale dalla quale verranno ricavati i bolognini dovrà avere una densità media (misurata su materiale saturo a superficie asciutta) maggiore o uguale a 2.600 kg/m^3 (prova ASTM C128 o similari approvate dalla Direzione Lavori).

Assorbimento d'acqua W_{ab}(%)

Il valore medio di assorbimento d'acqua (prove tipo NEN 5187 o altre prove similari approvate dalla Direzione Lavori) del pietrame deve risultare minore del 4 %. I risultati di questa prova vanno comunque giudicati unitamente a quelli di seguito indicati per la verifica della resistenza all'alterabilità.

Resistenza chimica

L'alterazione fisica dei massi con effetti di disgregazione superficiale può essere provocata dall'imbibizione ed essicamento, da diversa espansione di minerali componenti la roccia, dalla cristallizzazione di sali. Prove di verifica della resistenza all'alterabilità nel tempo saranno eseguite scegliendo uno dei seguenti metodi in funzione della natura petrografica del pietrame:

- Resistenza Magnesio-Solfato. Può essere effettuata in conformità alla norma ASTM C88. Il valore dell'indice MSS deve essere inferiore al 10 %.
- Assorbimento del Blu-Metilene MBA (g/100g). Il valore di assorbimento del Blu-Metilene deve essere minore di 0,7 (g/100g). Questo test permette di individuare minerali argillosi.
- Prove di imbibizione-essicamento da effettuare secondo il metodo di Lienhart-Stransky [Lienhart e Stransky 1984].

Gelività

È richiesta l'esecuzione di prova di gelo-disgelo da eseguire secondo il R.D. 16 Novembre 1939 Art. n° 8, oppure secondo la norma NEN 5184. Il valore della perdita in peso non deve superare il 5%.

Resistenza alla compressione

La resistenza meccanica alla compressione non dovrà risultare inferiore a 500 kg/cm^2.

Resistenza all'usura

Dovrà essere verificata in accordo con la norma ASTM 131-76 accettando una perdita in peso inferiore o uguale al 30 %, oppure secondo altra norma approvata dalla Direzione Lavori. Il giudizio di idoneità della cava da parte della Direzione Lavori dovrà tener conto dell'insieme dei risultati delle prove di qualifica potendo accettare che i risultati di una singola prova non rientrino nei limiti di accettabilità.

5.4. Galleria principale Fereggiano, gallerie minori

5.4.1. Centine metalliche e reti elettrosaldate

Le centine metalliche e le reti elettrosaldate da annegare nel conglomerato cementizio, dovranno avere caratteristiche dimensionali, sagoma ed interasse conformi alle sezioni tipo del progetto definitivo previste per le varie tratte. Saranno sagomate e collegate nei punti di giunzione tramite piastre saldate e bullonate, nonché dotate di elementi di unione, distanziatori, piastre di base, collegamenti e quanto altro occorrente per assicurare una perfetta continuità strutturale delle centine stesse.

Particolarmente curato sarà il dimensionamento dell'eventuale piastra di appoggio al piede, l'allettamento e la stabilità della superficie di appoggio, e la messa in contatto della centina con la superficie di scavo. Eventuali vuoti presenti a tergo delle centine dovranno essere riempiti con conglomerato cementizio spruzzato o con idonei spessori, cunei od altri accorgimenti opportuni al fine di garantire la completa aderenza con la superficie di scavo delle centine. In senso longitudinale, le centine saranno collegate tra loro mediante catene, realizzate mediante tondino di acciaio opportunamente sagomato avente caratteristiche non inferiore a quello costituente il profilato delle centine. Le catene dovranno essere estese a tutto il contorno delle centine ed ad esse collegate mediante opportuni accorgimenti o saldature, così come indicato nei disegni di progetto.

Quando le centine metalliche sottendono l'armatura tronco-conica costituita dagli interventi di consolidamento lanciati in avanzamento, quali infilaggi, jet-grouting ed altri interventi di consolidamento analoghi, queste dovendo essere messe a contatto con essi e pertanto dovranno essere calandrate a profilo variabile, sia pure per gruppi, per assicurare una buona trasmissione dei carichi.

Le variazioni in altezza dovranno essere assorbite posizionando i piedi delle centine a quote diverse quando in sezione di calotta e dotandole di gambe di diversa lunghezza quando si passa a piena sezione. Le centine realizzate mediante l'impiego di profilati a doppio T, dovranno risultare all'esterno dell'estradosso di progetto del rivestimento definitivo.

Ove la geometria dello scavo lo consentisse, le reti elettrosaldate potranno essere presagomate ed opportunamente autoancorate alle centine.

I profilati costituenti le centine metalliche dovranno essere in acciaio Fe 360 o superiore, i bulloni dovranno essere di classe non inferiore alla 8.8 – UNI 3740-74 e la lamiera sarà in acciaio di qualità non inferiore al tipo Fe 360, UNI 7070/82.

5.4.2. Conglomerato cementizio proiettato (spritz-beton)

Il rivestimento di prima fase delle pareti di scavo di gallerie e pozzi di aerazione sarà eseguito con conglomerato cementizio spruzzato negli spessori indicati in progetto. La proiezione dovrà avvenire ad umido cioè con procedimento in cui la pompa spinge la miscela composta da aggregati, cemento, acqua senza acceleran-te, in sospensione in un getto d'aria compressa nel condotto, ovvero per mezzo di una pompa a pistoni, mentre l'accelerante viene introdotto e mescolato nella lan-cia. Per ciascun additivo che verrà utilizzato, dovrà essere disponibile una scheda tecnica e una scheda di sicurezza, quest'ultima redatta in conformità alle prescri-zioni della direttiva CEE 91/155.

Tutte le venute d'acqua concentrate dovranno essere regimate e canalizzate super-ficialmente per evitare sottopressioni sulla superficie trattata e danneggiamenti al conglomerato proiettato.

L'interferro dovrà essere, in tutti i casi, uguale o superiore a 15 cm sia nel caso di barre che di rete elettrosaldata. La distanza fra l'armatura e la parete da rivestire dovrà essere rigorosamente compresa fra 2 e 5 cm.

La superficie in vista del conglomerato cementizio, sulla quale sarà applicata l'eventuale l'impermeabilizzazione, dovrà presentarsi regolare, priva di asperità e di ferri sporgenti. Eventuali irregolarità dovranno essere conguagliate mediante apporto di conglomerato cementizio. I ferri eventualmente sporgenti dal rivesti-mento dovranno essere accuratamente ripiegati e inglobati nel conglomerato.

La qualifica preliminare del conglomerato cementizio, i controlli della resistenza-del conglomerato, le prove sui materiali e sul conglomerato fresco, dovranno esse-re effettuati con l'osservanza di quanto disposto alla sezione "calcestruzzi" del presente Disciplinare.

Il calcestruzzo proiettato sarà confezionato con impiego di aggregati di appropria-ta granulometria continua e di dimensioni non superiori a 10 mm, tali da poter es-sere proiettati a umido con le normali attrezzature da "spritz"; il rapporto ac-qua/cemento non dovrà essere superiore a 0,5. La curva granulometrica dovrà pre-sentare un andamento continuo, senza picchi ne salti.

Per applicazioni sulla volta, le miscele dovranno essere scelte verso la parte fine della curva granulometrica, verso il centro per la parte verticale e verso la parte più grossa per i lavori nella controvolta. Per conseguire fluidità, coesione e rapidi-tà di presa, senza compromettere le caratteristiche di resistenza del conglomerato, dovrà essere impiegato cemento ad alta resistenza dosato in ragione di almeno 500

kg/m^3 di impasto, con l'adozione dì additivi ad azione fluidificante ed accelerante di presa, compatibili con il cemento impiegato.

Trattasi in particolare di:

- additivo superfluidificante dosato all'1-1,5% sul peso del cemento;
- microsilicati dosati a 20-25 kg/m³ di conglomerato;
- additivo accelerante di presa che potrà essere a base di silicato, dosato in ragione del 12 - 15 % sul peso del cemento o, in alternativa a base di alluminato dosato in ragione del 3 - 4 % sul peso del cemento.

Gli acceleranti di presa dovranno essere compatibili con il cemento impiegato e non essere nocivi alle armature, ne alle reazioni di idratazione del cemento e dovrà essere data dimostrazione della loro efficacia ai fini della durabilità del conglomerato proiettato. L'impiego di acceleranti a base silicatica potrà essere autorizzato solamente dopo che siano state condotte prove di campo per determinarne il dosaggio ottimale massimo ai fini del raggiungimento delle resistenze minime richieste dopo 180 giorni dalla posa in opera.
Dovrà presentare una Rck $\geq$ 30 Mpa dopo 28 giorni, con una resistenza media a compressione monoassiale, dopo 48 ore dalla posa in opera, determinata su quattro campioni, che dovrà risultare non inferiore a 13 Mpa, e comunque compatibile con quanto indicato in progetto. Tali resistenze saranno determinata mediante l'uso di appositi pannelli confezionati e casseforme, collocate su una parete inclinata di 10° - 20° tali da realizzare tasselli di prova, di dimensioni 60 cm □ 60 cm,
e di 15 cm di spessore ottenuti proiettando ortogonalmente a questa il conglomerato. Tali pannelli dovranno fornire 6 - 8 provini di conglomerato con rapporto altezza/diametro pari a h/d =2 ed altezza pari a 10 cm.
Oltre alle prove suddette in ogni caso dovranno essere prelevate direttamente dalla parete carote di conglomerato cementizio proiettato in opera sulle quali determinare il peso specifico e la resistenza a compressione monoassiale. La media dei valori del peso specifico, ricavati in sito non dovrà essere inferiore al 98% dei valori dichiarati nello studio preliminare di qualificazione. Lo sfrido complessivo del calcestruzzo proiettato non dovrà essere superiore al 10% del volume posto in opera.
Il rivestimento di prima fase in conglomerato cementizio spruzzato, in relazione alle previsioni di progetto, potrà essere armato con rete in barre di acciaio a maglie elettrosaldate. Ove la geometria dello scavo lo consentisse, le reti elettrosalda-

te potranno essere opportunamente presagomate ed opportunamente ancorate alle centine. Dovrà essere particolarmente curato il fissaggio delle armature, con almeno 2 chiodi/m², su un primo strato di conglomerato proiettato dello spessore di almeno 2~3 cm, per evitare movimenti o distacchi durante la successiva proiezione. Successivamente, verrà realizzato il completamento dello strato di conglomerato proiettato, sino al raggiungimento dello spessore previsto.
Per evitare movimenti e distacchi durante la proiezione del conglomerato, si dovrà usare in modo particolare il fissaggio delle armature.

5.4.3. Conglomerato cementizio proiettato fibrorinforzato (spritz-beton)

Per le prescrizioni e gli oneri di una corretta posa in opera valgono le indicazioni precedentemente riportate, riguardanti il calcestruzzo proiettato. Per fibre di acciaio per la confezione di conglomerato, deve intendersi fibre provenienti da filo liscio o deformato e trafilato a freddo, o da lamiera tagliata liscia o deformata, o da fibre estratte da fusione, comunque costituite di acciaio a basso contenuto di carbonio.
La quantità di fibre di acciaio da impiegare per l'armatura del conglomerato cementizio spruzzato dovrà essere corrispondente a quella prevista negli elaborati di progetto; le fibre dovranno essere fornite sciolte, dovranno essere incorporate nel conglomerato in fase di impasto, avendo cura che la loro immissione effettuata direttamente con gli inerti, garantisca una dispersione omogenea con l'ulteriore miscelazione durante l’impasto. Le fibre dovranno essere stoccate in appositi contenitori e protette dall’umidità.
Lo strato superficiale del conglomerato cementizio spruzzato, per uno spessore 3 cm, dovrà essere steso senza impiego di fibre d'acciaio, nel caso di presenza di manto di impermeabilizzazione, allo scopo di evitare possibili danni alla guaina stessa.
Le caratteristiche del conglomerato cementizio proiettato fibrorinforzato, dovranno essere verificate attraverso le seguenti prove:

- resistenza a compressione monoassiale;
- prova di assorbimento di energia.

L’impiego del calcestruzzo proiettato fibrorinforzato è preferibile in corrispondenza di quelle classi di scavo dove il comportamento dell’ammasso allo scavo è da considerarsi “non - spingente”.

5.4.4. Bulloni d’ancoraggio

I bulloni in acciaio ad ancoraggio continuo saranno realizzati mediante barre in acciaio aventi diametro non inferiore a 24 mm. La cementazione del bullone sarà effettuata mediante iniezioni di boiacca di cemento antiritiro ovvero con fialoidi di resina epossidica, con tutti gli accorgimenti e i materiali necessari per assicurare il completo riempimento dei fori e l'aderenza del bullone al terreno per tutta la sua lunghezza. La piastra di ancoraggio in acciaio avrà dimensioni non inferiori a 150 x 150 x 8 mm. Le barre in acciaio saranno del tipo FeB44K controllato in stabilimento.
Nel caso di impiego di cementi speciali o resine sintetiche, dovrà essere garantita l'assenza di ioni aggressivi e l'impiegabilità nel caso specifico.

5.4.5. Drenaggi

5.4.5.1 Canalette di raccolta

Al piede dell'impermeabilizzazione sarà realizzata, mediante canaletta in PVC microfessurata superiormente, una condotta di raccolta delle acque drenate. Ogni 25 m circa saranno quindi disposte delle condotte, dotate di pozzetti per l'ispezione e la manutenzione, per collegare le canalette con le cunette centrali della galleria. Particolare cura andrà posta in fase esecutiva per assicurare il corretto andamento planoaltimetrico dei tubi di drenaggio e la loro funzionalità.
Le canalette e i tubi per il drenaggio e l'allontanamento sulle acque saranno in PVC ed avranno diametro esterno non inferiore a 110 mm e spessore non inferiore a 3 mm. I tubi di cloruro di polivinile non plastificato dovranno corrispondere per generalità tipi, caratteristiche e metodi di prova alle norme UNI N° 4464 e 4465. La miscela cementizia da impiegare per l'allettamento e fissaggio delle tubazioni sarà costituita da sabbia e cemento normale tipo 3.25, ed arricchita di idrofugo nelle proporzioni necessarie in relazione al grado di umidità della superficie da impermeabilizzare.

5.4.5.2 Tubi drenanti microfessurati

Le perforazioni per i drenaggi, comunque inclinate ed in materiali di qualsiasi natura, durezza e consistenza, anche in presenza d'acqua di qualsiasi entità e pressione, saranno eseguite a distruzione di nucleo con sonde a rotazione o rotopercussione. Qualora le caratteristiche dei terreni o la presenza dell'acqua lo richie-

desse, il foro potrà essere sostenuto mediante idonee tubazioni durante la perforazione e nelle fasi successive.
Si deve assicurare, in fase di perforazione, la perfetta tenuta a boccaforo, predisponendo eventualmente, sul fronte di avanzamento, in corrispondenza all'asse di ciascuna perforazione, un raccordo tubolare munito di un premistoppa interno, al quale si accoppia, a tenuta, il tubo di perforazione e di una bocca di deflusso esterna, onde consentire il rifluimento controllato del materiale di spurgo in fase di perforazione.
I raccordi tubolari dovranno essere rigidamente fissati al tampone in calcestruzzo proiettato preventivamente realizzato sul fronte.
Tali attrezzature devono avere caratteristiche tali da impedire che, nella fase di scavo e nelle successive fasi di posa in opera del tubo drenante all'interno dell'eventuale rivestimento e di estrazione di quest'ultimo dal terreno, possano verificarsi rifluimenti incontrollati di acqua e/o particelle di terreno all'interno dell'eventuale tubo di rivestimento.
Prima di procedere alla posa in opera, si dovrà eseguire una accurata pulizia del foro con getto d'aria a pressione e il lavaggio con getto d'acqua a pressione.
Esse avranno diametro adeguato alla lunghezza e tale da consentire l'infilaggio dei tubi microfessurati, e comunque non inferiore a 90 mm. Qualora le caratteristiche dei terreni o la presenza dell'acqua lo richiedesse, le pareti del foro dovranno essere sostenute mediante idonee tubazioni durante la perforazione e nelle fasi successive.
Successivamente alla pulizia del foro, nello stesso verrà inserito un tubo microfessurato in PVC rivestito esternamente con una calza di geotessile. Il tubo microfessurato sarà in PVC rigido con unioni a manicotti, ed avrà diametro interno non inferiore a 50 mm e spessore non inferiore a 4 mm. Nel caso in cui vengono realizzati per l'allontanamento dell'acqua dal fronte di scavo, la loro disposizione e la loro orientazione dovranno essere tali da operare effettivamente tale allontanamento.
La loro lunghezza dovrà essere almeno pari al diametro dello scavo e non superiore a 2,5 volte il diametro stesso, con sovrapposizione longitudinale di 6 – 10 m.
Nel caso in cui le pressioni dell'acqua sono elevate dovranno essere utilizzati dei dispositivi che impediscono la fuoriuscita di acqua prima dell'inserimento del tubo drenante. In questa situazione si opera posando prima un tubo di attesa di diametro superiore, su cui si collegherà un "preventer" atto a controllare il fluido di

spurgo della perforazione in modo da evitare l'innesco di fenomeni di sifonamento e tale da permettere la chiusura rapida del foro.
In tal caso la perforazione sarà fatta con rivestimento, per impedire la chiusura del foro e con punta a perdere. Finita la perforazione, si inserirà all'interno del rivestimento un tubo drenante microfessurato. Successivamente, si recupererà il tubo di rivestimento del foro, per una lunghezza pari a quella del tratto attivo di dreno, più la lunghezza del sacco otturatore, in modo che questo risulti direttamente a contatto con le pareti del foro. Tale sacco verrà quindi gonfiato, tramite iniezione a pressione controllata dalla relativa valvola, tramite doppio otturatore inserito da bocca foro all'interno del tubo drenante. Raggiunta la pressione di alcuni bar, questa dovrà essere mantenuta per un congruo intervallo di tempo, per verificare l'avvenuto gonfiaggio del sacco. Nel caso di calo di pressione, si procederà con successive iniezioni, fino al raggiungimento della pressione prestabilita.
Non appena la malta a fatto presa nel sacco otturatore, si procederà all'estrazione del tubo di rivestimento per la rimanente lunghezza, pari a quella del tratto cieco, e immediata esecuzione, sempre mediante doppio otturatore, dell'iniezione, dell'iniezione di intasamento di tale tratto a partire dalla valvola superiore. L'avvenuto abbattimento delle pressioni neutre dovrà essere verificato con piezometri installati in posizione opportuna e periodicamente misurati. Tale intervento di drenaggio potrà rimanere attivo anche a lungo termine in fase di esercizio, per cui si dovrà provvedere a raccogliere mediante un apposito collettore le venute di acqua captate dai dreni, onde evitare che queste possano disperdersi in galleria, causando nocive infiltrazioni che potrebbero ammalorare le opere di rivestimento definitivo.

5.4.6. Impermeabilizzazione

5.4.6.1 Impermeabilizzazione con guaina in PVC

L'impermeabilizzazione dovrà essere posta in opera su uno strato di compensazione di geotessile con caratteristiche adeguate. La guaina dovrà essere in PVC trasparente dello spessore minimo di 2 mm. Sul rivestimento di prima fase, preparato come al punto precedente, dovrà essere steso uno strato di geotessile, come strato di compensazione con funzione antipunzonamento.
Il geotessile verrà steso procedendo in senso trasversale all'asse della galleria, sovrapponendo i bordi di 20 cm e fissandolo con bottoni e/o listoni in PVC semirigido, a loro volta ancorati al supporto con chiodi a sparo muniti di rondella o con

tasselli ad espansione. I bottoni in PVC, aventi speciale sagomatura per impedire il contatto dei chiodi di fissaggio con la guaina in PVC trasparente che ad essi sarà sovrapposta e saldata, saranno forniti e posti in opera in ragione di almeno quattro bottoni per metro quadrato di superficie da impermeabilizzare, oppure un listone/ml.

In corrispondenza dei giunti della sovrastante guaina in PVC ed alla base della stessa, in corrispondenza dei piedritti nella impermeabilizzazione delle gallerie, saranno forniti e posti in opera listoni in PVC semirigido fissati con chiodi a sparo muniti di rondella. Sullo strato di geotessile verrà fornita e posta in opera una guaina in PVC trasparente dello spessore di 2 mm. La trasparenza della guaina, oltre ad essere una garanzia di purezza formulativa e pertanto di maggiore stabilità del polimero nel tempo, consente di controllare visivamente la lavorazione ed in particolare la eventuale presenza, in corrispondenza delle saldature, di un eccesso di residui carboniosi e di bolle d'aria che sono sintomi di cattiva esecuzione.

La campionatura del materiale dovrà essere fatta secondo la Norma UNI 8202/Parte 1. Dalle prove dovranno risultare soddisfatti i requisiti elencati nella Tabella 1.

La guaina in PVC verrà stesa in opera in senso trasversale all’asse della galleria con i lembi dei giunti sovrapposti per 10 cm e dovrà essere fissata ai bottoni ed ai listoni in PVC mediante termosaldatura. La guaina dovrà presentarsi ben distesa, senza pieghe e parti in tensione. Si procederà quindi alla saldatura dei giunti per termofusione con apposite saldatrici a controllo automatico di velocità, temperatura e pressione, predisposte per effettuare una doppia saldatura senza soluzione di continuità da un estremo all'altro del giunto, in modo da permettere la prova di tenuta del giunto ad aria compressa. La tenuta dei giunti dovrà essere verificata con aria alla pressione di 0.4 bar; la eventuale perdita di pressione dopo 15 - 20 minuti non dovrà superare 0.1 bar.

Il controllo delle saldature dovrà essere sistematico; l'osservazione attraverso il PVC trasparente permetterà di verificare che non vi siano difetti quali eccessi di residui carboniosi o bolle che potrebbero far cedere la saldatura in un secondo tempo.

Tabella 1

Spessore	(UNI 8202/6)*	2 mm ± 5 %
Peso specifico	(UNI 7092)	1.3 g/cm^3 ± 2 % **
Resistenza a pressione	(DIN 16938)	10 atm
Resistenza a trazione	(DIN 16938E)	> 1700 N/cm^2
Allungamento a rottura	(DIN 16938E)	300 %
Resistenza a compressione		> 300 N/cm^2
Durezza A-shore	(DIN 53505)	75
Piegatura a freddo	(DIN 16938)	- 20 ° C
Resistenza al calore	(DIN 53372)	+ 70 ° C
Resistenza al freddo		- 40 ° C
Imputrescibilità		illimitata

Note:
* È ammesso un valore singolo con tolleranza –10% - +15% come da UNI 8898/4
** Tolleranze come da UNI 8898/4

In galleria la guaina in PVC dovrà essere risvoltata alla base dei piedritti per almeno 40 cm; i lembi estremi dovranno essere fissati alla parete mediante listelli metallici, previa applicazione di idoneo mastice sigillante. All'interno dei due risvolti dovranno essere forniti e posti in opera tubi in PVC rigido serie pesante tipo 302 del diametro nominale di 150 mm, aventi pareti corrugate e forate e suola di base liscia e stagna.
I tubi dovranno essere collegati ai pozzetti di raccolta mediante pezzi speciali a T e relative tubazioni di raccordo in PVC ed i fori praticati nelle guaine per il passaggio di queste ultime dovranno essere sigillati mediante appositi elementi in PVC termosaldati alla guaina ed ai tubi di raccordo.

5.4.7. Preconsolidamento del fronte di scavo con elementi in vetroresina (VTR)

Ove previsto negli elaborati di progetto, verrà eseguito il preconsolidamento del fronte scavo mediante tubi in vetroresina forniti e posti in opera entro prefori eseguiti in avanzamento, in anticipo sugli scavi, compreso il loro inghisaggio con iniezione di miscela cementizia a bassa pressione. La distribuzione dei tubi sul fronte di scavo, il loro orientamento e la loro lunghezza dovranno essere conformi

alle previsioni di progetto, tenendo presente che ciascun rango dovrà avere inizio alla stessa progressiva.
Le tolleranze ammesse sull'assetto geometrico dei tubi sono le seguenti:

- la posizione dell'asse di ciascun tubo non dovrà discostarsi da quella di progetto più di 5 cm;
- la deviazione dell'asse del tubo rispetto all'asse di progetto non dovrà superare l'1%;
- la lunghezza del tubo non dovrà differire di ± 15 cm da quella di progetto.

La perforazione dovrà essere eseguita a secco con idonea attrezzatura, impiegando preferibilmente utensili ad elica. Avrà andamento orizzontale, suborizzontale o comunque inclinato, diametro di 100 - 120 mm, e dovrà essere spinta a qualsiasi profondità oltre il fronte di avanzamento in galleria, compreso l'attraversamento dello strato di conglomerato cementizio spruzzato sul fronte di scavo e degli eventuali strati rocciosi, nonché l'allontanamento dei materiali di risulta ed il trattamento dei fanghi secondo quanto disposto dalle Leggi vigenti.
Il tubo in vetroresina dovrà essere prodotto con resina poliestere termoindurente rinforzata con fibre di vetro; il contenuto in peso della fibra di vetro non dovrà essere inferiore al 50 %. Il tubo dovrà avere diametro esterno non inferiore a 60 mm e spessore non inferiore a 50 mm; l'aderenza della superficie esterna del tubo dovrà essere migliorata mediante fresatura elicoidale della profondità di almeno 1 mm od altro procedimento equivalente che conferisca al tubo elevata resistenza allo sfilamento. La lunghezza del tubo dovrà essere, conforme a quella di progetto, ottenuto preferibilmente con una unica barra. Tra due successivi ranghi di avanzamento la sovrapposizione minima dei tubi in vetroresina dovrà essere minimo di almeno 5 m.
Di seguito si riportano le caratteristiche meccaniche del tubo:

- densità (UNI 7092) $\geq 1{,}7$ g/cm³
- resistenza a trazione (UNI 5819) $\geq$ 400 MPa
- allungamento a rottura 2%
- resistenza a flessione (UNI 7219) ≥ 350 MPa
- resistenza al taglio (ASTM D 732) $\geq$ 85 MPa

Ogni tubo dovrà essere corredato dei dispositivo per le iniezioni di bloccaggio ed in particolare del tappo di fondo, delle valvole per le iniezioni, del tubo di sfogo aria, della valvola di non ritorno, e della cianfrinatura a bocca preforo.

Il tubo dovrà essere introdotto nel perforo mediante apposita attrezzatura, dopodiché si procederà al suo inghisaggio mediante una miscela cementizia (antiritiro) iniettata a bassa pressione tra tubo e pareti del foro ed all'interno del tubo stesso.
L'introduzione dell'armatura e l'esecuzione delle iniezioni devono essere effettuate in una fase immediatamente successiva a quella di perforazione. Non dovrà trascorrere più di 1 ora tra le due fasi. La miscela dovrà essere additivata con idonei acceleranti di presa e dovrà avere la seguente composizione:

- cemento ad alta resistenza: 500 kg
- acqua: 170 kg
- additivo accelerante la presa del cemento, a base di sostanze inorganiche e privo di cloruri: 40 kg.

L'iniezione dovrà essere proseguita fino a totale riempimento e la valvola di non ritorno dovrà garantire il mantenimento della bassa pressione per il tempo di presa della miscela cementizia. In corso d'opera, si dovranno eseguire una serie di prove a sfilamento, atti a verificare l'idoneità e la fattibilità delle modalità prescelte, nonché le ipotesi assunte in sede di progettazione.

5.4.8. Iniezioni

È un intervento che modifica le caratteristiche meccaniche (resistenza) ed idrauliche (permeabilità) del terreno attraverso l'immissione a bassa pressione di adeguate miscele. Le iniezioni potranno essere eseguite in avanzamento, in anticipo sugli scavi, sul contorno della sezione di scavo, per l'intera sezione o parte di essa, secondo le previsioni di progetto.
I materiali iniettati, dovranno soddisfare ai requisiti di carattere ambientale ed ecologico, così come indicato nella attuale Legislazione in materia e successive modifiche.

Le iniezioni saranno effettuate impiegando tubi valvolati in PVC rigido di diametro non inferiore ai 40 mm o metallici in acciaio Fe 510, * 1½" ÷ 2", eventualmente giuntato tramite manicotti o quanto altro occorra per la perfetta efficienza del tubo, corredato del tappo di fondo, del tubo di sfogo dell'aria e delle valvole per l'iniezione, costituite da manicotti in gomma dì spessore 3,5 mm, i quali verranno introdotti in appositi prefori all'interno del terreno da consolidare. La canna valvolata dovrà essere prolungata fino a fuoriuscire a boccaforo per un tratto adeguato a con-sentire le successive operazioni di iniezione.

I prefori, eseguiti sul contorno della sezione di scavo della galleria e/o in avanzamento rispetto al fronte di scavo, potranno essere orizzontali, sub-orizzontali o comunque inclinati, con diametro di 100-120 mm, e se necessario eventualmente rivestiti. Preliminarmente verranno eseguite iniezioni di guaina tra le pareti del perforo ed il tubo e successivamente quelle di consolidamento, iniettando in pressione attraverso le valvole.
Tali iniezioni verranno eseguite in più fasi con miscele cementizie addittivate eseguite a bassa pressione tra tubo e preforo e tale da funzionare da valvola di tenuta sino ad una pressione non inferiore a 50 KPa, e ripetute ad alta pressione, attraverso le valvole per il preconsolidamento. Per ogni valvola di iniezione, in sede progettuale dovranno essere assegnati i seguenti parametri:

- volume massimo Vmax (litri);
- portata (l/min);
- eventuale pressione massima pmax.

I quantitativi della miscela da iniettare attraverso una valvola sono stabiliti tenendo conto di:

- riempimento effettivo di almeno il 50% dei vuoti;
- dispersione oltre il limite previsto;
- probabile drenaggio delle sospensioni.

Le attrezzature impiegate dovranno essere in grado di eseguire le lavorazioni richieste con la necessaria continuità per assicurare la uniformità dei trattamenti. I tubi di iniezione dovranno essere atti a resistere a pressioni non inferiori a 12 MPa, e l'impianto di miscelazione dovrà essere munito di dispositivo di pesatura del cemento e di misura dell'acqua, dosatore di additivi e contacicli di miscelazione progressivo. La centrale di iniezione sarà attrezzata con pompe ad alta pressione munite di manometri posti a bocca foro, con certificato ufficiale di taratura.

Lo scavo della galleria in corrispondenza delle tratte consolidate dovrà essere condotto con le dovute cautele, verificando in avanzamento l'efficacia dei trattamenti effettuati. Qualora si dovessero riscontrare variazioni sensibili nelle caratteristiche dei terreni attraversati rispetto a quelle assunte inizialmente per la messa a punto del sistema, si dovrà verificare puntualmente l'idoneità dei parametri adottati provvedendo eventualmente ad una loro ritaratura in corso d'opera.

In ogni caso si dovrà procedere a continui sondaggi nei trattamenti effettuati per verificare la rispondenza alle prescrizioni progettuali relativamente a resistenze e spessori.

5.4.9. Infilaggi

Gli infilaggi sono costituiti da tubi portanti iniettati e posti in opera preventivamente dal fronte di scavo sull'estradosso della sezione di avanzamento in calotta. I tubi, valvolati o no, verranno connessi al terreno mediante iniezione a bassa pressione nella cavità anulare tra tubo e pareti del perforo. Quelli valvolati verranno successivamente iniettati in più fasi in pressione attraverso le valvole dall'interno dei tubi.
I tubi dovranno essere disposti in posizione orizzontale o sub orizzontale con geometria tronco conica e divergenza, rispetto all'asse della galleria, non superiore di norma a 6°. Le caratteristiche dimensionali, la disposizione e le fasi di esecuzione dovranno essere conformi alle previsioni di progetto. Le tolleranze, rispetto alle indicazioni previste in progetto per queste lavorazioni devono essere contenute nei seguenti limiti:

- la posizione della testa non dovrà discostarsi da quella dì progetto più di 5 cm;
- la deviazione dell'asse dell'infilaggio rispetto all'asse di progetto non dovrà essere maggiore dell'1%;
- la lunghezza non dovrà differire di ± 15 cm da quella di progetto;
- la sezione dell'armatura metallica non dovrà risultare inferiore a quella di progetto;
- il diametro dell'utensile di perforazione dovrà risultare non inferiore al diametro di perforazione di progetto.

Le attrezzature di perforazione dovranno rispondere ai seguenti requisiti:

- possibilità di eseguire, senza manovre d'asta, perforazioni con rivestimento provvisorio fino ad almeno 12,00 m di lunghezza, con agevole e preciso posizionamento dei fori secondo la geometria tronco-conica o cilindrica tipica dell'applicazione;
- testa di rotazione con foro passante e con ingombro verso l'esterno non eccedente 35 cm rispetto all'asse della perforazione;
- slitta di scorrimento di costruzione sufficientemente rigida, dispositivi di guida delle aste ed apparecchi di stazionamento dell'attrezzatura tali da assicurare il rispetto delle tolleranze geometriche prescritte; la slitta non dovrà co-

munque subire spostamenti elastici superiori a 5 mm a seguito dell'applicazione, ad una qualsiasi delle sue estremità, di una forza di 0.980 KN in qualunque direzione nel piano ortogonale dell'asse di perforazione.

La perforazione deve essere condotta impiegando utensili atti ad ottenere fori del diametro previsto in progetto, e comunque non inferiore a 100 mm, ed a consentire la regolarità delle successive operazioni di infilaggio dei tubi e di iniezione, in materiali di qualsiasi natura, durezza e consistenza, anche in presenza di acqua di qualunque entità e pressione, mediante l'impiego di sonde a rotazione o rotopercussione. Qualora le caratteristiche dei terreni o la presenza di acqua lo richiedesse, il foro dovrà essere sostenuto mediante idonee tubazioni durante la perforazione e le fasi successive. Al termine della perforazione il preforo dovrà essere accuratamente sgomberato dai detriti.
Le perforazioni dovranno essere eseguite con o senza impiego di acqua, secondo quanto previsto nei relativi elaborati progettuali. L'ordine di esecuzione degli infilaggi nell'ambito di ciascun setto, dovrà assicurare la non interferenza delle perforazioni e delle iniezioni con perfori in corso o in attesa di iniezione. Le armature metalliche dovranno essere costituite da tubi in acciaio tipo Fe 510 senza saldatura longitudinale, del tipo per costruzioni meccaniche. Dovranno avere estensione, diametro e spessore come previsto in progetto.
Le giunzioni tra i diversi spezzoni di tubo dovranno essere ottenute mediante manicotti filettati o saldati, dello stesso spessore del tubo e di lunghezza adeguata, da verificare alla flessione secondo i valori di progetto.
I tubi valvolati dovranno essere forati in corrispondenza di ciascuna valvola di iniezione e scovolati internamente per asportare eventuali sbavature lasciate dal trapano. Le valvole saranno costituite da manicotti di gomma di spessore minimo 3,5 mm, aderenti al tubo e mantenuti in posto mediante anelli in fili d'acciaio (diametro 4 mm) saldati al tubo in corrispondenza dei bordi del manicotto. Nel caso si utilizzi il tubo valvolato come rivestimento del foro, le valvole dovranno essere adeguatamente protette. La valvola più bassa sarà posta subito sopra il fondello che occlude la base del tubo.
Ove richiesto le armature tubolari dovranno essere dotate di distanziatori non metallici e dispositivi di centraggio per assicurare un copriferro minimo di l.5 cm, posizionati di preferenza sui manicotti di giunzione. Potranno essere usate, qualora si rendessero necessarie, armature in vetroresina. L'introduzione dell'armatura

tubolare e la esecuzione delle iniezioni devono essere iniziate in una fase immediatamente successiva alla perforazione di ciascun infilaggio.

In caso contrario la perforatrice resterà in posizione fino alla successiva ripresa del lavoro e si dovrà provvedere alla pulizia del perforo, subito prima che inizino le operazioni di posa della armatura e di iniezione. In ogni caso non dovrà trascorrere più di un'ora tra il termine della perforazione e l'inizio della iniezione. Si ribadisce che quando la perforazione viene eseguita con l'impiego di rivestimento provvisorio, l'infilaggio dell'armatura metallica deve precedere l'estrazione dello stesso rivestimento provvisorio ed essere seguito immediatamente dal riempimento della cavità anulare compresa tra tubo e pareti del preforo. Le fasi dell'iniezione sono le seguenti:

A. tubi valvolatí:

- riempimento della cavità anulare compresa tra il tubo e le pareti del perforo, ottenuto alimentando con apposito condotto di iniezione ed otturatore semplice la valvola più lontana. Trattandosi di prefori posti di norma in posizione orizzontale o inclinati verso l'alto, dovranno essere adottati opportuni accorgimenti (tubetti di sfiato, otturatore sulla bocca del perforo, ecc.) per evitare che la miscela cementizia riempia solo parzialmente la cavità o ne fuoriesca;
- lavaggio con acqua dell'interno del tubo;
- avvenuta la presa della miscela precedentemente iniettata, si inietteranno in pressione valvola per valvola volumi di miscela non eccedenti il sestuplo del volume del perforo avendo cura di non superare durante l'iniezione la pressione corrispondente alla fratturazione idraulica del terreno (”claquage") ;
- avvenuta la presa della malta precedentemente iniettata, si ripeterà l'iniezione in pressione, previo la-vaggio con acqua all'interno del tubo, limitatamente alle valvole per le quali il volume di miscela iniettato non abbia raggiunto il limite di cui al punto 3 a causa della incipiente fratturazione idraulica del terreno;
- le pressioni residue di iniezione, misurate a bocca foro al raggiungimento del limite volumetrico, non superino 0,7 MPa.

B. tubi non valvolati (tubi ciechi):

- riempimento della cavità anulare compresa tra il tubo e le pareti del perforo, ottenuto iniettando con apposito condotto di iniezione ed otturatore semplice dalla testa del tubo, trattandosi di prefori posti di norma in posizione orizzontale o inclinati verso l'alto, dovranno essere adottati opportuni accorgimenti (tubetti di sfiato, otturatore sulla bocca del perforo, ecc.) per evitare che la miscela cementizia riempia solo parzialmente la cavità o ne fuoriesca.

Al termine delle iniezioni si riempirà anche l'interno del tubo.

Le malte cementizie utilizzate per la iniezione dovranno avere la seguente composizione:

- cemento tipo 4.25: 100 kg;
- acqua: 50 - 70 kg;
- bentonite: 0 - 2 kg;
- eventuale additivo antiritiro.

5.5. Il manufatto di presa ed il pozzo a vortice sul torrente Fereggiano

5.5.1. Scavi

Scavi e rilevati in genere

Gli scavi ed i rilevati in genere occorrenti per la sistemazione e per la formazione dell’opera di progetto e per ricavare fossi, cunette, accessi, passaggi, rampe e simili nonché per l’impianto di opere d’arte, saranno eseguiti conformi alle previsioni del progetto, salvo le eventuali varianti che disponesse la D.L., oppure in conformità a quanto sarà disposto all'atto esecutivo dalla D.L. e dovrà essere usata ogni esattezza nello scavare i fossi, nello spianare e sistemare le banchine, nel configurare le scarpate e nel profilare i cigli.

L'Appaltatore dovrà consegnare le trincee e i rilevati nonché gli scavi ed i riempimenti in genere, al giusto piano prescritto con scarpate regolari e spianate, con i cigli bene tracciati e profilati, compiendo a sue spese, durante l'esecuzione dei lavori, fino a collaudo, gli occorrenti ricarichi o tagli, la ripresa e la sistemazione delle scarpate e delle banchine e l'espurgo dei fossi.

Le scarpate di tagli e rilevati saranno costituite con inclinazioni appropriate in relazione alla natura ed alle caratteristiche fisicomeccaniche del terreno, e, comunque, secondo le prescrizioni che saranno comunicate dalla D.L. mediante ordini scritti.

Per gli accertamenti relativi alla determinazione della natura delle terre, del grado di costipamento e del contenuto di umidità di esse, l'Appaltatore dovrà provvedere a tutte le prove necessarie ai fini della loro possibilità e modalità d'impiego, che verranno fatte eseguire, a spese dell'Appaltatore, dalla D.L. presso Laboratori ufficiali di sua scelta.
Nell'esecuzione degli scavi l'Appaltatore dovrà procedere in modo che i cigli siano diligentemente profilati, le scarpate raggiungano l'inclinazione prevista in progetto e che sia ritenuta necessaria e prescritta con ordine verbale o scritto dalla D.L. allo scopo di impedire scoscendimenti, restando egli, oltreché totalmente responsabile di eventuali danni alle persone ed opere, altresì obbligato a provvedere a suo carico e spese alla rimozione delle materie franate in caso di inadempienza alle disposizioni all'uopo impartitegli.

L'Appaltatore dovrà sviluppare i movimenti di materie con adeguati mezzi e con sufficiente mano d'opera in modo da fare gli scavi possibilmente completi a piena sezione in ciascun tratto iniziato. Inoltre, dovrà aprire senza indugio i fossi e le cunette occorrenti e, comunque, mantenere officioso, a sua cura e spese il deflusso delle acque, se occorra con canali fugatori.

Le materie provenienti dagli scavi non utilizzabili e non ritenute idonee, a giudizio della D.L. per la formazione dei rilevati o per altro impiego nei lavori, dovranno essere portate a rifiuto depositandole su aree che l'Appaltatore deve provvedere a sua cura e spese.

Le località per tali depositi a rifiuto dovranno essere scelte in modo che le materie depositate non arrechino danni ai lavori od alle proprietà pubbliche o private, nonché al libero deflusso delle acque pubbliche e private.

La D.L. potrà far asportare a spese dell'Appaltatore le materie depositate in contravvenzione alle precedenti disposizioni.

Gli scavi saranno classificati come più sotto indicato:

- scavo in roccia: si considera "roccia" un blocco di materiale con volume maggiore di 0,75 m^3 e di resistenze e struttura tale da non poter essere rimosso e demolito senza l'uso di esplosivi o di martelli demolitori e che conserva la sua compattezza ed una elevata resistenza meccanica anche dopo una prolungata esposizione all'azione dell'acqua e di altri agenti atmosferici;
- scavo di terreno sciolto di qualsiasi natura: si considera terreno sciolto qualsiasi materiale che non sia la roccia sopra indicata. Rientrano in questa categoria di scavi anche i pezzi isolati di roccia inferiori a 0,75 m^3;
- scavo in acqua: si considera scavo in acqua quello eseguito oltre 20 cm al di sotto del livello di equilibrio delle acque sotterranee entro lo scavo.

Scavi di sbancamento

Per scavi di sbancamento o tagli a sezione aperta si intendono quelli praticati al di sopra del piano orizzontale passante per il punto più depresso del terreno naturale o dal punto più depresso delle trincee o degli splateamenti precedentemente eseguiti ed aperti almeno da un lato.

Rientrano nella categoria degli scavi di sbancamento così generalmente definiti quelli necessari per la sistemazione e per la formazione del corpo stradale e quelli cosiddetti di splateamento, ma altresì quelli per l'allargamento di trincee, tagli di scarpate di rilevati per costruirvi opere di sostegno, scavi per incassature di opere d'arte (spalle di ponti, spallette di briglie, ecc.) eseguiti superiormente al piano orizzontale determinato come sopra, considerandosi come piano naturale anche l'alveo dei torrenti o fiumi ed inoltre gli scavi per la formazione dei cassonetti e lo scavo delle cunette, dei cunettoni e dei fossi di custodia. Lo scavo di sbancamento da eseguirsi per la costruzione di opere di sostegno e controripa dovrà essere limitato per tutta l'altezza dell'opera, al filo della parete contro terra dell'opera stessa o dell'eventuale drenaggio.

Scavi di fondazione

Per scavi di fondazione in generale si intendono quelli ricadenti al di sotto del piano orizzontale di cui al paragrafo precedente, chiusi fra le pareti verticali riproducenti il perimetro delle fondazioni delle opere d'arte. Qualunque sia la natura e

la qualità del terreno, gli scavi per fondazione dovranno essere spinti fino alla profondità che dalla D.L. sarà ordinata all'atto della loro esecuzione.

Le profondità che si trovino indicate nei disegni di consegna sono perciò di semplice avviso e l'Amministrazione Appaltante si riserva piena facoltà di variarle nella misura che reputerà più conveniente, senza che ciò possa dare all'Appaltatore motivo alcuno di fare eccezioni o domande di speciali compensi.
È vietato all'Appaltatore, sotto pena di demolire il già fatto, di porre mano alle murature prima che la D.L. abbia verificato ed accettato i piani di fondazione.
I piani di fondazione dovranno essere generalmente orizzontali, ma per quelle opere che cadano sopra a falde inclinate, potranno a richiesta della D.L. essere disposti a gradini ed anche con determinate contropendenze.
Gli scavi di fondazione dovranno di norma essere eseguiti a pareti verticali e l'Appaltatore dovrà, occorrendo, sostenerle con convenienti armature e sbadacchiature, restando a suo carico ogni danno alle cose ed alle persone che potesse verificarsi per smottamenti o franamenti dei cavi.
Questi potranno però, ove ragioni speciali non lo vietino, essere eseguiti con pareti a scarpata. In questo caso non sarà compensato il maggior scavo eseguito, oltre quello strettamente occorrente per la fondazione dell'opera e l'Appaltatore dovrà provvedere a sua cura e spese al successivo riempimento del vuoto rimasto intorno alle murature di fondazione dell'opera, con materiale adatto, ed al necessario costipamento di quest'ultimo.

Analogamente l'Appaltatore dovrà procedere senza ulteriore compenso a riempire i vuoti che restassero attorno alle murature stesse, pure essendosi eseguiti scavi a pareti verticali in conseguenza dell'esecuzione delle murature con riseghe di fondazione.

Qualora gli scavi si debbano eseguire in presenza d'acqua e questa si elevi negli scavi, non oltre però il limite massimo di cm 20, l'Appaltatore dovrà provvedere a propria cura e spese all'esaurimento dell'acqua stessa con i mezzi che saranno ritenuti più opportuni.

L'Appaltatore dovrà provvedere a sua cura, spese ed iniziativa alle suddette assicurazioni, armature, puntellature e sbadacchiature, nella quantità e robustezza che per la qualità delle materie da escavare siano richieste, adottando anche tutte le al-

tre precauzioni che fossero ulteriormente riconosciute necessarie, senza rifiutarsi per nessun pretesto di ottemperare alle prescrizioni che al riguardo, e per garantire la sicurezza delle cose e delle persone, gli venissero impartite dalla D.L.. Il legname impiegato a tale scopo, sempreché non si tratti di armature formanti parte integrante dell'opera, da restare quindi in posto in proprietà dell'Amministrazione, resterà di proprietà dell'Appaltatore, che potrà perciò recuperarlo ad opera compiuta.

Nessun compenso spetta all'Appaltatore se, per qualsiasi ragione, tale recupero possa risultare soltanto parziale, od anche totalmente negativo.

5.5.2. Demolizioni

Le demolizioni in genere saranno eseguite con ordine e con le necessarie precauzioni, in modo da prevenire qualsiasi infortunio agli addetti al lavoro, rimanendo però vietato di gettare dall'alto i materiali in genere, che invece dovranno essere trasportati o guidati in basso, salvo che vengano adottate opportune cautele per evitare danni ed escludere qualsiasi pericolo.

I materiali non utilizzabili provenienti dalle demolizioni dovranno sempre, e al più presto, venire trasportati a cura e spese dell'Appaltatore a rilevato, se riconosciuti idonei, oppure in rifiuto alle pubbliche discariche e comunque fuori della sede dei lavori con le norme e cautele disposte per gli analoghi scarichi in rifiuto di materie.

5.5.3. Opere in conglomerato cementizio

Per l’opera di presa sul torrente Fereggiano dovrà essere utilizzato un calcestruzzo aventi le seguenti caratteristiche:

- resistenza caratteristica cubica: 40 Mpa;
- classe di esposizione: XC4 – S1 – XA2;
- classe di consistenza: S4 con additivo superfluidificante grado di compattazione da garantire nei getti in opera: gc=0.97;
- cemento conforme alla norme UNI-EN 197;
- diametro massimo degli aggregati 25 mm;

- aggregati: Basaltici (Los Angeles < 15) conformi alla norma UNI 8520 (categoria A);
- acqua conforme alle norme UNI EN 1008;
- additivi conformi alle norme UNI EN 934-2.

Il calcestruzzo utilizzato per l'estradosso della soletta di ricoprimento del pozzo a vortice dovrà essere inoltre additivato con pigmenti di colorazione verde a base di ossidi di ferro o cromo in matrice pozzolanica dosati in ragione del 2% del peso del cemento.

Per il rivestimento del pozzo di accesso e del pozzo a vortice dovrà essere utilizzato un calcestruzzo reodinamico resistente all'abrasione, avente le seguenti caratteristiche:

- resistenza caratteristica cubica: 40 Mpa;
- classe di esposizione: XC4 – XS1 – XA2;
- classe di consistenza: slump-flow=65 cm grado di compattazione da garantire nei getti in opera: gc=1;
- cemento pozzolanico 52.5 (min 350 kg/mc) conforme alla norme UNI-EN 197;
- diametro massimo degli aggregati 20 mm;
- aggregati: Basaltici (Los Angeles < 15) conformi alla norma UNI 8520 (categoria A);
- acqua conforme alle norme UNI EN 1008;
- additivi conformi alle norme UNI EN 934-2;
- aggiunta di fly ash in ragione di 150 kg/mc.

Per il sostegno della pista di servizio provvisionale che consentirà l'accesso all'alveo, per un tratto di lunghezza pari a circa 10 m, verranno impiegati dei blocchi prefabbricati in c.a.v. secondo le disposizioni della D.L.

Tali blocchi verranno rimossi nel momento in cui si realizzerà la pista definitiva di servizio.

Per quanto qui non espressamente riportato valgano le prescrizioni di cui ai punti 5.1.1 e 5.1.2.

Acciaio per armatura

Il ferro impiegato per l'armatura dovrà essere del tipo Fe B 44 K controllato in stabilimento.
Tutti i ferri devono essere ancorati:

- mediante sovrapposizione di almeno 50 diametri;
- mediante ancoraggio in getti per almeno 50 diametri;
- mediante squadra di 10 diametri, salvo diversa indicazione.

L'acciaio impiegato dovrà presentare i seguenti valori:

- $\varepsilon su,k>8\%$ $1,15<ft / fy<1,35$ $fy,eff / fy,nom <1,25$;
- $\varepsilon su,k$ = allungamento uniforme al carico max;
- fy,eff = valore effettivo resistenza a snervamento;
- fy,nom = valore nominale resistenza a snervamento;
- fy = tensione di snervamento di un singolo campione;
- ft = tensione di rottura di un singolo campione.

Per quanto qui non espressamente riportato valgano le prescrizioni di cui ai punti 5.1.1 e 5.1.2.

Casseforme

Le casseforme per i getti di calcestruzzo dovranno essere costruite con pannelli metallici o tavole in legno sufficientemente robuste, ben collegate fra loro e controventate per evitare spanciamenti e distacchi delle stesse durante le vibrature del getto.

Sono previsti due tipi:

- casseforme per getti da intonacare o contro terra e comunque non soggetti a particolari esigenze estetiche. Potranno essere in tavolame comune, purché ben diritto ed accuratamente connesso, o metalliche;
- casseforme per getti da lasciare in vista o a contatto con le acque. Dovranno essere metalliche od in tavolame accuratamente piallato o stuccato a gesso o in compensato, così da dare luogo a superfici particolarmente lisce ed uniformi.

Le tavole dovranno avere di regola dimensioni uguali fra loro e saranno poste in opera a giunti sfalsati.
Quando indicato dai disegni, gli spigoli verticali e orizzontali dovranno essere smussati e arrotondati.

L'arrotondamento di cui sopra si realizzerà con opportuni listelli disposti nelle casseforme.

In particolare, dovrà essere curata la tenuta d'acqua dei casseri al fine di evitare fuoriuscita della boiacca di cemento e conseguente dilavamento dell'impasto, in corrispondenza delle fessure, soprattutto negli spigoli orizzontali e verticali.

Tale tenuta sarà realizzata, oltre che con l'adozione dei listelli triangolari di smusso, mediante accurata stuccatura e con rabboccamento esterno perimetrale di malta povera, specie nei punti di ripresa a spicco dei pilastri da solette o strutture già eseguite.

5.5.4. Opere di carpenteria metallica

Dovranno essere impiegati in generale acciai definiti nelle Norme Tecniche del D.M. 1.4.1983 o successivi Decreti Ministeriali d'Aggiornamento; i profilati, le piastre e le nerve di rinforzo dovranno essere realizzati in ferro Fe 510.

Gli acciai impiegati dovranno avere una composizione chimica contenuta entro i limiti prescritti dalle Norme Tecniche del D.M. 1.4.1983 o successivi Decreti Ministeriali d'aggiornamento.

Per quanto qui non espressamente riportato valgano le prescrizioni di cui ai punti 5.1.3.

Protezione delle strutture metalliche - Zincatura a caldo
I grigliati, gli organi di intercettazione idraulica, le scale di servizio, i chiusini modulari, di cui si dirà in seguito, dovranno essere sottoposti a trattamento di protezione mediante doppia zincatura a caldo, secondo la UNI EN ISO 1461:1999 ("Rivestimenti di zincatura per immersione a caldo su prodotti finiti ferrosi e articoli di acciaio - Specificazioni e metodi di prova").

Grigliati a copertura del canale di imbocco a vortice e del canale in c.a.

Il canale di imbocco al vortice e il canale in c.a. verranno rispettivamente coperti con un grigliato carrabile, capace di sopportare una portata massima pari a 30 tonnellate e un grigliato pedonale per carico pedonale 1.

Il grigliato impiegato per la copertura dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- superantistrucciolo,
- zincato a caldo;
- formato da piatti portanti e piatti di collegamento aventi maglia da 33 x 66 mm.

Bulloni ad alta resistenza

I bulloni ad alta resistenza dovranno essere costituiti da viti realizzati con materiale 10.9 e dovranno essere accoppiati a dadi 8 G.

Blindatura in acciaio inox

Le strutture maggiormente sollecitate del manufatto di presa, e cioè le soglie sfioranti, il muro in c.a. a valle della paratoia posta sul canale in c.a. e l'imbocco del pozzo a vortice, verranno protette con lamiere, realizzate in acciaio inox AISI 316L.

Botole - Chiusini modulari di dimensioni 3.0x3.0 m

La botola di accesso presente sulla camera del vortice, avente dimensioni 3x3 m, dovrà essere costituite da profilati HEA, realizzati in ferro Fe 510C.

La copertura della botola presente sulla camera del vortice sarà realizzata tramite una griglia carrabile che presenterà le medesime caratteristiche delle griglie elencate in precedenza.

Gli altri profilati, le piastre le squadrette e le nerve di rinforzo dovrà essere realizzati con ferro Fe 430B (norma UNI 7070).

I bulloni normali dovranno avere le caratteristiche elencate nella tabella seguente:

Elemento	**Materiale**	**Unificazione**
Vite	8.8	UNI 5737
Dadi	6.S	UNI 5588
Rosette piane		UNI 6592

Saldature

Le saldature d'angolo saranno tipiche a T o a L a completa penetrazione ed a cordoni d'angolo eseguite con elettrodi di classe 48 Tipo E52.

Le saldature eseguite in officina ed in cantiere dovranno rispettare le istruzioni C.N.R. UNI 10011 sulle costruzioni in acciaio; tutte le saldature dovranno essere di 1° classe.

Dovranno essere verificate le dimensioni, le quote e la forometria mediante premontaggio in officina.

Inoltre dovranno essere verificate le quote e i tracciamenti in cantiere.

Cancelli di accesso

Per accedere alla pista di servizio e all'area di manovra della paratoia saranno collocati due cancelli, realizzati con profilati in acciaio zincato aventi dimensioni 60x40mm e con rete metallica saldata a maglia 50x200 mm e diametro pari a 8mm; la struttura del cancello sarà completata da pali di sostegno che saranno realizzati con tubolari di dimensioni 100x100mm.

Parapetti metallici

A protezione dei grigliati posti a copertura del canale in c.a., del canale di imbocco al vortice e delle piste di servizio saranno collocati dei parapetti metallici con montante IPE120, di altezza pari a 1.10 m o 2.20 m, il cui telaio avrà un profilo superiore e inferiore ad U di dimensioni 50x30x4 mm e le cui aste verticali in piatto avranno dimensioni 40x5mm. I parapetti aventi altezza pari a 1.10 m saranno dotati di tubo corrimano avente diametro 50x3 mm, e sarà completo di spinotti.

I parapetti, come già indicato, dovranno essere inoltre zincati a caldo, secondo la norma UNI EN ISO 1461:1999.

5.5.5. Organi di intercettazione idraulica

Organi di intercettazione idraulica permanenti: Paratoia manuale dimensione 1.9x1.9m.

La paratoia manuale a scorrimento verticale, posizionata a monte del canale in ca. avente dimensioni pari a 1.9 x 1.9 m, regolabile a 1.9 x 1.0 m, che consentirà la regolazione delle portate defluenti nel canale in c.a., dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- struttura realizzata in ferro Fe 430B (UNI 7070) trattata superficialmente con zincatura a caldo (UNI EN ISO 1461);
- tenuta sui quattro lati con guarnizioni in neoprene a forma di nota musicale;
- lente in lamiera dello spessore di 8 mm, rinforzata con profilati a L, avente tubo centrale per il passaggio della vite non saliente;
- telaio fisso, costituito da gargami a U, soglia a U rovescia e traversa superiore formata da due profili a U di spessore pari 8 mm, fissato al calcestruzzo con getto di seconda fase;
- cunei per contrastare la spinta inversa;
- piastre, zanche, staffe, tiranti filettati e dadi in Fe 430B (UNI 7070);
- meccanismo di manovra manuale costituito da riduttore a coppia conica a doppio rapporto di riduzione, con cassa in ghisa, vite non saliente in acciaio AISI 316, madrevite in bronzo volantino di manovra di diametro pari a 700 mm.

Organi di intercettazione idraulica temporanei: Panconi altezza 1.08 m

La manutenzione dell'opera di presa sarà possibile mediante il posizionamento di n. 6 panconi, di altezza pari a 1.08 m e luce netta 4.0 m ciascuno, nel canale di imbocco al vortice.

I panconi dovranno avere le seguenti caratteristiche:

- altezza totale 6.48 m e altezza gargami 7.0 m;
- struttura realizzata in ferro Fe 430B (UNI 7070), avente spessore pari a 10 mm, rinforzata con travi;
- guarnizioni in neoprene a forma di nota musicale fissati con viti in accaio inox;
- pattini di scorrimento in polietilene ad altissima densità;
- predisposizione per aggancio della trave pescatrice;
- intelaiatura fissa di fondo a forma di U rovescia di spessore di 10 mm in acciaio inox AISI 316L;
- guide laterali a forma di U di spessore di 10 mm in acciaio inox AISI 316L;
- piastre, zanche, staffe, tiranti filettati e dadi in Fe 430B (UNI 7070);
- trattamento superficiale dei panconi con zincatura a caldo (UNI EN ISO 1461).

Organi di intercettazione idraulica temporanei: Trave pescatrice

I panconi dovranno essere accompagnati ad una trave pescatrice necessaria per la posa e l'estrazione dei panconi che dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- struttura in ferro Fe 430B (UNI 7070) trattata superficialmente con zincatura a caldo (UNI EN ISO 4161);
- testate dotate di pattini di scorrimento in polietilene ad altissima densità;
- ganci per l'aggancio automatico dei panconi;
- costruzione con due profilati a UNP140.

5.5.6. Armature degli scavi con opere permanenti

Micropali

Per la descrizione generale e per le modalità di realizzazione dei micropali si rimanda al capitolo 5.2.4.

Per la realizzazione della chiocciola del canale di imbocco al vortice dovranno essere infissi dei micropali, lunghi 8.5 m, aventi diametro pari a 200 m e interasse pari a 30 cm, armati con profilo cavo circolare in ferro Fe 510 di dimensione 139.7x10 mm.

Il palo trivellato di piccolo diametro (micropalo) dovrà eseguito mediante perforazione a rotazione o rotopercussione in materie di qualsiasi natura e consistenza.

L'armatura per i micropali, come detto, sarà costituita da tubi tipo Fe 510 senza saldatura longitudinale, del tipo per costruzioni meccaniche, con giunzioni tra i diversi spezzoni a mezzo di manicotti filettati; fornita e posta in opera compreso i distanziatori, le armature di connessione saldate in sommità del tubo.

Tiranti di ancoraggio

Per la descrizione generale e per le modalità di realizzazione dei tiranti di ancoraggio si rimanda al capitolo 5.2.5.

La paratia di micropali descritta al paragrafo precedente dovrà essere ancorata tramite tre file di tiranti aventi tensione di esercizio pari a 20 tonnellate.

I tiranti saranno costituiti ciascuno da tre trefoli in acciaio armonico

L'interasse le lunghezze dei tiranti dovranno essere:

- fila 1: interasse 1.5 m, lunghezza 12 m;
- fila 2: interasse 2.0 m lunghezza 13 m;
- fila 3: interasse 2.0 m lunghezza 14 m.

I traversi dei tiranti saranno costituiti da profili in HEA180 realizzati in ferro Fe430.

5.5.7. Pozzo a vortice

Il pozzo a vortice che verrà realizzato sul torrente Fereggiano dovrà avere diametro pari a 6.22 m e dovrà essere alto circa 20 m.

Durante la fase di progettazione è stata scelto di realizzare il pozzo servendosi di una testa fresante, che consente di eseguire pozzi verticali in tempi limitati e di realizzare pareti integre senza particolari opere di consolidamento.

La metodologia di intervento consiste:

- nella realizzazione del basamento d'ancoraggio della fresa;
- nella perforazione del foro pilota;
- nell'alesaggio continuo al diametro richiesto mediante distruzione di nucleo procedendo dal basso verso l'alto con caduta per gravità dello smarino nella camera di dissipazione.

La perforazione del foro pilota dovrà essere eseguita col metodo della rotodistruzione; lo spurgo del foro avverrà per mezzo di circolazione d'aria compressa, con l'aggiunta di acqua per l'abbattimento delle polveri conseguenti.

In seguito all'esecuzione del foro si dovrà provvedere alla realizzazione del rivestimento del pozzo stesso, dopo aver inserito dei bulloni resinati di ancoraggio.

Per la realizzazione del rivestimento si provvederà inizialmente alla posa di una rete elettrosaldata (ϕ 6 10x10 cm) su sui si spruzzerà del calcestruzzo spritz-beton, per uno spessore di 4-5 cm.

Le caratteristiche dello spritz-beton impiegato per il rivestimento del pozzo, che sarà utilizzato anche per tutti i pozzi in progetto, dovranno essere le seguenti:

- resistenza caratteristica Rck : a 48 h >=13 MPa;
  : a 28 gg >=25 MPa.

Successivamente verrà realizzato uno strato impermeabilizzante con guaine in pvc

dello spessore di 2 mm, con sottostante strato di compensazione in geotessile in polipropilene del peso di g/mq 500, con resistenza non inferiore a 20 KN/m.

Infine si realizzerà il rivestimento in c.a. dello spessore di 15-16 cm; per la realizzazione del rivestimento del pozzo verranno impiegati dei casseri scivolanti, autosollevantesi su martinetti idraulici e su barre di ferro a perdere.

Per le caratteristiche del calcestruzzo impiegato per il rivestimento i c.a. si rimanda al paragrafo 5.5.3..

5.5.8. Sistemazione superficiale

Autobloccanti inerbiti

Per consentire l'ingresso dei mezzi ai luoghi in cui è ubicato il manufatto di presa saranno realizzate due piste di servizio; la prima pista consentirà l'accesso ad un piazzale posto a quota 56.60 m s.m.m. e la seconda all'alveo.
Entrambe le piste e il piazzale di lavoro saranno rivestite con una pavimentazione in autobloccanti drenanti in calcestruzzo inerbiti. Tali pavimentazioni saranno carrabili e saranno realizzati con elementi in calcestruzzo vibrocompresso a forma esagonale di dimensioni esterne 50x33x10.
Gli autobloccanti dovranno essere posti in opera previa posa di un sottofondo in sabbia livellato; la geometria del grigliato dovrà essere tale da garantire una percentuale di foratura del 60% tramite alveoli passanti da riempire con terriccio vegetale seminabile.

Idrosemina

Le scarpate delle piste di servizio dovranno essere inerbite tramite idrosemina.
L'impresa procederà al rivestimento mediante una speciale attrezzatura in grado di effettuare la proiezione a pressione di una miscela di seme, fertilizzante, collante ed acqua. Tale attrezzatura, composta essenzialmente da un gruppo meccanico erogante, da un miscelatore-agitatore, da pompe, raccordi, manichette, lance, ecc., dovrà essere in grado di effettuare l'idrosemina in modo uniforme su tutte le superfici da rivestire, qualunque sia l'altezza delle scarpate. Durante l'intero procedimento a spruzzo il miscuglio deve essere mantenuto in uno stato uniforme di miscelazione.
I materiali da impiegare dovranno essere sottoposti alla preventiva approvazione della Direzione Lavori che disporrà le prove ed i controlli ritenuti opportuni.

I miscugli di seme da spandere saranno impiegati nei quantitativi di 200, 400 e 600 kg/ha, in relazione alle prescrizioni che la Direzione Lavori impartirà tratto per tratto, riservandosi inoltre di variare la composizione del miscuglio stesso, fermo restando il quantitativo totale di seme. Dovrà essere impiegato fertilizzante ternario (PKN) a pronta, media e lenta cessione in ragione di 700 kg/ha.
Per il fissaggio della soluzione al terreno e per la protezione del seme, dovranno essere impiegati in alternativa 1200 kg/ha di fibre di cellulosa, oppure 150 kg/ha di collante sintetico, oppure altri materiali quali un letto di paglia distribuita uniformemente e cosparsa di un'emulsione bituminosa che dovranno essere preventivamente accettati dalla Direzione Lavori.
Anche per l'idrosemina l'impresa è libera di effettuare il lavoro in qualsiasi stagione, restando a suo carico le eventuali operazioni di risemina nel caso che la germinazione non avvenga in modo regolare ed uniforme.

5.5.9. Sistema di drenaggio

Come detto in precedenza sarà realizzato un nuovo muro in destra idraulica a sostegno di quello esistente in pietrame, che è risultato instabile.

Al fine di drenare le acque convogliate in alveo da tubi di drenaggio che attraversano il muro in pietrame, saranno posizionati due tubi drenanti in HDPE microfessurati prerivestiti con calza di geotessile cucita, di diametro pari a 200 mm e 300 mm.

I tubi in polietilene ad alta densità dovranno essere per condotte interrate non in pressione, avere classe di rigidità pari a 8 kN/mq, essere rivestiti con calza geotessile di peso pari a 300 g/mq, avere manicotti di giunzione in PEAD e guarnizione a labbro in EPDM.

L'intercapedine tra il muro in progetto e quello esistente sarà riempita con materiale drenante monogranulare avvolto in geotessile. Il materiale drenante sarà costituito da pietrame proveniente da cave, con dimensioni approvate dalla D.L..

Il materiale dovrà essere compatto ed uniforme, sano e di buona resistenza a compressione, privo di parti alterate, pulito ed esente da materie eterogenee.

Tubazioni in PVC

Per la raccolta delle acque meteoriche che attualmente recapitano in alveo verrà realizzata una canaletta di raccolta in calcestruzzo (calcestruzzo Rck 30 N/mmq) in adiacenza del canale in c.a.. Le acque raccolte dalla canaletta verranno successivamente recapitate in una tubazione in pcv ϕ 200 mm SN8, secondo quanto indicato dalle norme UNI EN 1401-1:1998 ("Sistemi di tubazioni di materia plastica per fognature e scarichi interrati non in pressione - Policloruro di vinile non plastificato (PVC-U) - Specificazioni per i tubi, i raccordi ed il sistema"), UNI EN ISO 75-2:1997 ("Materie plastiche. Determinazione della temperatura di inflessione sotto carico. Materie plastiche ed ebanite", collocata dietro il muro in c.a. a valle del canale in c.a. in destra idraulica.

Se non diversamente specificato dalla D.L., il materiale base per la produzione dei tubi e dei relativi pezzi speciali di PVC dovrà presentare alla temperatura di 20 °C le seguenti caratteristiche:

- massa volumica: $1,37 \div 1,45$ kg/dm^3;
- resistenza a trazione (a snervamento): > 480 kgf/cm^3;
- allungamento a trazione (a snervamento): < 10 %;
- modulo di elasticità a trazione: 30000 kgf/cm^2;
- coefficiente di dilatazione termica lineare: $0,06 \div 0,08$ mm/m °C
- calore specifico: ~0,24 kcal/kg °C;
- conducibilità termica: 0,13 Kcal/h m°C;
- resistività superficiale: > 10^{12} Ohm cm.

Il materiale potrà essere additivato e stabilizzato con agenti antinvecchiamento. Il materiale dovrà essere stabile all'azione della luce.

5.6. Camera di dissipazione delle acque sul torrente Fereggiano

5.6.1. Scavi in sotterraneo

Gli scavi in sotterraneo dovranno rispettare il programma dei lavori approvato dalla D.L. , in esso l' Impresa dovrà tener conto delle interruzioni dei cicli di lavoro e dei fermi di cantiere conseguenti che possono essere : l'adozione di interventi conservativi di preconsolidamento e precontenimento, la presenza di venute eventuali di gas, la presenza di venute di acqua molto forti, guasti delle attrezzature, mancanza di energia, montaggio e smontaggio di macchine e di attrezzature effet-

tuate anche in galleria. Negli scavi eseguiti con impiego di esplosivo dovrà essere adottato il sistema a sparo a profilatura controllata, con adeguata perforazione sul profilo ed uso di microritardi.

Nel caso di formazione di fornelli , qualora la D.L., ritenesse l'evento non imputabile a deficienza di armatura provvisionale o a mezzi e sistemi non adeguati alla natura del terreno attraversato, si potrà proporre la contabilizzazione seguendo la procedura utilizzata per i danni di forza maggiore.

5.6.2. Opere in conglomerato cementizio

Spritz-beton fibrorinforzato e rete elettrosaldata

La camera di dissipazione delle acque verrà preliminarmente rivestita con spritz-beton fibrorinforzato aventi le seguenti caratteristiche:

- resistenza caratteristica Rck : a 48 h >=13 MPa;
  : a 28 gg >=25 MPa;
- energia assorbita: >=500 joule (da prove di punzonamento eseguite su piastre di cls fibrorinforzato).

Prima dello spruzzo del calcestruzzo si dovrà provvedere ad inserire una rete elettrosaldata, avente diametro pari a 6 mm e di dimensione 10x10 cm.

Per quanto qui non espressamente riportato valgano le prescrizioni di cui ai punti 5.4.2 e 5.4.3.

Centine metalliche

Le centine metalliche da lasciare annegate nel calcestruzzo spruzzato, dovranno avere caratteristiche dimensionali, sagoma ed interasse conformi alle sezioni tipo del progetto. Le centine saranno costituiti da profilati in acciaio tipo Fe 430.
Per quanto qui non espressamente riportato valgano le prescrizioni di cui al punto 5.4.1.

Impermeabilizzazione

Successivamente al rivestimento in spritz-beton verrà realizzato uno strato impermeabilizzante con guaine in pvc dello spessore di 2 mm, con sottostante strato di compensazione in geotessile in polipropilene del peso di g/mq 500, con resistenza non inferiore a 20 KN/m.

Per quanto qui non espressamente riportato valgano le prescrizioni di cui al punto 5.4.6.

Calcestruzzo e acciaio per armatura

Per il rivestimento della camera di dissipazione delle acque verrà impiegato calcestruzzo e acciaio per armatura avente le medesime caratteristiche dell'opera di presa.

Si rimanda al capitolo 5.5.3 per le specifiche tecniche relative al calcestruzzo impiegato.

Prodotto bicomponente poliuretano antiscivolo

Sul cielo della camera di dissipazione delle acque dovrà essere realizzata una soletta in c.a. per consentire l'ispezione e l'accesso al manufatto.

La soletta in c.a. dovrà essere opportunamente rivestita con un prodotto bicomponente poliuretano, avente funzione antiscivolo. Tale prodotto, applicato su superfici di vario genere realizza un rivestimento con marcato carattere antiscivolo e particolarmente resistente all'abrasione; è indicato per l'applicazione su superfici in calcestruzzo.

5.6.3. Opere di carpenteria metallica

Per quanto qui non espressamente riportato valgano le prescrizioni di cui ai punti 5.1.1 e 5.1.2.

Tubazione in acciaio D 1200

L'aerazione dell'imbocco della galleria di collegamento sarà permesso dalla posa di un tubo in acciaio ϕ1200 in prossimità dell'imbocco stesso.

Tali tubi saranno costruiti con tubifici in profilatura continua utilizzando nastri in acciaio.

Grigliati della camera di dissipazione delle acque

Dove indicato nelle tavole di progetto, ed in particolare nella parte terminale della soletta in c.a. ricavata sul cielo della camera di dissipazione delle acque e a chiusura del tubo in acciaio per l'areazione, verranno collocati dei grigliati in acciaio inox AISI.

Il grigliato impiegato dovrà essere formato da piatti portanti e piatti di collegamento, aventi maglia pari a 33 x 66 mm.

Il grigliato a chiusura del tubo di areazione sarà costituito da un pannello circolare avente diametro pari a 1200 mm.

Blindatura in acciaio inox

Le strutture maggiormente sollecitate della camera di dissipazione delle acque, e cioè l'imbocco della galleria e lo spigolo del gradino che permette la formazione del cuscino d'acqua verranno protette con lamiere, realizzate in acciaio inox AISI 316L.

Scaletta a pioli in acciaio inox

Il progetto prevede l'impiego di una scaletta alla marinara in acciaio inox, che consentirà l'accesso al fondo della camera di dissipazione delle acque dal gradino posto a quota 18.63 m.

La scaletta sarà costituita da un piatto di dimensioni 40x12 mm ricavato da nastro laminato a caldo realizzato in acciaio AISI A 240 e sarà costituita da tubi aventi diametro pari a 21.3 mm e spessore 3 mm realizzati in acciaio inox, secondo ASTM A 312 TP 316L.

La scala dovrà essere completa di attacchi alle strutture murarie, e dei rivestimenti in materiale plastico idonei a garantire la protezione contro la corrosione

Parapetti metallici

A protezione della scale di servizio in c.a. saranno inseriti dei parapetti metallici di altezza pari a 1.10 m, aventi le medesime caratteristiche dei parapatti elencati nel capitolo 5.5.4..

5.6.4. Organi di intercettazione idraulica

Organi di intercettazione idraulica permanenti: Paratoia manuale a scorrimento orizzontale dimensione 1.0x1.9m

La paratoia manuale a scorrimento orizzontale, collocata per consentire l'accesso alla camera di dissipazione, dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- struttura realizzata in acciaio AISI 316L;
- tenuta sui quattro lati con guarnizioni in neoprene a forma di nota musicale;
- costruzione simile ad una porta scorrevole su ruote;
- lente in lamiera dello spessore di 6 mm, rinforzata con profilati a L;

- telaio fisso dotato di rotaia superiore, costituito da profili a L di spessore pari a 8 mm;
- fissaggio al calcestruzzo con getto di 2° fase;
- cunei e levierismo di chiusura.

5.6.5. Armature degli scavi con opere permanenti

Tiranti

All'interno della camera di dissipazione saranno collocati dei tiranti in barre di acciaio ad elevata resistenza.

5.6.6. Sistema di drenaggio

Il drenaggio sopra l'arco rovescio delle gallerie sarà eseguito con materiale proveniente dagli scavi opportunamente selezionato, frantumato e vagliato con granulometria assortita da 5 mm a 100 mm con un sottovaglio ammissibile non superiore al 10% in peso e comunque con un passante al vaglio 0,075 Uni superiore al 3%.

I sistema di drenaggio sarà realizzato tramite cannule microfessurate di tipo flessibile in PVC del diametro interno non inferiore a mm 40, che saranno rivestite internamente di geotessile tessuto non tessuto.

Per quanto qui non espressamente riportato valgano le prescrizioni di cui ai punti 5.4.5.

5.7. Cameretta con scale di accesso sul torrente Fereggiano

5.7.1. Opere in conglomerato cementizio

Le pareti della cameretta di accesso verranno realizzate con calcestruzzo avente le seguenti caratteristiche:

- resistenza caratteristica Rck : 30 N/mmq;
- classe di esposizione: XC3 – XF1.

L'acciaio per l'armatura delle pareti della cameretta dovrà avere le medesime caratteristiche elencate al paragrafo 5.5.3.

Calcestruzzo reodinamico resistente all'abrasione per pozzi

Le pareti del pozzo di accesso alla camera di dissipazione delle acque dovranno essere realizzate con un calcestruzzo, avente le caratteristiche descritte al paragrafo 5.5.3.

Casseforme

Le casseforme per i getti di calcestruzzo dovranno essere costruite con pannelli metallici o tavole in legno sufficientemente robuste, ben collegate fra loro e controventate per evitare spanciamenti e distacchi delle stesse durante le vibrature del getto.

Sono previsti due tipi:

- casseforme per getti da intonacare o contro terra e comunque non soggetti a particolari esigenze estetiche. Potranno essere in tavolame comune, purché ben diritto ed accuratamente connesso, o metalliche;
- casseforme per getti da lasciare in vista o a contatto con le acque. Dovranno essere metalliche od in tavolame accuratamente piallato o stuccato a gesso o in compensato, così da dare luogo a superfici particolarmente lisce ed uniformi.

Le tavole dovranno avere di regola dimensioni uguali fra loro e saranno poste in opera a giunti sfalsati.

Quando indicato dai disegni, gli spigoli verticali e orizzontali dovraano essere smussati e arrotondati.

L'arrotondamento di cui sopra si realizzerà con opportuni listelli disposti nelle casseforme.

In particolare, dovrà essere curata la tenuta d'acqua dei casseri al fine di evitare fuoriuscita della boiacca di cemento e conseguente dilavamento dell'impasto, in corrispondenza delle fessure, soprattutto negli spigoli orizzontali e verticali.

Tale tenuta sarà realizzata, oltre che con l'adozione dei listelli triangolari di smusso, mediante accurata stuccatura e con rabboccamento esterno perimetrale di malta povera, specie nei punti di ripresa a spicco dei pilastri da solette o strutture già eseguite.

Prodotto bicomponente poliuretanico antiscivolo

Il fondo della cameretta d'accesso dovrà essere rivestita con un prodotto bicomponente poliuretanico, le cui caratteristiche sono richiamate nel capitolo 5.6.2.

5.7.2. Opere di carpenteria metallica

Passerella di accesso alla cameretta di accesso

La passerella pedonale di accesso alla cameretta dal piano di copertura del manufatto sarà realizzata in grigliato zincato a caldo, per le cui caratteristiche si rimanda alla descrizione del grigliato pedonale collocato sul canale in c.a., descritto nel paragrafo 5.5.4.. La passerella sarà dotata di parapetto, avente le medesime caratteristiche elencate al capitolo 5.5.4.

Porta in accesso grigliata in acciaio inox

La porta di accesso alla cameretta sarà realizzata in grigliato pressato, in acciaio inox e sarà formata da piatti portanti di dimensioni pari a 25x2 mm e piatti di collegamento da 9 x 1.9 mm. Il grigliato avrà una maglia di dimensioni pari a 33 x 66 mm.

Chiusino modulare di dimensione 3.0x3.0 m con lamiera striata zincata a caldo

Per consentire l'accesso alla cameretta dalla strada sarà presente un'apertura dotata di chiusino modulare di dimensione 3x3 m, ricoperto con lamiera striata in ferro Fe 510C, (norma UNI 7070) zincata a caldo.

Per le caratteristiche tecniche del chiusino si rimanda al capitolo 5.5.4.

Scale di servizio

Ogni manufatto di presa sarà dotato di una scala di servizio elicoidale necessaria a permettere l'accesso in condizioni di sicurezza al manufatto e lo svolgimento di operazioni di ispezione e manutenzione.

La struttura portante delle scale di servizio sarà costituita da un pilastro centrale di diametro pari a 508 mm, fissato alla soletta posta sul cielo della camera di dissipazione mediante bullonatura a piastre e ulteriormente fissato alle pareti laterali del pozzo con mensole ancorate.

La struttura portante sarà realizzata in acciaio tipo Fe360B (UNI 7070) e in Fe430B (UNI 7070).

I bulloni dovranno appartenere alla classe 8.8, secondo la norma UNI 3740.

La scala sarà realizzata con gradini in grigliato in acciaio zincato a caldo fissati al palo centrale mediante bullonatura.

Le saldature dovranno essere realizzate con il metodo semiautomatico a filo pieno continuo in atmosfera ArCO2 (classe 2 UNI 5132).

Gli acciai a vista dovranno essere zincati a caldo (UNI EN ISO 1461) e i primi 10 m dovranno essere trattati con vernice.

Parapetti metallici

A protezione del pozzo di accesso è previsto l'inserimento di un parapetto metallico alto 1.10 m, avente le caratteristiche elencate nel capitolo 5.5.4.

Per quanto qui non espressamente riportato valgano le prescrizioni di cui ai punti 5.1.3.

5.7.3. Armature degli scavi con opere permanenti

Colonne di jet-grouting

Per la descrizione generale e per le modalità di realizzazione delle colonne di jet-grouting si rimanda al capitolo 5.2.2.

Al fine di consolidare il terreno circostante l'area di scavo della cameretta d'accesso saranno realizzate delle colonne di jet-grountig, aventi diametro pari a 800 mm; le colonne saranno armate con profilo cavo circolare di dimensioni 139.7x10 mm in ferro Fe 510.

Tiranti

Per la descrizione dei tiranti si rimanda al capitolo 5.5.6

Le colonne di jet-grountig saranno ancorate tramite tre file di tiranti aventi tensione di esercizio pari a 20 tonnellate.

I tiranti saranno costituiti ciascuno da tre trefoli in acciaio armonico.

L'interasse e le lunghezze dei tiranti dovranno essere:

- fila 1: interasse 2.0 m, lunghezza 13 m;
- fila 2: interasse 2.0 m lunghezza 14 m;
- fila 3: interasse 2.0 m lunghezza 15 m.

I traversi dei tiranti saranno costituiti da profili in HEA180 realizzati in ferro Fe430.

5.7.4. Pozzo di accesso

Il pozzo di accesso verrà realizzato tramite una testa fresante, come descritto nel capitolo 5.5.7. e avrà diametro pari a 3.05 m e lunghezza pari a 27 m.

Il rivestimento tramite spritz-beton avrà uno spessore di 6-7 cm e il rivestimento in c.a. realizzato con calcestruzzo reodinamico resistente all'abrasione (vedi capitolo 5.5.3) avrà uno spessore pari a 19 cm.

Al fine di consolidare il terreno per consentire l'utilizzo della testa fresante si realizzeranno delle colonne di jet grountig non armate. Per la descrizione delle colonne di jet grountig si rimanda al capitolo 5.7.3.

5.7.5. Impianto elettrico

Quadro elettrico ed impianto di illuminazione

L'impianto di illuminazione è composto da alcuni circuiti uguali, equipaggiati ciascuno con:

- interruttore differenziale da 30mA, comando "acceso/spento" e trasformatore di sicurezza 230/12Vc.a. – SELV installati nel quadro elettrico,
- cavo bipolare in tubazione non metallica incassata lungo il pozzo di sezione tale da contenere la caduta di tensione entro 2Vc.a.,
- apparecchi di illuminazione IP68 – 12Vc.a. incassati lungo il pozzo con 2 entrate per cavo, di forma e potenza tale da garantire un illuminamento di 15lux sulla scala.

A titolo di esempio, ogni circuito SELV potrebbe essere formato da un cavo H07RN8-F 2x10mm² che alimenta un massimo di 3 lampade a incandescenza da 50W, linea lunga 40m.

Misuratori di livello

Al fine di permettere la verifica delle portate che saranno recapitate in alveo e in galleria, saranno posizionati dei misuratore di livello ad ultrasuoni.

L'indicatore – trasmettitore di livello sarà costituito da un sensore ad ultrasuoni che verrà montato in prossimità dei manufatti e delle gallerie di collegamento.

Gli impulsi ultrasonici emessi dal trasmettitore, posto verticalmente sopra la superficie del liquido, verranno riflessi e inviati ad un display con microprocessore

che li elaborerà proporzionalmente alla loro frequenza, rilevando costantemente l'altezza della colonna d'acqua.
Lo strumento invierà il segnale di misura all'ufficio di Protezione Civile del Comune di Genova.
Per mantenere una struttura modulare dei circuiti di quadro elettrico, l'impianto di misuratori di livello è composto da 3 circuiti uguali (+ 1 di riserva), equipaggiati ciascuno come i circuiti dell'impianto di illuminazione, descritti sopra.
Ogni sonda del misuratore di livello sarà installata localmente nel punto di misura e alimentata a 12Vc.a. – SELV.
Il cavo di segnale che collega la sonda all'apparecchiatura di misura e di visualizzazione sarà del tipo adatto alla immersione in acqua. La tensione del sistema sarà di 12Vc.a o 30Vc.c come massimi valori e il circuito dovrà essere del tipo SELV.

Quadretto prese di servizio

Nella camera di accesso, in prossimità del quadro elettrico verrà installato un quadretto prese con:

- n. 1 presa 230Vc.a. - CEE 2x16A – 2P+T,
- n. 1 presa 400Vc.a. - CEE 3x16A – 3P+T,
- n. 1 presa 24Vc.a. con trasformatore di sicurezza 230/24V- CEE 2x16A – 2P

Elenco utenze

Al fine di collegare l'impianto elettrico si dovrà richiedere la connessione con il distributore di energia elettrica (Enel o altra società); tale connessione consentirà il funzionamento dell'impianto di illuminazione e dei misuratori di livello.
Il consumo di energia elettrica per ogni impianto elettrico è di circa 0,6kW continui e di ulteriori 2,7kW quando è accesa l'illuminazione, per un totale di 3,3kW.
Tenendo conto dell'utilizzo saltuario di apparecchiature elettriche per la manutenzione collegate alle prese di servizio, il contratto con l'ente distributore dell'energia elettrica (Enel o altra società) dovrà quindi essere di almeno 6kW con alimentazione trifase a 400/230V.
In fase di stipulazione del contratto si dovrà quindi chiedere all'ente distributore le tariffe agevolate per "fornitura straordinarie" con base 0,6kW e punta massima 6kW.

5.8. Sistemazione dell'alveo e deviazione della fognatura del torrente Fereggiano

5.8.1. Scavi

Valgono le precisazioni di cui al punto 5.5.1

5.8.2. Opere in conglomerato cementizio

Il progetto prevede di rivestire i muri e la banchina dell'alveo tombato tramite del calcestruzzo spritz beton fibrorinforzato avente le seguenti caratteristiche:

- cemento tipo CEM II AL 42.5R oppure CEM IV A 42.5R in ragione di almeno 450 kg/mc;
- silica fume in sospensione acquosa (slurry) in ragione di 60 kg/mc caratterizzata da concentrazione di secco 50% (±2%),densita' della sospensione (slurry) 1360-1400 kg/mc densita' assoluta della Silica Fume 2.2 kg/litro, pH 5-7, residuo al setaccio luce 45 micron max 2%;
- curva granulometrica continua avente diametro massimo pari a 10 mm;
- aggregati basaltici (Los Angeles <15) conforme alle norme UNI 8520 (categoria A);
- rapporto acqua/cemento inferiore a 0.50;
- consistenza di tipo S5, secondo UNI 9858 costante, dal momento del confezionamento sino al momento della proiezione, per almeno 90 minuti ottenuta tramite l'utilizzo di additivo superfluidificante a base di catene polimeriche di etere carbossilico dosato in ragione di 0.6%sul legante;
- la proiezione del betoncino dovrà avvenire utilizzando acceleranti di presa liquidi in soluzione acquosa, privi di alcali (alcali free), non caustici; tale aggiunta dovrà avvenire in corrispondenza della lancia di proiezione ed in ragione dell'8-10% (peso/peso) sul peso del legante;
- resistenza a compressione a 24 ore>13 MPa, a 48 ore >18 MPa, Rck a 28 giorni >40 MPa valutata su campioni cilindrici aventi rapporto altezza/diametro= 1; tutti i valori di resistenza a compressione saranno valutati sul materiale posto in opera secondo le modalità previste dalla UNI 10834.

Il calcestruzzo dovrà essere proiettato secondo il sistema "ad umido".

Al di sotto del rivestimento dell'alveo si dovrà provvedere al riempimento delle cavità tramite calcestruzzo avente resistenza caratteristica pari a 30 N/mm².
Per quanto qui non espressamente riportato valgano le prescrizioni di cui ai punti 5.4.2 e 5.4.3.

Casseforme

Le casseforme per i getti di calcestruzzo dovranno essere costruite con pannelli metallici o tavole in legno sufficientemente robuste, ben collegate fra loro e controventate per evitare spanciamenti e distacchi delle stesse durante le vibrature del getto.
Sono previsti due tipi:

- casseforme per getti da intonacare o contro terra e comunque non soggetti a particolari esigenze estetiche. Potranno essere in tavolame comune, purché ben diritto ed accuratamente connesso, o metalliche;
- casseforme per getti da lasciare in vista o a contatto con le acque. Dovranno essere metalliche od in tavolame accuratamente piallato o stuccato a gesso o in compensato, così da dare luogo a superfici particolarmente lisce ed uniformi.

Le tavole dovranno avere di regola dimensioni uguali fra loro e saranno poste in opera a giunti sfalsati.
Quando indicato dai disegni, gli spigoli verticali e orizzontali dovraano essere smussati e arrotondati.
L'arrotondamento di cui sopra si realizzerà con opportuni listelli disposti nelle casseforme.
In particolare, dovrà essere curata la tenuta d'acqua dei casseri al fine di evitare fuoriuscita della boiacca di cemento e conseguente dilavamento dell'impasto, in corrispondenza delle fessure, soprattutto negli spigoli orizzontali e verticali.
Tale tenuta sarà realizzata, oltre che con l'adozione dei listelli triangolari di smusso, mediante accurata stuccatura e con rabboccamento esterno perimetrale di malta povera, specie nei punti di ripresa a spicco dei pilastri da solette o strutture già eseguite.

Rete elettrosaldata e spinottatura

Insieme al rivestimento in spritz beton verrà inserita una rete elettrosaldata (□ 6 10x10). Al fine di ancorare la rete elettrosaldata dovrà essere realizzata una spi-

nottatura con barre di acciaio FeB44 K dal diametro di 12 mm e lunghezza pari a 20 cm, intasate con resine epossidiche senza solventi.
Per quanto qui non espressamente riportato valgano le prescrizioni di cui al puntl 5.1.2.

5.8.3. Idrodemolizione

Al fine di pulire il tratto tombato dell'alveo del torrente Fereggiano è previsto l'impiego di una idropulitrice, capace di getti d'acqua fino a pressione in uscita di 1500 atm..

Dovranno essere adottate tutte le precauzioni necessarie ad evitare danni alle strutture, compresa l'eventuale spazzolatura meccanica o la sabbiatura dei ferri di armatura ed una energica soffiatura con aria compressa.

5.8.4. Selciatone

Il fondo dell'alveo del torrente Fereggiano oggetto di intervento dovrà essere rivestito con selciatone per uno spessore di 20 cm, realizzato con massi di cava, intasato con calcestruzzo.
I massi naturali utilizzati per rivestimento del fondo dovranno corrispondere ai requisiti essenziali di compattezza, omogeneità e durabilità; dovranno inoltre essere:

- esenti da giunti, fratture e piani di sfalsamento e rispettare i seguenti limiti;
- peso volumico: $\geq$ 24 kN/m^3 (2400 kgf/m^3);
- resistenza alla compressione: $\geq$ 50 N/mm^2 (500 kgf/cm^2);
- coefficiente di usura: $\leq$ 1.5 mm;
- coefficiente di imbibizione: $\leq$ 5%;
- gelività: il materiale deve risultare non gelivo.

I massi naturali saranno di peso non inferiore a quanto prescritto dalla Direzione Lavori, non dovranno presentare notevoli differenze nelle tre dimensioni e dovranno risultare a spigolo vivo e squadrati.

5.8.5. Tubazioni

Tubazioni in grès ceramico
Il progetto prevede la demolizione e la ricostruzione del tratto di fognatura presente nell'alveo del torrente Fereggiano, interferente con le opere in progetto.

La nuova fognatura sarà realizzata in grès ceramico ed avrà un diametro pari a 300 mm.
I tubi in grès ceramico dovranno avere la superficie liscia, brillante ed uniforme, caratteristica del materiale silicio-alluminoso cotto ad altissime temperature.
In cottura dovrà essere ottenuta la parziale vetrificazione con l'aggiunta di appropriate sostanze, senza l'applicazione di vernici.
I tubi dovranno essere dritti, privi di lesioni, abrasioni, cavità bolle ed altri difetti che possano comprometterne la resistenza e devranno essere perfettamente impermeabili e, se immersi completamente nell'acqua per otto giorni consecutivi, non dovranno aumentare di peso più del 3 %.

Le condotte ed i relativi pezzi speciali dovranno possedere i seguenti requisiti: essere inattaccabili da acidi minerali ed organici, anche se caldi;

- resistere agli agenti ossidanti e aggressivi;
- presentare frattura compatta e durezza pari al 3° grado della scala di Mohs;
- resistere agli urti, alla compressione, alla trazione ed alla torsione;
- non lasciarsi scalfire sulla superficie esterna, né su quella di frattura da un utensile di acciaio comune.

L'ente appaltante si riserva il diritto di far effettuare in fabbrica, alla presenza di proprio personale, verifiche e prove di accertamento della qualità delle forniture.

Per la protezione della tubazione è stato previsto la realizzazione di un bauletto in calcestruzzo (Rck 30 N/mmq).

Tubazione in pvc ϕ 300 mm provvisionale per la fognatura
Durante le lavorazioni le acque della fognatura verranno deviate tramite una tubazione in pvc di diametro pari a 300 mm. Per il dettaglio sulle caratteristiche tecniche si rimanda al capitolo 5.5.9..

Pozzetti di ispezione e allaccio e chiusini in ghisa sferoidale a tenuta stagna
Il progetto prevede la realizzazione di diversi pozzetti di ispezione della fognatura e di allaccio per eventuali immissioni, che dovranno essere gettati in opera.
Per accedere al pozzetto verranno inseriti dei chiusini in ghisa sferoidale, classe D400 per traffico normale e con diametro netto di 600 mm, conforme alla norma

UNI EN 124 ("Dispositivi di coronamento e di chiusura per zone di circolazione utilizzate da pedoni e da veicoli"), e carico di rottura 400kN.
Inoltre i chiusini dovranno avere un dispositivo tale da consentire una tenuta ermetica fino alla pressione di 1 bar.

Inoltre, si prescrive che:

- le superfici di appoggio del coperchio con il telaio siano lavorate con un utensile, in modo che il piano di contatto sia perfetto e non si verifichi alcun traballamento;
- il coperchio sia allo stesso livello del telaio, non essendo tollerata alcuna differenza di altezza fra i due pezzi;
- il gioco tra coperchio e telaio non sia inferiore al 4 %, né superiore al 15 % di quello prescritto;
- esistano fori di aerazione e di sollevamento, la cui superficie minima sia conforme alle norme UNI EN-R4.

Il chiusino dovrà essere solidamente appoggiato ed ancorato alle strutture in calcestruzzo.
Nella messa in quota dei chiusini, mediante opportune opere murarie, sono incluse la raccolta e lo stoccaggio in appositi spazi del materiale di risulta.
I materiali ed i chiusini saranno sottoposti a prove per controllare la rispondenza ai requisiti richiesti.
Le modalità di prova e l'istituto presso cui verranno eseguite saranno indicate dalla Direzione Lavori; il costo delle prove e gli oneri relativi saranno a carico dell'impresa.

5.9. Il manufatto di presa ed il pozzo a vortice sul Rio Rovare

5.9.1. Demolizioni

Valgono le precisazioni di cui al punto 5.5.2.

5.9.2. Opere in conglomerato cementizio

Il progetto prevede per la realizzazione del canale in c.a. e del canale di imbocco al vortice l'impiego di un calcestruzzo e di acciaio d'armatura aventi le caratteristiche descritte al capitolo 5.5.3.

Casseforme

Le casseforme per i getti di calcestruzzo dovranno essere costruite con pannelli metallici o tavole in legno sufficientemente robuste, ben collegate fra loro e controventate per evitare spanciamenti e distacchi delle stesse durante le vibrature del getto.

Sono previsti due tipi:

- casseforme per getti da intonacare o contro terra e comunque non soggetti a particolari esigenze estetiche. Potranno essere in tavolame comune, purché ben diritto ed accuratamente connesso, o metalliche;
- casseforme per getti da lasciare in vista o a contatto con le acque. Dovranno essere metalliche od in tavolame accuratamente piallato o stuccato a gesso o in compensato, così da dare luogo a superfici particolarmente lisce ed uniformi.

Le tavole dovranno avere di regola dimensioni uguali fra loro e saranno poste in opera a giunti sfalsati.

Quando indicato dai disegni, gli spigoli verticali e orizzontali dovraano essere smussati e arrotondati.

L'arrotondamento di cui sopra si realizzerà con opportuni listelli disposti nelle casseforme.

In particolare, dovrà essere curata la tenuta d'acqua dei casseri al fine di evitare fuoriuscita della boiacca di cemento e conseguente dilavamento dell'impasto, in corrispondenza delle fessure, soprattutto negli spigoli orizzontali e verticali.

Tale tenuta sarà realizzata, oltre che con l'adozione dei listelli triangolari di smusso, mediante accurata stuccatura e con rabboccamento esterno perimetrale di malta povera, specie nei punti di ripresa a spicco dei pilastri da solette o strutture già eseguite.

5.9.3. Scatolare prefabbricato di dimensione interna 2.0x2.0m

Il progetto prevede che un tratto del Rio Rovare venga realizzato con uno scatolare prefabbricato di dimensione interna 2.0x2.0 m.

Lo scatolare dovrà essere realizzato in calcestruzzo vibrocompresso armato, compreso di giunto in gomma butilica.

Lo scatolare dovrà rispondere alla normativa contenuta nelle DIN 4263, UNI 8520/2, UNI 8981.

L'armatura dello scatolare andrà calcolata in modo da sopportare il riempimento di prima fase ed i carichi stradali propri della strada sovrastante, e varierà in funzione della larghezza dello scavo e delle modalità di rinterro dello stesso.

Le aziende produttrici dovranno allegare, durante tutto il corso della fornitura, la documentazione di fabbrica inerente i controlli dimensionali e le prove distruttive eseguite sulla fornitura stessa.

5.9.4. Tubazioni

Tubazioni in pvc ϕ 600 mm per la deviazione delle acque

Il progetto prevede l'impiego di una tubazione in pvc per la deviazione delle acque di diametro pari a 600 mm.
Per le caratteristiche tecniche della tubazione in pvc si rimanda al capitolo 5.5.9..

Tubazioni in grès ceramico ϕ 500 mm

Per la raccolta delle acque nere del Rio Rovare è stata inserita una tubazione in grès ceramico di diametro pari a 500 mm; per le specifiche tecniche relative alle tubazioni in grès si rimanda al capitolo 5.8.5..

5.9.5. Opere di carpenteria metallica

Scalette a pioli in acciaio inox retraibili

Il progetto prevede l'impiego di una serie di scalette a pioli retraibili in acciaio inox, che consentiranno l'accesso al fondo del canale in c.a. e del canale di imbocco al vortice. Per la descrizione delle specifiche tecniche delle scalette impiegate si rimanda al capitolo 5.5.4..

Parapetti metallici

Il progetto prevede la rimozione e il ripristino di alcuni parapetti presenti in superficie; saranno inseriti dei parapetti metallici di altezza pari a 1.10 m aventi le medesime caratteristiche dei parapatti elencati a capitolo 5.5.4..

Blindatura in acciaio inox

Le strutture maggiormente sollecitate delle opere in progetto e cioè il pozzo di dissipazione delle acque e il bordo del pozzo a vortice verranno protette con lamiere, realizzate in acciaio inox AISI 316L.

Chiusini in ghisa sferoidale

Il progetto prevede la possibilità di accedere al canale in c.a., al canale di imbocco al vortice e al pozzo di dissipazione tramite una serie di chiusini in ghisa sferoidale, classe D400 per traffico normale e con diametro netto di 800 mm, conforme alla norma UNI EN 124 ("Dispositivi di coronamento e di chiusura per zone di circolazione utilizzate da pedoni e da veicoli"), e carico di rottura 400kN.

Per le caratteristiche tecniche delle opere descritte si rimanda al capitolo 5.8.5..

Chiusini modulari di dimensioni 3.0x3.0 m - 2.0x3.0 m - 2.0x1.0 m- 0.5x3.5 m con lamiera striata zincata a caldo

Il progetto prevede l'impiego di una serie di chiusini modulari di diverse dimensioni tali da consentire il passaggio di materiale e/o macchinari alle opere in progetto e di movimentare le paratoie.

I chiusini dovranno essere ricoperti con lamiera striata in ferro Fe 510C, (norma UNI 7070) zincata a caldo.

Per le caratteristiche tecniche dei chiusini modulari si rimanda al capitolo 5.5.4..

Per quanto qui non espressamente riportato valgano le prescrizioni di cui al punto 5.1.3.

5.9.6. Organi di intercettazione idraulica

Organi di intercettazione idraulica permanenti: Paratoia manuale dimensione 2.0x1.5 m

La paratoia manuale a scorrimento verticale, posizionata a valle del pozzo di dissipazione sul canale in c.a., avente dimensioni pari a 2.0 x 1.5 m, che consentirà la regolazione delle portate defluenti nel canale in c.a., dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- struttura realizzata in acciaio AISI 316L;
- tenuta sui tre lati con guarnizioni in neoprene a forma di nota musicale;
- lente in lamiera dello spessore di 8 mm, rinforzata con profilati a L avente tubo centrale per il passaggio della vite non saliente;
- telaio fisso, costituito da gargami a U, soglia a U rovescia e traversa superiore formata da due profili a U di spessore pari 8 mm, fissato al calcestruzzo con getto di seconda fase;

- piastre, zanche, staffe, tiranti filettati e dadi in Fe 430B (UNI 7070) per ancorarla al calcestruzzo di 1° fase;
- meccanismo di manovra manuale costituito da riduttore a coppia conica, con cassa in ghisa, vite non saliente in acciaio AISI 316, madrevite in bronzo volantino di manovra.

Organi di intercettazione idraulica permanenti: Paratoia manuale dimensione 0.6x0.6 m

La paratoia manuale a scorrimento verticale di dimensione 0.6x0.6 m verrà posizionata sulla tubazione ϕ 500 mm e consentirà di regolare le acque nere del Rio Rovare.

La paratoia avrà le seguenti caratteristiche:

- struttura realizzata in acciaio AISI 316L;
- tenuta sui quattro lati con guarnizioni in neoprene a forma di nota musicale;
- lente in lamiera dello spessore di 6 mm, rinforzata con profilati a L avente tubo centrale per il passaggio della vite non saliente;
- telaio fisso, costituito da gargami a U, soglia a U rovescia e traversa superiore formata da due profili a U di spessore pari 6 mm, fissato al calcestruzzo con getto di seconda fase;
- piastre, zanche, staffe, tiranti filettati e dadi in Fe 430B (UNI 7070) per ancorarla al calcestruzzo di 1° fase;
- meccanismo di manovra manuale costituito un supporto vite con cassa in ghisa, vite non saliente in acciaio AISI 316, madrevite in bronzo, volantino o chiave a T per la manovra.

Organi di intercettazione idraulica temporanei: Panconi altezza 1.1 m

La manutenzione dell'opera di presa sarà possibile mediante il posizionamento di n. 6 panconi, ciascuno di altezza pari a 1.1 m e luce netta 2.7 m, nel canale di imbocco al vortice.

I panconi dovranno avere le seguenti caratteristiche:

- altezza totale 6.6 m e altezza gargami 7.6 m;
- struttura realizzata in ferro Fe 430B (UNI 7070) avente spessore pari a 8 mm, rinforzata con travi;
- guarnizioni in neoprene a forma di nota musicale fissati con viti in accaio inox;
- pattini di scorrimento in polietilene ad altissima densità;

- predisposizione per aggancio della trave pescatrice;
- intelaiatura fissa di fondo a forma di U rovescia di spessore di 8 mm in acciaio inox AISI 316L;
- guide laterali a forma di U di spessore di 8 mm in acciaio inox AISI 316L;
- piastre, zanche, staffe, tiranti filettati e dadi in Fe 430B (UNI 7070) per ancorarla al calcestruzzo di 1° fase;
- trattamento superficiale dei panconi con zincatura a caldo (UNI EN ISO 1461).

Organi di intercettazione idraulica temporanei: Trave pescatrice

I panconi dovranno essere accompagnati ad una trave pescatrice necessaria per la posa e l'estrazione dei panconi stessi,che dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- struttura in ferro Fe 430B (UNI 7070) trattata superficialmente con zincatura a caldo (UNI EN ISO 4161);
- testate dotate di pattini di scorrimento in polietilene ad altissima densità;
- ganci per l'aggancio automatico dei panconi;
- costruzione con due profilati a UNP120.

5.9.7. Armature degli scavi con opere permanenti

Micropalo eseguito con iniezione ripetuta ad alta pressione

Il progetto prevede di impiegare una serie di micropali e di tiranti al fine di armare gli scavi e di poter raggiungere le quote di progetto.

Per la descrizione dei micropali e dei tiranti si rimanda al capitolo 5.5.6.

I micropali per l'armatura del canale in c.a. e del canale di imbocco al vortice dovranno avere una lunghezza media di 10 m, diametro pari a 200 mm, interasse pari a 33 cm e dovranno essere armati con profilo cavo circolare in ferro Fe 510 di dimensione 139.7x10 mm.

I micropali per l'armatura della chiocciola di imbocco al pozzo a vortice dovranno avere una lunghezza di 10 m, diametro pari a 200 mm, interasse pari a 33 cm e dovranno essere armati con profilo cavo circolare in ferro Fe 510 di dimensione 139.7x10 mm.

I micropali per l'armatura del pozzo di dissipazione delle acque dovranno avere una lunghezza di 17 m, diametro pari a 200 mm, interasse pari a 33 cm e dovranno essere armati con profilo cavo circolare in ferro Fe 510 di dimensione 139.7x10 mm.

Il palo trivellato di piccolo diametro (micropalo) dovrà eseguito mediante perforazione a rotazione o rotopercussione in materie di qualsiasi natura e consistenza.
L'armatura per i micropali sarà costituita da tubi tipo Fe 510 senza saldatura longitudinale, del tipo per costruzioni meccaniche, con giunzioni tra i diversi spezzoni a mezzo di manicotti filettati; fornita e posta in opera compreso i distanziatori, le armature di connessione saldate in sommità del tubo.

Tiranti di ancoraggio

La paratia di micropali per la realizzazione della chiocciola di imbocco al pozzo a vortice dovrà essere ancorata tramite due file di tiranti aventi tensione di esercizio pari a 20 tonnellate.
I tiranti saranno costituiti ciascuno da tre trefoli in acciaio armonico
L'interasse le lunghezze dei tiranti dovranno essere:

- fila 1: interasse 2.5 m, lunghezza 12 m;
- fila 2: interasse 3.0 m lunghezza 13 m.

I traversi dei tiranti saranno costituiti da profili in HEA180 realizzati in ferro Fe430.

La paratia di micropali per la realizzazione del pozzo di dissipazione dovrà essere ancorata tramite due file di tiranti aventi tensione di esercizio pari a 20 tonnellate.
I tiranti saranno costituiti ciascuno da tre trefoli in acciaio armonico
L'interasse le lunghezze dei tiranti dovranno essere:

- fila 1: interasse 3.0 m, lunghezza 15 m;
- fila 2: interasse 3.0 m lunghezza 16 m.

I traversi dei tiranti saranno costituiti da profili in HEA180 realizzati in ferro Fe430.

5.9.8. Pozzo a vortice

Il pozzo a vortice che verrà realizzato sul Rio Rovare dovrà avere diametro pari a 3.68 m e dovrà essere alto circa 28 m.

Durante la fase di progettazione è stata scelto di realizzare il pozzo servendosi di una testa fresante, che consente di eseguire pozzi verticali in tempi limitati e di realizzare pareti integre senza opere di consolidamento.

La metodologia di intervento consiste:

- nella realizzazione del basamento d'ancoraggio della fresa;
- nella perforazione del foro pilota;
- nell'alesaggio continuo al diametro richiesto mediante distruzione di nucleo procedendo dal basso verso l'alto con caduta per gravità dello smarino nella galleria.

La perforazione del foro pilota dovrà essere eseguita col metodo della roto-distruzione; lo spurgo del foro avverrà per mezzo di circolazione d'aria compressa, con l'aggiunta di acqua per l'abbattimento delle polveri conseguenti.

In seguito all'esecuzione del foro si dovrà provvedere alla realizzazione del rivestimento del pozzo stesso, dopo aver inserito dei bulloni resinati di ancoraggio.

Si provvederà quindi alla posa di una rete elettrosaldata (ϕ□6 10x10 cm) su sui si spruzzerà del calcestruzzo spritz-beton con accelerante di presa, per uno spessore di 9-10 cm.

Le caratteristiche dello spritz-beton impiegate per il rivestimento del pozzo, che sarà utilizzato anche per tutti i pozzi in progetto, dovranno essere le seguenti:

- resistenza caratteristica Rck : a 48 h >=13 MPa;
  : a 28 gg >=25 MPa.

Successivamente verrà realizzato uno strato impermeabilizzante con guaine in pvc dello spessore di 2 mm, con sottostante strato di compensazione in geotessile in polipropilene del peso di g/mq 500, con resistenza non inferiore a 20 KN/m.

Infine si realizzerà il rivestimento in c.a. dello spessore di 30 cm; per la realizzazione del rivestimento del pozzo verranno impiegati dei casseri scivolanti, autosollevantesi su martinetti idraulici e su barre di ferro a perdere.

Per le caratteristiche del calcestruzzo da impiegare per il rivestimento del pozzo a vortice si rimanda al capitolo 5.5.3..

5.10. Camera di dissipazione delle acque sul Rio Rovare

5.10.1. Scavi in sotterraneo

Valgano le prescrizioni di cui ai punti 5.6.1.

5.10.2. Opere in conglomerato cementizio

Spritz-beton fibrorinforzato e rete elettrosaldata

La camera di dissipazione delle acque verrà preliminarmente rivestita con spritz-beton fibrorinforzato aventi le seguenti caratteristiche:

- resistenza caratteristica Rck : a 48 h >=13 MPa;
  : a 28 gg >=25 MPa;
- energia assorbita: >=500 joule (da prove di punzonamento eseguite su piastre di cls fibrorinforzato).

Prima dello spruzzo del calcestruzzo si dovrà provvedere ad inserire una rete elettrosaldata (ϕ 6 10x10 cm).

Per quanto qui non espressamente riportato valgano le prescrizioni di cui ai punti 5.4.2 e 5.4.3.

Centine metalliche

Le centine metalliche , da lasciare annegate nello spritz beton, dovranno avere caratteristiche dimensionali, sagoma ed interasse conformi alle sezioni tipo del progetto. Le centine saranno costituiti da profilati in acciaio tipo Fe 430.

Per quanto qui non espressamente riportato valgano le prescrizioni di cui al punto 5.4.1.

Impermeabilizzazione

Successivamente al rivestimento in spritz-beton verrà realizzato uno strato impermeabilizzante con guaine in pvc.

dello spessore di 2 mm, con sottostante strato di compensazione in geotessile in polipropilene del peso di g/mq 500, con resistenza non inferiore a 20 KN/m.

Per quanto qui non espressamente riportato valgano le prescrizioni di cui al punto 5.4.6.

Calcestruzzo e acciaio per armatura

Per il rivestimento della camera di dissipazione delle acque verrà impiegato calcestruzzo e acciaio per armatura con le medesime caratteristiche del manufatto di presa.

Si rimanda al capitolo 5.5.3 per le specifiche tecniche relative al calcestruzzo impiegato.

Casseforme

Le casseforme per i getti di calcestruzzo dovranno essere costruite con pannelli metallici o tavole in legno sufficientemente robuste, ben collegate fra loro e controventate per evitare spanciamenti e distacchi delle stesse durante le vibrature del getto.

Sono previsti due tipi:

- casseforme per getti da intonacare o contro terra e comunque non soggetti a particolari esigenze estetiche. Potranno essere in tavolame comune, purché ben diritto ed accuratamente connesso, o metalliche;
- casseforme per getti da lasciare in vista o a contatto con le acque. Dovranno essere metalliche od in tavolame accuratamente piallato o stuccato a gesso o in compensato, così da dare luogo a superfici particolarmente lisce ed uniformi.

Le tavole dovranno avere di regola dimensioni uguali fra loro e saranno poste in opera a giunti sfalsati.

Quando indicato dai disegni, gli spigoli verticali e orizzontali dovraano essere smussati e arrotondati.

L'arrotondamento di cui sopra si realizzerà con opportuni listelli disposti nelle casseforme.

In particolare, dovrà essere curata la tenuta d'acqua dei casseri al fine di evitare fuoriuscita della boiacca di cemento e conseguente dilavamento dell'impasto, in corrispondenza delle fessure, soprattutto negli spigoli orizzontali e verticali.

Tale tenuta sarà realizzata, oltre che con l'adozione dei listelli triangolari di smusso, mediante accurata stuccatura e con rabboccamento esterno perimetrale di malta povera, specie nei punti di ripresa a spicco dei pilastri da solette o strutture già eseguite.

Prodotto bicomponente poliuretano antiscivolo

Sul cielo della camera di dissipazione delle acque dovrà essere realizzata una soletta in c.a. per consentire l'ispezione e l'accesso al manufatto.

La soletta in c.a. dovrà essere opportunamente rivestita con un prodotto bicomponente poliuretano, avente funzione antiscivolo. Tale prodotto, applicato su superfici di vario genere realizza un rivestimento con marcato carattere antiscivolo e particolarmente resistente all'abrasione; è inoltre indicato per l'applicazione su superfici in calcestruzzo.

5.10.3. Opere di carpenteria metallica

Tubazione in acciaio D 1200

L'aerazione dell'imbocco della galleria di collegamento sarà permesso dalla posa di un tubo in acciaio ϕ1200 in prossimità dell'imbocco stesso.

Tali tubi saranno costruiti con tubifici in profilatura continua utilizzando nastri in acciaio.

Grigliati della camera di dissipazione delle acque

Dove indicato negli tavola di progetto ed in particolare nella parte terminale della soletta in c.a. ricavata sul cielo della camera di dissipazione delle acque e a chiusura del tubo in acciaio per l'areazione verranno collocati dei grigliati in acciaio inox AISI.

Il grigliato impiegato dovrà essere formato da piatti portanti e piatti di collegamento aventi maglia pari a 33 x 66 mm.

Il grigliato a chiusura del tubo di areazione sarà costituito da un pannello circolare avente diametro pari a 1200 mm.

Blindatura in acciaio inox

Le strutture maggiormente sollecitate della camera di dissipazione delle acque, e cioè l'imbocco della galleria e lo spigolo del gradino che permette la formazione del cuscino d'acqua verranno protette con lamiere, realizzate in acciaio inox AISI 316L.

Scaletta a pioli in acciaio inox

Il progetto prevede l'impiego di una scaletta alla marinara in acciaio inox, che consentirà l'accesso al fondo della camera di dissipazione delle acque dal gradino posto a quota 20.68 m.

Per le caratteristiche della scaletta si rimanda al capitolo 5.6.3.

Parapetti metallici

A protezione della scale di servizio in c.a. saranno inserite dei parapetti metallici di altezza pari a 1.10 m aventi le medesime caratteristiche dei parapatti elencati a capitolo 5.5.4..

Per quanto qui non espressamente riportato valgano le prescrizioni di cui al punto 5.1.3.

5.10.4. Organi di intercettazione idraulica

Organi di intercettazione idraulica permanenti: Paratoia manuale a scorrimento orizzontale dimensione 1.0x1.9m

La paratoia manuale a scorrimento orizzontale, collocata per consentire l'accesso alla camera di dissipazione, dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- struttura realizzata in acciaio AISI 316L;
- tenuta sui quattro lati con guarnizioni in neoprene a forma di nota musicale;
- costruzione simile ad una porta scorrevole su ruote;
- lente in lamiera dello spessore di 6 mm, rinforzata con profilati a L;
- telaio fisso dotato di rotaia superiore, costituito da profili a L di spessore pari a 8 mm;
- fissaggio al calcestruzzo con getto di 2° fase;
- cunei e levierismo di chiusura.

5.10.5. Armature degli scavi con opere permanenti

Tiranti

All'interno della camera di dissipazione saranno collocati dei tiranti in barre di acciaio ad elevata resistenza.

5.10.6. Sistema di drenaggio

Il drenaggio sopra l'arco rovescio delle gallerie sarà eseguito con materiale proveniente dagli scavi opportunamente selezionato, frantumato e vagliato con granulometria assortita da 5 mm a 100 mm con un sottovaglio ammissibile non superiore al 10% in peso e comunque con un passante al vaglio 0,075 Uni superiore al 3%.

I sistema di drenaggio sarà realizzato tramite cannule microfessurate di tipo flessibile in PVC del diametro interno non inferiore a mm 40, che saranno rivestite internamente di geotessile tessuto non tessuto.

Per quanto qui non espressamente riportato valgano le prescrizioni di cui al punto 5.4.5.

5.11. Cameretta con scale di accesso sul Rio Rovare

5.11.1. Opere in conglomerato cementizio

Le pareti della cameretta di accesso e del torrino di areazione verranno realizzate con calcestruzzo avente le seguenti caratteristiche:

- resistenza caratteristica Rck : 30 N/mmq;
- classe di esposizione: XC3 – XF1.

L'acciaio per l'armatura delle pareti della cameretta dovrà avere le medesime caratteristiche elencate al paragrafo 5.5.3

Calcestruzzo reodinamico resistente all'abrasione per pozzi
Le pareti del pozzo di accesso alla camera di dissipazione delle acque dovranno essere realizzate con un calcestruzzo avente le caratteristiche descritte al paragrafo 5.5.3..

Prodotto bicomponente poliuretanico antiscivolo
Il fondo della cameretta d'accesso dovrà essere rivestita con un prodotto bicomponente poliuretanico, le cui caratteristiche sono richiamate nel capitolo 5.6.2
Rivestimento di murature in calcestruzzo con pietrame
Le pareti esterne del torrino di areazione verranno rivestite con pietrame dello spessore di 20 cm, tramite pietre provenienti da cave intasate con malta di cemento R325 a 4 quintali.

5.11.2. Opere di carpenteria metallica

Grigliato zincato a caldo
Il torrino di areazione dovrà essere dotato di una griglia in acciaio zincato a caldo.
Per le caratteristiche della griglia si rimanda al capitolo 5.5.4..

Chiusino modulare di dimensione 3.0x3.0 m con lamiera striata zincata a caldo

Per consentire l'accesso alla cameretta dalla strada sarà presente un'apertura dotata di chiusino modulare di dimensione 3x3 m, ricoperto con lamiera striata in ferro Fe 510C, (norma UNI 7070) zincata a caldo.

Per le caratteristiche tecniche del chiusino si rimanda al capitolo 5.5.4..

Chiusino in ghisa sferoidale

Per l'accesso alla cameretta verrà inserito un chiusino ghisa sferoidale, classe D400 per traffico normale e con diametro netto di 800 mm, conforme alla norma UNI EN 124 ("*Dispositivi di coronamento e di chiusura per zone di circolazione utilizzate da pedoni e da veicoli*"), e carico di rottura 400kN.

Per le caratteristiche tecniche delle opere descritte si rimanda al capitolo 5.8.5..

Scaletta a pioli in acciaio inox

Il progetto prevede l'impiego di una scaletta alla marinara in acciaio inox, che consentirà l'accesso dalla strada alla cameretta.

Per le caratteristiche della scaletta si rimanda al capitolo 5.6.3.

Scale di servizio

Ogni manufatto di presa sarà dotato di una scala di servizio elicoidale necessaria a permettere l'accesso in condizioni di sicurezza al manufatto e lo svolgimento di operazioni di ispezione e manutenzione.

La struttura portante delle scale di servizio sarà costituita da un pilastro centrale di diametro pari a 508 mm, fissato alla soletta posta sul cielo della camera di dissipazione mediante bullonatura a piastre e ulteriormente fissato alle pareti laterali del pozzo con mensole ancorate.

La struttura portante sarà realizzata in acciaio tipo Fe360B (UNI 7070) e in Fe430B (UNI 7070).

I bulloni dovranno appartenere alla classe 8.8, secondo la norma UNI 3740.

La scala sarà realizzata con gradini in grigliato in acciaio zincato a caldo fissati al palo centrale mediante bullonatura.

Le saldature dovranno essere realizzate con il metodo semiautomatico a filo pieno continuo in atmosfera ArCO2 (classe 2 UNI 5132).

Gli acciai a vista dovranno essere zincati a caldo (UNI EN ISO 1461) e i primi 10 m dovranno essere trattati con vernice.

Parapetti metallici

A protezione del pozzo di accesso è previsto l'inserimento di un parapetto metallico alto 1.10 m, avente le caratteristiche elencate nel capitolo 5.5.4

Per quanto qui non espressamente riportato valgano le prescrizioni di cui al punto 5.1.3.

5.11.3. Armature degli scavi con opere permanenti

Micropalo eseguito con iniezione ripetuta ad alta pressione

Per la realizzazione della cameretta di accesso dovranno essere infissi dei micropali lunghi 8.0 m, aventi diametro pari a 200 m e interasse pari a 30 cm, armati con profilo cavo circolare in ferro Fe 510 di dimensione 139.7x10 mm.
Per la descrizione dei micropali e dei tiranti si rimanda al capitolo 5.5.6.
Il palo trivellato di piccolo diametro (micropalo) dovrà eseguito mediante perforazione a rotazione o rotopercussione in materie di qualsiasi natura e consistenza.
L'armatura per i micropali sarà costituita da tubi tipo Fe 510 senza saldatura longitudinale, del tipo per costruzioni meccaniche, con giunzioni tra i diversi spezzoni a mezzo di manicotti filettati; fornita e posta in opera compreso i distanziatori, le armature di connessione saldate in sommità del tubo.

Tiranti di ancoraggio

La paratia di pali descritta al paragrafo precedente dovrà essere ancorata tramite una fila di tiranti aventi tensione di esercizio pari a 20 tonnellate.
I tiranti saranno costituiti ciascuno da tre trefoli in acciaio armonico

L'interasse le lunghezze dei tiranti dovranno essere:

- fila 1: interasse 3.0 m, lunghezza 11 m.

I traversi dei tiranti saranno costituiti da profili in HEA180 realizzati in ferro Fe430.

5.11.4. Pozzo di accesso

Il pozzo di accesso verrà realizzato tramite una testa fresante, come descritto nel capitolo 5.5.7. e avrà diametro pari a 3.05 m e lunghezza pari a 32 m.

Il rivestimento tramite spritz-beton avrà uno spessore di 6-7 cm e il rivestimento in c.a. realizzato con calcestruzzo reodinamico resistente all'abrasione (vedi capitolo 5.5.3) avrà uno spessore pari a 19 cm.

5.11.5. Impianto elettrico

Quadro elettrico ed impianto di illuminazione

L'impianto di illuminazione è composto da alcuni circuiti uguali, equipaggiati ciascuno con:

- interruttore differenziale da 30mA, comando "acceso/spento" e trasformatore di sicurezza 230/12Vc.a. – SELV installati nel quadro elettrico;
- cavo bipolare in tubazione non metallica incassata lungo il pozzo di sezione tale da contenere la caduta di tensione entro 2Vc.a.;
- apparecchi di illuminazione IP68 – 12Vc.a. incassati lungo il pozzo con 2 entrate per cavo, di forma e potenza tale da garantire un illuminamento di 15lux sulla scala.

A titolo di esempio, ogni circuito SELV potrebbe essere formato da un cavo H07RN8-F 2x10mm^2 che alimenta un massimo di 3 lampade a incandescenza da 50W, linea lunga 40m.

Misuratori di livello

Al fine di permettere la verifica delle portate che saranno recapitate in alveo e in galleria, saranno posizionati dei misuratore di livello ad ultrasuoni.

L'indicatore – trasmettitore di livello sarà costituito da un sensore ad ultrasuoni che verrà montato in prossimità dei manufatti e delle gallerie di collegamento.

Gli impulsi ultrasonici emessi dal trasmettitore, posto verticalmente sopra la superficie del liquido, verranno riflessi e inviati ad un display con microprocessore che li elaborerà proporzionalmente alla loro frequenza, rilevando costantemente l'altezza della colonna d'acqua.

Per mantenere una struttura modulare dei circuiti di quadro elettrico, l'impianto di misuratori di livello è composto da 3 circuiti uguali (+ 1 di riserva), equipaggiati ciascuno come i circuiti dell'impianto di illuminazione, descritti sopra.

Ogni sonda del misuratore di livello sarà installata localmente nel punto di misura e alimentata a 12Vc.a. – SELV.

Il cavo di segnale che collega la sonda all'apparecchiatura di misura e di visualizzazione sarà del tipo adatto alla immersione in acqua. La tensione del sistema sarà di 12Vc.a o 30Vc.c come massimi valori e il circuito dovrà essere del tipo SELV.

Quadretto prese di servizio

Nella camera di accesso, in prossimità del quadro elettrico verrà installato un quadretto prese con:

- n. 1 presa 230Vc.a. - CEE 2x16A – 2P+T,
- n. 1 presa 400Vc.a. - CEE 3x16A – 3P+T,
- n. 1 presa 24Vc.a. con trasformatore di sicurezza 230/24V- CEE 2x16A – 2P

Elenco utenze

Al fine di collegare l'impianto elettrico si dovrà richiedere la connessione con il distributore di energia elettrica (Enel o altra società); tale connessione consentirà il funzionamento dell'impianto di illuminazione e dei misuratori di livello.

Il consumo di energia elettrica per ogni impianto elettrico è di circa 0,6kW continui e di ulteriori 2,7kW quando è accesa l'illuminazione, per un totale di 3,3kW.

Tenendo conto dell'utilizzo saltuario di apparecchiature elettriche per la manutenzione collegate alle prese di servizio, il contratto con l'ente distributore dell'energia elettrica (Enel o altra società) dovrà quindi essere di almeno 6kW con alimentazione trifase a 400/230V.

In fase di stipulazione del contratto si dovrà quindi chiedere all'ente distributore le tariffe agevolate per "fornitura straordinarie" con base 0,6kW e punta massima 6kW.

5.12. Il manufatto di presa sul Rio Noce

5.12.1. Demolizioni

Valgano le prescrizioni di cui ai punti 5.5.2

5.12.2. Opere in conglomerato cementizio

Il progetto prevede per la realizzazione della deviazione dell'alveo esistente e per il canale di imbocco al vortice l'impiego di un calcestruzzo e di acciaio d'armatura aventi le caratteristiche descritte al capitolo 5.5.3.

Casseforme

Le casseforme per i getti di calcestruzzo dovranno essere costruite con pannelli metallici o tavole in legno sufficientemente robuste, ben collegate fra loro e controventate per evitare spanciamenti e distacchi delle stesse durante le vibrature del getto.

Sono previsti due tipi:

- casseforme per getti da intonacare o contro terra e comunque non soggetti a particolari esigenze estetiche. Potranno essere in tavolame comune, purché ben diritto ed accuratamente connesso, o metalliche;
- casseforme per getti da lasciare in vista o a contatto con le acque. Dovranno essere metalliche od in tavolame accuratamente piallato o stuccato a gesso o in compensato, così da dare luogo a superfici particolarmente lisce ed uniformi.

Le tavole dovranno avere di regola dimensioni uguali fra loro e saranno poste in opera a giunti sfalsati.

Quando indicato dai disegni, gli spigoli verticali e orizzontali dovraano essere smussati e arrotondati.

L'arrotondamento di cui sopra si realizzerà con opportuni listelli disposti nelle casseforme.

In particolare, dovrà essere curata la tenuta d'acqua dei casseri al fine di evitare fuoriuscita della boiacca di cemento e conseguente dilavamento dell'impasto, in corrispondenza delle fessure, soprattutto negli spigoli orizzontali e verticali.

Tale tenuta sarà realizzata, oltre che con l'adozione dei listelli triangolari di smusso, mediante accurata stuccatura e con rabboccamento esterno perimetrale di malta povera, specie nei punti di ripresa a spicco dei pilastri da solette o strutture già eseguite.

5.12.3. Tubazioni in pvc

Per la deviazione provvisoria delle acque del Rio Noce il progetto prevede l'impiego di una tubazione in pvc dal diametro di 600 mm. Per la descrizione delle caratteristiche delle tubazioni in pvc si rimanda al capitolo 5.5.9..

5.12.4. Opere di carpenteria metallica

Scalette a pioli in acciaio inox

Il progetto prevede l'impiego di una scaletta a pioli in acciaio inox, che consentirà l'accesso al nuovo tratto di alveo deviato. Per la descrizione delle specifiche tecniche della scaletta impiegate si rimanda al capitolo 5.5.4..

Parapetti metallici

Il progetto prevede l'inserimento di parapetti metallici di altezza pari a 1.10 m aventi le medesime caratteristiche dei parapatti elencati a capitolo 5.5.4..

Blindatura in acciaio inox

Le strutture maggiormente sollecitate delle opere in progetto e cioè il bordo del pozzo a vortice, verranno protette con lamiere, realizzate in acciaio inox AISI 316L.

Chiusini in ghisa sferoidale

Il progetto prevede l'impiego di chiusini in ghisa sferoidale, classe D400 per traffico normale e con diametro netto di 800 mm, conforme alla norma UNI EN 124 ("*Dispositivi di coronamento e di chiusura per zone di circolazione utilizzate da pedoni e da veicoli*"), e carico di rottura 400kN.
Per le caratteristiche tecniche delle opere descritte si rimanda al capitolo 5.8.5..

Chiusino modulare di dimensioni 3.0x3.0 m con lamiera straita zincata a caldo

Il progetto prevede l'impiego di un chiusino modulare di dimensioni 3.0x3.0 m, da localizzarsi sulla soletta del pozzo Carena, in modo di consentire il passaggio di materiale e/o macchinari.
Per le caratteristiche tecniche dei chiusini modulari si rimanda al capitolo 5.5.4..

Per quanto qui non espressamente riportato valgano le prescrizioni di cui al punto 5.1.3.

5.12.5. Pozzo a vortice

Il pozzo a vortice che verrà realizzato sul Rio Noce dovrà avere diametro pari a 4.35 m e dovrà essere alto circa 6 m.

Durante la fase di progettazione è stata scelto di realizzare il pozzo con la metodologia tradizionale; si prevede quindi di realizzare l'armatura degli scavi tramite l'infissione di micropali lunghi 6.0 m, aventi diametro pari a 200 m e interasse pari a 33 cm, armati con profilo cavo circolare in ferro Fe 510 di dimensione 139.7x10 mm.

Per la descrizione dei micropali e dei tiranti si rimanda al capitolo 5.5.6.

Il palo trivellato di piccolo diametro (micropalo) dovrà essere eseguito mediante perforazione a rotazione o rotopercussione in materie di qualsiasi natura e consistenza.

L'armatura per i micropali sarà costituita da tubi tipo Fe 510 senza saldatura longitudinale, del tipo per costruzioni meccaniche, con giunzioni tra i diversi spezzoni a mezzo di manicotti filettati; fornita e posta in opera compreso i distanziatori, le armature di connessione saldate in sommità del tubo.

Dopo avere eseguito l'armatura dello scavo si dovrà provvedere all'esecuzione dello scavo stesso, avendo cura di non danneggiare le zone consolidate e le opere eseguite.

Per quanto qui non espressamente riportato valgano le prescrizioni di cui al punto 5.2.4.

Dopo aver eseguito lo scavo si dovrà realizzare un primo rivestimento utilizzando centine metalliche (vedi paragrafo 5.10.2.) annegate in calcestruzzo spruzzato, avente uno spessore pari a 14 cm.
Le caratteristiche dello spritz-beton impiegato per il rivestimento del pozzo, che sarà utilizzato anche per tutti i pozzi in progetto, dovranno essere le seguenti:

- resistenza caratteristica Rck : a 48 h >=13 MPa;
  : a 28 gg >=25 MPa.

Si provvederà quindi alla posa di una rete elettrosaldata (ϕ 6 10x10 cm) su sui si spruzzerà ancora del calcestruzzo spritz-beton, per uno spessore di 6-7 cm.

Successivamente verrà realizzato uno strato impermeabilizzante con guaine in pvc

dello spessore di 2 mm, con sottostante strato di compensazione in geotessile in polipropilene del peso di g/mq 500, con resistenza non inferiore a 20 KN/m.

Infine si realizzerà il rivestimento in c.a. dello spessore di 20 cm con calcestruzzo reodinamico resistente all'abrasione (vedi capitolo 5.5.3.); per la realizzazione del rivestimento del pozzo verranno impiegati dei casseri scivolanti, autosollevantesi su martinetti idraulici e su barre di ferro a perdere.

5.13. Camera di dissipazione delle acque sul Rio Noce

5.13.1. Scavi in sotterraneo

Valgano le prescrizioni di cui ai punti 5.6.1.

5.13.2. Opere in conglomerato cementizio

Spritz-beton fibrorinforzato e rete elettrosaldata
La camera di dissipazione delle acque verrà preliminarmente rivestita con spritz-beton fibrorinforzato aventi le seguenti caratteristiche:

- resistenza caratteristica Rck : a 48 h >=13 MPa;
  : a 28 gg >=25 MPa;
- energia assorbita: >=500 joule (da prove di punzonamento eseguite su piastre di cls fibrorinforzato).

Prima dello spruzzo del calcestruzzo si dovrà provvedere ad inserire una rete elettrosaldata (ϕ 6 10x10 cm).

Per quanto qui non espressamente riportato valgano le prescrizioni di cui ai punti 5.4.2 e 5.4.3.

Centine metalliche
Le centine metalliche , da lasciare annegate nel conglomerato cementizio, dovranno avere caratteristiche dimensionali, sagoma ed interasse conformi alle sezioni tipo del progetto. Le centine saranno costituiti da profilati in acciaio tipo Fe 430.

Per quanto qui non espressamente riportato valgano le prescrizioni di cui al punto 5.4.1.

Impermeabilizzazione

Successivamente al rivestimento con sprtiz-beton verrà realizzato uno strato impermeabilizzante con guaine in pvc dello spessore di 2 mm, con sottostante strato di compensazione in geotessile in polipropilene del peso di g/mq 500, con resistenza non inferiore a 20 KN/m.

Per quanto qui non espressamente riportato valgano le prescrizioni di cui al punto 5.4.6.

Calcestruzzo e acciaio per armatura

Per il rivestimento della camera di dissipazione delle acque verrà impiegato calcestruzzo e acciaio per armatura con le medesime caratteristiche del manufatto di presa.

Si rimanda al capitolo 5.5.3 per le specifiche tecniche relative al calcestruzzo impiegato.

Prodotto bicomponente poliuretano antiscivolo

Sul cielo della camera di dissipazione delle acque dovrà essere realizzata una soletta in c.a. per consentire l'ispezione e l'accesso al manufatto.

La soletta in c.a. dovrà essere opportunamente rivestita con un prodotto bicomponente poliuretano, avente funzione antiscivolo. Tale prodotto, applicato su superfici di vario genere realizza un rivestimento con marcato carattere antiscivolo e particolarmente resistente all'abrasione; è inoltre indicato per l'applicazione su superfici in calcestruzzo.

5.13.3. Opere di carpenteria metallica

Tubazione in acciaio D 1200

L'aerazione dell'imbocco della galleria di collegamento sarà permesso dalla posa di un tubo in acciaio ϕ1200 in prossimità dell'imbocco stesso.

Tali tubi saranno costruiti con tubifici in profilatura continua utilizzando nastri in acciaio.

Grigliati della camera di dissipazione delle acque

Dove indicato negli tavola di progetto ed in particolare nella parte terminale della soletta in c.a. ricavata sul cielo della camera di dissipazione delle acque e a chiusura del tubo in acciaio per l'areazione verranno collocati dei grigliati in acciaio inox AISI.

Il grigliato impiegato dovrà essere formato da piatti portanti e piatti di collegamento aventi maglia pari a 33 x 66 mm.
Il grigliato a chiusura del tubo di areazione sarà costituito da un pannello circolare avente diametro pari a 1200 mm.

Blindatura in acciaio inox
Le strutture maggiormente sollecitate della camera di dissipazione delle acque, e cioè l'imbocco della galleria e lo spigolo del gradino che permette la formazione del cuscino d'acqua verranno protette con lamiere, realizzate in acciaio inox AISI 316L.

Scaletta a pioli in acciaio inox
Il progetto prevede l'impiego di una scaletta alla marinara in acciaio inox, che consentirà l'accesso al fondo della camera di dissipazione delle acque dal gradino posto a quota 15.70 m.
Per le caratteristiche della scaletta si rimanda al capitolo 5.6.3.

Parapetti metallici
A protezione della scale di servizio in c.a. saranno inserite dei parapetti metallici di altezza pari a 1.10 m aventi le medesime caratteristiche dei parapatti elencati a capitolo 5.5.4..
Per quanto qui non espressamente riportato valgano le prescrizioni di cui al punto 5.1.3.

5.13.4. Organi di intercettazione idraulica

Organi di intercettazione idraulica permanenti: Paratoia manuale a scorrimento orizzontale dimensione 1.0x1.9m
La paratoia manuale a scorrimento orizzonatale, collocata per consentire l'accesso alla camera di dissipazione, dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- struttura realizzata in acciaio AISI 316L;
- tenuta sui quattro lati con guarnizioni in neoprene a forma di nota musicale;
- costruzione simile ad una porta scorrevole su ruote;
- lente in lamiera dello spessore di 6 mm, rinforzata con profilati a L;
- telaio fisso dotato di rotaia superiore, costituito da profili a L di spessore pari a 8 mm;
- fissaggio al calcestruzzo con getto di 2° fase;

- cunei e levierismo di chiusura.

5.13.5. Armature degli scavi con opere permanenti

Tiranti

All'interno della camera di dissipazione saranno collocati dei tiranti in barre di acciaio ad elevata resistenza.

5.13.6. Sistema di drenaggio

Il drenaggio sopra l'arco rovescio delle gallerie sarà eseguito con materiale proveniente dagli scavi opportunamente selezionato , frantumato e vagliato con granulometria assortita da 5 mm a 100 mm con un sottovaglio ammissibile non superiore al 10 % in peso e comunque con un passante al vaglio 0,075 Uni superiore al 3%.

I sistema di drenaggio sarà realizzato tramite cannule microfessurate di tipo flessibile in PVC del diametro interno non inferiore a mm 40, che saranno rivestite internamente di geotessile tessuto non tessuto.

Per quanto qui non espressamente riportato valgano le prescrizioni di cui al punto 5.4.5.

5.14. Cameretta con scale di accesso sul Rio Noce

5.14.1. Scavi

Valgano le prescrizioni di cui ai punti 5.5.1.

5.14.2. Opere in conglomerato cementizio

Le pareti della cameretta di accesso e del torrino di areazione verranno realizzate con calcestruzzo avente le seguenti caratteristiche:

- resistenza caratteristica Rck : 30 N/mmq;
- classe di esposizione: XC3 – XF1

L'acciaio per l'armatura delle pareti della cameretta dovrà avere le medesime caratteristiche elencate al paragrafo 5.5.3.

Calcestruzzo reodinamico resistente all'abrasione per pozzi

Le pareti del pozzo di accesso alla camera di dissipazione delle acque dovranno essere realizzate con un calcestruzzo avente le caratteristiche descritte al paragrafo 5.5.3.

Prodotto bicomponente poliuretanico antiscivolo

Il fondo della cameretta d'accesso dovrà essere rivestita con un prodotto bicomponente poliuretanico, le cui caratteristiche sono richiamate nel capitolo 5.6.2.

Rivestimento di murature in calcestruzzo con pietrame

Le pareti esterne del torrino di areazione verranno rivestite con pietrame dello spessore di 20 cm, tramite pietre provenienti da cave intasate con malta di cemento R325 a 4 quintali.

5.14.3. Opere di carpenteria metallica

Grigliato zincato a caldo

Il torrino di areazione dovrà essere dotato di una griglia in acciaio zincato a caldo.
Per le caratteristiche della griglia si rimanda al capitolo 5.5.4.

Chiusino modulare di dimensioni 3.0x3.0 m con lamiera striata zincata a caldo

Per consentire l'accesso alla cameretta dalla strada sarà presente un'apertura dotata di chiusino modulare di dimensione 3x3 m, ricoperto con lamiera striata in ferro Fe 510C, (norma UNI 7070) zincata a caldo.
Per le caratteristiche tecniche del chiusino si rimanda al capitolo 5.5.4.

Chiusino in ghisa sferoidale

Per l'accesso alla cameretta verrà inserito un chiusino ghisa sferoidale, classe D400 per traffico normale e con diametro netto di 800 mm, conforme alla norma UNI EN 124 ("*Dispositivi di coronamento e di chiusura per zone di circolazione utilizzate da pedoni e da veicoli*"), e carico di rottura 400kN.
Per le caratteristiche tecniche delle opere descritte si rimanda al capitolo 5.8.5.

Scaletta a pioli in acciaio inox

Il progetto prevede l'impiego di una scaletta alla marinara in acciaio inox, che consentirà l'accesso dalla strada alla cameretta.

Per le caratteristiche della scaletta si rimanda al capitolo 5.6.3.

Scale di servizio

Ogni manufatto di presa sarà dotato di una scala di servizio elicoidale necessaria a permettere l'accesso in condizioni di sicurezza al manufatto e lo svolgimento di operazioni di ispezione e manutenzione.

La struttura portante delle scale di servizio sarà costituita da un pilastro centrale di diametro pari a 508 mm, fissato alla soletta posta sul cielo della camera di dissipazione mediante bullonatura a piastre e ulteriormente fissato alle pareti laterali del pozzo con mensole ancorate.

La struttura portante sarà realizzata in acciaio tipo Fe360B (UNI 7070) e in Fe430B (UNI 7070).

I bulloni dovranno appartenere alla classe 8.8, secondo la norma UNI 3740.

La scala sarà realizzata con gradini in grigliato in acciaio zincato a caldo fissati al palo centrale mediante bullonatura.

Le saldature dovranno essere realizzate con il metodo semiautomatico a filo pieno continuo in atmosfera ArCO2 (classe 2 UNI 5132).

Gli acciai a vista dovranno essere zincati a caldo (UNI EN ISO 1461) e i primi 10 m dovranno essere trattati con vernice.

Parapetti metallici

A protezione del pozzo di accesso è previsto l'inserimento di un parapetto metallico alto 1.10 m, avente le caratteristiche elencate nel capitolo 5.5.4.

Per quanto qui non espressamente riportato valgano le prescrizioni di cui al punto 5.1.3.

5.14.4. Armature degli scavi con opere permanenti

Micropalo eseguito con iniezione ripetuta ad alta pressione

Per la realizzazione della cameretta di accesso dovranno essere infissi dei micropali lunghi 8.0 m, aventi diametro pari a 200 m e interasse pari a 33 cm, armati con profilo cavo circolare in ferro Fe 510 di dimensione 139.7x10 mm.

Per la descrizione dei micropali e dei tiranti si rimanda al capitolo 5.5.6.

Il palo trivellato di piccolo diametro (micropalo) dovrà eseguito mediante perforazione a rotazione o rotopercussione in materie di qualsiasi natura e consistenza.

L'armatura per i micropali sarà costituita da tubi tipo Fe 510 senza saldatura longitudinale, del tipo per costruzioni meccaniche, con giunzioni tra i diversi spezzoni a mezzo di manicotti filettati; fornita e posta in opera compreso i distanziatori, le armature di connessione saldate in sommità del tubo.

Tiranti di ancoraggio

La paratia di pali descritta al paragrafo precedente dovrà essere ancorata tramite due file di tiranti aventi tensione di esercizio pari a 20 tonnellate.
I tiranti saranno costituiti ciascuno da tre trefoli in acciaio armonico
L'interasse le lunghezze dei tiranti dovranno essere:

- fila 1: interasse 2.0 m, lunghezza 11 m;
- fila 2: interasse 2.0 m, lunghezza 12 m.

I traversi dei tiranti saranno costituiti da profili in HEA180 realizzati in ferro Fe430.

5.14.5. Pozzo di accesso

Il pozzo di accesso che verrà realizzato sul Rio Noce dovrà avere diametro pari a 3.45 m e dovrà essere alto circa 21 m.

Durante la fase di progettazione è stata scelto di realizzare il pozzo con la metodologia tradizionale; si prevede quindi di realizzare l'armatura degli scavi tramite l'infissione di micropali lunghi 22.0 m, aventi diametro pari a 200 m e interasse pari a 33 cm, armati con profilo cavo circolare in ferro Fe 510 di dimensione 139.7x10 mm.

Il palo trivellato di piccolo diametro (micropalo) dovrà eseguito mediante perforazione a rotazione o rotopercussione in materie di qualsiasi natura e consistenza.

L'armatura per i micropali sarà costituita da tubi tipo Fe 510 senza saldatura longitudinale, del tipo per costruzioni meccaniche, con giunzioni tra i diversi spezzoni a mezzo di manicotti filettati; fornita e posta in opera compreso i distanziatori, le armature di connessione saldate in sommità del tubo.

Dopo avere eseguito l'armatura dello scavo si dovrà provvedere all'esecuzione dello scavo stesso, avendo cura di non danneggiare le zone consolidate e le opere eseguite.

Per quanto qui non espressamente riportato valgano le prescrizioni di cui al punto 5.2.4.

Dopo aver eseguito lo scavo si dovrà realizzare un primo rivestimento utilizzando centine metalliche (vedi paragrafo 5.10.2.) annegate in calcestruzzo spruzzato, avente uno spessore pari a 14 cm.

Le caratteristiche dello spritz-beton impiegato per il rivestimento del pozzo, che sarà utilizzato anche per tutti i pozzi in progetto, dovranno essere le seguenti:
- resistenza caratteristica Rck : a 48 h >=13 MPa;
: a 28 gg >=25 MPa.

Si provvederà quindi alla posa di una rete elettrosaldata (ϕ 6 10x10 cm) su sui si spruzzerà ancora del calcestruzzo spritz-beton, per uno spessore di 6-7 cm.
Successivamente verrà realizzato uno strato impermeabilizzante con guaine in pvc dello spessore di 2 mm, con sottostante strato di compensazione in geotessile in polipropilene del peso di g/mq 500, con resistenza non inferiore a 20 KN/m.
Infine si realizzerà il rivestimento in c.a. dello spessore di 20 cm con calcestruzzo reodinamico resistente all'abrasione (vedi capitolo 5.5.3.); per la realizzazione del rivestimento del pozzo verranno impiegati dei casseri scivolanti, autosollevantesi su martinetti idraulici e su barre di ferro a perdere.

5.14.6. Impianto elettrico

Quadro elettrico ed impianto di illuminazione

L'impianto di illuminazione è composto da alcuni circuiti uguali, equipaggiati ciascuno con:

- interruttore differenziale da 30mA, comando "acceso/spento" e trasformatore di sicurezza 230/12Vc.a. – SELV installati nel quadro elettrico,
- cavo bipolare in tubazione non metallica incassata lungo il pozzo di sezione tale da contenere la caduta di tensione entro 2Vc.a.,

- apparecchi di illuminazione IP68 – 12Vc.a. incassati lungo il pozzo con 2 entrate per cavo, di forma e potenza tale da garantire un illuminamento di 15lux sulla scala.

A titolo di esempio, ogni circuito SELV potrebbe essere formato da un cavo H07RN8-F 2x10 mm^2 che alimenta un massimo di 3 lampade a incandescenza da 50W, linea lunga 40 m.

Misuratori di livello

Per mantenere una struttura modulare dei circuiti di quadro elettrico, l'impianto di misuratori di livello è composto da 2 circuiti uguali (+ 1 di riserva), equipaggiati ciascuno come i circuiti dell'impianto di illuminazione, descritti sopra.
Ogni sonda del misuratore di livello sarà installata localmente nel punto di misura e alimentata a 12Vc.a. – SELV.
Il cavo di segnale che collega la sonda all'apparecchiatura di misura e di visualizzazione sarà del tipo adatto alla immersione in acqua. La tensione del sistema sarà di 12Vc.a o 30Vc.c come massimi valori e il circuito dovrà essere del tipo SELV.

Quadretto prese di servizio

Nella camera di accesso, in prossimità del quadro elettrico verrà installato un quadretto prese con:

- n. 1 presa 230Vc.a. - CEE 2x16A – 2P+T,
- n. 1 presa 400Vc.a. - CEE 3x16A – 3P+T,
- n. 1 presa 24Vc.a. con trasformatore di sicurezza 230/24V- CEE 2x16A – 2P

Elenco utenze

Al fine di collegare l'impianto elettrico si dovrà richiedere la connessione con il distributore di energia elettrica (Enel o altra società); tale connessione consentirà il funzionamento dell'impianto di illuminazione e dei misuratori di livello.
Il consumo di energia elettrica per ogni impianto elettrico è di circa 0,6kW continui e di ulteriori 2,7kW quando è accesa l'illuminazione, per un totale di 3,3kW.
Tenendo conto dell'utilizzo saltuario di apparecchiature elettriche per la manutenzione collegate alle prese di servizio, il contratto con l'ente distributore dell'energia elettrica (Enel o altra società) dovrà quindi essere di almeno 6kW con alimentazione trifase a 400/230V.

In fase di stipulazione del contratto si dovrà quindi chiedere all'ente distributore le tariffe agevolate per "fornitura straordinarie" con base 0,6kW e punta massima 6kW.

5.15. Opera di sbocco a mare

5.15.1. Scavi

Scavi e rilevati in genere

Gli scavi ed i rilevati in genere occorrenti per la sistemazione e per la formazione dell'opera di progetto e per ricavare fossi, cunette, accessi, passaggi, rampe e simili nonché per l'impianto di opere d'arte, saranno eseguiti conformi alle previsioni del progetto, salvo le eventuali varianti che disponesse la D.L., oppure in conformità a quanto sarà disposto all'atto esecutivo dalla D.L. e dovrà essere usata ogni esattezza nello scavare i fossi, nello spianare e sistemare le banchine, nel configurare le scarpate e nel profilare i cigli.

L'Appaltatore dovrà consegnare le trincee e i rilevati nonché gli scavi ed i riempimenti in genere, al giusto piano prescritto con scarpate regolari e spianate, con i cigli bene tracciati e profilati, compiendo a sue spese, durante l'esecuzione dei lavori, fino a collaudo, gli occorrenti ricarichi o tagli, la ripresa e la sistemazione delle scarpate e delle banchine e l'espurgo dei fossi.

Le scarpate di tagli e rilevati saranno costituite con inclinazioni appropriate in relazione alla natura ed alle caratteristiche fisicomeccaniche del terreno, e, comunque, secondo le prescrizioni che saranno comunicate dalla D.L. mediante ordini scritti.

Per gli accertamenti relativi alla determinazione della natura delle terre, del grado di costipamento e del contenuto di umidità di esse, l'Appaltatore dovrà provvedere a tutte le prove necessarie ai fini della loro possibilità e modalità d'impiego, che verranno fatte eseguire, a spese dell'Appaltatore, dalla D.L. presso Laboratori ufficiali di sua scelta.

Nell'esecuzione degli scavi l'Appaltatore dovrà procedere in modo che i cigli siano diligentemente profilati, le scarpate raggiungano l'inclinazione prevista in progetto e che sia ritenuta necessaria e prescritta con ordine verbale o scritto dalla D.L. allo scopo di impedire scoscendimenti, restando egli, oltreché totalmente responsabile di eventuali danni alle persone ed opere, altresì obbligato a provvedere a suo carico e spese alla rimozione delle materie franate in caso di inadempienza alle disposizioni all'uopo impartitegli.

L'Appaltatore dovrà sviluppare i movimenti di materie con adeguati mezzi e con sufficiente mano d'opera in modo da fare gli scavi possibilmente completi a piena sezione in ciascun tratto iniziato. Inoltre, dovrà aprire senza indugio i fossi e le cunette occorrenti e, comunque, mantenere officioso, a sua cura e spese il deflusso delle acque, se occorra con canali fugatori.
Le materie provenienti dagli scavi non utilizzabili e non ritenute idonee, a giudizio della D.L. per la formazione dei rilevati o per altro impiego nei lavori, dovranno essere portate a rifiuto depositandole su aree che l'Appaltatore deve provvedere a sua cura e spese.
Le località per tali depositi a rifiuto dovranno essere scelte in modo che le materie depositate non arrechino danni ai lavori od alle proprietà pubbliche o private, nonché al libero deflusso delle acque pubbliche e private.
La D.L. potrà far asportare a spese dell'Appaltatore le materie depositate in contravvenzione alle precedenti disposizioni.

Gli scavi saranno classificati come più sotto indicato:

- Scavo in roccia: si considera "roccia" un blocco di materiale con volume maggiore di 0,75 m^3 e di resistenze e struttura tale da non poter essere rimosso e demolito senza l'uso di esplosivi o di martelli demolitori e che conserva la sua compattezza ed una elevata resistenza meccanica anche dopo una prolungata esposizione all'azione dell'acqua e di altri agenti atmosferici.
- Scavo di terreno sciolto di qualsiasi natura: si considera terreno sciolto qualsiasi materiale che non sia la roccia sopra indicata. Rientrano in questa categoria di scavi anche i pezzi isolati di roccia inferiori a 0,75 m^3.
- Scavo in acqua: si considera scavo in acqua quello eseguito oltre 20 cm al di sotto del livello di equilibrio delle acque sotterranee entro lo scavo.

Scavi di sbancamento

Per scavi di sbancamento o tagli a sezione aperta si intendono quelli praticati al di sopra del piano orizzontale passante per il punto più depresso del terreno naturale o dal punto più depresso delle trincee o degli splateamenti precedentemente eseguiti ed aperti almeno da un lato.
Rientrano nella categoria degli scavi di sbancamento così generalmente definiti quelli necessari per la sistemazione e per la formazione del corpo stradale e quelli cosiddetti di splateamento, ma altresì quelli per l'allargamento di trincee, tagli di scarpate di rilevati per costruirvi opere di sostegno, scavi per incassature di opere

d'arte (spalle di ponti, spallette di briglie, ecc.) eseguiti superiormente al piano orizzontale determinato come sopra, considerandosi come piano naturale anche l'alveo dei torrenti o fiumi ed inoltre gli scavi per la formazione dei cassonetti e lo scavo delle cunette, dei cunettoni e dei fossi di custodia. Lo scavo di sbancamento da eseguirsi per la costruzione di opere di sostegno e controripa dovrà essere limitato per tutta l'altezza dell'opera, al filo della parete contro terra dell'opera stessa o dell'eventuale drenaggio.

Scavi di fondazione

Per scavi di fondazione in generale si intendono quelli ricadenti al di sotto del piano orizzontale di cui al paragrafo precedente, chiusi fra le pareti verticali riproducenti il perimetro delle fondazioni delle opere d'arte. Qualunque sia la natura e la qualità del terreno, gli scavi per fondazione dovranno essere spinti fino alla profondità che dalla D.L. sarà ordinata all'atto della loro esecuzione.

Le profondità che si trovino indicate nei disegni di consegna sono perciò di semplice avviso e l'Amministrazione Appaltante si riserva piena facoltà di variarle nella misura che reputerà più conveniente, senza che ciò possa dare all'Appaltatore motivo alcuno di fare eccezioni o domande di speciali compensi.

È vietato all'Appaltatore, sotto pena di demolire il già fatto, di porre mano alle murature prima che la D.L. abbia verificato ed accettato i piani di fondazione.

I piani di fondazione dovranno essere generalmente orizzontali, ma per quelle opere che cadano sopra a falde inclinate, potranno a richiesta della D.L. essere disposti a gradini ed anche con determinate contropendenze.

Gli scavi di fondazione dovranno di norma essere eseguiti a pareti verticali e l'Appaltatore dovrà, occorrendo, sostenerle con convenienti armature e sbadacchiature, restando a suo carico ogni danno alle cose ed alle persone che potesse verificarsi per smottamenti o franamenti dei cavi.

Questi potranno però, ove ragioni speciali non lo vietino, essere eseguiti con pareti a scarpata. In questo caso non sarà compensato il maggior scavo eseguito, oltre quello strettamente occorrente per la fondazione dell'opera e l'Appaltatore dovrà provvedere a sua cura e spese al successivo riempimento del vuoto rimasto intorno alle murature di fondazione dell'opera, con materiale adatto, ed al necessario costipamento di quest'ultimo.

Analogamente l'Appaltatore dovrà procedere senza ulteriore compenso a riempire i vuoti che restassero attorno alle murature stesse, pure essendosi eseguiti scavi a

pareti verticali in conseguenza dell'esecuzione delle murature con riseghe di fondazione.
Qualora gli scavi si debbano eseguire in presenza d'acqua e questa si elevi negli scavi, non oltre però il limite massimo di cm 20, l'Appaltatore dovrà provvedere a propria cura e spese all'esaurimento dell'acqua stessa con i mezzi che saranno ritenuti più opportuni.
L'Appaltatore dovrà provvedere a sua cura, spese ed iniziativa alle suddette assicurazioni, armature, puntellature e sbadacchiature, nella quantità e robustezza che per la qualità delle materie da escavare siano richieste, adottando anche tutte le altre precauzioni che fossero ulteriormente riconosciute necessarie, senza rifiutarsi per nessun pretesto di ottemperare alle prescrizioni che al riguardo, e per garantire la sicurezza delle cose e delle persone, gli venissero impartite dalla D.L.. Il legname impiegato a tale scopo, sempreché non si tratti di armature formanti parte integrante dell'opera, da restare quindi in posto in proprietà dell'Amministrazione, resterà di proprietà dell'Appaltatore, che potrà perciò recuperarlo ad opera compiuta.
Nessun compenso spetta all'Appaltatore se, per qualsiasi ragione, tale recupero possa risultare soltanto parziale, od anche totalmente negativo.

5.15.2. Opere in conglomerato cementizio

Per la realizzazione del manufatto di sbocco a mare e del nuovo scalo di alaggio dovrà essere utilizzato un calcestruzzo avente le seguenti caratteristiche:

- Resistenza caratteristica Rck : 45 MPa
- Classe di esposizione : XS3-XC4-XA2
- Classe di consistenza : S5 con additivo superfluidificante. Grado di compattazione da garantire g_c=0.98
- Copriferro : 40 mm
- Cemento : Pozzolanico, conforme UNI-ENV197/1
- Diametro max aggregati : 25 mm
- Aggregati : basaltici (Los Angeles ≤ 15) conformi UNI8520 parte 2 (categoria A)

Per quanto qui non espressamente riportato valgano le prescrizioni di cui ai punti 5.1.1 e 5.1.2.

Acciaio per armatura

Il ferro impiegato per l'armatura dovrà essere del tipo Fe B 44 K controllato in stabilimento.

Tutti i ferri devono essere ancorati:

- mediante sovrapposizione di almeno 50 diametri;
- mediante ancoraggio in getti per almeno 50 diametri;
- mediante squadra di 10 diametri, salvo diversa indicazione.

L'acciaio impiegato dovrà presentare i seguenti valori:

- $\varepsilon_{su,k}>8\%$ $1,15<f_t / f_y<1,35$ $f_{y,eff} / f_{y,nom}<1,25$;
- $\varepsilon_{su,k}$ = allungamento uniforme al carico max;
- $f_{y,eff}$ = valore effettivo resistenza a snervamento;
- $f_{y,nom}$ = valore nominale resistenza a snervamento;
- f_y = tensione di snervamento di un singolo campione;
- f_t = tensione di rottura di un singolo campione.

Per quanto qui non espressamente riportato valgano le prescrizioni di cui ai punti 5.1.1 e 5.1.2.

Casseforme

Le casseforme per i getti di calcestruzzo dovranno essere costruite con pannelli metallici o tavole in legno sufficientemente robuste, ben collegate fra loro e controventate per evitare spanciamenti e distacchi delle stesse durante le vibrature del getto.

Sono previsti due tipi:

- casseforme per getti da intonacare o contro terra e comunque non soggetti a particolari esigenze estetiche. Potranno essere in tavolame comune, purché ben diritto ed accuratamente connesso, o metalliche;
- casseforme per getti da lasciare in vista o a contatto con le acque. Dovranno essere metalliche od in tavolame accuratamente piallato o stuccato a gesso o in compensato, così da dare luogo a superfici particolarmente lisce ed uniformi.

Le tavole dovranno avere di regola dimensioni uguali fra loro e saranno poste in opera a giunti sfalsati.
Quando indicato dai disegni, gli spigoli verticali e orizzontali dovraano essere smussati e arrotondati.
L'arrotondamento di cui sopra si realizzerà con opportuni listelli disposti nelle casseforme.
In particolare, dovrà essere curata la tenuta d'acqua dei casseri al fine di evitare fuoriuscita della boiacca di cemento e conseguente dilavamento dell'impasto, in corrispondenza delle fessure, soprattutto negli spigoli orizzontali e verticali.
Tale tenuta sarà realizzata, oltre che con l'adozione dei listelli triangolari di smusso, mediante accurata stuccatura e con rabboccamento esterno perimetrale di malta povera, specie nei punti di ripresa a spicco dei pilastri da solette o strutture già eseguite.

5.15.3. Diaframmi in c.a.

La tecnica di perforazione sarà di norma basata sull'impiego di fanghi bentonitici. Durante la perforazione occorrerà tener conto della esigenza di non peggiorare le caratteristiche meccaniche del terreno circostante il diaframma, e quindi dovranno quindi essere minimizzati:

- il rammollimento degli strati coesivi;
- la diminuzione di densità relativa degli strati incoerenti;
- la diminuzione delle tensioni orizzontali efficaci proprie dello stato naturale;
- la riduzione dell'aderenza diaframma-terreno da un impiego improprio.

La posizione planimetrica dei diaframmi dovrà mantenersi nelle tolleranze indicate nel progetto. La verticalità dovrà essere assicurata con tolleranza del 2 %. La tolleranza ΔS sullo spessore, verificata in base ai volumi di conglomerato cementizio assorbito dovrà essere compresa tra 0.01 S e 0.1 S. La profondità "L", dovrà risultare conforme al progetto ± 20 cm.

Il conglomerato cementizio sarà confezionato da apposita centrale di preparazione atta al dosaggio a peso dei componenti. La dimensione massima degli aggregati dovrà essere inferiore al valore minimo di interspazio tra le armature e comunque non superiore a 40 mm. Il conglomerato cementizio dovrà avere la resistenza caratteristica cubica di progetto e comunque non dovrà risultare di classe inferiore a 30 MPa. Il rapporto acqua/cemento non dovrà superare il valore di 0.50 nella con-

dizione di aggregato saturo a superficie asciutta. La lavorabilità dovrà essere tale da dare uno «slump» al cono di Abrams compreso fra 16 e 18 cm.

Per soddisfare entrambi questi requisiti potrà essere aggiunto all'impasto un idoneo additivo fluidificante non aerante. E' ammesso altresì l'uso di ritardanti di presa o di fluidificanti con effetto ritardante. I mezzi di trasporto dovranno essere tali da evitare segregazioni dei componenti. Il conglomerato cementizio dovrà essere confezionato e trasportato con un ritmo tale da consentire di completare il getto di ciascun elemento di diaframma senza soluzione di continuità e nel più breve tempo possibile; in ogni caso ciascun getto dovrà venire alimentato con una cadenza effettiva, inclusi tutti i tempi morti, non inferiore a 20 m^3/h.
La centrale di confezionamento dovrà quindi consentire la erogazione nell'unità di tempo di volumi di conglomerato cementizio almeno doppi di quello sopra indicato.

Le armature metalliche dovranno essere realizzate in conformità alle indicazioni di progetto. Le armature trasversali saranno costituite da riquadri o staffe a più braccia, con ampio spazio libero centrale per il passaggio del tubo di getto, e saranno di norma esterne alle armature verticali.

Le armature metalliche verticali potranno essere costituite da barre tonde oppure da barre ad aderenza migliorata, e verranno pre-assemblate fuori opera in «gabbie»; i collegamenti saranno ottenuti con doppia legatura in filo di ferro oppure mediante punti di saldatura elettrica. Le gabbie di armatura saranno dotate di opportuni distanziatori non metallici atti a garantire la centratura dell'armatura ed un copriferro netto minimo rispetto alla parete di scavo di 6 cm.

Per i distanziatori in plastica al fine di garantire la solidarietà con il calcestruzzo, è necessario verificare che la loro superficie sia forata per almeno il 25%. I centratori saranno posti a gruppi di 3-4 regolarmente distribuiti sul periodo e con spaziatura verticale di 3.0 – 4.0 m.
Non si ammette la distribuzione delle barre verticali su doppio strato; l'intervallo netto minimo tra barra e barra, misurato lungo il perimetro che ne unisce i centri, non dovrà in nessun caso essere inferiori a 7.5 cm con aggregati inferiori ai 2 cm e a 10 cm con aggregati di classe superiore, e comunque con D_{max} non superiore ai 40 mm.

Le gabbie di armatura dovranno essere perfettamente pulite ed esenti da ruggine, messe in opera prima dell'inizio del getto mantenute in posto sostenendole dall'alto, evitando in ogni caso di appoggiarle sul conglomerato cementizio già in opera sul fondo del cavo.

5.15.4. Tiranti d'ancoraggio per diaframmi

A. Generalità e definizioni

Per tiranti di ancoraggio si intendono elementi strutturali connessi al terreno o alla roccia, che in esercizio sono sollecitati a trazione. Le forze di trazione sono quindi applicate sulla struttura da tenere ancorata mediante una piastra di ripartizione (testata). In tali elementi la sollecitazione di trazione è impressa in tutto, o in parte, all'atto del collegamento con l'opera ancorata. Il tirante si compone delle seguenti parti:

- la testa, costituita dal dispositivo di bloccaggio e dalla piastra di ripartizione;
- il tratto libero intermedio di collegamento tra testa e tratto attivo;
- il tratto attivo (fondazione), che trasmette al terreno la forza di trazione del tirante.

I tiranti, in relazione alla durata di esercizio, vengono distinti in:

- tiranti provvisori, la cui funzione deve essere espletata per un periodo di tempo limitato e definito a priori (inferiore a due anni);
- tiranti permanenti, la cui funzione deve essere espletata per un periodo di tempo commisurato alla vita utile dell'opera ancorata.

Di norma l'armatura dei tiranti di ancoraggio è costituita da un fascio di trefoli in acciaio, tipo c.a.p., solidarizzati al terreno mediante iniezioni cementizie. Nelle strutture di ancoraggio che lavorano totalmente o prevalentemente a trazione si distinguono i seguenti elementi:

a) Testata

È il dispositivo di ripartizione delle sollecitazioni di ancoraggio sulla opera ancorata; è normalmente costituita da una piastra metallica di adeguate dimensioni, dotata di fori passanti per ospitare le armature, con i relativi dispositivi di bloccaggio, ed il condotto di iniezione.

b) Armatura
È l'elemento destinato a trasmettere le sollecitazioni dalle testate al terreno o alla roccia; è costituita da trefoli o barre, a seconda del tipo di ancoraggio.

c) Tratto libero
È la parte di armatura che non è solidarizzata al terreno o alla roccia, la cui lunghezza caratterizza la deformabilità dell'ancoraggio.

d) Fondazione (Bulbo di ancoraggio)

È il tratto di armatura che viene solidarizzato al terreno o alla roccia e trasferisce le sollecitazioni per attrito.

e) Canna di iniezione

È costituito da un tubo generalmente in PVC, dotato o meno di valvole a manchettes, che viene collegato al circuito di iniezione per la solidarizzazione dell'ancoraggio al terreno o alla roccia. Nei tiranti di ancoraggio fra il tratto libero e la fondazione è di norma interposto un dispositivo di separazione, chiamato sacco otturatore, tenuto in sede da due tamponi posti alle estremità. La funzione del sacco otturatore è di bloccare le eventuali fughe di miscela cementizia attraverso il tratto libero; esso dunque è particolarmente necessario nei tiranti aventi inclinazione prossima all'orizzontale. Nei tiranti definitivi sono presenti dispositivi atti a realizzare la protezione delle armature anche in corrispondenza del tratto di fondazione. Questo dispositivo è in genere costituito da una guaina in PVC corrugata, dotata di centratori esterni, connessa tramite giunzioni a tenuta all'ogiva o puntale terminale, ed al tampone del sacco otturatore. Un condotto di iniezione, dotato di sfiato, consente di eseguire il riempimento a volume controllato dell'interno di questa guaina (bulbo interno). Nel caso di tiranti a iniezioni selettive, la guaina grecata è collegata alla canna di iniezione e reca incorporate delle valvole a manchettes.

B. Prove tecnologiche preliminari per definire le metodologie esecutive e costruttive

Prima di dare inizio ai lavori dovrà essere messa a punto la metodologia esecutiva dei tiranti mediante l'esecuzione di un adeguato numero di tiranti preliminari di prova. Il numero dei tiranti preliminari di prova sarà stabilito in base all'importanza dell'opera e al grado di omogeneità del sottosuolo. Il numero minimo per le varie tipologie di tiranti di prova potrà essere riferito alle indicazioni fornite in tal senso dalle raccomandazioni A.I.C.A.P..
I tiranti preliminari di prova dovranno essere eseguiti in aree limitrofe a quelle interessanti i tiranti progetto e comunque rappresentative dal punto di vista geotecnico e idrogeologico. Le modalità di applicazione e l'entità del carico massimo di prova e così pure la successione dei cicli di carico e scarico saranno stabiliti in accordo con eventuali prescrizioni di progetto e con le raccomandazioni A.I.C.A.P su "Ancoraggi nei terreni e nelle rocce" (maggio 1993). Le tecniche di perforazione e le modalità di connessione al terreno dovranno essere definite in relazione alla natura dei materiali da attraversare e delle caratteristiche idrogeologiche locali.
La scelta delle attrezzature di perforazione ed i principali dettagli esecutivi dovranno essere messi a punto mediante l'esecuzione di tiranti di ancoraggio preliminari di prova.
Particolare cura dovrà essere posta relativamente alla verifica dell'aggressività dell'ambiente nei riguardi del cemento impiegato nella realizzazione della miscela di iniezione dei tiranti.

C. Materiali ed elementi costruttivi

C1) Acciai e dispositivo di bloccaggio

Gli acciai impiegati nella realizzazione dei tiranti di ancoraggio dovranno essere conformi alle norme del D.M.09.01.1996 e successivi aggiornamenti emanate in applicazione dell'art.21 della Legge 5/11/1971 n. 1086. I dispositivi di bloccaggio dovranno essere conformi alle disposizioni dell'allegato “B” della Circolare Ministero LL.PP. 30/06/1980 ed eventuali successivi aggiornamenti.
Si utilizzeranno trefoli Φ 6/10" in acciaio liscio; le caratteristiche dei trefoli sono qui di seguito elencate:

- componenti : 7 fili Φ 5 mm
- diametro nominale : 15.20 mm
- sezione nominale : 139 mm²
- tensione effettiva all'1% di allungamento : 225 kN
- tensione di rottura effettiva : 250 kN
- modulo elastico : E=200 ÷ 205 KN/mm^2
- limite elastico convenzionale allo 0.1% : fp(1)k 1600N/mm²
- tensione di rottura : fptk ≥ 1800 N/mm²
- allungamento a rottura su 610 mm : 5.2 ÷ 5.1%
- peso : 1.1Kg/m

Di conseguenza le tensioni ammissibili sono:

- in esercizio : $\sigma a \leq 0.6$ fptk
- in fase provvisoria : $\sigma ai \leq 0.85$ fp(1)k

a cui corrispondono i seguenti valori dei carichi di trazione:

- in esercizio : T ≤ 150 kN
- in fase transitoria : T ≤ 180 kN

I dispositivi di bloccaggio dei tiranti a trefoli dovranno essere conformi alle disposizioni dell'Allegato "B" della Circolare Ministeriale LL.PP. 30 giugno 1980 ed eventuali successivi aggiornamenti; per i bulloni si farà invece riferimento al D.M. del 9 gennaio 1996. Si adotteranno piastre di ripartizione le cui dimensioni dovranno essere scelte in relazione alle caratteristiche geometriche e di portata dei tiranti ed alle caratteristiche di resistenza e deformabilità del materiale di contrasto.

C2) Miscele di iniezione

Saranno usate miscele di iniezione a base di cemento, aventi la seguente composizione per 1 m^3 di prodotto:

- acqua: 600 kg;
- cemento: 1200 kg;
- additivi: 10÷20 kg.

Il cemento dovrà presentare contenuto in cloro, inferiore allo 0.05% in peso e contenuto totale di zolfo da solfuri, inferiore allo 0.15% in peso. L'acqua dovrà essere

conforme alle norme UNI 7163 dell'aprile 1979. Gli additivi non dovranno essere aeranti. La miscela dovrà presentare i requisiti seguenti, periodicamente controllati durante le lavorazioni.

D. Distanziatori, tamponi e condotti di iniezione

I distanziatori avranno lo scopo di disporre l'armatura di ancoraggio nel foro di alloggiamento in modo che sia garantito il ricoprimento dell'acciaio da parte della miscela di iniezione. La forma dei distanziatori dovrà quindi essere tale da consentire il centraggio dell'armatura nel foro di alloggiamento durante tutte le fasi di manipolazione e nello stesso tempo non dovrà ostacolare il passaggio della miscela; in ogni caso in corrispondenza del distanziatore la sezione libera di foro deve essere pari ad almeno due volte la sezione dei condotto di iniezione.

I distanziatori dovranno essere realizzati in materiali non metallici di resistenza adeguata agli sforzi che devono sopportare ed essere disposti a intervalli non superiori a 5 m nel tratto libero; nel tratto di fondazione saranno intercalati da legature e disposti a interessi di 2.0-2.5 m in modo da dare al fascio di trefoli una conformazione a ventri e nodi. Per armature costituite da barre i distanziatori non saranno alternati a legature. I tamponi di separazione fra la parte libera e la fondazione dovranno essere impermeabili alla miscela e tali da resistere alle pressioni di iniezione. I tamponi dovranno essere realizzati o con elementi meccanici o con elementi chimici (materiale iniettato) aventi caratteristiche tali da garantire l'armatura dalla corrosione. Le caratteristiche dei condotti di iniezione da impiegare dovranno essere tali da soddisfare i seguenti requisiti:

- avere resistenza adeguata alle pressioni di iniezione risultando cioè garantiti per resistere alla pressione prevista con un coefficiente di sicurezza pari ad 1,5 e comunque avere una pressione di rottura non inferiore a lo bar;
- avere diametro interno minimo orientativamente pari a 10 mm nel 'caso in cui non siano presenti aggregati, pari a 16 mm in caso contrario; ciò al fine di consentire il passaggio della miscela d'iniezione.

E. Perforazione

La perforazione potrà essere eseguita a rotazione o a rotopercussione, in materie di qualsiasi natura e consistenza, compreso calcestruzzi, murature, trovanti e/o

roccia dura, anche in presenza di acqua. Il foro potrà essere eseguito a qualsiasi altezza e l'impresa dovrà provvedere ad eseguire idonei ponteggi ed impalcature, rispondenti a tutte le indicazioni di Legge. Il foro dovrà essere rivestito nel caso che il terreno sia rigonfiante o non abbia coesione sufficiente ad assicurare la stabilità delle pareti del foro durante e dopo la posa delle armature; in roccia si rivestirà il foro nei casi in cui:

- l'alterazione e la fessurazione della roccia siano tali da richiederlo per assicurare la stabilità delle pareti durante e dopo la posa delle armature;
- la natura della roccia sia tale da far temere la formazione di spigoli aguzzi lungo le pareti del foro, suscettibili di danneggiare le guaine di protezione.

Il fluido di perforazione potrà essere acqua, aria, una miscela di entrambi, oppure, unicamente per perforazioni in terreni sciolti, un fango di cemento e bentonite.

L'impiego di aria non è consentito in terreni incoerenti sotto falda. Al termine della perforazione si dovrà procedere al lavaggio del foro con acqua o aria. Nel caso coi terreni con prevalente componente argillosa, di rocce marnose tenere e terreni argillosi sovraconsolidati, il lavaggio sarà eseguito con sola aria, evitando l'utilizzo di fluidi di perforazione. Quando sia previsto dal progetto e sia compatibile con la natura dei terreni, si potranno eseguire, mediante l'impiego di appositi utensili allargatori, delle scampanature di diametro noto, regolarmente intervallate lungo la fondazione del tirante.

In base alle indicazioni emerse nel corso della esecuzione dei tiranti preliminari di prova e comunque in presenza di falde artesiane e di terreni particolarmente permeabili, 1'impresa dovrà provvedere a sua cura e spese, a preventive iniezioni di intasamento all'interno del foro con miscele e modalità approvate dalla Direzione Lavori. Per la circolazione del fluido di perforazione saranno utilizzate pompe a pistoni con portate e pressioni adeguate. Si richiedono valori minimi di 200 l/min e 25 bar, rispettivamente. Nel caso di perforazione a roto-percussione con martello a fondo foro si utilizzeranno compressori di adeguata potenza; le caratteristiche minime richieste sono:

- portata ≥ 10 m^3/min;
- pressione ≥ 8 bar.

Le tolleranze ammesse nella realizzazione dei fori sono le seguenti:

- il diametro dell'utensile di perforazione dovrà risultare non inferiore al diametro di progetto e non superiore del 10% di tale diametro;
- la lunghezza totale di perforazione dovrà risultare conforme al progetto;
- la variazione di inclinazione e di direzione azimutale non dovrà essere maggiore di ±2°;
- la posizione della testa foro non dovrà discostarsi più di lo cm dalla posizione di progetto.

La lunghezza totale dell'armatura e la lunghezza del tratto attivo, posizionato nella parte terminale della perforazione, dovranno risultare conformi alle indicazioni progettuali.

F. Allestimento del tirante

Ultimata la rimozione dei detriti si provvederà all'allestimento del tirante:

- riempimento del foro con miscela cementizia (cementazione di 1^ fase), se necessaria;
- introduzione del tirante;
- riempimento dei dispositivi di separazione e protezione interni (sacco otturatore, bulbo interno);
- esecuzione delle iniezioni selettive a pressioni e volumi controllati;
- posizionamento della testata e dei dispositivi di tensionamento;
- prove di carico di collaudo;
- tensionamento del tirante;
- iniezione della parte libera;
- protezione della testata.

Se presente l'iniezione di 1ª fase l'introduzione del tirante potrà essere eseguita solo allorché:

- la perforazione sia interamente rivestita;
- il tirante sia dotato della valvola di fondo esterna all'ogiva;
- il riempimento avvenga contemporaneamente all'estrazione dei rivestimenti e siano operati gli eventuali rabbocchi finali;
- i trefoli ed i condotti di iniezione siano opportunamente prolungati fino a fuoriuscire a bocca foro per un tratto adeguato a consentire le successive operazioni di iniezioni e di tesatura;

- il sacco otturatore, nel caso di tiranti orizzontali o debolmente inclinati (i ≤ 25°), sia presente.

La solidarizzazione dell'armatura al terreno verrà eseguita in due o più fasi, come di seguito specificato. La cementazione di 1° fase, se necessaria, sarà eseguita all'atto del completamento della perforazione, secondo quanto specificato al precedente punto; si utilizzerà un volume di miscela cementizia commisurato al volume teorico del foro.
In questa fase si eseguiranno anche le operazioni di riempimento del sacco otturatore, ove presente, e del bulbo interno per i tiranti definitivi, utilizzando quantitativi di miscela corrispondenti ai volumi teorici degli stessi. Completata l'iniezione di 1^ fase si provvederà a lavare con acqua il cavo interno del tubo di iniezione.
Trascorso un periodo di 12 ÷ 24 ore dalla formazione della guaina, si darà luogo alla esecuzione delle iniezioni selettive per la formazione del bulbo di ancoraggio.
Si procederà 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 dovrà superare il limite di 60 bar; in caso contrario la valvola potrà essere abbandonata. Ottenuta l'apertura della valvola si darà luogo all'iniezione in pressione fino ad ottenere i valori dei volumi di assorbimento e di pressione prescritti in progetto. La pressione di iniezione si intende il valore minimo che si stabilisce all'interno del circuito. L'iniezione dovrà essere tassativamente eseguita utilizzando portate non superiori a 30 l/min, e comunque con valori che, in relazione alla effettiva pressione di impiego, siano tali da evitare fenomeni di fratturazione idraulica del terreno (claquage). I valori di iniezione saranno 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 sarà nuovamente iniettata, trascorso un periodo di 12 ÷ 24 ore. Fino a quando le operazioni di iniezione non saranno concluse, al termine di ogni fase occorrerà procedere al lavaggio interno della canna. Per eseguire l'iniezione dovranno essere utilizzate delle pompe oleodinamiche a pistoni, a bassa velocità, aventi le seguenti caratteristiche minime:

- pressione max di iniezione : ≈ 100 bar
- portata max : ≈ 2 m^3/ora
- n. max pistonate/minuto : ≈ 60.

G. Elementi di protezione

In relazione alla aggressività dell'ambiente sono ammesse le seguenti due classi di protezione:

- classe 1 per tiranti provvisori in ambiente aggressivo e non aggressivo e per tiranti permanenti in ambiente non aggressivo, con protezione che consisterà in una guaina di polietilene o di polipropilene che avvolge il tratto libero;
- classe 2 per tiranti permanenti in ambiente aggressivo, con protezione di tutto il tirante che sarà costituita da una guaina in polietilene o in polipropilene; essa potrà essere flessibile o semirigida e liscia per il tratto libero; sarà invece grecata per il tratto di fondazione del tirante.

Lo spessore della guaina non dovrà essere inferiore a 1,5 mm e dovrà garantire contro lacerazioni in tutte le fasi di lavorazione e posa ed in presenza delle sollecitazioni meccaniche e chimiche previste in esercizio.

La sezione interna della guaina dovrà essere pari ad almeno quattro volte la sezione trasversale complessiva delle armature (trefoli o barre) contenute e dovrà comunque assicurare uno spessore di iniezione per il ricoprimento degli elementi più esterni dell'armatura di almeno 5 mm. Per le guaine corrugate dovrà risultare una distanza tra due nervature successive > 5 mm ed una differenza tra i diametri interni, maggiore e minore, superiore a 8 mm.

Ciascun trefolo o barra dovrà essere ulteriormente protetto:

- da una guaina individuale in P.V.C., polietilene o polipropilene nella parte libera;
- da una verniciatura in resina epossidica elasticizzata nel tratto di fondazione.

Gli spazi residui tra guaina e pareti del perforo dovranno essere riempiti con miscela cementizia. Gli spazi residui tra armatura e guaina dovranno essere perfettamente riempiti con grasso meccanico chimicamente stabile, inalterabile e non saponificabile.

Tesatura e collaudo

Trascorsi ventotto giorni dall’ultima iniezione, o meno, secondo il tipo di miscela, ogni tirante verrà sottoposto a tesatura di collaudo. L'inizio delle operazioni di te-

satura e collaudo dovrà essere comunque autorizzato dalla Direzione Lavori. La trazione di collaudo (Nc) è pari a 1,2 volte la trazione massima di esercizio (Nes).
La prova di collaudo si eseguirà assegnando dapprima al tirante una trazione di assestamento No = 0.10 Nes e misurando la corrispondente posizione delle armature rispetto alle piastre di testata. I tiranti che non soddisferanno i requisiti di collaudo verranno sostituiti con nuovi tiranti di caratteristiche e posizione concordate con la Direzione Lavori, sentito il Progettista.Ai tiranti risultanti idonei verrà applicata gradualmente e senza interruzioni la forza di tesatura iniziale prevista dal progetto. Al termine delle operazioni di tesatura verranno serrati gli organi di bloccaggio.
Le apparecchiature impiegate dovranno consentire le seguenti precisioni di misurazione:

- per gli allungamenti di 0.1 mm;
- per le forze, del 2% della trazione massima di esercizio (Nes).

H. Protezioni anticorrosive in opera

La protezione anticorrosiva del tratto libero del tirante sarà completata iniettando all'interno della guaina la miscela utilizzata nelle operazioni di iniezione dopo il completamento delle operazioni di tesatura del tirante. L'iniezione nel tratto libero della miscela cementizia prima della tesatura o di fasi eventuali di ritesatura, potrà avvenire solo per armature costituite da trefoli a sezione compatta, ingrassati e protetti da guaine individuali in P.V.C., in modo che sia assicurato lo scorrimento tra guaina e trefolo con minime resistenze.

La protezione della testa del tirante potrà essere ottenuta, nei casi in cui è prescritta la protezione di classe 1, con un getto della miscela indicata previa aggiunta di additivi antiritiro, mentre nel caso si debba realizzare una protezione di classe 2, si provvederà all'incapsulamento della testa mediante involucri protettivi di polietilene o polipropilene di spessore minimo pari a 2 mm che verranno connessi per saldatura alla guaina che avvolge il tratto libero; successivamente, con un getto di miscela cementizia, armata con rete, si proteggerà ulteriormente la testa dagli urti e dalle abrasioni.

Per un periodo non inferiore a centottanta giorni decorrente dalla data della ultimazione delle operazioni di tesatura di collaudo, le teste di tutti i tiranti dovranno

essere lasciate accessibili per le operazioni di controllo e ritesatura da eseguire rispettivamente a novanta e centottanta giorni dalla data della tesatura di collaudo.

5.15.5. Pali a mare

I pali verranno realizzati con impiego di perforazione a rotazione o rotopercussione. Per l'attraversamento degli strati rocciosi e per garantire una sufficiente ammorsatura del palo nei substrati rocciosi di base, si farà ricorso all'impiego di scalpelli frangiroccia azionati a percussione, del peso e forma adeguati.

In alternativa, ed in relazione alla natura dei materiali attraversati, potranno essere impiegate speciali attrezzature fresanti. L'uso di queste attrezzature dovrà essere frequentemente alternato a quello del secchione al fine di estrarre dal foro i materiali di risulta.

La posizione planimetrica dei pali non dovrà discostarsi da quella di progetto più del 5% del diametro nominale del palo, salvo diversa indicazione della Direzione Lavori.

La verticalità dovrà essere assicurata con tolleranza del 2%.

Le tolleranze sul diametro nominale D, verificate in base ai volumi di conglomerato cementizio assorbito, sono le seguenti:

- per ciascun palo, in base all'assorbimento complessivo, si ammette uno scostamento dal diametro nominale compreso tra "- 0,01 D" e "+ 0,1 D";
- per ciascuna sezione dei pali sottoposti a misure dell'assorbimento dose per dose, si ammette uno scostamento dal diametro nominale compreso tra "- 0,01 D" e "+ 0,1 D";
- lunghezza: ± 25 cm;
- quota testa palo: ± 5 cm;

L'Impresa è tenuta ad eseguire a suo esclusivo onere e spese tutte le opere sostitutive e/o complementari che a giudizio della Direzione Lavori, sentito il Progettista, si rendessero necessarie per ovviare all'esecuzione di pali in posizione e/o con dimensioni non conformi alle tolleranze qui stabilite, compresi pali aggiuntivi ed opere di collegamento.

Il conglomerato cementizio sarà confezionato da apposita centrale di preparazione atta al dosaggio a peso dei componenti. Il conglomerato cementizio dovrà avere la resistenza caratteristica cubica di progetto e comunque non dovrà risultare di classe inferiore a 30 MPa.

Per le gabbie d'armatura, si dovrà verificare che ogni lotto di armatura posto in opera, sia accompagnato dai relativi certificati del fornitore, e comunque essere conforme alle prescrizioni previste per tale materiale.

La DL avrà la facoltà di fare eseguire prove per la verifica delle caratteristiche dei materiali.
Per la formazione del fusto in acqua dovrà essere prevista la posa in opera di idonea contro camicia in lamierino di adeguato spessore per il contenimento del getto.

Per ciascun palo l'Impresa dovrà redigere una scheda dove verranno riportati i risultati dei controlli delle tolleranze, ed inoltre dovranno essere riportati i risultati dei seguenti controlli:

- informazioni relative alla locale stratigrafia;
- dati tecnici dell'attrezzatura;
- data di inizio e fine perforazione, nonché di inizio e fine getto;
- profondità di progetto;
- profondità effettiva raggiunta dalla perforazione, e la stessa prima di calare il tubo getto;
- risultati dei controlli eseguiti sull'eventuale fango di perforazione e della presenza della controcamicia;
- eventuali additivi usati per il fango;
- caratteristiche del rivestimento metallico;
- il rilievo della quantità di calcestruzzo impiegato per ogni palo. Il rilievo dose per dose (dose = autobetoniera) dell'assorbimento di calcestruzzo e del livello raggiunto dallo stesso entro il foro in corso di getto, sarà fatto impiegando uno scandaglio a base piatta, su almeno i primi 10 pali e sul 10% dei pali successivi. In base a questo rilievo potrà essere ricostituito l'andamento del diametro medio effettivo lungo il palo (profilo di getto).;
- misura dello "slump" (per ogni betoniera o per ogni 10 m3 di materiale posto in opera);

- numero dei prelievi per il controllo della resistenza a compressione e valori della stessa, così come indicato nel presente Capitolato, ed inoltre quando richiesto dalla Direzione Lavori;
- geometria delle gabbie di armatura;
- risultati delle eventuali prove effettuate e richieste dalla DL;
- caratteristiche dei materiali costituenti il manufatto e lotto di appartenenza dello stesso.

Al termine della perforazione, verrà calata all'interno del foro la gabbia di armatura. In seguito si procederà al getto del conglomerato cementizio, mediante tubo di convogliamento.

Il tubo di convogliamento sarà costituito da un tubo di acciaio di 20 – 25 cm di diametro interno, e da spezzoni non più lunghi di 2,5 m.

L'interno del tubo dovrà essere pulito, privo di irregolarità e strozzature, ed all'estremità superiore essere provvisto di tramoggia di capacità 0,4 – 0,6 m^3.

Il tubo di convogliamento sarà posto in opera arrestando la sua estremità inferiore a 30 – 60 cm dal fondo del foro.

Prima di installare tale tubo, è opportuna una nuova verifica della profondità del fondo foro e si dovrà accertare che lo spessore del deposito non superi i 20 cm, altrimenti si dovrà procedere alla pulizia previo sollevamento dell'armatura.

Le giunzioni dovranno essere del tipo filettato, senza manicotto, o con manicotti esterni che comportino un aumento di diametro non superiore a 2 cm; sono escluse le giunzioni a flangia.

In prossimità del suo raccordo con la tramoggia, prima di iniziare il getto si predisporrà un tappo formato con una palla di malta plastica, oppure con uno strato di vermiculite di 30 cm di spessore o con palline di polistirolo galleggianti sul liquido o con un pallone di plastica.

All'inizio del getto si dovrà predisporre di un volume di conglomerato cementizio pari a quello del tubo di convogliamento e di 3,0 – 4,0 m di palo.

Il tubo di convogliamento per tratti successivi nel corso del getto, sempre conservando una immersione minima di conglomerato cementizio di 2,5 m e massima di 6,0 m.

5.15.6. Palancolati metallici

Un palancolato è un diaframma realizzato mediante infissione nel terreno di profilati metallici, di sezione generalmente a forma di U aperta, i cui bordi laterali, detti gargami, sono sagomati in modo da realizzare una opportuna guida all'infissione del profilato adiacente, disposto in posizione simmetricamente rovesciata. In genere le palancole metalliche vengono utilizzate per realizzare opere di sostegno provvisorio di scavi di modesta profondità. In questi casi le palancole vengono recuperate, estraendole mediante impiego di un vibratore. Meno frequente è l'impiego di palancole per realizzare opere di sostegno o di protezione a carattere definitivo.

Dovranno essere utilizzati profilati aventi forma, sezione, spessore, lunghezza, conformi a quanto previsto dal progetto o, nel caso di impieghi di carattere provvisionale, comunque sufficienti a resistere alle massime sollecitazioni, sia in esercizio che durante le fasi di infissione ed estrazione. Salvo differenti indicazioni riportate nei disegni di progetto, l'acciaio delle palancole dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- tensione di rottura f_t = 550 N/mm²
- elastico f_y = 390 N/mm².

La superficie delle palancole dovrà essere convenientemente protetta con una pellicola di bitume o altro materiale protettivo. I bordi di guida dovranno essere perfettamente allineati e puliti.

I piani di lavoro dovranno essere adeguati in relazione alle dimensioni delle attrezzature da utilizzare, la loro quota dovrà consentire di rispettare ovunque le quote di progetto della testa del palancolato.

La realizzazione dei palancolati provvisori e definitivi richiede che vengano adottati tutti i provvedimenti necessari perché l'opera abbia, senza eccezioni, i requisiti

progettuali, in particolare per quanto riguarda la verticalità, la complanarità ed il mutuo incastro degli elementi costitutivi, la capacità di resistere ai carichi laterali.

L'attrezzatura d'infissione e di estrazione avrà caratteristiche conformi a quanto definito dall'Impresa allo scopo di assicurare il raggiungimento della profondità d'infissione richiesta nel contesto stratigrafico locale e la possibilità di estrazione degli elementi non definitivi. L'infissione sarà realizzata a percussione, utilizzando un battipalo, o tramite vibrazione, con apposito vibratore. L'estrazione sarà preferibilmente eseguita mediante vibrazione. Il battipalo sarà di tipo scorrevole su una torre con guide fisse e perfetto allineamento verticale, con caratteristiche in accordo alle prescrizioni di progetto, se esistenti. Si potranno impiegare battipali a vapore o diesel, in ogni caso in grado di fornire l'energia sufficiente all'infissione entro i terreni presenti nel sito, adeguatamente alle condizioni della stratigrafia locale.

La massa battente del battipalo agirà su un cuffia o testa di battuta in grado di proteggere efficacemente la palancola da indesiderate deformazioni o danni. Il vibratore sarà a masse eccentriche regolabili, a funzionamento idraulico o elettrico.

Le caratteristiche dell'attrezzatura (momento di eccentricità, numero di vibrazioni al minuto, forza centrifuga all'avvio, ampiezza ed accelerazione del minimo) saranno scelte in relazione alle prestazioni da ottenere, eventualmente anche a seguito di prove tecnologiche preliminari. Dovranno comunque essere rispettati i limiti delle vibrazioni di cui alla Norma DIN 4150. Le palancole saranno preferibilmente infisse con l'ausilio di uno scavo guida d'invito, di dimensioni adeguate.

L'infissione per battitura avverrà con l'uso di un battipalo perfettamente efficiente e proseguirà fino al raggiungimento della quota di progetto o fino al raggiungimento del rifiuto, che, se non diversamente indicato, sarà considerato raggiunto quando si misureranno, per 50 colpi di maglio, avanzamenti non superiori a 10 cm. Si potrà ricorrere a delle iniezioni di acqua in pressione per facilitare il superamento di livelli granulari addensati, procurando la discesa della palancola per peso proprio con l'ausilio di una modesta battitura. Le palancole appartenenti ad opere provvisorie saranno estratte associando tiro e vibrazione. Per quanto riguarda i palancolati si prescrive il rispetto delle seguenti tolleranze:

- posizione planimetrica dell'asse mediano del palancolato : ± 3 cm
- verticalità: ± 2%
- quota testa: ± 5 cm
- profondità: ± 25 cm.

5.15.7. Scatolari prefabbricati

Il progetto prevede l'impiego di elementi scatolari prefabbricato di dimensione interna 1.5x2.0m e 2.0x1.50 m.

Lo scatolare dovrà essere realizzato in calcestruzzo vibrocompresso armato, compreso di giunto in gomma butilica.

Lo scatolare dovrà rispondere alla normativa contenuta nelle DIN 4263, UNI 8520/2, UNI 8981.

L'armatura dello scatolare andrà calcolata in modo da sopportare il riempimento di prima fase ed i carichi di progetto.
Le aziende produttrici dovranno allegare, durante tutto il corso della fornitura, la documentazione di fabbrica inerente i controlli dimensionali e le prove distruttive eseguite sulla fornitura stessa.

5.15.8. Scogliera di terra

I massi naturali impiegati per la realizzazione della protezione di costa in prossimità dell'opera di sbocco a mare potranno essere di natura, basaltica, granitica, trachitica, ecc., purché rispondano ai requisiti essenziali di essere costituiti da pietra dura e compatta, priva di cappellaccio, di non presentare piani di sfaldamento od incrinature, di non alterarsi al contatto dell'acqua di mare o per effetto del gelo e di presentare caratteristiche litologiche tipiche dell'area genovese-ligure (colorazione con tonalità non chiara).

<u>Qualifica delle cave</u>

I massi dovranno provenire da cave accettate dalla Direzione Lavori. A tale proposito l'Impresa dovrà effettuare un'indagine preliminare allo scopo di individuare la/le cava/e che possano fornire i materiali lapidei rispondenti sia ai requisiti di

qualità che alle cadenze di fornitura necessarie per il rispetto del programma dei lavori. Al termine dell'indagine l'Impresa segnalerà le cave che intende qualificare e procederà, in contraddittorio con la Direzione Lavori, ad effettuare le prove indicate nelle seguenti tabelle 1A e 1B.

Una volta ottenuti i risultati delle prove, l'Impresa deve redigere la Relazione di qualifica di ciascuna cava in cui verranno descritte le caratteristiche principali della cava (natura petrografica della roccia, caratteristiche degli impianti per la selezione delle categorie di pezzatura inferiore, la produzione di massi di pezzatura superiore rispetto alla produzione globale, etc.) con allegati tutti i certificati prodotti. Tale relazione deve essere inviata alla Direzione Lavori per ottenerne formale approvazione.

Qualora una cava sia già stata qualificata nell'ambito di altri progetti sarà discrezione della Direzione Lavori verificare se la precedente qualifica potrà ritenersi ancora valida sia dal punto di vista temporale che per eventuali modifiche delle caratteristiche del fronte di cava; qualora il materiale richiesto per la formazione delle scogliere sia disponibile dal salpamento di strutture consimili sarà disponibile utilizzarlo previa approvazione della Direzione Lavori, che ha la facoltà di richiedere all'Impresa verifiche della distribuzione di massa con lo stesso criterio adottato per il materiale di nuova fornitura.

Requisiti di qualità e limiti di accettabilità dei massi naturali

I materiali lapidei dovranno rispondere in particolare ai requisiti e limiti di accettabilità di seguito riportati in forma sintetica.

Distribuzione della massa

Massi fino a 1,000 kg

La distribuzione granulometrica del pietrame fino a 1,000 kg (classe T1 in tabella 1A) deve rispondere ai seguenti requisiti:

Unità	Distribuzione percentuale della massa			
%	y < 2	0 < y < 10	70 < y < 100	y < 97
kg	40	200	1,000	1,500

dove y rappresenta la quantità di massi avente peso inferiore a quanto riportato in tabella, espressa in percentuale. In aggiunta a tali limiti si dovrà verificare anche che il peso medio W_{50} sia compreso tra 700 e 1,300 kg, e che il rapporto W_{85}/W_{15} sia compreso tra 5 e 10. La distribuzione granulometrica sarà determinata su di un campione minimo di 5 t. Operativamente sarà pesato il campione totale e successivamente saranno selezionati mediante esame visivo (misura delle tre dimensioni principali e/o comparazione con massi di riferimento) i materiali di peso superiore rispettivamente a 1,000 kg (verificando comunque l'assenza di massi con peso superiore a 1,500 kg), 200 kg e 40 kg. La distribuzione della massa sarà individuata esaminando i tre campioni selezionati.

Massi 1,000 – 3,000 kg

La distribuzione della massa del pietrame 1,000 – 3,000 kg (classe F1 in tabella 1A) deve rispondere ai seguenti requisiti:

Unità	Distribuzione percentuale della massa			
%	y < 2	0 < y < 10	70 < y < 100	y < 97
kg	200	1,000	3,000	4,000

dove y rappresenta la quantità di massi avente peso inferiore a quanto riportato in tabella, espressa in percentuale. In aggiunta a tali limiti si dovrà verificare anche che il peso medio W_{50} sia compreso tra 2,000 e 2,500 kg, e che il rapporto W_{85}/W_{15} sia compreso tra 2 e 4. La distribuzione granulometrica sarà determinata su di un campione minimo di 15 t. Operativamente sarà pesato il campione totale e successivamente saranno selezionati mediante esame visivo (misura delle tre dimensioni principali e/o comparazione con massi di riferimento) i materiali di peso superiore rispettivamente a 3,000 kg (verificando comunque l'assenza di massi con peso superiore a 4,000 kg), 1,000 kg e 200 kg. La distribuzione della massa sarà individuata esaminando i tre campioni selezionati.

Massi 9,000 – 12,000 kg

La pezzatura del pietrame fino a 9,000 – 12,000 kg (classe A1 in tabella 1A) dovrò essere tale da garantire un peso medio W_{50} degli elementi di mantellata pari ad almeno 10,500 kg. La verifica sul peso degli elementi andrà effettuata su un numero minino di 20 elementi.

Densità

La pietra naturale dovrà avere una densità media (misurata su materiale saturo a superficie asciutta) maggiore o uguale a 2.600 kg/m³ (prova ASTM C128 o similari).

Forma

I massi delle pezzature superiori dovranno essere di forma e superficie irregolare e la dimensione principale più piccola non dovrà essere inferiore ad un terzo di quella massima in un numero di massi superiore al 5% del campione.

Integrità dei blocchi

Le prove d'integrità dei blocchi sono destinate ai massi di grossa pezzatura al fine di verificare l'eventuale presenza di discontinuità, generate principalmente dal metodo di coltivazione della cava (tipo e quantità di esplosivo, maglia, etc.), che possono indurre rotture durante le fasi di carico, stoccaggio, ricarico, posa in opera. La prova di integrità sarà effettuata mediante prove di caduta diretta di singoli massi da 3 m di altezza da ripetere per un congruo numero di elementi rappresentativi della categoria dei massi in esame. I massi saranno fatti cadere su di un letto di pietra di spessore medio pari a 0.50 m.

L'indice di rottura $I_d = [(W_{50i} - W_{50f})/W_{50i}] \times 100$ [%] ottenuto calcolando il valore del W_{50} dei massi prima (W_{50i}) e dopo le prove di caduta (W_{50f}) deve risultare non superiore al 5 % per i soli massi aventi peso singolo superiore al 2 % della curva cumulata.

Assorbimento d'acqua W_{ab}(%)

Il valore medio di assorbimento d'acqua (prove tipo NEN 5187 o altre prove similari approvate dalla Direzione Lavori) del pietrame deve risultare minore del 4 %. I risultati di questa prova vanno comunque giudicati unitamente a quelli di seguito indicati per la verifica della resistenza all'alterabilità.

Resistenza chimica

L'alterazione fisica dei massi con effetti di disgregazione superficiale può essere provocata dall'imbibizione ed essicamento, da diversa espansione di minerali componenti la roccia, dalla cristallizzazione di sali. Prove di verifica della resistenza all'alterabilità nel tempo saranno eseguite scegliendo uno dei seguenti metodi in funzione della natura petrografica del pietrame:

- Resistenza Magnesio-Solfato. Può essere effettuata in conformità alla norma ASTM C88. Il valore dell'indice MSS deve essere inferiore al 10 %.
- Assorbimento del Blu-Metilene MBA (g/100g). Il valore di assorbimento del Blu-Metilene deve essere minore di 0,7 (g/100g). Questo test permette di individuare minerali argillosi.
- Prove di imbibizione-essicamento da effettuare secondo il metodo di Lienhart-Stransky [Lienhart e Stransky 1984].

Gelività

È richiesta l'esecuzione di prova di gelo-disgelo da eseguire secondo il R.D. 16 Novembre 1939 Art. n° 8, oppure secondo la norma NEN 5184. Il valore della perdita in peso non deve superare il 5%.

Resistenza alla compressione

La resistenza meccanica alla compressione non dovrà risultare inferiore a 500 kg/cm^2.

Resistenza all'usura

Dovrà essere verificata in accordo con la norma ASTM 131-76 accettando una perdita in peso inferiore o uguale al 30 %, oppure secondo altra norma approvata dalla Direzione Lavori. Il giudizio di idoneità della cava da parte della Direzione Lavori dovrà tener conto dell'insieme dei risultati delle prove di qualifica potendo accettare che i risultati di una singola prova non rientrino nei limiti di accettabilità.

Prove in corso d'opera

La verifica dei fusi granulometrici, della distribuzione delle masse, della forma e dell'integrità dei blocchi dovrà essere effettuata in cava o all'arrivo in cantiere, mentre la verifica della densità dovrà essere effettuata presso un laboratorio autorizzato. Le prove ed i prelievi dovranno essere effettuati in contraddittorio con la Direzione Lavori secondo le cadenze medie indicate nella tabella 1A. La Direzione Lavori potrà richiedere un'intensificazione delle prove, qualora i valori misurati si discostassero da quelli prescritti, fintanto che le modifiche al metodo di coltivazione delle cave o alla selezione e carica dei materiali non dimostrino che le caratteristiche dei materiali rientrino nei requisiti di capitolato.

PROTEZIONE DI COSTA: CARATTERISTICHE E PROVE PER I MASSI

fino a 1,000 kg (T1)
1,000 ÷ 3,000 kg (F1)
9,000 ÷ 12,000 kg (A1)

TABELLA 1A

Caratteristiche	Prove				Note
	Norme o metodo di prova	In fase di qualifica	In corso d'opera	Classi di scogli da sottoporre a prove	
		n° di prove	n° di prove	T1/F1/A1	
Distribuzione della massa / pezzatura		1 prova	T1, F1, A1: vedi tabelle precedenti	x	
Densità	ASTM C128	10 prove/ cava		x	(2)
Assorbimento d'acqua	NEN 5187 o ASTM C127	10 prove/ cava		x	(2)
Resistenza chimica	ASTM C88; oppure: prova del Blu-Metilene; oppure: prova di imbibizione ed essicamento	6 prove/ cava		x	(2) (3)

TABELLA 1B

Caratteristi-che	Prove				Note
	Norme o metodo di prova	In fase di qualifica	In corso d'opera	Classi di scogli da sottoporre a prove	
		n° di prove	Frequenza media	T1/F1/A1	
Gelività	R.D.n°2232 / 1939 o NEN 5184	3 prove/ cava		x	

NOTE :

(2) La Direzione Lavori può richiedere anche eventuali prove in corso d'opera per verificare il mantenimento delle caratteristiche fisiche dei materiali nell'ambito della stessa cava (in caso di cambiamenti del fronte della cava).

(3) La Direzione Lavori sceglierà il tipo di prova da effettuare in relazione alle caratteristiche dei materiali di ciascuna cava proposta dall'Impresa

5.15.9. Demolizioni

Le demolizioni in genere saranno eseguite con ordine e con le necessarie precauzioni, in modo da prevenire qualsiasi infortunio agli addetti al lavoro, rimanendo però vietato di gettare dall'alto i materiali in genere, che invece dovranno essere trasportati o guidati in basso, salvo che vengano adottate opportune cautele per evitare danni ed escludere qualsiasi pericolo.

I materiali non utilizzabili provenienti dalle demolizioni dovranno sempre, e al più presto, venire trasportati a cura e spese dell'Appaltatore a rilevato, se riconosciuti idonei, oppure in rifiuto alle pubbliche discariche e comunque fuori della sede dei lavori con le norme e cautele disposte per gli analoghi scarichi in rifiuto di materie.

5.15.10. Panconi di servizio

Per lo svolgimento di operazioni di manutenzione straordinaria nel tratto terminale dello Scolmatore è stato studiato un sistema di panconatura, con scorrimento lungo una superficie inclinata, che consentirà la chiusura stagna della sezione terminale di sbocco e successiva messa in asciutta della galleria.
La chiusura verrà realizzata mediante il posizionamento di n. 19 panconi, di altezza pari a 1.30 m e luce netta 10.50 m cadauno.

I panconi avranno le seguenti caratteristiche:

- mantelli in lamiera s=12 mm e struttura in travi HEA 600, in acciaio UNI EN 1025 S275JR;
- guarnizioni in gomma-neoprene a nota musicale, fissata con viti inox;
- pattini di scorrimento in polizene 1000, materiale in Polietilene ad altissima densità, particolarmente adatto per guide di scorrimento;
- predisposizione per aggancio della trave pescatrice;
- trattamento superficiale con zincatura a caldo UNI EN ISO 1461.

L’intelaiatura sarà costituita da:

- traversa di fondo (soglia) a forma di Z, ricavata in lamiera s=10 mm di acciaio inox AISI 316L;
- due guide laterali, a forma di omega (gargami), ricavati da lamiera s=10 mm di acciaio inox AISI 316L, lunghezza 24 m c.a.;

- profilato a T100 di rinforzo nella parte inferiore dei gargami;
- piastre, zanche, staffe, tiranti filettati e dadi, in Fe, per ancoraggio al calcestruzzo di 1à fase.

La trave pescatrice per la posa e il lievo dei panconi avrà le seguenti caratteristiche:

- luce netta 10.50 m;
- ganci per l'aggancio dei panconi con le verismo a contrappeso e funi di sgancio a posa avvenuta;
- testate dotate di ruote di scorrimento;
- materiale Fe430B UNI7070 = UNI EN 10025 S275JR;
- trattamento superficiale con zincatura a caldo UNI EN ISO 1461.

6. LINEE GUIDA PER L'ISPEZIONE E LA MANUTENZIONE DELLE OPERE

L'impianto per la regolazione delle piene dei rii Fereggiano, Rovare e Noce, è costituito dalle seguenti opere:

- prolungamento della galleria esistente del deviatore Fereggiano dalla progressiva 909 alla progressiva 3.717, posta al piede del pozzo di presa delle portate scolmate dal rio Fereggiano, con creazione di 4 sfiati/aerofori lungo l'asse della galleria principale;
- opera di presa sul rio Fereggiano;
- opera di presa sul rio Rovare;
- opera di presa sul rio Noce;
- opera di sbocco a mare, come prevista nel PD 2007, ma limitata sia in lunghezza al solo tratto a valle di Corso Italia che in larghezza, limitando la scogliera a mare fino allo scivolo di alaggio e non oltre a ponente.
- raccordo tra lo sbocco del tratto esistente della galleria Fereggiano e l'opera di sbocco di progetto.

Si tratta di un impianto di notevole complessità, che per poter funzionare in maniera corretta ed affidabile, necessità di regole di gestione chiare e condivise, e di un programma di ispezione e manutenzione dettagliato.
Le regole di gestione dell'impianto dovranno essere individuate e descritte nel "Protocollo di Gestione dell'impianto", la cui redazione verrà sviluppata, prima dell'entrata in servizio dell'impianto stesso, dall'Ente che si occuperà della gestione dell'impianto di concerto con gli altri Enti interessati.
Le procedure di ispezione, controllo e manutenzione invece, dovranno trovare fondamento nel "Piano di Manutenzione dell'opera e delle sue parti" la cui redazione sarà sviluppata in sede di progetto esecutivo. Nel presente capitolo vengono individuate e descritte le linee guida per le procedure di ispezione e manutenzione delle opere da realizzare.

6.1. Criteri e modalità di ispezione e manutenzione delle opere

L'impianto in progetto, ha lo scopo di controllare e regolare le portate di piena dei rii Fereggiano, Rovare e Noce, al fine di garantire sempre, quindi anche in con-

comitanza degli eventi di piena maggiormente gravosi, un adeguato grado di sicurezza idraulica alla città di Genova.
Per poter realizzare tale scopo, il Comune è dotato di una struttura di Protezione Civile ove vengono fatte arrivare le informazioni derivabili dal controllo dei corsi d'acqua. A tale struttura, come previsto in progetto, vengono inviate tutte le informazioni necessarie per assumere le necessarie decisioni in merito alla derivazione delle portate di piena dei corsi d'acqua interessati dalle opere. In particolare, i parametri che vengono acquisiti ed elaborati in continuo sono i seguenti:

- misura della portata in alveo in arrivo da monte, della portata in alveo avviata verso valle, e della portata derivata verso la galleria per i rii Fereggiano e Rovare (misure che vengono eseguite tramite misuratori ad ultrasuoni);
- misura della portata in alveo in arrivo da monte e della portata derivata verso la galleria per il rio Noce (misure che vengono eseguite tramite misuratori ad ultrasuoni);
- misure di pressione in gallerai per definirne il funzionamento a pelo libero o in pressione

Quando l'impianto sta funzionando e quindi vi è una portata che viene recapitata a mare, una segnalazione luminosa posta in corrispondenza dello sbocco a mare viene automaticamente messa in funzione.
Le operazioni di ispezione che devono essere condotte sulle opere sono di due tipi: ordinarie e straordinarie. Quelle ordinarie, la cui cadenza è stata definita in funzione del manufatto che deve essere ispezionato, fanno parte delle normali attività di gestione e controllo dell'impianto nel suo complesso, mentre quelle straordinarie sono da condursi in funzione della frequenza e della portata degli eventi di piena che l'impianto dovrà fronteggiare. La derivazione delle portate di piena dei corsi d'acqua interessati dalle opere potrà avere effetto, in misura più o meno importante, su buona parte dei manufatti che compongono l'intero impianto. In particolare si dovranno considerare i seguenti fenomeni:

Opere di sbarramento e presa sui rii Fereggiano, Rovare e Noce

- erosione/deposito di materiale e rifiuti in alveo nei tratti interessati dalle opere di presa;
- deposito di materiale nelle camere di dissipazione delle acque;

- ammaloramento dei rivestimenti in calcestruzzo delle opere soggette al dilavamento delle acque di piena (canale di imbocco al vortice, pozzo a vortice camera di dissipazione, imbocco della galleria di collegamento, ecc.);
- possibili danni alle porte stagne;
- arresto, in corrispondenza delle paratoie, di materiale galleggiante trasportato dalla corrente;
- possibili modifiche alle sagome di progetto del rivestimento dell'alveo del rio Fereggiano realizzato nel tratto interessato dalle opere;
- sfalcio della vegetazione presente nell'area dell'opera di presa del torrente Nereggiano.

Opera di sbocco a mare

- fenomeni di erosione/deposito del fondale marino nella zona prospiciente all'opera;
- fenomeni di deposito di materiale in galleria (proveniente da mare o captato in galleria da monte);
- danneggiamenti alle strutture in c.a. connesse all'azione del moto ondoso;
- stabilità della mantellata della protezione di costa.

In conseguenza della necessità di monitorare con adeguata attenzione i fenomeni sopra elencati, si è previsto di condurre le operazioni di ispezione e manutenzione, periodiche e straordinarie, di seguito descritte ed elencate, a seconda del manufatto cui esse si riferiscono.

6.2. Galleria di adduzione Fereggiano e gallerie minori

L'obiettivo principale delle ispezioni che devono essere condotte sulle opere in sotterraneo è quello di verificarne il corretto funzionamento con particolare riferimento allo stato di conservazione dei rivestimenti esposti all'azione abrasiva delle acque di piena, ed all'entità della portata drenata. In analogia a quanto visto per le opere in alveo, anche in questo caso le ispezioni ordinarie potranno essere condotte con cadenza annuale, mentre quelle straordinarie dovranno essere condotte al termine di ogni evento di piena che sia stato caratterizzato dalla derivazione di portata verso la galleria principale.

Le opere oggetto di ispezione sono la galleria Fereggiano, avente lunghezza totale di circa 3.717 m, e le 2 gallerie minori la cui lunghezza complessiva è di circa 500 m.

La verifica dello stato di conservazione dei rivestimenti in calcestruzzo delle opere in sotterraneo è di grandissima importanza per due motivi ben precisi: il primo perché la tempestiva manutenzione degli ammaloramenti permette di assicurare sempre un elevato standard di affidabilità dell'opera, ed il secondo perché il decadimento del rivestimento, aumentando la scabrezza, genera anche una riduzione della capacità di portata dell'opera, con conseguente riduzione dello standard di sicurezza idraulica della città di Genova.

L'accesso a tali manufatti avviene attraverso l'imbocco di valle, aprendo il portone di chiusura e calandovi un mezzo semovente o accedendo a piedi con una scala in dotazione al personale.

Anche per le opere in sotterraneo si dovrà verificare che il massimo danneggiamento subito dai rivestimenti non superi i 15 mm, altrimenti è necessario operare subito con adeguati interventi di ripristino.

Particolare attenzione dovrà essere posta per il tratto di galleria Fereggiano posto perennemente sotto il livello del mare (da progr. 0.00 a progr. 70,00 circa), in quanto l'ispezione risulta più complessa. Infatti sarà necessario percorrere tale tratto di galleria con un'imbarcazione di idonee dimensioni sulla quale troveranno posto due sommozzatori che potranno condurre l'ispezione nella parte di rivestimento posto perennemente sotto il livello del mare. Per tale rivestimento, oltre alla verifica del livello di danneggiamento operato dalle acque provenienti da monte e cariche di sedimenti, è necessario verificare anche il tasso di colonizzazione del manufatto ad opera degli organismi marini, in modo che la scabrezza di progetto assegnata al manufatto sia sempre puntualmente garantita.

Infine è opportuno misurare, con cadenza annuale e ad interasse di 500 m, la portata drenata dalla galleria, verificando che questa sia sempre contenuta entro i valori indicati nella tabella seguente. Qualora si misurassero valori sensibilmente diversi da quelli esposti in tabella, è necessario predisporre subito un'indagine di dettaglio in modo da circoscrivere il tratto di galleria con comportamento anomalo, restringendo quindi il campo di interesse. In base ai risultati di tale indagine più dettagliata si potrà procedere con gli interventi più idonei affinché le portate drenate vengano ricondotte ai valori previsti in progetto (iniezioni, spurghi dei condotti di drenaggio, ecc.).

La galleria esistente del Fereggiano lunga 909 m, priva di un sistema di drenaggio ed impermeabilizzazione, ha una portata drenata effettiva (misurata sul posto) di 0,42 l/s. Per la galleria di progetto le previsioni sono, per galleria completata e rivestita:

TAB. 6.1 - MISURE DI PORTATA DRENATA DALLA GALLERIA FEREGGIANO

Descrizione	da	a	l/m
Tratto rappresentativo carico idraulico e copertura non elevati	909	2000	0,00075
Tratto rappresentativo zona di faglia	2000	2400	0,007
Tratto rappresentativo alta copertura e alto battente idraulico	3200	3500	0,004
Portata drenata galleria (prolung)	4,4 l/s		

Al valore di cui sopra (da pk 909 a pk 3700) si devono aggiungere 0,42 da pk 0 a pk 909, per un totale complessivo di 4,8 l/s

Nel tempo si registrerà un progressivo e graduale intasamento del drenaggio, per cui il valore di 4,4 tenderà a diminuire per portarsi a 2,8 l/s

La fase più critica è quella durante i lavori. In questo caso assumendo di mantenere i rivestimenti a circa 30 - 35 m dal fronte (in realtà i valori potranno essere molto superiori - anche 10 volte questo numero) le portate drenate saranno circa il doppio di quelle indicate in tabella. Incrementando distanza fronte - rivestimenti aumentano linearmente anche le portate drenate.

Ne deriva che la fase critica è quella relativa al corso d'opera, durante la quale potrà attendersi (in funzione dell'effettiva distanza fra fronte e rivestimenti) una maggiore interferenza con l'acquifero

Nella portata complessiva drenata stabilmente dalla galleria principale bisogna considerare anche il contributo delle gallerie minori.

Pertanto sommando la portata del prolungamento della galleria principale (4,4 l/s e 2,8 l/s) + 15% circa delle gallerie minori (0,66 l/s e 0,42 l/s) + 0,42 l/s galleria esistente otteniamo:

Q = 5,48 l/s nel breve periodo, e 3,64 l/s nel lungo periodo

6.3. Opere di presa

Le opere di presa sul torrente Fereggiano, sul rio Rovare e sul rio Noce sono costituiti dai seguenti manufatti:

- *manufatto di presa ed il pozzo a vortice:* la tipologia adottata per le tre opere di presa in oggetto è quella delle luci e delle soglie che sono governate dalle classiche leggi dell'idraulica.
- Per quanto riguarda invece il collegamento con la galleria di derivazione viene utilizzato un pozzo. Questo tipo di manufatto è stato utilizzato per superare i notevoli dislivelli tra la quota del corso d'acqua e la galleria di progetto garantendo al contempo efficienza idraulica e dissipazione dell'energia;
- *camera di dissipazione delle acque:* consiste in una vasca atta a dissipare energia e rilasciare l'aria eventualmente trascinata dalla corrente, onde evitare che questa possa liberarsi repentinamente danneggiando le strutture. La camera è stata pensata in modo tale che si formi al suo interno un cuscino d'acqua che permetta la dissipazione dell'energia della corrente in caduta dal pozzo, prima che questa entri nella galleria di collegamento allo scolmatore in progetto;
- *cameretta con scale di accesso:* ogni manufatto di presa è dotato di una scala di servizio elicoidale necessaria a permettere l'accesso in condizioni di sicurezza al manufatto e lo svolgimento di operazioni di ispezione e manutenzione. L'accesso alla scala di servizio avverrà attraverso una cameretta interrata dotata di chiusino circolare in ghisa e scaletta alla marinara o, nel manufatto sul torrente Fereggiano, di cancello d'accesso.
- In tutti gli accessi verrà poi realizzato un impianto elettrico con componenti di classe IP 68, comprendente quadro elettrico, prese di corrente ed impianto di illuminazione con diversi corpi illuminanti. Al fine di permettere la verifica delle portate che saranno recapitate in alveo e in galleria, saranno posizionati anche dei misuratore di portata ad ultrasuoni.

Tra le opere da realizzare sul torrente Fereggiano è prevista inoltre la sistemazione dell'alveo, mediante la posa di selciatone di spessore pari a 20 cm intasato in calcestruzzo, nel tratto a monte e a valle del manufatto di presa. E' inoltre previsto il ricollocamento della tubazione di raccolta delle acque nere.
Oltre a ciò per il torrente Fereggiano è previsto un sistema di raccolta delle acque di drenaggio della strada che attualmente vengono recapitate in alveo. In partico-

lare gli scarichi presenti attualmente sul muro in destra idraulica saranno raccolti da una canaletta in calcestruzzo realizzata in adiacenza al canale in c.a..
Infine le opere in progetto dovranno essere completate dalle sistemazioni superficiali; per l'opera di presa sul torrente Fereggiano è previsto il rivestimento della pista di accesso tramite autobloccanti ineriti.
Qualora, durante la realizzazione delle opere, si rimuoverà la pavimentazione stradale si dovrà provvedere a ripristinarla.
L'accesso alle opere da ispezionare e per le quali è prevista la manutenzione avviene:

- per il torrente Fereggiano, tramite una pista di servizio che dal piano stradale consente di accedere al piazzale di lavoro, posizionato a copertura del canale e della camera di imbocco al vortice da cui è possibile, tramite un'ulteriore pista di servizio, giungere in alveo; inoltre, per accedere all'area di manovra della paratoia (dimensione 1,90 x 1,90) è collocato un cancello di accesso alla fine della strada chiusa presente in destra;
- per il rio Rovare, tramite una serie di chiusini in ghisa e chiusini modulari, dotati di scalette a pioli in acciaio inox;
- per il rio Noce, tramite la botola di accesso presente sul pozzo Carena dotata di scala, che consentirà di arrivare sulla copertura del canale di imbocco al vortice, da cui sarà possibile tramite una scaletta a pioli accedere all'alveo;
- per tutti i manufatti l'accesso alla camera di dissipazione delle acque è garantito da una scala di accesso elicoidale, collocata all'interno del pozzo di accesso, da cui si accede tramite una cameretta posizionata al di sotto del piano stradale; tale scala consente di arrivare al cielo della camera di dissipazione da cui è possibile accedere al fondo tramite una scala in c.a..

6.3.1. Alveo e manufatto di presa del torrente Fereggiano

Gli interventi manutentivi che devono essere condotti sull'alveo e sulle opere realizzate nell'alveo del torrente Fereggiano dovranno essere legate alla verifica del corretto funzionamento dei manufatti, con riferimento al fenomeno di erosione e deposito di materiale e rifiuti e all'ammaloramento del rivestimento d'alveo e del calcestruzzo.
In particolare le ispezioni dovranno essere effettuate:

- sul rivestimento del fondo alveo, realizzato in pietrame intasato in calcestruzzo e sul rivestimento delle sponde, realizzato con spritz beton fibrorinforzato,

tramite controlli visivi sull'integrità del rivestimento, da effettuarsi ogni anno e dopo ogni evento di piena prolungato;
- sulle strutture realizzate in c.a., tramite controlli visivi sull'integrità del calcestruzzo a causa dell'abrasione dell'acqua, da effettuarsi ogni anno e dopo ogni evento di piena prolungato;
- su tutte le opere soggette a deposito di materiale trasportato dalla corrente, che dovrà essere rimosso e portato in luoghi idonei;
- sulle aree a verde, che dovranno essere concimate e sfalciate ogni anno, nei mesi idonei;
- sulle piste di cantiere, che dovranno essere mantenute in funzione al fine di raggiungere l'alveo;
- sugli accessi, che dovranno essere liberi e resi accessibili.

Tutte le operazioni ispettive descritte in precedenza devono essere eseguite annualmente, ed anche al termine di ogni evento di piena prolungato.
Qualora venissero rilevate delle situazioni di ammaloramento o di danno si dovrà provvedere a rendere efficienti e al pieno della funzionalità le strutture oggetto di indagine.

6.3.2. Alveo del rio Rovare e del rio Noce

Per l'alveo del rio Rovare e del rio Noce il progetto prevede la costruzione del nuovo alveo in c.a.; per tali manufatti valgono le indicazioni riportate nel paragrafo precedente 6.3.1 per le strutture realizzate in c.a..
Inoltre si dovrà prevedere alla rimozione del materiale trasportato dalla corrente e depositatosi sul fondo.

6.3.3. Organi di intercettazione idraulica del torrente Fereggiano, del rio Rovare e del rio Noce

Gli organi di intercettazione idraulica temporanei e permanenti del torrente Fereggiano sono rappresentati da una paratoia manuale di dimensione 1,90 x 1,90 m, da una paratoia manuale a scorrimento orizzontale di dimensione 1,00 x 1,90m e da 6 panconi alti 1,08 m.
Gli organi di intercettazione idraulica temporanei e permanenti del rio Rovare sono rappresentati da una paratoia manuale di dimensione 2,00 x 1,50 m, da una pa-

ratoia manuale dimensione 0,60 x 0,60 m, da una paratoia manuale a scorrimento orizzontale di dimensione 1,00 x1,90 m e da 6 panconi alti 1,10 m.
Gli organi di intercettazione idraulica permanenti del rio Noce è rappresentato da una paratoia manuale a scorrimento orizzontale di dimensione 1,00 x 1,90 m.
Per queste opere dovrà essere verificato lo stato di conservazione della protezione superficiale, determinando eventuali zone di ossidazioni o degrado. In seguito all'utilizzo delle paratoie e dei panconi si dovrà verificare l'assenza di danni al mantello delle paratoie o dei panconi dovuto all'urto di corpi galleggianti; inoltre si dovrà verificare la perdita attraverso le guarnizioni di tenuta in gomma.
Anche in questo caso dovranno essere previste ispezioni ordinarie con cadenza annuale per tutte gli organi; al termine di ogni evento di piena è opportuno eseguire ispezioni straordinarie sugli organi operanti direttamente a contatto con il flusso di piena.

6.3.4. Opere in sotterraneo del torrente Fereggiano, del rio Rovare e del rio Noce

Per opere in sotterraneo si intendono le camere di dissipazione delle acque, i pozzi a vortice, le camerette d'accesso e i pozzi di accesso.
L'obiettivo principale delle ispezioni che devono essere condotte sulle opere in sotterraneo è quello di verificarne il corretto funzionamento con particolare riferimento allo stato di conservazione dei rivestimenti esposti all'azione abrasiva delle acque di piena. In analogia a quanto visto per le opere in alveo, anche in questo caso le ispezioni ordinarie potranno essere condotte con cadenza annuale, mentre quelle straordinarie dovranno essere condotte al termine di ogni evento di piena particolarmente rilevante.
La verifica dello stato di conservazione dei rivestimenti in calcestruzzo delle opere in sotterraneo è di grandissima importanza per due motivi ben precisi: il primo perché la tempestiva manutenzione degli ammaloramenti permette di assicurare sempre un elevato standard di affidabilità dell'opera, ed il secondo perché il decadimento del rivestimento, aumentando la scabrezza, genera anche una riduzione della capacità di portata dell'opera.
Inoltre si dovrà verificare la presenza di materiale trasportato dalla corrente all'interno della camera di dissipazione delle acque, al di sotto dello scalino creato per consentire la dissipazione delle acque; infatti il non corretto funzionamento del manufatto potrebbe pregiudicare la funzionalità dell'opera.

Per l'esecuzione delle ispezioni ordinarie non è previsto l'impiego dei panconi provvisionali, viceversa per gli interventi di manutenzione straordinaria si impiegheranno i panconi che consentono di deviare le acque nel corso d'acqua principale e di mantenere in asciutta le aree oggetto di manutenzione.

6.4. Opera di sbocco a mare

Lo sbocco a mare prevede la realizzazione delle seguenti opere:

- *prolungamento della galleria principale* (prevista per il Bisagno ma non compresa nel presente Primo Lotto) per circa 100 m oltre Corso Italia fino all'attuale isobata -7,00 m s.m.m. Il prolungamento viene effettuato mantenendo la sezione policentrica con diametro interno 9,50 m e la pendenza longitudinale pari al 4‰. La quota di scorrimento della galleria in corrispondenza della sezione terminale di sbocco risulta pari a -6,30 m. s.m.m.;
- *avanzamento della linea di costa* e realizzazione di una *nuova scogliera di protezione a terra* con quota di sommità posta a +5.00 m, costituita da una mantellata, un'opera di protezione al piede e uno strato filtro appoggiato su tout venant;
- *ricostruzione dello scalo di alaggio* esistente per garantire la possibilità di accesso al mare alle imbarcazioni del Circolo Pescatori della Marinetta;
- *ripristini e sistemazioni esterne* per consentire l'ottimale inserimento dell'opera nel contesto territoriale, garantendo il mantenimento dello stato dei luoghi e la fruibilità in tempo ordinario dell'area a scopo ricreativo e balneare.

L'obiettivo principale delle ispezioni periodiche è garantire il corretto funzionamento idraulico dell'opera in caso di attivazione del sistema di scolmo, l'integrità delle strutture in c.a. e della protezioni di costa.
Le attività di ispezione periodica dovranno quindi riguardare:

- *manufatto di sbocco:* verifica dell'integrità delle strutture della parte terminale dell'opera, maggiormente soggetta alle sollecitazioni esercitate dal moto ondoso;
- *fenomeni di erosione/deposito del fondale marino nella zona prospiciente all'opera*: per garantire un funzionamento idraulico ottimale in galleria in occasione dell'attivazione del sistema di scolmo è necessario prevenire la formazione di depositi che possano modificare le condizioni idrauliche allo

sbocco. Risulta inoltre necessario verificare eventuali processi erosivi del fondale marino nella zona prospiciente all'opera, che potrebbero determinare la modificazione delle condizioni d'attacco del moto ondoso sulla sezione terminale del manufatto e sulla mantellata adiacente;

- *depositi in galleria*: verifica della eventuale formazione di depositi di materiale (proveniente da mare o captato in galleria nella fase di scolmo) nella parte terminale della galleria;
- *difese di costa*: verifica integrità della mantellata in pietrame W_{50} = 10,50 t.

Le ispezioni dovranno essere effettuate al termine di ogni evento di piena che sia stato caratterizzato dalla deviazione di portata nella galleria principale e, con riferimento a possibili danneggiamenti alle strutture od alle difese connessi all'agitazione ondosa, al termine di mareggiate particolarmente intense e comunque con cadenza minima annuale.

Qualora nel corso delle ispezioni si verifichino livelli di danno superiore a quelli massimi previsti (danni ai calcestruzzi superiori a 15 mm di spessore, danneggiamento della mantellata con dislocazione dei massi o scivolamento della sezione verso mare…) è necessario procedere con interventi di manutenzione straordinaria. I panconi da impiegarsi per la chiusura della sezione terminale di sbocco dovranno essere soggetti a controlli visivi periodici. E' opportuno eseguire annualmente una verifica dello stato di conservazione della protezione superficiale. Contemporaneamente si controllano le guarnizioni in quanto, anche se poco operative, potrebbero subire un progressivo invecchiamento con formazione di crepe e perdita di elasticità.