

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA
LEGGE OBIETTIVO N. 443/01**

**TRATTA A.V. /A.C. TERZO VALICO DEI GIOVI
PROGETTO DEFINITIVO**

LINEA III VALICO

LINEE GUIDA PER L'APPLICAZIONE DELLE SEZIONI TIPO

GENERAL CONTRACTOR	ITALFERR S.p.A.
Consorzio Cociv Project Manager (Ing. Guagnozzi) Data: 26/03/2012	

COMMESSA: **A 3 0 1** LOTTO: **0 0** FASE: **D** ENTE: **C V** TIPO DOC.: **R G** OPERA/DISCIPLINA: **G N 0 0 0 X** PROGR.: **0 0 2** REV.: **E**

Progettazione :

Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integratore	Data	IL PROGETTISTA
C01	Revisione generale	A.Bellocchio	21/07/2006	M.Maffoni	21/07/2006	E.Ghislandi	21/07/2006	Ing. E. Ghislandi Data: 26/03/2012
E00	Adeguamento sicurezza in galleria	Ing. M. Frandino	16/03/2012	Ing.F.Colla	20/03/2012	Ing. E. Pagani	23/03/2012	

n. Elab.: _____ File: A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC

CUP: F81H92000000008

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>Censorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>
<p>A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC</p>	
<p>Foglio 2 di 220</p>	

INDICE

INDICE.....		2
1. PREMESSA		6
2. LINEE GUIDA PER L'APPLICAZIONE DELLE SEZIONI TIPO E DELLE RELATIVE VARIABILITÀ		8
2.1 Definizione delle caratteristiche geologiche-geomeccaniche dell'ammasso		8
2.2 Risposta deformativa del fronte e del cavo		10
2.3 Fasi esecutive e cadenze di avanzamento		11
2.4 Applicazione delle sezioni tipo e delle relative variabilità		11
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE		13
4. INQUADRAMENTO LITOLOGICO		16
5. INQUADRAMENTO GEOMECCANICO		24
5.1 Parametri geomeccanici		26
5.1.1 ARGILLITI A PALOMBINI		29
6. ANALISI DEL RISCHIO		33
6.1 Rischi legati alle caratteristiche intraformazionali dell'ammasso roccioso		34
6.2 Rischi legati alla presenza d'acqua		36
6.3 Rischi di carattere generale		37
7. SEZIONI TIPO GALLERIE DI LINEA E RELATIVE VARIABILITÀ		38
7.1 Generalità		38
7.2 Sezioni tipo applicate sulla galleria a doppio binario		39
7.2.1 Sezione tipo B2db		39
7.2.2 Sezione tipo C2db		42
7.3 Sezioni tipo applicate sulla galleria a singolo binario		45
7.3.1 Sezione tipo B0Lsb		45
7.3.2 Sezioni tipo B0/1sb e B0/2sb		46
7.3.3 Sezione tipo B0sb-r		48
7.3.4 Sezione tipo B0Vsb		49
7.3.5 Sezione tipo B0Vsb-r		51
7.3.6 Sezione tipo B1 sb		52
7.3.7 Sezioni tipo B2/1sb e B2/2sb – B2/2sb con puntone		54
7.3.8 Sezione tipo B2sb-r		56
7.3.9 Sezione tipo B2Vsb		58

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
<p>A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC</p>		<p>Foglio 3 di 220</p>

7.3.10	Sezioni tipo B4/1 sb e B4/2 sb.....	61
7.3.11	Sezione tipo C1sb-r	64
7.3.12	Sezione tipo C2sb – C2sb con puntone	67
7.3.13	Sezione tipo C2sb-r	70
7.3.14	Sezione tipo C4sb – C4sb con puntone	73
7.4	Campi d'applicazione e variabilità delle sezioni tipo	76
8.	SEZIONI TIPO INTERCONNESSIONI E RELATIVA VARIABILITA'	80
8.1	Sezioni tipo applicate.....	80
8.1.1	Sezione tipo B0Li-aP	80
8.1.2	Sezione tipo B0i-aP	81
8.1.3	Sezione tipo B0Vi-aP.....	82
8.1.4	Sezione tipo B1i-aP	84
8.1.5	Sezioni tipo “B2i-aP” e “B2i-aP con puntone”.....	86
8.1.6	Sezione tipo B2Vi_aP.....	88
8.1.7	Sezione tipo B4i-aP	90
8.1.8	Sezioni tipo “C2i-aP” e “C2i-aP con puntone”	92
8.1.9	Sezioni tipo “C4i-aP” e “C4i-aP con puntone”	95
8.1.10	Sezione tipo Ai	98
8.1.11	Sezione tipo Abi.....	99
8.1.12	Sezione tipo B0i.....	100
8.1.13	Sezione tipo B0Vi	102
8.1.14	Sezione tipo B2i (con eventuale puntone).....	103
8.1.15	Sezione tipo C2i (con eventuale puntone)	105
8.2	Campi d'applicazione e variabilità delle sezioni tipo	110
9.	SEZIONI TIPO FINESTRA	114
9.1	Finestre Castagnola, Polcevera, Cravasco – Sezioni tipo Argilliti a Palombini.....	114
9.1.1	Sezione tipo B0L.....	114
9.1.2	Sezioni tipo B0/1 e B0/2	115
9.1.3	Sezione tipo B1.....	116
9.1.4	Sezioni tipo B2/1 e B2/2	118
9.1.5	Sezioni tipo B4/1 e B4/2	120
9.1.6	Sezione tipo C2	123
9.1.7	Sezione tipo C4	126
9.2	Campi d'applicazione e variabilità delle sezioni tipo	130
9.3	FINESTRE POLCEVERA – CASTAGNOLA	131
9.3.1	Finestra Cravasco – Sezioni tipo Calcari e Dolomie	132

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC

Foglio
4 di 220

9.3.2	Sezione tipo B0r	132
9.3.3	Sezione tipo B0Vr	133
9.3.4	Sezione tipo B2r	134
9.4	Campi d'applicazione e variabilità delle sezioni tipo	137
10.	SEZIONI TIPO APPLICATE FINESTRA VAL LEMME.....	138
10.1	CUNICOLO VAL LEMME– Sezioni tipo Argilliti a Palombini.....	138
10.1.1	Sezione tipo B0L.....	138
10.1.2	Sezione tipo B1.....	139
10.1.3	Sezione tipo B2.....	141
10.1.4	Sezione tipo B4.....	143
10.1.5	Sezione tipo C2	146
10.1.6	Sezione tipo C4	149
10.2	CAMPI DI APPLICAZIONE E VARIABILITA' DELLE SEZIONI TIPO	152
11.	SEZIONI TIPO APPLICATE SULLA GALLERIA A SINGOLO BINARIO NELLA ZONA "AREA SICURA"	156
11.1	SEZIONI FERMATA AREA DI SICUREZZA	156
11.1.1	Sezione tipo B0L.....	156
11.1.2	Sezioni tipo B0	157
11.1.3	Sezione tipo B0V	158
11.1.4	Sezione tipo B1.....	160
11.1.5	Sezione tipo B2.....	162
11.1.6	Sezione tipo B2V	164
11.1.7	Sezione tipo B4.....	167
11.1.8	Sezione tipo C2	169
11.1.9	Sezione tipo C4	173
11.2	SEZIONI CUNICOLO DI SFOLLAMENTO	176
11.2.1	Sezione tipo B0L.....	176
11.2.2	Sezioni tipo B0	177
11.2.3	Sezione tipo B0V	179
11.2.4	Sezione tipo B1.....	180
11.2.5	Sezione tipo B2.....	182
11.2.6	Sezione tipo B2V	184
11.2.7	Sezione tipo B4.....	187
11.2.8	Sezione tipo C2	190
11.2.9	Sezione tipo C4	194
11.3	CAMPI DI APPLICAZIONE E VARIABILITA' DELLE SEZIONI TIPO	197
12.	VERIFICHE AL FUOCO.....	202

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC	Foglio 5 di 220

12.1	Metodi di verifica norma (UNI ENV 1992)	206
12.2	Verifica della capacità portante (UNI ENV 1992-1-2).....	207
12.3	VERIFICA DI RESISTENZA IN CASO DI INCENDIO – confronto fra comportamento al fuoco secondo NORME UNI e norme STI	209
12.4	fenomeni di spalling	213
12.5	APPENDICE : Test e studi	218

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 6 di 220

1. PREMESSA

Nella presente nota verranno fornite indicazioni circa l'applicazione delle sezioni tipo previste nella Tratta AV/AC Milano Genova – Terzo Valico dei Giovi.

Il progetto delle gallerie naturali, delle finestre e delle interconnessioni è stato sviluppato attraverso:

- la caratterizzazione degli ammassi presenti lungo il tracciato, per mezzo dell'individuazione delle caratteristiche geologiche, litologiche, idrogeologiche e geomeccaniche (fase conoscitiva);
- la previsione di comportamento dell'ammasso allo scavo in assenza di interventi e la suddivisione del tracciato in sotterraneo in tratte a comportamento geomeccanico omogeneo in funzione dello stato tensionale agente e delle caratteristiche geomeccaniche dell'ammasso (fase di diagnosi);
- l'individuazione, per ciascuna tratta definita omogenea, delle sezioni tipo prevalenti (quelle che appaiono in percentuale maggiore sui profili geomeccanici delle gallerie naturali) ed eventualmente di altre sezioni, subordinate alle precedenti, per situazioni diverse da quelle ricorrenti lungo la tratta, ma previste in progetto quali ad esempio: zone di faglia, zone di intensa fratturazione, elevata variabilità dei parametri geomeccanici, tratte a bassa copertura, morfologie particolari, condizioni idrogeologiche particolarmente critiche, possibili interferenze con le preesistenze di superficie, quali edifici, strade, ferrovie (fase di terapia).

Le sezioni tipo prevalenti sono state verificate staticamente in varie condizioni tensionali e considerando parametri geomeccanici rappresentativi all'interno del range di valori indicati sui profili geologico-tecnici e geomeccanici per la tratta in esame. Da qui si è potuto dedurre, nell'ambito della sezione tipo prevista, l'applicazione delle variabilità previste per la sezione tipo.

Come previsto dal progetto, le gallerie sono classificate in funzione del comportamento del cavo, con riferimento anche al fronte di scavo, distinguendo tre casi (categorie di comportamento):

- caso A galleria a fronte e cavità stabili, caratterizzata da fenomeni deformativi che evolvono in campo elastico, immediati e di entità trascurabile;
- caso B galleria a fronte stabile a breve termine e cavità instabile, caratterizzata da fenomeni di tipo elastico presso il fronte di scavo, che evolvono in campo elasto-plastico con l'avanzamento del fronte;
- caso C galleria a fronte e cavità instabili, caratterizzata da fenomeni deformativi di tipo plastico fino al collasso che coinvolgono anche il fronte di scavo.

Con le presenti "linee guida" s'intende creare uno strumento che definisce, in sede di progetto esecutivo, quali saranno i criteri che il progettista adotterà in corso d'opera per:

- confermare la sezione tipo più adeguata, tra quelle già previste in una determinata tratta e riportate in chiaro sugli elaborati "profili geomeccanici" del progetto esecutivo;
- variare quegli interventi che, senza modificare strutturalmente le caratteristiche finali dell'opera, devono adeguarsi alle reali condizioni geomeccaniche riscontrate al fronte di avanzamento, nonché al comportamento estrusivo del fronte stesso e deformativo del cavo (questi ultimi come noto sono dipendenti sia dalla natura dell'ammasso in termini geologici, geomeccanici ed idrogeologici, sia dagli stati tensionali preesistenti che da quelli conseguenti alle operazioni di scavo);

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collocamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 7 di 220

- individuare una diversa sezione tipo, tra quelle previste in quella tratta o comunque previste in progetto esecutivo nella stessa formazione, qualora le condizioni realmente riscontrate risultino difformi da quelle ipotizzate.

Per la gestione di tali "linee guida" sarà necessaria la conoscenza dei segmenti elementi:

- formazione geologica e coperture in esame;
- raccolta dei dati geologici e geomeccanici rilevabili al fronte che consentono una completa caratterizzazione dell'ammasso in esame, evidenziandone l'intrinseca complessità, caratteristica delle formazioni. Oltre i parametri di resistenza e deformabilità, tale caratterizzazione deve contenere, quindi, anche informazioni geostrutturali e di carattere qualitativo, necessarie a completarne la descrizione ai fini progettuali e di comprensione del reale comportamento dell'ammasso allo scavo;
- raccolta dei dati riguardanti le deformazioni superficiali e profonde del fronte (estrusioni) e al contorno del cavo (convergenze) durante l'avanzamento, che consente di valutare in particolare come l'ammasso descritto precedentemente, sottoposto ai reali stati tensionali, si comporta all'azione combinata delle operazioni di scavo e di messa in opera degli interventi di stabilizzazione previsti dalla sezione tipo adottata;
- registrazione di tutte le reali fasi di avanzamento quali ad esempio: distanza dal fronte di messa in opera del rivestimento di 1a fase, delle murette, dell'arco rovescio e del rivestimento definitivo, la successione delle fasi di consolidamento etc. attraverso osservazioni dirette.

Nelle presenti linee guida sono descritti alcuni parametri essenziali, riscontrabili al fronte, caratterizzanti l'ammasso per i comportamenti A,B,C. In seguito, si è cercato di quantificare i livelli di deformazione del fronte e del cavo attesi (nelle categorie di comportamento B e C essi acquistano un peso maggiore, comunque sempre legati alle caratteristiche geomeccaniche dell'ammasso), sia attraverso analisi numeriche, condotte sulla base dei dati attualmente acquisiti, sia con considerazioni di carattere generale, necessarie per tenere conto di fattori difficilmente schematizzabili e modellabili numericamente, nonché imprevedibili a priori, come sempre presenti in natura (ad esempio l'anisotropia strutturale, stati tensionali anomali, condizioni morfologiche particolari, particolari condizioni idrogeologiche, etc.)

Per ogni sezione tipo sono stati attribuiti dei campi di variazione delle deformazioni del fronte e del cavo, per le convergenze diametrali del cavo, una banda in cui risulta applicabile la sezione tipo corrispondente ed i valori di convergenza massimi e minimi a cui far corrispondere rispettivamente le quantità maggiori o minori degli interventi previsti variabili.

E' evidente che tali valori di deformazioni ipotizzati non vanno intesi come un'ulteriore informazione che possa incidere sulle scelte già adottate per una determinata tratta, in quanto le scelte progettuali sono state fatte tenendo conto di un complesso di elementi più significativi del solo parametro deformativo ed illustrati nello sviluppo di tutto il progetto; essi servono soltanto a fornire indicazioni sul campo dei valori deformativi più probabili per le sezioni già indicate in progetto.

Solo quando saranno osservate situazioni geomeccaniche sensibilmente differenti da quelle ipotizzate e deformazioni al di fuori dei campi previsti, il progettista dovrà adottare una sezione diversa da quella prevalente prevista, attingendo tra quelle indicate nella tratta in esame sui profili geomeccanici del progetto esecutivo. La variabilità è anche legata agli stati tensionali, ovvero alle

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 8 di 220

coperture; La stessa sezione tipo, a coperture diverse, ha un'intensità d'interventi di contenimento e pre-contenimento differenziati.

Qualora il contesto riscontrato non corrisponda a nessuno di quelle ipotizzati nella tratta in esame, e di conseguenza nessuna delle sezioni previste può essere applicata, ma tuttavia tale contesto è analogo ad altri presenti lungo il tracciato e descritti nei profili geomeccanici del progetto esecutivo, il progettista individuerà attraverso i medesimi strumenti citati precedentemente, una diversa sezione tipo tra quelle già presenti nel progetto esecutivo ed applicate in altre tratte o altre gallerie.

Il caso in cui la situazione riscontrata sia del tutto imprevedibile e non vi siano analogie possibili lungo il tracciato esula dalle presenti linee guida.

2. LINEE GUIDA PER L'APPLICAZIONE DELLE SEZIONI TIPO E DELLE RELATIVE VARIABILITÀ

In premessa è stata richiamata l'impostazione del progetto definitivo delle gallerie naturali, finestre ed interconnessioni.

Nei paragrafi seguenti vengono illustrati i principali criteri che il progettista adotta in corso d'opera per l'applicazione delle sezioni tipo e la gestione delle variabilità, nell'ambito delle previsioni del progetto definitivo. Preventivamente verranno descritte le caratteristiche degli ammassi e delle sezioni tipo previste.

2.1 DEFINIZIONE DELLE CARATTERISTICHE GEOLOGICHE-GEOMECCANICHE DELL'AMMASSO

- 1) Gli ammassi rocciosi e i terreni incontrati lungo il tracciato sono descritti sulla base delle caratteristiche geologiche e geomeccaniche individuate in progetto.
- 2) Per comodità di rappresentazione gli ammassi rocciosi incontrati lungo il tracciato vengono raggruppati in "gruppi geomeccanici". In particolare modo, per la formazione prevalente che sarà incontrata lungo il tracciato (i.e. Argille a Palombini) è stata suddivisa in 3 gruppi geomeccanici. Particolari ulteriori verranno forniti nei paragrafi seguenti.
- 3) A ciascuna formazione sono stati attribuiti, in sede di progetto, campi di variazione dei principali parametri geomeccanici (c , ϕ , E); tali campi tengono conto sia delle diverse configurazioni che una formazione può presentare nell'ambito dello stesso gruppo che delle coperture in esame;
- 4) Tali campi di variazione individuano così una "fascia intrinseca", compresa tra la curva di resistenza inferiore e la curva di resistenza superiore, che definisce univocamente ciascuna porzione di ammasso da un punto di vista geomeccanico.
- 5) Nel corso dei lavori, gli ammassi rocciosi e i terreni vengono descritti sulla base delle caratteristiche litologiche, geostrutturali, geomeccaniche e idrogeologiche che si evidenziano sul fronte alla scala della galleria, attraverso rilievi analitici (con prove in situ e/o di laboratorio) e rilievi speditivi.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 9 di 220

6) Tali rilievi vengono condotti secondo le frequenze previste dal capitolato di costruzione, impiegando un'apposita scheda su cui riportare i dati rilevati e gli indici valutati secondo le prescrizioni ISRM, International Society of Rock Mechanics.

In particolare, in modo indicativo ma non esaustivo, la scheda dovrà riportare i segg.dati:

- per gli ammassi rocciosi vengono indicati i rapporti stratigrafici tra litologie diverse e il loro assetto giaciturale;
- per i terreni vengono distinte le caratteristiche granulometriche, il grado di alterazione, il tipo di cementazione e la consistenza, rilevabili macroscopicamente in situ.

8) Si distinguono due tipi di rilievi:

a) rilievi analitici che prevedono la compilazione completa della scheda citata e l'eventuale esecuzione di prove e determinazioni in situ e/o di laboratorio.

Tali rilievi sono previsti in particolare:

- agli imbocchi
- ai punti d'innesto delle finestre
- in concomitanza dei passaggi stratigrafici e tettonici significativi
- comunque secondo le frequenze indicate in capitolato

b) rilievi speditivi, che prevedono in particolare il rilievo pittorico del fronte di scavo. Si tratta di un rilievo di tipo qualitativo e di confronto con quello analitico dell'ammasso in esame, che consente comunque al progettista di valutarne le caratteristiche principali.

9) I rilievi che sono svolti in corso d'opera consentono, in generale, di evidenziare qualitativamente le diverse situazioni in cui una formazione può presentarsi nell'ambito di uno stesso gruppo, definito dalla propria fascia intrinseca, come descritto, a titolo esemplificativo, nei punti seguenti:

- un ammasso che si presenta allentato, con giunti aperti e riempiti e/o fratturato, evidenzierà valori dei parametri geomeccanici del relativo gruppo prossimi alla curva intrinseca inferiore;
- un ammasso che al contrario si presenta serrato, poco fratturato e con giunti privi di riempimento, evidenzierà valori dei parametri geomeccanici prossimi alla curva intrinseca superiore;
- la presenza di acqua, anche sotto forma di stillicidi, soprattutto in presenza di litologie ricche di minerali argillosi, comportano valori dei parametri geomeccanici più prossimi alla curva intrinseca inferiore;
- nei terreni eterogenei, il rapporto tra i litotipi più granulari e più fini determina il rapporto tra i valori di angolo d'attrito e coesione, e quindi diversi andamenti della curva intrinseca;
- in un ammasso roccioso stratificato sollecitato in campo elastico, una sfavorevole anisotropia strutturale gioca un ruolo determinante, comportando valori dei parametri geomeccanici più prossimi alla curva intrinseca inferiore;
- al contrario in un ammasso roccioso stratificato con stati tensionali più elevati che lo sollecitano in campo elasto-plastico, l'effetto di una sfavorevole anisotropia strutturale è inferiore e il comportamento può essere meglio rapportato a un mezzo omogeneo.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 10 di 220

2.2 RISPOSTA DEFORMATIVA DEL FRONTE E DEL CAVO

10) La risposta deformativa del fronte e del cavo rilevabile in corso d'opera, unitamente ai rilievi anzidetti, ha lo scopo di verificare la validità delle sezioni adottate e previste in progetto in termini di :

- tipologia ed intensità degli interventi di 1^a fase
- fasi esecutive e cadenze di avanzamento

Essa dipende dalle caratteristiche geomeccaniche dell'ammasso in rapporto agli stati tensionali indotti all'atto dello scavo; il progetto esecutivo fornisce indicazioni sul campo dei valori di convergenza diametrale e di estrusione attesi per ogni sezione tipo.

11) Tali valori, riferiti al diametro e riportati nelle tavole allegate alla presente, effettivamente misurabili in corso d'opera sono dati da:

$$\delta = \delta_f - \delta_o$$

dove:

δ_o = deformazione iniziale al fronte e non misurabile in galleria

δ_f = deformazione finale lontano dal fronte, a distanze superiori a $2 \varnothing$

12) Il progetto costruttivo indicherà anche i valori attesi in prossimità del fronte di avanzamento a distanza di $1 \div 2 \varnothing$ (\varnothing = diametro di scavo).

13) La frequenza con cui procedere al rilievo della risposta deformativa del fronte e del cavo durante gli avanzamenti è indicata nel progetto (cfr. progetto di monitoraggio), in funzione della categoria di comportamento prevista per la tratta in esame.

14) Nel corso dei lavori il rilievo della risposta deformativa del fronte e del cavo viene condotto utilizzando delle schede le cui indicazioni sono contenute nel progetto di monitoraggio.

15) Le risultanze di questi rilievi forniscono la reale risposta deformativa del fronte e del cavo. Tale risposta consente di valutare come quei fattori difficilmente schematizzabili e prevedibili a priori, sempre presenti in natura, agiscono sul comportamento del cavo, previsto teoricamente nel progetto esecutivo.

16) Tali rilievi consentiranno di verificare qualitativamente lo stato tensionale agente sul cavo mediante la ricostruzione della deformata:

- valori delle deformazioni radiali omogenei nei punti rilevati evidenziano uno stato tensionale di tipo isotropo ($K \approx 1$);
- valori delle deformazioni radiali diversi nei punti rilevati evidenziano stati tensionali diversi da quello isotropo ($K \neq 1$), che si verificano in corrispondenza di:

a) zone fortemente tettonizzate ed in presenza di lineamenti tettonici regionali, per cui gli stati tensionali possono subire forti alterazioni, con orientazioni comuni alle azioni tettoniche principali;

b) in corrispondenza di zone corticali e/o parietali, in cui gli stati tensionali sono funzione della morfologia dell'area;

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 11 di 220

c)all'interno di ammassi a struttura caotica, per cui gli stati tensionali possono subire repentine e continue modificazioni in intensità e orientazione.

2.3 FASI ESECUTIVE E CADENZE DI AVANZAMENTO

17)Il progetto esecutivo definisce per ogni sezione le fasi esecutive e le cadenze di avanzamento, fornendo in particolare le distanze massime dal fronte di avanzamento entro cui porre in opera gli interventi di contenimento di prima e seconda fase (rivestimento di 1a fase, arco rovescio e rivestimento definitivo).

18)Nel corso dei lavori il rilievo delle fasi esecutive e delle cadenze di avanzamento viene condotto secondo particolari schede riportanti ogni dettaglio esecutivo. Ciò al fine di correlare l'andamento delle deformazioni con le fasi lavorative.

19)Le risultanze di tali rilievi hanno lo scopo di fornire gli elementi necessari per valutare l'influenza delle fasi e delle cadenze di avanzamento sulla risposta deformativa del fronte e del cavo descritta nel paragrafo precedente (ad esempio una più efficace regimazione dei fenomeni deformativi può essere ottenuta rinforzando gli interventi di preconsolidamento al fronte come avvicinando gli interventi di contenimento quali murette e arco rovescio al fronte).

2.4 APPLICAZIONE DELLE SEZIONI TIPO E DELLE RELATIVE VARIABILITÀ

20)Il progetto definitivo, attraverso la caratterizzazione degli ammassi presenti lungo il tracciato e la successiva fase di previsione di comportamento dell'ammasso allo scavo in assenza di interventi ha definito le tratte a comportamento geomeccanico omogeneo, attribuendone la relativa categoria di comportamento (A,B,C).

21)All'interno di ciascuna tratta, in sede di progetto esecutivo, sono state definite nel profilo geomeccanico le sezioni tipo e le relative percentuali di applicazione, in funzione delle caratteristiche geologiche dell'ammasso in esame e del grado di instabilità del fronte di avanzamento.

22)In corso d'opera lo schema operativo seguito è indicato in allegato 5 "fase operativa e di verifica in corso d'opera".

23)Una volta verificata la rispondenza con le ipotesi di progetto, riguardo la situazione geologico-geomeccanica e gli stati tensionali con i criteri descritti nei paragrafi precedenti, si procede alla scelta e all'applicazione della sezione tipo prevista per la tratta in esame.

24)Durante gli avanzamenti vengono raccolti i dati, secondo i criteri indicati nei paragrafi precedenti, riguardo le condizioni geologiche e geomeccaniche al fronte di avanzamento, la risposta deformativa del fronte e del cavo, le fasi e le cadenze di avanzamento; la loro

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collocamenti Integrati Meloni	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC
	Foglio 12 di 220

elaborazione consente di confrontare la situazione così riscontrata con quella di progetto e procedere di conseguenza alla gestione del progetto secondo i punti di seguito indicati.

25) Se le condizioni geologiche e geomeccaniche rilevabili al fronte e la risposta deformativa si mantengono all'interno dei valori previsti e riportati nelle tavole allegate, che descrivono tutte le formazioni rocciose, si prosegue con l'applicazione della sezione in corso di esecuzione .

26) Se la risposta deformativa manifesta la tendenza al raggiungimento del limite inferiore o superiore del campo ipotizzato, confermata dall'evidenza dei precedenti rilievi geologici/geotecnici/geomeccanici, il progettista definirà se procedere alla modifica della distanza dal fronte entro cui eseguire il getto dell'arco rovescio, delle murette, del rivestimento definitivo (fermo restando le massime previste in progetto e in capitolato per ogni sezione) e/o alla modifica dell'intensità degli interventi, nell'ambito dei ranges di variabilità previsti per la sezione adottata.

27) Se le condizioni geologiche e geomeccaniche rilevate al fronte di avanzamento manifestano un miglioramento ovvero un peggioramento rispetto al rilievo precedente (pur rimanendo nell'ambito dei parametri caratterizzanti la tratta) il progettista, di concerto con i tecnici dello staff operativo del Consorzio, valuta la possibilità di procedere alla modifica dell'intensità degli interventi nell'ambito dei ranges di variabilità previsti per quella sezione e di seguito descritti, anche con modeste variazioni dei parametri deformativi (ad esempio in categoria di comportamento A la struttura dell'ammasso gioca un ruolo determinante ai fini della definizione dell'intensità degli interventi di 1a fase anche a fronte di deformazioni trascurabili).

28) Nell'ambito di una stessa tratta a comportamento geomeccanico omogeneo possono essere presenti diverse sezioni tipo, oltre a quella prevalente la cui percentuale di applicazione è definita in progetto in funzione di:

- caratteristiche geologiche e geosturali dell'ammasso,
- caratteristiche geomeccaniche e idrogeologiche dell'ammasso,
- stato tensionale agente,
- possibili disturbi di natura tettonica

Quando le situazioni geomeccaniche osservate risultano sensibilmente differenti da quelle ipotizzate e le deformazioni sono al di fuori dei campi previsti, si procede al passaggio ad una diversa sezione tipo, tra quelle previste in progetto per quella tratta.

Qualora la situazione riscontrata non corrisponda a nessuna di quelle ipotizzate nella tratta in esame, e di conseguenza nessuna delle sezioni tipo previste può essere adottata, ma tuttavia tale situazione è analoga ad altre ipotizzate lungo il tracciato, si procede all'adozione di una diversa sezione tipo, non prevista in quella tratta, ma già prevista in progetto in altre tratte in contesti analoghi.

Nel passaggio da una sezione ad un'altra con differenti limitazioni esecutive si procederà per quanto possibile in maniera graduale, in modo da mantenere la continuità operativa del cantiere adottando criteri di flessibilità esecutiva

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 13 di 220

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

Di seguito si riporta una sintesi delle caratteristiche geologico – strutturali dell’area nel suo complesso.

Dal punto di vista geologico - strutturale il tracciato della linea ferroviaria del “Terzo Valico dei Giovi”, interessa un’area molto estesa, compresa tra Genova e Tortona, e si sviluppa attraverso un insieme eterogeneo di unità geologico strutturali. Nell’area in oggetto è situato il contatto tra le estremità della catena alpina ad ovest e della catena appenninica settentrionale verso est. Tale zona, nota in letteratura come Zona Sestri-Voltaggio, separa il Gruppo di Voltri ad Ovest, dalle Unità Liguri s.l. ad Est. Queste unità tettoniche sono delimitate a nord dalle successioni sedimentarie del Bacino Terziario Ligure-Piemontese e dai depositi quaternari della Pianura Padana, che pure vengono interessati dalla linea ferroviaria in progetto e di cui le suddette unità costituiscono il basamento.

L’assetto strutturale si presenta articolato e complesso in quanto le tre grandi unità geologico-strutturali, Gruppo di Voltri, Zona Sestri-Voltaggio e Unità Liguri s.l., oltre a presentare una marcata deformazione a carattere duttile, sono strutturate in un sistema a falde, generatesi durante eventi deformativi polifasici.

In base a quanto sopra il tracciato della linea ferroviaria si inserisce, in prima approssimazione all’interno di tre ampi ambiti geologico – strutturali, che, da sud a nord sono:

- la dorsale alpi – appennino liguri costituita dalle tre unità, Gruppo di Voltri, Zona Sestri – Voltaggio, Unità Liguri,
- la “Successione del Bacino Terziario Ligure – Piemontese”,
- i depositi alluvionali quaternari della Pianura Padana.

L’area interessata dal tracciato ferroviario ad Alta Capacità Milano - Genova si colloca in un particolare ambito geologico - strutturale, costituito dal passaggio, da Nord a Sud, dalle sequenze di pertinenza alpina a quelle di pertinenza appenninica.

La presenza di quattro grandi unità tettono - stratigrafiche, rappresentate dal Gruppo di Voltri, dalla Zona Sestri - Voltaggio s.s., dalle Unità Liguridi s.l. e dal Bacino Terziario Ligure - Piemontese, è all’origine di un quadro geologico - strutturale complesso, con elementi strutturali a carattere sia duttile che fragile ed, alla scala, da locale a regionale. Queste grandi unità sono infatti caratterizzate da una deformazione interna, a carattere prevalentemente duttile, sviluppatasi durante la strutturazione a falde della catena Alpina. Una serie di eventi deformativi a carattere fragile interessano successivamente tutta l’area, in epoca “Appenninica”.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 14 di 220

Nel settore del BTLP si osservano principalmente deformazioni sinsedimentarie a carattere fragile, che hanno talora complesse ripercussioni nei confronti dei fenomeni di sedimentazione, determinando considerevoli variazioni laterali nelle formazioni.

Nel settore in cui le unità sedimentarie del BTLP si giustappongono alle unità di catena (alte Val Lemme e Scrivia) vi possono essere complesse implicazioni tettoniche tra i due elementi, legate alle deformazioni sin- e post-deposizionali.

Di seguito è riportato un sintetico inquadramento dei principali domini geologico-strutturali:

Gruppo di Voltri - Il Gruppo di Voltri si estende ad Ovest della Zona Sestri-Voltaggio. Esso è costituito da diverse unità, riferibili ad originarie associazioni gabbro-peridotitiche, attualmente rappresentate da serpentiniti antigoritiche e metagabbri eclogitici (Unità Beigua, Ponzema, Erro-Tobbio) e da originarie associazioni di vulcaniti basaltiche e sequenze sedimentarie di tipo oceanico, attualmente rappresentate da prasiniti e calcescisti (Unità Voltri-Rossiglione, Alpicella, Ortiglieto, Palmaro-Caffarella) (Chiesa et al., 1975; Cortesogno & Haccard, 1984).

L'evoluzione metamorfica registrata dai litotipi del Gruppo di Voltri presenta sia un'impronta metamorfica di alta pressione (facies scisti blu e/o eclogitica; Unità Beigua-Ponzema, Voltri-Rossiglione; Erro-Tobbio) che paragenesi retrograde in facies scisti verdi (Unità Palmaro-Caffarella) (Messiga & Piccardo, 1974; Cortesogno & Haccard, 1984; Piccardo et al., 1988; Scambelluri et al., 1991; Messiga et al., 1992).

Per quanto concerne le età delle rocce appartenenti al Gruppo di Voltri, queste sono generalmente attribuite al Giurassico medio e superiore e/o al Cretaceo inferiore (età dei protoliti) (Vanossi et al., 1984; Cortesogno & Haccard, 1984; Marini, 1998).

Zona Sestri – Voltaggio - La Zona Sestri-Voltaggio si presenta come una fascia allungata in senso Nord-Sud, compresa tra le Unità Liguri s.l. ad Est e il Gruppo di Voltri ad Ovest. Il contatto con quest'ultimo è caratterizzato dalla "linea Sestri-Voltaggio", una superficie di faglia subverticale orientata indicativamente Nord-Sud, osservabile su circa 24 km, e con associate breccie cataclastiche, mentre il contatto con le Unità Liguri è principalmente di tipo duttile.

La Zona Sestri – Voltaggio è in realtà una fascia complessa dal punto di vista tettonico, costituita da tre differenti unità: Unità del M. Gazzo-Isoverde; Unità di Cravasco-Voltaggio; Unità di Timone-Bric Teiolo (Marini, 1998).

- L'Unità del M. Gazzo-Isoverde (Unità Triassico-Liassica di Haccard, 1976) è contraddistinta da prevalenti litotipi carbonatici e fillosilicatici, di età variabile dal Trias superiore al Giurassico inferiore.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC
	Foglio 15 di 220

- L'Unità di Cravasco-Voltaggio presenta gli elementi di una sequenza ofiolitica completa, i cui litotipi sono attribuiti ad età dal Giurassico superiore al Cretaceo inferiore. Le paragenesi metamorfiche indicano condizioni di pressione e temperatura proprie della facies scisti-blu.
- L'Unità di Timone-Bric Teiolo (Unità del M. Figogna di Haccard, 1976), giurassico superiore-cretaceo inferiore, ha carattere ofiolitico ma a differenza dell'unità precedente è priva di termini gabbrici e presenta coperture peculiari. Il metamorfismo è in facies pumpellyte-attinolite.

Unità Liguri s.l. - Le Unità Liguri s.l., o flysch liguridi, affiorano immediatamente ad Est della Zona Sestri-Voltaggio e sono caratterizzate in prevalenza da sequenze terrigene di tipo torbiditico. Nell'area studiata si riconoscono due unità maggiori: l'Unità della Val Polcevera e quella del M. Antola (Marini, 1998).

L'Unità della Val Polcevera (Flysch di Busalla di Haccard, 1976), di supposta età cretacea superiore, è costituita da sequenze emipelagiche alternate a sequenze torbiditiche marnoso calcarenitiche o siltoso arenacee.

L'Unità del M. Antola, cretacea superiore, è costituita da un complesso di base emipelagico e da una porzione superiore torbiditica marnoso- calcarenitica nota come "flysch a Helmintoïdes" (auct.).

Bacino Terziario Ligure Piemontese BTLP - Con il termine di "Bacino Terziario Ligure-Piemontese" viene indicato il complesso di sedimenti molassici terziari che costituiscono i rilievi collinari del settore sud orientale del Piemonte. Il margine meridionale del BTLP è costituito da una potente successione di rocce sedimentarie terrigene oligo-mioceniche, relativamente poco deformate, che riposa, in discordanza, su unità intensamente tettonizzate (le tre sopracitate macro-unità tettoniche), di pertinenza sia alpina che appenninica, che ne rappresentano il substrato (Ghibaudo et al., 1985).

Le diverse unità del BTLP sono contraddistinte da formazioni conglomeratiche, arenacee e marnose che hanno mediamente giacitura monoclinale debolmente inclinata con immersione verso Nord / Nord-Ovest. Alcuni settori sono interessati da una tettonica di tipo fragile con faglie subverticali dal rigetto anche pluridecametrico. Localmente sono stati descritti sovrascorrimenti coinvolgenti le porzioni inferiori della successione (Piana et al. 1997)

La successione monoclinale costituente il margine meridionale del bacino è bruscamente troncata all'estremità orientale dalla linea Villalvernia-Varzi, che la pone in contatto con i terreni deformati di pertinenza appenninica.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 16 di 220

4. INQUADRAMENTO LITOLOGICO

L'esame di tutti i dati ottenuti dalle indagini in sito ed in laboratorio eseguite per la caratterizzazione geologico-geomeccanica dei terreni interessati dalle gallerie naturali ha consentito di individuare e suddividere l'area interessata dal tracciato della linea ferroviaria in zone a caratteristiche litologiche omogenee e, tra queste ultime, effettuare un'ulteriore discretizzazione di zone a comportamento geomeccanico omogeneo.

L'analisi è stata condotta sulla scorta dei dati ottenuti da tutte le indagini geologiche, geostrutturali, geomeccaniche svoltesi sia in fase di Progetto Preliminare sia in fase di Progetto Definitivo.

Innanzitutto dal punto di vista geologico si possono distinguere sei importanti zone a differente composizione litologica:

1. **Zona delle "Argille a Palombini"** ⇒ questa zona è quella più estesa arealmente, rappresenta il basamento delle successioni sedimentarie del BTLP ed oltre il 50% circa dell'ammasso roccioso che sarà interessato dallo scavo delle gallerie naturali.
2. **Zona delle successioni sedimentarie del Bacino Terziario Ligure – Piemontese (BTLP)** ⇒ basamento prequaternario dei depositi alluvionali della Pianura Padana.
3. **Zona dei depositi quaternari** ⇒ Quest'area interessa solo marginalmente le opere in sotterraneo, in particolare la zona di imbocco nord della Galleria Serravalle. I depositi sono costituiti da potenti successioni tabulari di orizzonti clastici, a granulometrie variabili sia in senso orizzontale sia verticale, di origine prevalentemente alluvionale e legati all'attività erosiva, di trasporto e sedimentazione dei principali corsi d'acqua (Scriva, Po, Ticino).
4. **Zona a sud – ovest del tracciato** (Finestra Borzoli e gallerie di Interconnessione Voltri, binario pari e dispari), ⇒ L'area è interessata da litologie appartenenti alla Zona Sestri – Voltaggio.
5. **Zona in corrispondenza della Finestra Cravasco ad ovest del tracciato** ⇒ L'area è interessata anch'essa da litologie appartenenti alla Zona Sestri – Voltaggio.
6. Infine è stata individuata una zona meno estesa arealmente ma molto importante per le problematiche geomeccaniche che potranno essere incontrate in fase di scavo, che è la **Fascia milonitica di Isoverde** ⇒ questa zona rappresenta il contatto tettonico tra le Unità Liguri della Zona Sestri – Voltaggio. La tratta è compresa tra le progressive 8700 e 12500 circa (cfr. Profilo geologico – geomeccanico, tavola 2/5) ed è costituita da un ammasso roccioso fortemente tettonizzato costituito da scisti micaceo – carbonatici del Passo della Bocchetta, con foliazione pervasiva, inglobanti frequenti scaglie e livelli lenticolari, di spessore da metrico a decametrico, di scisti micaceo – carbonatici, poco milonitizzati, serpentinoscisti, metabasalti foliati, scisti carbonatici liassici, calcari di Gallaneto, anidriti, gessi e carniole.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 17 di 220

Dal punto di vista stratigrafico e litologico, la successione dei terreni che interesseranno lo scavo delle gallerie naturali è rappresentata dalle seguenti unità, dalla più antica alla più recente, in base alla zonazione sopra descritta:

- Depositi gessosi, breccie evaporitiche carniole (gc) - (Retico?–Norico sup.?) – ZONA 6**
 - Si tratta di un livello discontinuo, stratigraficamente compreso tra la Dolomia del M. Gazzo e i soprastanti Calcari di Gallaneto, affiorante principalmente tra Paravànico e Isoverde, nel settore più settentrionale dell'Unità Gazzo-Isoverde. Sono distinguibili due facies litologiche. Una prima facies è formata da calcari cariati e breccie vacuolari o carniole comunemente associate a depositi di gessi saccaroidi, ormai non più osservabili in superficie e, probabilmente, ancora presenti solo nel sottosuolo. In prossimità di questi affioramenti emergono sorgenti sulfuree. L'altra litofacies è costituita da crostoni di terre rosse ed orizzonti di breccie dolomitiche con matrice fine. Questi litotipi sono in realtà spesso associati a fasce milonitiche e rappresentano delle scaglie tettoniche. Dal punto di vista deposizionale – paleogeografico, queste litofacies sono riferibili ad ambienti costieri di transizione con locali facies di emersione. Gli spessori della prima litofacies possono raggiungere le poche decine di metri, mentre la seconda è di norma di pochi decimetri, fino ad un massimo di 4 – 5 metri.
- Dolomia del M. Gazzo (dG) - (Norico–Carnico sup.) – ZONA 5** - Costituita da dolomie e calcari dolomitici grigio-chiaro, da microcristallini a saccaroidi, ben stratificati ed alternati, verso la base, a livelli massicci. Giunti fillosilicatici centimetrici di colore giallo-verde si osservano comunemente. La potenza dell'unità dolomitica varia, a causa di elisioni tettoniche in corrispondenza della linea Sestri–Votaggio, fra poche decine di metri e circa 400–600 metri: gli spessori maggiori si hanno in corrispondenza degli affioramenti del M. Gazzo e del M. Carlo.
- Calcari di Gallaneto (cG) - (Hettangiano/Retico–Norico sup.) – ZONA 6** - Si tratta di calcari bioclastici, calcari marnosi neri e marne scistose a base calcareo arenacea fine; calcari puri e dolomie verso l'alto. Il limite inferiore, ove è presente l'originale contatto stratigrafico, è individuato da passaggi netti o sfumati alle sottostanti litofacies di transizione o alle dolomie; il limite superiore è per lo più stratigrafico, con passaggi sfumati ai soprastanti Calcari di Lencisa. Questa formazione si colloca, con uno spessore di 50 – 70 metri, tra i Calcari di Lencisa e le Dolomie del M. Gazzo.
- Serpentiniti (Se') - (Giurassico sup. – medio) – ZONA 4** - Rappresentano la base della sequenza dell'Unità del M. Figogna/Timone-Teiolo e presentano relitti dell'originaria composizione harzburgitica e lherzolitica, qualora non prevalgano tessiture scagliose o cataclastiche a seguito di deformazioni tettoniche. Si presentano talora massicce, più frequentemente molto fratturate, passanti a serpentiniti scistose, con foliazione anastomosata; localmente sono presenti breccie serpentinitiche cementate da calcite, di colore verdastro.
- Basalti (B') - (Giurassico sup. – medio) – ZONA 4** - Con questo termine è stato individuato un insieme eterogeneo di rocce ad affinità basaltica. Si tratta infatti di basalti a cuscini, basalti massicci, breccie basaltiche, e metabasalti, talora scistosi, con metamorfismo in facies "scisti blu". I termini predominanti sono basalti con strutture a cuscini, i cui interstizi

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 18 di 220

sono spesso colmati da vetro vulcanico cloritizzato oppure, da depositi ematizzati. Nella zona della Finestra Borzoli, prevalgono accumuli di brecce basaltiche. Filoni basaltici e subordinatamente dioritici, sono diffusi sia all'interno dei basalti che delle serpentiniti.

- **Calcarei di Erselli (cE) - (Neocomiano – Titoniano sup.) – ZONA 4** - Sono calcari microcristallini e finemente arenacei di spessore fino a pluridecimetrico, talora foliati, con giunti pelitici; in alcuni strati sono osservabili tracce di gradazione torbiditica. La formazione (s.l.) è costituita da una sequenza serrata di strati deformati di calcari grigi, a patina d'alterazione bianco-cinerina; sono riferibili a calcari micritici, spesso impuri per una più o meno abbondante frazione terrigena silicoclastica (soprattutto argilla e quarzo detritico) e con giunti di emipelagiti argillose nere; nelle zone ove questi sono più importanti, gli strati calcarei si presentano spesso boudinati. Accentuati processi di ricristallizzazione sono evidenziati dalla presenza di strati foliati con livelli di fillosilicati concentrati nell'intervallo pelitico maggiormente marnoso. Gli strati calcarei maggiormente arenacei conservano alla base evidenti laminazioni sedimentarie e mostrano per lo più orizzonti torbiditici.
- **Metargilliti con abbondanti essudati di quarzo (af) - (Cretaceo inf.) – ZONA 1** - Quest'unità è inglobata nelle Meta-Argilliti a Palombini del Passo della Bocchetta, delle quali costituisce il tetto stratigrafico, ed è in continuità stratigrafica con le soprastanti Argilliti di Mignanego. Questa formazione è costituita, analogamente alle Meta-Argilliti a Palombini, da scisti grigio - neri o verdastri per la presenza di veli sericitici sulle superfici di discontinuità, fortemente arricciati e solo raramente lastroidi, ricchi di essudati di quarzo ed albite in lenti e noduli; molto spesso assumono un aspetto filladico. Ad essi si intercalano però anche banchi medio - sottili di arenarie quarzose da fini a finissime a cemento carbonatico. Le litologie primarie ricordano quelle delle unità emipelagitiche diffuse in tutti i flysch liguridi. Lo spessore non è definibile.
- **Meta - argilliti a Palombini del Passo della Bocchetta (aP) - (Cretaceo inf.) – ZONA 1** - Questa formazione comprende metargilliti filladiche con intercalazioni di spessore da metrico a submetrico di calcari microcristallini per lo più scistososi; il limite inferiore è definito dai Calcarei di Erselli o dai Diaspri, o in assenza di entrambi, dai Basalti; il limite superiore è rappresentato dalle Metargilliti Filladiche. Le meta-argilliti si presentano come scisti nerastri o grigio scuri, spesso grafitosi, talvolta limoso/sabbiosi, a patine di alterazione brunastre, con scistosità accentuata e facile divisibilità in scaglie sottili; le superfici di scistosità appaiono grigio – nere o verdastre per la presenza di veli sericitici. Le lenti di calcari micritici silicei sono di tipo "palombino": raramente a grana grossa, sono calcari finemente arenacei e subordinati calcari marnosi; gli strati, di spessore da decimetrico a metrico, sono di colore grigio scuro, compatti, a frattura concoide, e possono presentare diversi gradi d'alterazione, giungendo ad essere addirittura completamente incoerenti e con una colorazione bruno-rossiccia. Queste intercalazioni non sono comunque distribuite in modo uniforme all'interno della formazione. Lo spessore della sequenza non è definibile a causa dell'intensa tettonizzazione. E' importante sottolineare la presenza di zone di spessore metrico, in cui le meta-argilliti risultano molto alterate, con immersi lembi discontinui di calcare. Tra Paveto e il Passo della Bocchetta, ad esempio, le intercalazioni calcaree sono più frequenti e di maggiore spessore, con blocchi anche plurimetrici: qui i calcari intercalati presentano

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC <div style="float: right;">Foglio 19 di 220</div>

spessori decimetrici e, in corrispondenza del Rio della Luce (a NW di Paveto), possono anche eccedere il metro. In altre aree, tali intercalazioni sono più rare e di dimensioni minori, come appare evidente osservando gli affioramenti posti lungo la cresta che, dal Passo della Bocchetta, sale verso il Monte Poggio ed oltre ed anche nei pressi di Fraconalto, dove quest'unità, ricoperta in discordanza da un lembo della Formazione di Molare, mostra livelli calcarei piuttosto rari e di ridotto spessore. L'unità in esame affiora estesamente da Ponte dell'Acqua a sud, fino a Bric Cornei, a nord, per uno sviluppo lineare di oltre 20 km: in quest'area viene a delinearsi una struttura a scaglie tettoniche a sviluppo nord - sud, con ripetizione della serie. Si consideri infine il fatto che la formazione delle Meta-Argilliti a Palombini presenta dei caratteristici inclusi ofiolitici di Metabasalti, Serpentinici e di Scisti Diasprigni: tali inclusi rappresentano porzioni dell'originario substrato sopra il quale si deposero i sedimenti pelitico - carbonatici caratterizzanti le Meta-Argilliti a Palombini. Coinvolti nelle diverse fasi deformative che interessarono l'area in esame, essi appaiono come corpi sradicati, distribuiti in modo discontinuo all'interno della formazione e, in genere, di dimensioni comprese tra decametriche ed ettometriche.

- **Brecce di Costa Cravara (bC) (Eocene superiore) – ZONA 2** - È l'unità basale della successione del BTLF in quanto poggia direttamente sulle unità di substrato del Gruppo di Voltri. La formazione è rappresentata da una breccia sedimentaria grossolana, essenzialmente monogenica, costituita prevalentemente da elementi di rocce lherzolitiche più o meno serpentinizzate (di pertinenza dell'unità Erro - Tobbio), talvolta anche in clasti pluridecametrici, cementati da una matrice della stessa natura. Localmente sono presenti clasti di metabasiti e/o dolomie. Una colorazione bruno-rossastra è caratteristica. Le brecce poggianti sul Gruppo di Voltri sono deformate per piega e dislocate da faglie. Lo spessore può raggiungere i 100-200 metri. La loro origine può essere attribuita ad accumuli di brecce di pendio in ambiente continentale e in condizioni di instabilità tettonica sotto clima tropicale ossidante.
- **Formazione di Molare (Oligocene) – ZONA 2** – Questa formazione rappresenta i depositi basali, discordanti sul substrato, della successione oligo-miocenica. Essa è costituita prevalentemente da conglomerati e conglomerati arenacei poligenici, a diverso grado di cementazione, costituenti una successione il cui spessore può raggiungere i 1500 m. L'unità è costituita in generale da conglomerati poligenici a grado di cementazione variabile, grossolani, spesso contenenti anche blocchi nella loro parte inferiore, con matrice arenacea in livelli non molto spessi. Verso la Valle Scrivia (Est della Cima d'Alpe) i componenti principali sono costituiti da calcari arenacei, marnosi (provenienti dal Flysch a Elmintoidi) e ofioliti; marne, radiolariti e dolomie sono subordinate. Verso la Val di Lemme (Ovest della Cima d'Alpe) si osserva l'esclusiva presenza di termini ofiolitici provenienti dal Gruppo di Voltri. A Nord-Est di Voltaggio (rio Morsone) sono presenti lenti costituite prevalentemente da dolomie triassiche. Nella zona meridionale dell'area interessata dal progetto, si distingue almeno tre litofacies di conglomerati differenti, per natura dei clasti e caratteristiche granulometriche e di cementazione, legate a tre differenti conoidi continentali e sottomarini, con differente tipo di alimentazione. La successione conglomeratica è organizzata in banchi plurimetrici non sempre ben definiti, con immersione a nord e moderati valori di pendenza, al

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 20 di 220

cui interno si possono distinguere sia arenarie, da grossolane a fini, in strati decimetrici, spesso amalgamate ed alternate a marne localmente prevalenti, sia arenarie e siltiti fossilifere, intensamente bioturbate. Queste ultime litofacies possono costituire orizzonti pluridecametrici il cui sviluppo laterale è di qualche decina di km. Caratteristica specifica di questa unità é l'estrema eterogeneità dei suoi caratteri, così che la granulometria, la composizione petrografica dei clasti e le caratteristiche sedimentologiche possono variare da punto a punto all'interno di ogni strato e, a scala maggiore, nell'intera formazione. Gli approfondimenti eseguiti per il Progetto Definitivo su questa formazione hanno permesso di mettere in evidenza una consistente complessità stratigrafica. In particolare la presenza di trovanti plurimetrici (di diametro anche superiore a 5 metri) di natura litologica differente, da litotipi ofiolitici (serpentiniti, metagabbri e peridotiti) a litotipi calcareo – dolomitici, arenacei e basaltici, potrà determinare problematiche in fase di scavo, così come descritto nel successivo capitolo 5, relativo all'analisi e valutazione del rischio.

- **Marne di Rigoroso – Flysch di rigoroso (mR – fR) (Oligocene) – ZONA 2** - Questa formazione rappresenta una unità litostratigrafica eterogenea, costituita prevalentemente da marne argillose inglobanti, a diversi livelli stratigrafici, membri sabbiosi torbiditici a geometria lenticolare. Dal punto di vista litologico la formazione in esame risulta costituita da marne e marne siltose emipelagiche prevalenti (mR), indicative di una sedimentazione di scarpata e/o bacinale, inglobanti corpi arenacei lenticolari da mettere in relazione ad un sistema deposizionale di conoide sottomarina. La Formazione delle Marne di Rigoroso si sviluppa con uno spessore di circa 500 m dando luogo ad un esteso paesaggio calanchivo. Nella zona interessata dal progetto la parte superiore della formazione è costituita da una successione di alternanze arenarie/marne in rapporto circa 1:1 con strati di spessore variabile nota come “Flysch di Rigoroso” (fR). Gli strati arenacei hanno spessori variabili da pochi cm a 5-6 metri, e mostrano grande continuità laterale, alla scala dell'area di studio. Essi sono costituiti da arenaria, da grossolana a molto fine, generalmente ben selezionata e cementata, sono gradati e presentano laminazioni parallele che, verso l'alto dello strato, divengono ondulate. Nella parte alta del Flysch di Rigoroso si trovano straterelli sottili biancastri friabili, sia isolati che a formare banchi molto caratteristici, spessi fino a 2-3 metri, costituiti per lo più da vetro vulcanico e pomici in frammenti di granulometria da grossolana a molto fine, che presentano diverse strutture sedimentarie, quali gradazione e laminazione parallela.
- **Membro di Costa Montada (Oligocene – Miocene inf.) – ZONA 2** - L'unità è costituita dalla sovrapposizione di tre sub-unità, ognuna caratterizzata da specifici caratteri di facies e, quindi, litologici. La sub-unità uMc è costituita da arenarie fini e marne, intensamente bioturbate, al punto da risultare pressoché completamente omogeneizzate e prive di strutture sedimentarie (laminazione, gradazione). Questi sedimenti formano una successione spessa poche decine di metri, per lo più arenacea, poco cementata, caratterizzata da strati spessi da pochi cm ad alcuni dm, tendenzialmente sempre più sottili verso il tetto della successione stessa. La sub - unità uMb è costituita da arenarie medio – grossolane in strati spessi qualche dm, gradati e laminati, piano paralleli e con discreta continuità laterale, che si alternano a pochi strati di conglomerato e formano una successione di arenarie massicce,

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 21 di 220

ben cementate, spesso fino ad un centinaio di metri. Queste arenarie si sovrappongono con contatto netto alla sub-unità uMa e, rispetto ad essa, sono caratterizzate da maggiore continuità laterale. La sub - unità uMa è costituita da depositi di frana sottomarina, nella quale si trovano, mescolati caoticamente, argille, arenarie, ciottoli di varie forme e dimensioni, e frammenti fossili. Essa raggiunge uno spessore massimo di 70 m, si sovrappone con contatto netto e presumibilmente erosivo al Flysch di Rigoroso, e si chiude immediatamente ad Ovest del tracciato di progetto, in località Masseria Praga. Questa unità è caratterizzata da buona continuità laterale, si sovrappone con contatto netto alla sub-unità precedente ed è seguita con contatto transizionale dai sedimenti della formazione successiva.

- **Formazione di Costa Areasa (fC) (Burdigaliano – Langhiano) – ZONA 2** - La formazione in esame risulta costituita da alternanze di strati arenaceo-pelitico-torbiditici e livelli di emipelagiti, con rapporto arenaria/pelite-emipelagite all'incirca pari o inferiore all'unità. La parte superiore (circa 200 m) è invece essenzialmente costituita da marne e peliti siltose con rare e sottili intercalazioni di arenarie. Lo spessore complessivo è di circa 600 metri. La successione sedimentaria appare caratterizzata dalla associazione di due facies distinte: una pelitico-arenacea ed una marnoso-calcareo. La facies pelitico-arenacea è costituita da strati torbiditici (spessi da 10 cm a 3m), con prevalenza della porzione pelitica. Le arenarie sono da medio-grossolane a molto fini; le peliti sono siltose, grigio scure e omogenee, in livelli dallo spessore variabile e generalmente superiore ai corrispondenti livelli arenacei. La facies marnoso calcarea, in livelli spessi, da pochi cm a qualche decina di cm, si trovano intercalati negli strati pelitico arenacei sopra descritti. Si tratta di marne calcaree debolmente siltose, compatte, omogenee e con frattura concoide.
- **Marne di Cessole (mC) (Langhiano) – ZONA 2** - La formazione delle Marne di Cessole presenta la massima potenza nel settore compreso tra la Val Lemme e la Val Scrivia, assottigliandosi poi verso NE in quanto la geometria è controllata dalla superficie di discordanza angolare presente alla base della formazione stessa, ad Est dello Scrivia. Litologicamente la formazione è rappresentata da marne siltose omogenee e siltiti a cui si intercalano arenarie fini bioturbate in strati sottili e rari livelli più calcarei o calcareo-marnosi. Limitatamente alla parte sommitale si osservano frequenti intercalazioni di arenarie medio-grossolane, in strati medi e spessi, che determinano la transizione alle soprastanti Arenarie di Serravalle. Una sezione completa della formazione in esame permette di identificare quattro facies caratteristiche definibili, in base alla litologia dominante, dal basso verso l'alto come segue: **facies marnoso-siltosa**, **facies siltosa** (siltiti molto fini e compatte ricche in matrice argillosa), **facies arenacea fine** (arenarie quarzose fini alternate a marne siltose e siltiti), **facies arenacea**.
- **Arenarie di Serravalle (aS) (Serravalliano) – ZONA 2** - La formazione delle Arenarie di Serravalle è caratterizzata da un contatto superiore piano, con le soprastanti Marne di S. Agata Fossili, e da uno inferiore di tipo eteropico, con le sottostanti Marne di Cessole. Ne consegue una geometria tabulare-cuneiforme con spessori massimi pari a circa 500 metri in corrispondenza della Val Lemme, e minimi di circa 200 metri. Verso Ovest la formazione si compone prevalentemente di arenarie medio-grossolane gradate in strati spessi o massicci a

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 22 di 220

geometria sia tabulare che lenticolare e con interstrati di peliti, siltiti e arenarie fini. Il rapporto arenaria/pelite più siltite rimane superiore ad uno. Nella parte stratigraficamente superiore prevalgono localmente arenarie conglomeratiche e, subordinatamente, conglomerati in strati lenticolari spessi/molto spessi e gradati o gradato-laminati. Ad Est la formazione è costituita da arenarie da fini a medio grossolane, localmente bioclastiche, in strati da decimetrici a metrici caratterizzati da stratificazione incrociata a grande scala. Dal basso verso l'alto stratigrafico si osserva un progressivo aumento delle litologie arenacee, seguito dalla diminuzione delle intercalazioni pelitico-siltose. I depositi delle Arenarie di Serravalle affioranti in corrispondenza della Val Scrivia possono essere interpretati come sedimenti depositi nella zona costiera di una piattaforma controllata essenzialmente da processi di tempesta.

- **Marne di S. Agata Fossili (mA) (Tortoniano) – ZONA 2** - In base alle caratteristiche litologiche la Formazione delle Marne di S. Agata Fossili è suddivisa in due membri parzialmente eteropici, di cui quello inferiore, arenaceo-siltoso e quello superiore pelitico. Il membro inferiore arenaceo-siltoso risulta costituito da alternanze di arenarie fini e siltiti intensamente bioturbate in strati da sottili a medi. Il membro superiore pelitico consiste di marne omogenee di colore grigio-azzurro, bioturbate, a cui si intercalano peliti siltose grigio scure laminate. Nell'area interessata dal tracciato le Marne di S. Agata Fossili, come confermato in profondità dalle stratigrafie dei sondaggi eseguiti, sono costituite da marne di colore grigio chiaro e nocciola, a contenuto arenaceo siltoso variabile, con sporadiche intercalazioni arenacee fini, a cemento carbonatico, di spessore centimetrico.
- **Formazione Gessoso-Solfifera (gS) (Messiniano) – ZONA 2** – Questa formazione affiora in modo discontinuo a tetto delle Marne di S. Agata Fossili tramite un contatto erosionale. Litologicamente si hanno alternanze di peliti grigie, rosso violacee o nocciola, e arenarie fini e siltiti in strati sottili. Blocchi di gessi selenitici (a grossi cristalli geminati) e livelli evaporitici risedimentati si intercalano nei sedimenti sopra descritti. Vi sono inoltre livelli di gesso-areniti gradate con spessore decimetrico, e di calcari evaporitici.
- **Conglomerati di Cassano spinola (cS) (Messiniano sup. – Pliocene inf.) – ZONA 2** - La formazione in esame è costituita da due associazioni litologiche principali: la prima, localizzata essenzialmente fra la Val Lemme e lo Scrivia, comprende facies grossolane, a conglomerati, e subordinate arenarie; la seconda, presente soprattutto a NE della valle Scrivia, si compone di sedimenti a granulometria più fine come marne, peliti, siltiti e arenarie fini, intercalati e/o associati ai conglomerati. La sequenza di litofacies comprende conglomerati grossolani, a ciottoli e blocchi con matrice arenacea; livelli paraconglomeratici a matrice pelitica; alternanze di conglomerati, sabbie e microconglomerati; sabbie da medie a molto grossolane laminate; arenarie gradate; depositi pelitici. I conglomerati grossolani sono a matrice arenacea, con ciottoli poligenici arrotondati e irregolari, a prevalenti elementi calcarei ed arenacei, non sempre ben cementati e con lenti e livelli costituiti da strati centimetrici marnoso sabbiosi di colore grigio.
- **Argille di Lugagnano (aL) (Pliocene) – ZONA 2** – Questi terreni rappresentano i depositi trasgressivi pliocenici costituiti essenzialmente da siltiti e argille limose, molto consistenti,

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC	Foglio 23 di 220

talora sabbiose, fossilifere, di colore grigio azzurro, con intercalazioni sabbiose. Le Argille di Lugagnano ricoprono sia la Formazione Gessoso - Solfifera sia i Conglomerati di Cassano Spinola. Lo spessore della formazione oscilla fra i 150 metri ed i 250 metri circa.

GENERAL CONTRACTOR  <small>Consorzio Collegamenti Integrati Melosi</small>	ALTA SORVEGLIANZA  <small>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</small>
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 24 di 220

5. INQUADRAMENTO GEOMECCANICO

Considerazioni complessive di carattere geologico, derivanti dagli studi di cui ai punti precedenti, hanno consentito la definizione delle litologie caratteristiche di ogni formazione e delle variazioni litologiche nell'ambito di ciascuna di esse, consentendo infine il raggruppamento delle litofacies aventi caratteristiche omogenee. Questa procedura si è basata su criteri litologici (composizione mineralogica e petrografica), strutturali (caratteristiche delle strutture e grado di separazione strutturale) e litomeccanici (con riferimento ad una prima valutazione sintetica delle proprietà fisiche di resistenza e di deformabilità).

L'analisi critica e l'interpretazione delle prove e dei rilievi sopra elencati, unita all'esame diretto in sito degli affioramenti rocciosi e delle carote dei sondaggi, hanno permesso la parametrizzazione dei terreni ricadenti nell'ambito di ciascuna facies. Detta parametrizzazione è consistita in sintesi nella definizione delle caratteristiche di resistenza degli ammassi rocciosi, delle caratteristiche di deformabilità e nella valutazione dello stato tensionale originario.

Successivamente, ancora sulla base di considerazioni di carattere geologico raffrontate con i risultati delle prove in sito e di laboratorio, sono stati individuati nei profili geologico – geomeccanici longitudinali di progetto delle gallerie naturali, i tratti di ricorrenza delle singole facies litologiche, dei relativi parametri geomeccanici, del conseguente comportamento allo scavo (fase di diagnosi), delle principali tipologie di intervento per garantire la stabilità delle cavità (fase di terapia) ed infine la valutazione e la conseguente gestione dei potenziali rischi, legati, sia alle condizioni al contorno, sia alle caratteristiche geomeccaniche intrinseche dell'ammasso roccioso, sia alle caratteristiche idrogeologiche.

L'analisi è stata condotta sulla scorta dei dati ottenuti da tutte le indagini in sito ed in laboratorio eseguite per il Progetto Preliminare e sulla scorta delle risultanze della campagna di indagini integrative e, non da meno, sia sulla base dell'esperienza maturata in analoghi contesti geologico – geomeccanici che dallo scavo dei cunicoli esplorativi.

Nel complesso il tracciato attraversa formazioni completamente diverse tra di loro in termini di comportamento geotecnico e geomeccanico; si passa infatti dai litotipi prevalentemente argillitici a litotipi conglomeratici, marnosi ed arenaci ed infine ai litotipi basaltici della zona di Borzoli e calcareo – dolomitici dalla zona di Cravasco. È inoltre importante sottolineare che, anche all'interno della stessa formazione le caratteristiche litologiche e geotecniche sono in alcuni casi fortemente variabili, sia attraverso passaggi sfumati che attraverso bruschi cambiamenti.

Ne consegue che lo studio di caratterizzazione degli ammassi, pur essendo stato condotto sulla base di un modello interpretativo il più possibile omogeneo, a causa delle implicazioni sopra esposte ha dovuto subire adattamenti più o meno essenziali, nonché interpretazioni basate anche sull'esperienza e subirà integrazioni a seguito dell'analisi dei risultati conclusivi delle indagini attualmente in corso.

In generale sono stati determinati i principali parametri impiegati in ambito geotecnico e geomeccanico, che sono riassumibili in:

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 25 di 220

- caratteristiche di resistenza d'ammasso;
- parametri di deformabilità dell'ammasso;
- stato tensionale originario.

Più in particolare le caratteristiche di resistenza d'ammasso sono state ricavate attraverso i seguenti passaggi interpretativi:

- a. determinazione per via sperimentale delle curve di resistenza intrinseca dei materiali rocciosi, attraverso l'interpretazione delle prove di laboratorio, laddove queste erano a disposizione;
- b. analisi delle caratteristiche strutturali degli ammassi rocciosi per la classificazione geomeccanica dell'ammasso roccioso.

Per la definizione dei parametri di deformabilità si è operato secondo la procedura seguente:

- a) a. determinazione per via sperimentale delle caratteristiche di deformabilità di provini di laboratorio, laddove erano a disposizione prove di laboratorio;
- b) b. determinazione per via sperimentale delle caratteristiche di deformabilità d'ammasso attraverso prove in situ;
- c) c. determinazione delle caratteristiche di deformabilità mediante l'analisi dei dati strutturali e le relative correlazioni empiriche della classificazione geomeccanica;
- d) d. confronto tra i risultati ottenuti attraverso l'analisi delle prove geomeccaniche di laboratorio, le prove in situ e le correlazioni empiriche.

Per ognuna delle litologie riconosciute è stata effettuata una stima della qualità dell'ammasso roccioso mediante la classificazione di Bieniawski, potendo avvalersi dei dati provenienti dai rilievi strutturali su affioramento, dei valori di RQD dai sondaggi, delle resistenze a compressione monoassiale misurate in laboratorio.

È stato pertanto stimato l'indice di qualità RMR della classificazione di Bieniawski, che si compone della somma di sei termini: resistenza a compressione monoassiale, RQD%, spaziatura delle discontinuità, caratteristiche dei giunti, condizioni idrauliche, giacitura delle discontinuità nei confronti della direzione di scavo.

La caratterizzazione geomeccanica è stata eseguita con la metodologia Geomechanics Classification – Geological Strength Index, correlando il valore atteso di RMR con l'indice GSI.

Questo indice si ricava, per ammassi di qualità discreta o buona, tramite la correlazione empirica $GSI = RMR89 - 5$. Il valore dell'indice RMR89 in questa espressione è corretto attribuendo il valore 15 (R5) per le condizioni idrauliche e ponendo uguale a 0, la correzione per la giacitura delle discontinuità (R6). Nel caso di ammassi rocciosi di qualità da scadente a pessima, l'indice di qualità RMR è più difficile da stimare e meno significativo, pertanto per la definizione di un valore, o meglio di un intervallo di valori di GSI relativi all'ammasso, è opportuno riferirsi agli schemi empirici proposti da Hoek

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC	Foglio 26 di 220

5.1 PARAMETRI GEOMECCANICI

Lo studio di caratterizzazione geotecnica e geomeccanica si è basato, innanzitutto, sul raggruppamento degli ammassi rocciosi con caratteristiche formazionali e litologiche omogenee, in base a criteri non solo litologici ma anche strutturali e litomeccanici, nelle seguenti unità litologiche principali, interessate dallo scavo delle gallerie:

- Argilliti
- Conglomerati
- Alternanze di marne ed arenarie
- Dolomie e calcari
- Basalti
- Serpentiniti
- Argille.

Di seguito si riportano, sinteticamente, i risultati ottenuti in termini di parametrizzazione geomeccanica sulla base dell'interpretazione delle analisi svolte per ogni singola unità litologica.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC	

Foglio
27 di 220

Litotipo intatto

Per le caratteristiche relative alla roccia intatta, sono stati utilizzati i valori ricavati dalle prove di laboratorio eseguite sui campioni provenienti dai sondaggi.

La tabella riporta la sintesi dei valori dei parametri caratteristici della roccia intatta dei differenti litotipi:

Litotipo	Sigla	γ	Et	σ_c	σ_t	m_i
		g/cm^3	MPa	MPa	MPa	
Formazione di Molare	<i>fM</i>	26 - 27	13100 ± 4700	8 ± 2 16 ± 3 27 ± 3	3.5 ± 2	20
Formazione di Costa Areasa	<i>fC</i>	23 - 24	1867 ± 351	8 ± 2 14 ± 3 26 ± 3	1.5 ± 0.41	2.25
Formazione Costa Montada*	<i>uMb - uMc</i>	-	-	-	-	-
Marne di Rigoroso/Flysch di Rigoroso	<i>mR</i>	23 - 24	-	14.6	0.88	3.1
Marne di Cessole	<i>mC</i>	21 - 22	851 ± 495	7.8 ± 2	1.54 ± 1	1
Arenarie di serravalle	<i>aS/marne sabbiose</i>	21 - 22	1250	7.5 ± 2	0.91	9.64
Arenarie di serravalle	<i>aS/arenarie</i>	21 - 22	3875	8.6 ± 3	0.86	9.64
Marne di S. Agata Fossili	<i>mA</i>	20 - 21	2146 ± 4	4.28 ± 4	0.42	2.25
Formazione Gessoso - Solifera	<i>gS</i>	19 - 20	-	-	-	-
Conglomerati di Cassano - Spinola*	<i>cC</i>	-	-	-	-	-
Argille di Lugagnao**	<i>aL</i>	19 - 20	-	-	-	-
Dolomia del M. Gazzo	<i>dG</i>	27	-	53.7 ± 12	-	8.4
Serpentiniti	<i>sE</i>	28	36280 ± 17300	51.3 ± 25	9.3 ± 2	10
Basalti*	<i>B</i>	-	-	-	-	-
Calcari di Gallaneto*	<i>cG</i>	-	-	-	-	-
Calcari di Erselli*	<i>cE</i>	-	-	-	-	-

*: non ci sono dati di laboratorio

** : sono state eseguite prove geotecniche

Tabella 1

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC		Foglio 28 di 220

Ammasso roccioso

Utilizzando i dati sopra riportati, tramite le correlazioni e l'involuppo di rottura di Hoek e Brown, sono stati calcolati i parametri di resistenza dell'ammasso roccioso. I valori dei parametri m_b ed s ottenuti possono essere considerati i valori di picco del materiale.

I valori del modulo di deformabilità sono ricavati dalle correlazioni di Serafim & Pereira, confrontati con i valori ricavati dalle prove in situ.

I valori di GSI utilizzati per il calcolo derivano dall'interpretazione dei dati strutturali sia dei rilievi su affioramento sia dall'analisi delle singole stratigrafie di sondaggio.

Di seguito si riportano sinteticamente i valori dei parametri geomeccanici ottenuti:

Litotipo	Sigla	γ	c	ϕ	E	ν	coperture
		g/cm^3	MPa	$^\circ$	MPa		m
Formazione di Molare	fM	25 ÷ 27	0.4 ÷ 1.25	25 ÷ 45	1.0 ÷ 5.0	0.25 ÷ 0.3	
Formazione di Costa Areasa	fC	23 ÷ 24	0.05 ÷ 0.85	23 ÷ 25	0.5 ÷ 4.0	0.25 ÷ 0.3	10 - 135
Formazione Costa Montada*	uMb uMc	21 ÷ 22	0.14 ÷ 0.34	29 ÷ 35	0.5 ÷ 4.0	0.25 ÷ 0.3	110 - 155
Marne di Rigoroso/Flysch di Rigoroso	mR	23 ÷ 24	0.3 ÷ 0.6	24 ÷ 35	1.5 ÷ 5.0	0.25 ÷ 0.3	155 - 220
Marne di Cessole	mC	21 ÷ 23	0.1 ÷ 0.3	27 ÷ 34	0.5 ÷ 2.0	0.25 ÷ 0.3	10 - 130
Arenarie di Serravalle	aS	21 ÷ 22	0.14 ÷ 0.34	27 ÷ 35	0.5 ÷ 4.0	0.25 ÷ 0.3	25 - 135
Marne di S. Agata Fossili	mA	19 ÷ 21	0.2 ÷ 0.5	25 ÷ 31	0.5 ÷ 3.0	0.25 ÷ 0.3	50 - 85
Formazione Gessoso - Solfifera	gS	19 ÷ 21	0.2 ÷ 0.5	28 ÷ 31	0.5 ÷ 3.0	0.25 ÷ 0.3	20 - 50
Conglomerati di Cassano - Spinola*	cC	25 ÷ 27	0.45 ÷ 0.78	25 ÷ 30	1.0 ÷ 1.5	0.25 ÷ 0.3	20
Argille di Lugagnano**	aL	19 ÷ 20	0.05 ÷ 0.30	21 ÷ 29	0.07 ÷ 0.20	0.30	5 - 25
Dolomia del M. Gazzo	dG	26 ÷ 27	0.23 ÷ 1.45	25 ÷ 35	0.7 ÷ 11.3	0.25 ÷ 0.3	
Serpentiniti	sE	28	0.1 ÷ 1.3	24 ÷ 41	1.1 ÷ 16.0	0.25 ÷ 0.3	
Basalti*	B	28	0.5 ÷ 2.5	31 ÷ 38	1.9 ÷ 20.0	0.25 ÷ 0.3	
Calcari di Gallaneto*	cG	26 ÷ 27	0.3 ÷ 1.45	25 ÷ 35	5.0 ÷ 11.0	0.25 ÷ 0.3	
Calcari di Erselli*	cE	25 ÷ 26	0.3 ÷ 0.7	24 ÷ 32	1.5 ÷ 4.0	0.25 ÷ 0.3	

Tabella 2

Di seguito si riporta una breve analisi delle singole unità litologiche che saranno interessate dallo scavo delle gallerie naturali.

La formazione delle argille a Palombini, vista l'importanza, viene trattata a parte.

Infatti, come anticipato, questa formazione interesserà il tracciato delle gallerie naturali per oltre il 50% del suo sviluppo e fino alle massime coperture previste (650 m circa), è caratterizzata da una intensa tettonizzazione con uno stile plicativo polifasico, è implicata in importanti strutture geologiche regionali profonde (linea Sestri-Voltaggio) ed estremamente variabile sotto il profilo litologico anche alla meso e micro-scala.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC <div style="float: right;">Foglio 29 di 220</div>

Si consideri infine che la formazione delle Meta-Argilliti a Palombini presenta dei caratteristici inclusi ofiolitici di Metabasalti, Serpentine e di Scisti Diasprigni: tali inclusi rappresentano porzioni dell'originario substrato sopra il quale si deposero i sedimenti pelitico - carbonatici caratterizzanti le Meta-Argilliti a Palombini. Coinvolti nelle diverse fasi deformative che interessarono l'area in esame, essi appaiono come corpi sradicati, distribuiti in modo discontinuo all'interno della formazione e, in genere, di dimensioni comprese tra decametriche ed ettometriche.

La formazione fa parte dell'Unità del M. Figogna, che, dal punto di vista strutturale, appartiene alla Zona Sestri – Voltaggio. Come le altre unità geologiche di quest'area, anche quest'unità è caratterizzata da una deformazione interna a carattere prevalentemente duttile, sviluppatasi durante la strutturazione a falde della catena Alpina.

Proprio per questa complessità geologico – strutturale e la presenza percentualmente molto importante lungo il tracciato della linea ferroviaria, di questo litotipo, la caratterizzazione geomeccanica è stata trattata separatamente.

Lo studio è stato eseguito sulla base delle analisi eseguite per il Progetto Preliminare, le prove eseguite durante lo scavo parziale dei due cunicoli esplorativi Vallemme e Castagnola ed i dati di back analysis ottenuti a seguito dello scavo degli stessi cunicoli.

Da rilevare che tra le progressive 8700 e 12500 circa è stata rilevata la presenza di una fascia milonitica costituita da un ammasso roccioso fortemente tettonizzato costituito da scisti micaceo – carbonatici del Passo della Bocchetta, con foliazione pervasiva, inglobanti frequenti scaglie e livelli lenticolari, di spessore da metrico a decametrico, di scisti micaceo – carbonatici poco milonitizzati, serpentinoscisti, metabasalti foliati, scisti carbonatici liassici, calcari di Gallaneto, anidriti, gessi e carniole.

5.1.1 ARGILLITI A PALOMBINI

Caratterizzazione geotecnica-geomeccanica

Sulla base dei dati raccolti, scaturiti dai rilievi strutturali, dalle colonne stratigrafiche ricavate dai sondaggi, nonché dai rilievi del fronte di scavo durante l'avanzamento dei cunicoli esplorativi, è stato possibile effettuare una suddivisione dell'ammasso roccioso in 3 gruppi geomeccanici (gruppi 1, 2 e 3).

L'omogeneità e l'assimilabilità nell'ambito di ciascun gruppo sono state definite in base a criteri litologici (composizione mineralogica e petrografia, percentuale di palombino relativamente alla matrice argillitica, grado di alterazione, eventuale presenza di acqua), strutturali (caratteristiche delle strutture e grado di separazione, indice RQD, intensità della foliazione, intensità della tettonizzazione come ad esempio la presenza di struttura a pieghe fino alla microscala) e litomeccanici (con riferimento ad una prima valutazione delle proprietà fisiche, di resistenza e di deformabilità).

Nel seguito si fornisce una prima sommaria descrizione dei gruppi geomeccanici così individuati (validi sino alle coperture ad oggi indagate):

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 30 di 220

Gruppo 1

L'ammasso presenta discrete proprietà geomeccaniche. L'RQD è mediamente maggiore del 50-60%; si individua chiaramente la foliazione regolarmente spaziata anche se la struttura non è intensamente piegata fino alla microscaletta. Le superfici dei giunti sono prive di alterazione e la circolazione idrica è scarsa o assente. La presenza dei palombini può superare il 50% fino a condizionare completamente il comportamento generale dell'ammasso; gli strati calcarei sono però poco fratturati e poco alterati. Mediamente nel corso dello scavo dei cunicoli Vallemme e Castagnola tale gruppo è stato incontrato con una percentuale pari al 28%.

Gruppo 2

L'ammasso mostra scadenti proprietà geomeccaniche. L'RQD è variabile mediamente tra il 20 e il 50%; si individua ancora chiaramente la foliazione regolarmente e fittamente spaziata ma con struttura più intensamente piegata, fino alla microscaletta. Le superfici dei giunti sono da poco alterate ad alterate e la circolazione idrica è scarsa. I palombini, quando presenti (non oltre il 50%), risultano da fratturati a molto fratturati e localmente alterati. Mediamente nel corso dello scavo dei cunicoli Vallemme e Castagnola tale gruppo è stato incontrato con una percentuale pari al 55%.

Gruppo 3

L'ammasso che ricade in questo gruppo appartiene a zone particolarmente tettonizzate o alterate e mostra proprietà geomeccaniche molto scadenti. L'RQD è inferiore mediamente al 20%; la foliazione è talmente intensa ed irregolarmente e fittamente spaziata che può non essere più riconoscibile (ammasso destrutturato con perdita di coesione); la struttura, quando riconoscibile, è intensamente piegata fino alla microscaletta. Le superfici dei giunti sono da alterate a molto alterate e la circolazione idrica può essere significativa. I palombini, quando presenti (non oltre il 30%), risultano intensamente fratturati ed alterati. Mediamente nel corso dello scavo dei cunicoli Vallemme e Castagnola tale gruppo è stato incontrato con una percentuale pari al 17%.

Il gruppo 3 può pertanto descrivere il comportamento dell'ammasso roccioso nelle zone a bassa copertura o in prossimità di importanti strutture geologiche (faglie, nuclei di pieghe, sovrascorrimenti, ecc.); al contrario il gruppo 1 rispecchia quelle situazioni dove l'estrema compattezza dell'argillite e/o la presenza di abbondanti livelli calcarei (Palombini) guidano e condizionano il comportamento globale d'ammasso

Sintesi sui parametri

Di seguito si riportano i valori di mb e s ed a ricavati per la formazione delle Argilliti a Palombini e distinti per i tre gruppi geomeccanici individuati. L'elaborazione ha tenuto conto sia dei soli dati ricavati dalle indagini relative ai due cunicoli esplorativi che dell'insieme dei dati comprendenti anche le prove di laboratorio sui campioni estratti nella campagna 2001-2002.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 31 di 220

<i>Parametro</i>	<i>U.M.</i>	<i>Gruppo 1</i>	<i>Gruppo 2</i>	<i>Gruppo 3</i>	<i>Note</i>
mb	-	2,577 - 3,683	1,478 - 2,113	0,174 - 0,216	Parametri di ammasso secondo Hoek e Brown da prove triassiali, monoassiali e di trazione indiretta; solo cunicoli
s	-	0,002 - 0,006	0,0007 - 0,002	0,0003 - 0,0007	
a	-	0,504 - 0,509	0,509 - 0,517	0,517 - 0,526	Parametri di ammasso secondo Hoek e Brown da prove triassiali, monoassiali e di trazione indiretta; cunicoli+sondaggi
mb	-	2,269 - 3,243	2,222 - 3,176	0,130 - 0,161	
s	-	0,002 - 0,006	0,0007 - 0,002	0,0003 - 0,0007	
a	-	0,504 - 0,509	0,509 - 0,517	0,517 - 0,526	

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC		Foglio 32 di 220

Di seguito si riportano i valori della resistenza a compressione monoassiale d'ammasso, della resistenza a trazione d'ammasso, della resistenza globale d'ammasso e del modulo di deformazione d'ammasso ricavati per la formazione delle Argilliti a Palombini e distinti per i tre gruppi geomeccanici individuati. L'elaborazione ha tenuto conto sia dei soli dati ricavati dalle indagini relative ai due cunicoli esplorativi che dell'insieme dei dati comprendenti anche le prove di laboratorio sui campioni estratti nella campagna 2001-2002.

<i>Parametro</i>	<i>U.M.</i>	<i>Gruppo 1</i>	<i>Gruppo 2</i>	<i>Gruppo 3</i>	<i>Note</i>
Res. compressione monoassiale d'ammasso	(MPa)	1,603 - 2,884	- 0,287 - 0,537	0,1 - 0,151	Parametri di ammasso secondo Hoek e Brown da prove triassiali, monoassiali e di trazione indiretta; solo cunicoli
Res. trazione d'ammasso	(MPa)	0,029 - 0,062	- 0,006 - 0,012	0,013 - 0,020	
Res. globale d'ammasso	(MPa)	7,972 - 9,808	- 1,937 - 2,422	0,326 - 0,390	
Modulo di deformazione d'ammasso	(MPa)	4363 - 7758	1420 - 2526	728 - 1029	
Res. compressione monoassiale d'ammasso	(MPa)	1,364 - 2,453	- 0,203 - 0,380	0,076 - 0,115	Parametri di ammasso secondo Hoek e Brown da prove triassiali, monoassiali e di trazione indiretta; cunicoli+sondaggi
Res. trazione d'ammasso	(MPa)	0,028 - 0,060	- 0,003 - 0,006	0,013 - 0,021	
Res. globale d'ammasso	(MPa)	6,366 - 7,848	- 1,689 - 2,100	0,216 - 0,260	
Modulo di deformazione d'ammasso	(MPa)	4024 - 7156	1195 - 2125	638 - 901	

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC
	Foglio 33 di 220

6. ANALISI DEL RISCHIO

I profili geologico – geomeccanici longitudinali di previsione individuano una serie di rischi intraformazionali dell'ammasso roccioso per lo scavo delle gallerie, con conseguenze sulla scelta, dapprima della metodologia di scavo, meccanizzato o in tradizionale, quindi sulla tipologia degli interventi e dei sostegni da porre in opera in fase di scavo ed in definitiva sul dimensionamento del rivestimento definitivo.

Considerando le litologie presenti, le condizioni geostrukturali, le condizioni idrauliche, il comportamento dell'ammasso roccioso allo scavo e le condizioni al contorno, sono stati riconosciuti o ritenuti possibili le seguenti tipologie di problematiche, così come sono indicati nell'analisi del rischio riportata nei profili geologico – geomeccanici di previsione:

rischi collegati alle caratteristiche dell'ammasso roccioso

1. fenomeni di squeezing
2. fenomeni di swelling
3. anisotropia dell'ammasso roccioso
4. deformazioni d'ammasso per fenomeni di convergenze/estrusioni
5. presenza di torvanti

rischi collegati alla presenza d'acqua

6. carico idraulico elevato
7. venute d'acqua concentrate
8. fenomeni carsici
9. presenza di acque aggressive
10. fenomeni di dissoluzione

rischi di carattere generale

11. instabilità del fronte e/o del cavo
12. fenomeni di subsidenza e/o interferenze con opere di superficie.

Nei profili geomeccanici viene presentata una suddivisione per classi di rischio rispetto alle singole problematiche.

Le classi di rischio stimate sono questtro e sono così indicate:

- nullo (colore bianco)
- debole (colore verde)

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 34 di 220

- medio (colore azzurro)
- elevato (colore rosso).

Una analisi più puntuale è stata effettuata individuando e localizzando lungo il tracciato delle gallerie le problematiche riconosciute come certe o ritenute possibili in base alle ricostruzioni effettuate ed attribuendo loro una classe di rischio.

Nel seguito saranno presentati i principali tipi di rischi individuati.

6.1 RISCHI LEGATI ALLE CARATTERISTICHE INTRAFORMAZIONALI DELL'AMMASSO ROCCIOSO

In questa categoria di rischi possono essere raggruppati i fenomeni di “squeezing”, “swelling”, anisotropia dell'ammasso e deformazioni legate a forti convergenze e/o estrusioni. La formazione di questi fenomeni è legata alle caratteristiche litologiche, composizionali, dell'ammasso roccioso. In particolare fenomeni di “swelling” si possono verificare in presenza di anidriti, carniole, fasce fortemente tettonizzate, caratterizzate dalla presenza di materiale molto alterato e/o fratturato (cataclasiti).

“Squeezing”: sostanzialmente questo fenomeno dipende dalle caratteristiche reologiche dei materiali che presentano particolare propensione al rammollimento, quali ad esempio le argille o gli ammassi rocciosi che contengono una elevata frazione argillosa. Fenomeni di questo tipo si possono manifestare in ammassi rocciosi definiti come “ammassi rocciosi spingenti”, costituiti da argilliti e cataclasiti in corrispondenza di medie ed elevate coperture. In genere questo fenomeno consiste nell'aumento progressivo, nel tempo, delle deformazioni sotto un carico che si mantiene costante. Dal punto di vista ingegneristico il principale rischio associato al fenomeno di “squeezing” è legato allo sviluppo a lungo termine delle pressioni esercitate dall'ammasso roccioso sui rivestimenti. I rischi maggiori per le opere a progetto, si hanno sempre in corrispondenza dell'attraversamento delle “Argille a Palombini” ed in corrispondenza della Fascia Milonitica di Isoverde, caratterizzata dalla presenza di serpentinoscisti, argilloscisti tettonizzati ed infine nell'attraversamento delle singole zone di faglia.

Il monitoraggio in corso d'opera ed un'approfondita campagna di indagini in sito e di laboratorio saranno determinanti per definire il comportamento dell'ammasso roccioso al fine di ottimizzare il dimensionamento dei sostegni e del rivestimento definitivo.

“Swelling”: fenomeni di questo tipo si manifestano soprattutto in presenza di un ammasso roccioso costituito da anidriti e/o gessi, in particolare nelle zone di contatto con livelli acquiferi o ancora in presenza di materiale argilloso. Sulla base dei dati di previsione l'unico settore a rischio medio/elevato è la tratta compresa tra le progressive 10+500 e 10+800, corrispondente

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 35 di 220

all'attraversamento delle anidriti e della "Formazione Gessoso – Solfifera". Fenomeni di "swelling" si possono inoltre incontrare nell'attraversamento di tratte caratterizzate dalla presenza di minerali argillosi. Il fenomeno di "swelling" delle argille è accompagnato ad una perdita di coesione e di rigidità dei materiali.

La definizione del potenziale di rigonfiamento dell'ammasso roccioso dovrà essere valutata mediante un adeguato sistema di monitoraggio in fase di scavo ed attraverso l'esecuzione di prove in situ e prove di laboratorio (ad es. prove per la determinazione del rigonfiamento, analisi RX, analisi petrografiche).

Anisotropia dell'ammasso roccioso - Questo tipo di problematica si manifesta generalmente durante lo scavo in un ammasso roccioso caratterizzato dalla presenza di discontinuità quali ad esempio superfici di origine sedimentaria o metamorfica, faglie, fratture, caratterizzate da una orientazione ed una inclinazione. Le caratteristiche di anisotropia di un ammasso roccioso possono avere le seguenti origini:

- sedimentaria, nel caso di superfici di strato,
- meccanica (tettonica), generando sistemi di fratture in base alla differente storia tettonico-evolutiva subita,
- metamorfica, generando superfici di scistosità e di foliazione.

In particolare nelle "Argille a Palombini" l'anisotropia dell'ammasso è di origine metamorfica e tettonica. Gli effetti che possono manifestarsi in fase di scavo correlati a questo tipo di comportamento possono essere:

- effetti legati alla presenza di una superficie di discontinuità pervasiva, quale la superficie di scistosità; in particolare nel caso di un ammasso roccioso caratterizzato da una marcata superficie di scistosità, possono prodursi importanti fenomeni di splaccaggi in chiave e/o sui paramenti con caduta dei cunei formati quando lo scavo della galleria avviene "in direzione", quando cioè i piani della superficie di scistosità sono tangenti al perimetro di scavo;
- gli splaccaggi sono spesso associati a fenomeni di plasticizzazione dell'ammasso al contorno del cavo con la conseguente formazione di forti convergenze.
- gli effetti dell'anisotropia di origine geomeccanica possono combinarsi all'anisotropia dello stato tensionale in sito; in particolare il rischio legato a questa combinazione di cause sarà elevato in corrispondenza delle zone sotto alta copertura ed in particolare nella Zona Sestri – Voltaggio, ovvero nella Fascia Milonitica di Isoverde, e comunque in corrispondenza di tutte le singole zone di faglia.

Un fattore comunque importante per lo scavo all'interno di un ammasso roccioso caratterizzato da più sistemi di giunti e dalla eventuale presenza di fasce cataclastiche, è dato dall'angolo di incidenza di questi ultimi nei confronti della direzione di scavo: angoli maggiori (esempio 60° - 90°)

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 36 di 220

saranno attraversati senza particolari problematiche, angoli di incidenza inferiori (esempio 10° - 40°) presentano numerosi problematiche quali fenomeni di splaccaggi.

Il monitoraggio continuo e l'esecuzione di prove in situ e di laboratorio su campioni prelevati in corso d'opera, consentirà di definire ed ottimizzare la tipologia dei sostegni da porre in opera ed il dimensionamento dei rivestimenti definitivi.

La verifica del valore di $k\phi$.

“Deformazioni d’ammasso per fenomeni di convergenze ed estrusione – Le deformazioni dell’ammasso roccioso con il prodursi di forti convergenze e/o fenomeni di estrusione del fronte interesseranno in particolare la zona delle “Argille a Palombini”, con una classe media di rischio prevista, tutte le zone di faglia e le zone di bassa copertura sono da considerare con una classe elevata di rischio.

“Presenza di trovanti (F: di Molare) - Una problematica collegata alla scarsa cementazione ed indicata come uno dei rischi potenziali, per lo scavo delle gallerie è la presenza di trovanti, sempre all’interno della Formazione di Molare. In particolare i rilievi di superficie e gli studi geologici hanno evidenziato la presenza di trovanti con dimensioni variabili da centimetriche a plurimetriche (max. 2-3 m, ma con alcuni blocchi di diametro superiore a 5 – 6 metri). Questi trovanti hanno differente natura litologica e conseguentemente anche resistenze completamente differenti: si passa da litotipi ofiolitici, quali serpentiniti, metagabbri e peridotiti a litotipi, anche se in subordine, calcareo-dolomitici, arenacei e basaltici.

6.2 RISCHI LEGATI ALLA PRESENZA D’ACQUA

In generale i rischi collegati alla presenza di acqua sono stati considerati:

- con una classe media di rischio per il carico idraulico, a meno delle zone di faglia, in corrispondenza delle quali è generalmente previsto come elevato;
- con una levata di rischio per quanto riguarda le venute d’acqua concentrate in corrispondenza di tutte le zone di faglia, nelle zone a bassa copertura e, per le “Argille a Palombini” con una classe di rischio media;
- la presenza di fenomeni carsici è stata considerata come rischio da levato a medio, nelle litologie calcareo – dolomitiche, in particolare in corrispondenza dei Calcari di Gallaneto, nelle Dolomie del M: Gazzo (classe elevata di rischio), e nella Formazione Gessoso – Solfifera (classe media di rischio);
- la presenza di acque aggressive è stata indicata come classe elevata di rischio nella Formazione Gessoso – Solfifera, per la presenza di probabili livelli gessosi (il gesso è costituito da CaSO₄ bi-idrato) ed una classe da media a elevata di rischio nelle anidriti

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 37 di 220

(CaSO₄): la presenza dei solfati può intaccare la resistenza dei normale calcestruzzi. Occorre pertanto prevedere la realizzazione di calcestruzzi resistenti all'attacco solfatico.

- Fenomeni di dissoluzione sono stati indicati con classe elevata di rischio sempre nella Formazione Gessoso – Solfifera proprio a causa della presenza di livelli gessosi, e per il rischio, nelle anidriti, che il contatto con l'acqua possa trasformare queste ultime, a loro volta in gessi.

6.3 RISCHI DI CARATTERE GENERALE

Instabilità del fronte e/o del cavo: fenomeni di instabilità del fronte e/o del cavo della galleria dipendono sostanzialmente dalla presenza di zone tettonizzate e/o singole zone di faglia, dalle basse coperture e dalla presenza di contesti peculiari geomeccanici, quali ad esempio una debole scarsa cementazione della matrice rocciosa. In particolare questa particolare situazione si troverà nell'attraversamento dei conglomerati poligenici della Formazione di Molare e di alcune Formazioni sedimentarie sempre appartenenti alla successioni del Bacino Terziario Ligure Piemontese. La formazione di Molare presenta caratteristiche di cementazione molto variabili: da debole o scarsa fino ad un'ottima cementazione della matrice. Gli studi geologici eseguiti hanno evidenziato che lo scavo delle gallerie avverrà quasi sicuramente all'interno della porzione basale della formazione, caratterizzata da una debole cementazione della matrice. Le zone di bassa copertura (in genere inferiore a 50 metri) possono comportare gravi problemi in fase di scavo e rischio elevato, in particolare in corrispondenza delle zone antropizzate, quali ad esempio, la zona di Fegino (zona di imbocco Campasso sud) e la zona di pianura, in particolare, quasi tutta la Galleria Serravalle e parte della Galleria III Valico (dalla progressiva 26+000 circa fino all'imbocco nord).

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collocamenti Integrati Meloni	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC
	Foglio 38 di 220

7. SEZIONI TIPO GALLERIE DI LINEA E RELATIVE VARIABILITÀ

Nel seguito, per ogni formazione geologica incontrata, vengono fornite le linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo e delle relative variabilità all'interno delle previsioni di progetto esecutivo.

I valori di convergenza e di estrusione sono desunti dalla RELAZIONE DI CALCOLO GENERALE.

7.1 GENERALITÀ

Come anticipato nell'introduzione la formazione che, in termini percentuali, interessa la maggior parte del tracciato è quella relativa alle Argille a Palombini.

Particolare attenzione è stata posta a questa formazione, sia per le quantità da scavare sia per le difficoltà conoscitive e di comportamento geo-meccanico di tale formazione geologica.

Analizzando quanto verificatosi in corso d'opera durante lo scavo dei due cunicoli esplorativi Vallemme e Castagnola, è stato possibile operare una suddivisione della formazione in tre differenti gruppi geomeccanici.

Le percentuali dei tre gruppi geomeccanici rilevate nel corso dello scavo dei cunicoli Vallemme e Castagnola sono state le seguenti :

VALLEMME : Gr.1 (22%) – Gr.2 (49%) – Gr.3 (29%)

CASTAGNOLA : Gr.1 (34%) – Gr.2 (61%) – Gr.3 (5%)

MEDIA DEI CUNICOLI : Gr.1 (28%) – Gr.2 (55%) – Gr.3 (17%)

In base a quanto mediamente riscontrato in corso d'opera sono state definite, per la formazione delle Argilliti a Palombini, delle sezioni tipo d'avanzamento di seguito elencate.

Doppio Binario :

B2db, C2db

Singolo Binario :

B0L, B0/1sb , B0/2sb , B0Vsb, B1sb , B2/1sb , B2/2sb , B2Vsb,

B4/1sb , B4/2sb , C2sb , C4sb

Il monitoraggio effettuato durante lo scavo dei cunicoli ha messo in evidenza uno stato tensionale in situ caratterizzato da una componente orizzontale maggiore di quella verticale, con valori di k_0

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 39 di 220

variabili da 1.8 a 2.5. La campagna d'indagine integrativa (2004) ha fornito risultati variabili intorno all'unità.

I calcoli numerici sono stati eseguiti con un K_o pari ad 1, ma non è da escludere la possibilità di valori differenti. L'evidenza succitata ha comunque imposto l'inserimento di sezioni tipo dotate di bulloni radiali al contorno del cavo (B1, B4), forniscono un efficace contrasto alle spinte laterali legate alla presenza di stress di origine tettonica.

Qualora nuove prove in sito o lo scavo dei cunicoli dovessero confermare valori di $K_o > 1$, dovranno essere condotte nuove analisi numeriche che potrebbero condurre alla necessità di una revisione delle sezioni tipo (Es. Sovrappessori o armatura del rivestimento definitivo).

In base a correlazioni di carattere empirico è stata valutata la possibilità che la formazione delle Argilliti a Palombini possa essere soggetta al fenomeno dello squeezing. Opportune analisi in sito e laboratorio potranno confermare o meno tale tendenza, nel qual caso il progetto dovrà tener conto di eventuali sovrappessori di rivestimento definitivo, per ora non inseriti.

Relativamente alle formazioni dei Calcari di Gallaneto, Anidriti e Molare, sono state previste le sezioni tipo d'avanzamento di seguito elencate.

Singolo Binario :

B0sb-r , B0Vsb-r , B2sb-r , C1sb-r, C2sb-r

I parametri geomeccanici impiegati per il calcolo alle differenze finite sono stati tarati sia in funzione dei gruppi geomeccanici che in funzione delle coperture.

I risultati delle analisi hanno permesso di differenziare gli interventi di sostegno e presostegno (nella loro intensità) in funzione del gruppo geomeccanico e delle coperture.

7.2 SEZIONI TIPO APPLICATE SULLA GALLERIA A DOPPIO BINARIO

Di seguito sono descritte le caratteristiche medie delle sezioni tipo. La loro variabilità si ritrova, in funzione delle coperture e contesto geomeccanico, nelle tabelle allegate.

7.2.1 Sezione tipo B2db

La sezione tipo B2db, in fase costruttiva è costituita da:

- preconsolidamento del fronte realizzato mediante la posa in opera di n° 75 tubi in VTR, $L \geq 24$ m, sovrapp. ≥ 12 m

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 40 di 220

- priverivestimento composto da uno spessore di 30 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata o fibrorinforzato e centine HEB240 con passo $p = 1.00$ m (più puntone in arco rovescio per la sezione tipo B2db con puntone);
- rivestimento definitivo in cls semplice dello spessore di 100 cm in arco rovescio e di 90 cm in chiave calotta;
- eventuali drenaggi in avanzamento, in caso di presenza d'acqua.

Campo di applicazione

Per quanto concerne il campo di applicazione si veda la tabella riepilogativa riportata alla fine del paragrafo.

Fasi esecutive

Si possono considerare le seguenti fasi costruttive:

FASE 1: esecuzione del preconsolidamento del fronte.

Dal fronte di scavo, sagomato a forma concava con freccia di circa 1.5 m, si realizza il preconsolidamento del fronte mediante la posa di n° 75 tubi in VTR cementati, aventi lunghezza ≥ 24.00 m e sovrapposizione ≥ 12 m. Le fasi costruttive sono le seguenti:

- esecuzione sul fronte dello strato di spritz-beton fibrorinforzato o armato con rete elettrosaldata, avente spessore di 10 cm;
- perforazione $\varnothing \geq 100$ mm (eseguita, ove necessario, a secco o con impiego di schiume);
- posa dell'elemento strutturale in VTR, munito dell'opportuna attrezzatura per la cementazione ed esecuzione di cianfrinatura a boccaforo;
- esecuzione della cementazione mediante malte a ritiro controllato.

Le sequenze operative andranno adattate alle caratteristiche dell'ammasso ma dovranno comunque essere tali da consentire l'inghisaggio dell'elemento strutturale al terreno mediante il riempimento dell'intercapedine tra elemento e pareti del foro.

La fase di cementazione potrà avvenire di massima ogni 9-10 elementi già posati e comunque il prima possibile per evitare possibili franamenti del foro. Il riempimento del foro avverrà dal fondo verso il paramento del fronte.

FASE 2: esecuzione eventuali drenaggi in avanzamento

In caso di presenza d'acqua dovranno essere eseguiti drenaggi in avanzamento.

FASE 3: esecuzione scavo

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 41 di 220

Esecuzione scavo di avanzamento a piena sezione per campi fino a 12 m (preconsolidamento del nucleo $L \geq 24\text{m}$ sovrapposizione $s \geq 12\text{m}$), per singoli sfondi di circa 1.00m, sagomando il fronte a forma concava ad ogni sfondo parziale ed eseguendo uno strato di spritz-beton armato di 5 cm su ognuno di tali fronti.

FASE 4: posa in opera del rivestimento di prima fase

Al termine di ogni singolo sfondo verrà messo in opera il rivestimento di 1^a fase costituito da centine metalliche HEB240 passo 1.00m e da uno strato di spritz-beton di spessore 30 cm, armato con rete elettrosaldata ($\varnothing 6$ 15x15) o fibrorinforzato (più puntone in arco rovescio per la sezione tipo B2db con puntone). Le centine appena posate dovranno essere collegate alle altre attraverso le apposite catene.

FASE 5: getto arco rovescio e murette

Il getto dell'arco rovescio e delle murette dovrà avvenire entro $3\varnothing$ dal fronte nel caso di un loro getto contemporaneo, o rispettivamente entro $3\varnothing$ e $5\varnothing$ nel caso di getto differito. Le misure di estrusione del fronte e di convergenza del cavo potranno indicare valori diversi di tali distanze e inoltre:

- la necessità di effettuare tale getto entro distanze più restrittive (al limite realizzando il campo di avanzamento in due fasi distinte, alternandole al getto dell'arco rovescio);
- la lunghezza dei campioni di arco rovescio da realizzare;
- la necessità di realizzare il consolidamento del fronte del successivo campo di avanzamento prima del getto di arco rovescio e murette.

FASE 6: impermeabilizzazione

Posa in opera dell'impermeabilizzazione, eseguita prima del getto del rivestimento definitivo di calotta.

FASE 7: getto rivestimento definitivo

Il getto del rivestimento definitivo di calotta seguirà il fronte ad una distanza non superiore a $9 \varnothing$. Anche in questo caso in funzione dell'andamento delle misure di convergenza si potranno eventualmente stabilire distanze diverse, anche più restrittive entro cui eseguire il getto del rivestimento definitivo.

Qualora le operazioni di scavo vengano interrotte per un periodo prossimo alle 24 ore, è necessario porre in opera al fronte uno strato di spritz-beton armato di spessore superiore od uguale a 5 cm; se il fermo delle lavorazioni risulta superiore a 48 h (festività o fermi di qualsiasi natura) il ciclo delle lavorazioni dovrà necessariamente terminare con il consolidamento del fronte appena eseguito,

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 42 di 220

previa sagomatura a forma concava ed esecuzione dello strato di spritz-beton armato $sp=10$ cm, e con l'arco rovescio e le murette (eventualmente la calotta) portati in prossimità del fronte stesso.

7.2.2 Sezione tipo C2db

La sezione tipo C2db è costituita da:

- un preconsolidamento del fronte realizzato mediante la posa in opera di n° 75 tubi in VTR, $L \geq 24.00$ m sovrapp. ≥ 12 m, cementati.
- un preconsolidamento al contorno della futura sezione di scavo mediante iniezioni cementizie in pressione, realizzate mediante 70 tubi in VTR $L \geq 24.00$ m, sovrapp. ≥ 12 m, valvolati con 1 vlv/m;
- eventuali drenaggi in avanzamento, in caso di presenza d'acqua;
- eventuale preconsolidamento al piede delle centine mediante 6+6 tubi in VTR, $L \geq 24.00$ m, sovrapp. ≥ 12 m; tale consolidamento andrà realizzato qualora nel corso dello scavo di avanzamento si rilevi la presenza al piano di posa delle centine di acqua e/o materiale allentato, a scadenti caratteristiche geomeccaniche;
- un priverstimento composto da centine HEB240 con passo $p = 1.00$ m e da uno strato di 30 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata o fibrorinforzato (più puntone per la sezione tipo C2db con puntone);
- rivestimento definitivo in cls armato dello spessore di 110 cm in arco rovescio e dello spessore di 100 cm in calotta.

Campo di applicazione

Per quanto concerne il campo di applicazione si veda la tabella riepilogativa riportata alla fine del paragrafo.

Fasi esecutive

Si possono considerare le seguenti fasi costruttive:

FASE 1: esecuzione del preconsolidamento del fronte.

Dal fronte di scavo, sagomato a forma concava con freccia di circa 1.5 m, si realizza il preconsolidamento del fronte mediante la posa di 75 tubi in VTR cementati, aventi lunghezza ≥ 24.00 m e sovrapposizione $s \geq 12$ m. Le fasi costruttive sono le seguenti:

- esecuzione sul fronte dello strato di spritz-beton fibrorinforzato o armato con rete elettrosaldata, avente spessore di 10 cm;
- perforazione $\varnothing \geq 100$ mm (eseguita, ove necessario, a secco o con impiego di schiume);

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 43 di 220

- posa dell'elemento strutturale in VTR ad aderenza migliorata, munito dell'opportuna attrezzatura per la cementazione ed esecuzione di cianfrinatura a boccaforo;
- esecuzione della cementazione mediante miscele cementizie a ritiro controllato

Le sequenze operative andranno adattate alle caratteristiche dell'ammasso ma dovranno comunque essere tali da consentire l'inghisaggio dell'elemento strutturale al terreno mediante il completo riempimento dell'intercapedine tra elemento e pareti del foro.

La fase di cementazione potrà avvenire di massima ogni 9-10 elementi già posati e comunque il prima possibile per evitare possibili franamenti del foro

FASE 2: consolidamento al contorno ed al piede della centina

Dal fronte di scavo, si realizza un arco di terreno consolidato mediante iniezioni cementizie al contorno della futura sezione di scavo ed eventualmente in prossimità del piede della centina (in presenza di puntone il consolidamento al piede centina non verrà effettuato), attraverso perforazioni inclinate rispetto all'orizzontale secondo quanto indicato negli elaborati di progetto.

Le modalità esecutive risultano:

- perforazione $\varnothing \geq 100$ mm (eseguita, ove necessario, a secco o con impiego di schiume);
- inserimento del tubo in VTR ad elevata resistenza allo scoppio ($p > 8$ MPa), valvolato con 1 valv./m per iniezioni in pressione; tali tubi potranno essere anche in resina poliestere rinforzata con fibre di vetro;
- formazione della "guaina" al contorno del tubo ogni 9-10 fori mediante cementazione con miscela ricca in bentonite (vedi elaborato grafico relativo)
- iniezione in pressione, valvola per valvola, di una miscela cementizia le cui caratteristiche di massima, da definire compiutamente in corso d'opera, sono riportate nel relativo elaborato grafico

Le sequenze operative andranno adattate alle caratteristiche dell'ammasso ma dovranno comunque essere tali da garantire l'inghisaggio dell'elemento strutturale al terreno mediante il completo riempimento dell'intercapedine tra elemento e pareti del foro.

La fase di cementazione o formazione della guaina potrà avvenire di massima ogni 9-10 elementi già posati e comunque il prima possibile per evitare possibili franamenti del foro con conseguente perdita di efficacia dell'intervento.

L'iniezione della guaina avverrà dal fondo verso il paramento del fronte: analogamente avverrà per l'iniezione in pressione dalle singole valvole.

Le caratteristiche delle miscele da impiegare sono riportate nella tabella materiali riportate nel relativo elaborato grafico.

Il numero delle valvole a metro lineare utilizzate per la realizzazione delle iniezioni in pressione al contorno della sezione di scavo potrà variare in funzione delle caratteristiche dell'ammasso e dei risultati dei consolidamenti precedenti riscontrati in corso d'opera.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 44 di 220

In corso d'opera si potrà valutare la possibilità di variare la metodologia di perforazione indicata nelle fasi 1 e 2 (a secco) utilizzando un opportuno fluido di perforazione (miscela cementizia, acqua additivata con agente schiumogeno, ...) o a secco in funzione delle caratteristiche dell'ammasso e previa esecuzione di adeguate prove in sito, atte a garantire:

- caratteristiche di resistenza dell'intervento di consolidamento;
- assenza di problemi connessi alla "sensibilità" dei terreni interessati dalle perforazioni (minerali rigonfianti, frazioni argillose attive);
- condizioni di inghisaggio analoghe.

FASE 3: esecuzione di eventuali drenaggi (eventuali)

Esecuzione di eventuali drenaggi in avanzamento, in caso di presenza d'acqua, il cui numero, le posizioni e le relative inclinazioni saranno definite in corso d'opera in funzione della situazione effettivamente riscontrata. Nel caso debbano essere eseguiti, al termine degli interventi di preconsolidamento descritti nella fase 2, si prevede l'uso di drenaggi costituiti da n° max 6 tubi in PVC microfessurati per 20 m a partire da fondo foro e "ciechi" per 10 m verso bocca foro, del diametro $\varnothing \approx 60$ mm spessore 4 mm e protezione in geotessile, messi in opera all'interno di un foro con diametro $\varnothing \geq 100$ mm. Dopo la posa in opera del tubo in PVC, si dovranno adottare opportuni accorgimenti per isolare il tratto microfessurato da quello cieco (sacco otturatore, cementazione), ad evitare dannose percolazioni dell'acqua raccolta in avanzamento all'interno del nucleo consolidato.

Il numero, le posizioni e le relative inclinazioni saranno definite in dettaglio in corso d'opera in funzione della situazione effettivamente riscontrata.

FASE 4: esecuzione scavo

Esecuzione scavo di avanzamento a piena sezione per campi di lunghezza fino a 12 m, per singoli sfondi di lunghezza pari a circa 1.00m, sagomando il fronte a forma concava ad ogni sfondo parziale ed eseguendo uno strato di spritz-beton armato di 5 cm su ognuno di tali fronti.

FASE 5: posa in opera del rivestimento di prima fase

Al termine di ogni singolo sfondo verrà messo in opera il rivestimento di 1a fase costituito da centine metalliche HEB240 passo 1.00 m e da uno strato di spritz-beton, di spessore pari a 30 cm, armato con rete elettrosaldada ($\varnothing 6$ 15x15) o fibrorinforzato (più puntone per la sezione tipo C2db con puntone). Le centine appena posate dovranno essere collegate alle altre attraverso le apposite catene.

FASE 6: getto arco rovescio e murette

Il getto dell'arco rovescio e delle murette dovrà avvenire entro $1.5\varnothing$ dal fronte nel caso di un loro getto contemporaneo, o rispettivamente entro $3\varnothing$ e $1.5\varnothing$ nel caso di getto differito. Le misure di estrusione del fronte e di convergenza del cavo potranno indicare valori diversi di tali distanze e inoltre:

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 45 di 220

- la necessità di effettuare tale getto entro distanze più restrittive (al limite realizzando il campo di avanzamento in due fasi distinte, alternandole al getto dell'arco rovescio);
- la lunghezza dei campioni di arco rovescio da realizzare;
- la necessità di realizzare il consolidamento del fronte del successivo campo di avanzamento prima del getto di arco rovescio e murette.

FASE 7: impermeabilizzazione

La posa in opera dell'impermeabilizzazione sarà eseguita prima del getto del rivestimento definitivo.

FASE 8: getto rivestimento definitivo

Tale operazione seguirà il fronte ad una distanza non superiore a 5 Ø. Anche in questo caso in funzione dell'andamento delle misure di convergenza si potranno eventualmente stabilire distanze diverse, anche più restrittive, entro cui eseguire il getto del rivestimento definitivo.

Qualora le operazioni di scavo vengano interrotte per un periodo prossimo alle 24 ore, è necessario porre in opera al fronte uno strato di spritz-beton di spessore minimo pari a 5 cm, con lo scopo di evitare che il materiale al contatto con l'atmosfera subisca deterioramenti; se il fermo delle lavorazioni risulta superiore a 48 h (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, $s_p=10$ cm, e con il rivestimento di prima fase, l'arco rovescio e le murette portati a ridosso del fronte stesso.

7.3 SEZIONI TIPO APPLICATE SULLA GALLERIA A SINGOLO BINARIO

7.3.1 Sezione tipo B0Lsb

La sezione tipo B0Lsb, in fase costruttiva è costituita da:

- Prerivestimento composto da uno spessore di 20 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata o fibrorinforzato e centine costituite da profilati 2IPN160 passo $p = 1.4$ m, controventate tra loro;
- Impermeabilizzazione;
- rivestimento definitivo in cls semplice dello spessore di 80 cm in arco rovescio e di 60 cm in chiave calotta.

Campo di applicazione

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 46 di 220

Per quanto concerne il campo di applicazione si veda la tabella riepilogativa riportata alla fine del paragrafo.

Fasi esecutive

Si possono considerare le seguenti fasi costruttive:

FASE 1: scavo

Esecuzione scavo di avanzamento con sfondi di lunghezza massima pari a 4.20 m compreso il disaggio, eseguendo lo scavo a piena sezione. Al termine dello sfondo e prima di porre in opera gli interventi di prima fase va eseguito un accurato disaggio di tutti i blocchi instabili.

FASE 2: posa in opera delle centine e dello spritz-beton

Al termine di ogni singolo sfondo verrà messo in opera il rivestimento di 1a fase costituito da centine metalliche 2IPN160 passo 1.40m e da uno strato di spritz-beton di spessore 20 cm, armato con rete elettrosaldata ($\varnothing 6$ 15x15) o fibrorinforzato. Le centine appena posate dovranno essere collegate alle altre attraverso le apposite catene.

FASE 3: getto di murette e arco rovescio

Il getto delle murette dovrà essere effettuato entro una distanza di $9\varnothing$ dal fronte di scavo. Il getto dell'arco rovescio dovrà avvenire entro $12\varnothing$ dal fronte di scavo o entro $9\varnothing$ nel caso di getto contemporaneo alle murette; in particolari contesti geomeccanici tale distanza potrà essere portata a $15\varnothing$.

FASE 4: impermeabilizzazione

La posa in opera dell'impermeabilizzazione sarà eseguita prima del getto del rivestimento definitivo.

FASE 5: getto del rivestimento definitivo

Il getto del rivestimento definitivo sarà eseguito ad una distanza dal fronte che dipenderà dal comportamento deformativo del cavo, tale distanza sarà comunque inferiore ai $15\varnothing$.

7.3.2 Sezioni tipo B0/1sb e B0/2sb

La sezione tipo B0/1sb, in fase costruttiva è costituita da:

- Prerivestimento composto da uno spessore di 25 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata o fibrorinforzato e centine costituite da profilati HEB180 passo $p = 1.2$ m, controventate tra loro;
- Impermeabilizzazione;

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 47 di 220

- rivestimento definitivo in cls semplice dello spessore di 90 cm in arco rovescio e di 70 cm in calotta.

La sezione tipo B0/2sb, in fase costruttiva è costituita da:

- Prerivestimento composto da uno spessore di 30 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata o fibrorinforzato e centine costituite da profilati HEB200 passo $p = 1.2$ m, controventate tra loro;
- Impermeabilizzazione;
- rivestimento definitivo in cls semplice dello spessore di 100 cm in arco rovescio e di 80 cm in calotta.

Campo di applicazione

Per quanto concerne il campo di applicazione si veda la tabella riepilogativa riportata alla fine del paragrafo.

Fasi esecutive

Si possono considerare le seguenti fasi costruttive:

FASE 1: scavo

Esecuzione scavo di avanzamento con sfondi di lunghezza massima pari a 3.60 m compreso il disaggio, eseguendo lo scavo a piena sezione. Al termine dello sfondo e prima di porre in opera gli interventi di prima fase va eseguito un accurato disaggio di tutti i blocchi instabili.

FASE 2: posa in opera delle centine e dello spritz-beton

Al termine di ogni singolo sfondo verrà messo in opera il rivestimento di 1a fase costituito da centine metalliche HEB180 (B0/1 sb) - HEB200 (B0/2 sb) passo 1.20m e da uno strato di spritz-beton di spessore 25 (B0/1 sb) – 30 (B0/2 sb) cm, armato con rete elettrosaldata ($\varnothing 6$ 15x15) o fibrorinforzato. Le centine appena posate dovranno essere collegate alle altre attraverso le apposite catene.

FASE 3: getto di murette e arco rovescio

Il getto delle murette dovrà essere effettuato entro una distanza di $9\varnothing$ dal fronte di scavo. Il getto dell'arco rovescio dovrà avvenire entro $12\varnothing$ dal fronte di scavo o entro $9\varnothing$ nel caso di getto contemporaneo alle murette; in particolari contesti geomeccanici tale distanza potrà essere portata a $15\varnothing$.

FASE 4: impermeabilizzazione

La posa in opera dell'impermeabilizzazione sarà eseguita prima del getto del rivestimento definitivo.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 48 di 220

FASE 5: getto del rivestimento definitivo

Il getto del rivestimento definitivo sarà eseguito ad una distanza dal fronte che dipenderà dal comportamento deformativo del cavo, tale distanza sarà comunque inferiore ai $15\varnothing$.

Qualora le operazioni di scavo vengano interrotte per un tempo di circa 24 ore, è necessario porre in opera uno strato di spritz-beton di 5 cm al fronte. Se il fermo delle lavorazioni risultasse superiore a 48 h (festività o altro) il ciclo delle lavorazioni dovrà necessariamente terminare con la sagomatura del fronte a forma concava e la posa in opera delle centine e dello spritz-beton a ridosso del fronte stesso.

7.3.3 Sezione tipo B0sb-r

La sezione tipo B0sb-r, in fase costruttiva è costituita da:

- Prerivestimento composto da uno spessore di 20 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata o fibrorinforzato e centine costituite da profilati 2IPN160 passo $p = 1.2$ m, controventate tra loro;
- Impermeabilizzazione;
- rivestimento definitivo in cls semplice dello spessore di 100 cm in arco rovescio e di 80 cm in calotta.;
- in funzione del contesto geomeccanico, in alternativa alle centine potranno essere utilizzati bulloni in acciaio ad aderenza continua FeB44K $\square 24$ aventi lunghezza $L=5.50$ m, passo longitudinale 1.20 m, passo trasversale 2.00m.

Campo di applicazione

Per quanto concerne il campo di applicazione si veda la tabella riepilogativa riportata alla fine del paragrafo.

Fasi esecutive

Si possono considerare le seguenti fasi costruttive:

FASE 1: scavo

Esecuzione scavo di avanzamento con sfondi di lunghezza massima pari a 3.60 m compreso il disaggio, eseguendo lo scavo a piena sezione. Al termine dello sfondo e prima di porre in opera gli interventi di prima fase va eseguito un accurato disaggio di tutti i blocchi instabili.

FASE 2: posa in opera delle centine e dello spritz-beton

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 49 di 220

Al termine di ogni singolo sfondo verrà messo in opera il rivestimento di 1a fase costituito da centine metalliche 2IPN160 passo $p = 1.2$ m e da uno strato di spritz-beton di spessore 20 cm, armato con rete elettrosaldata ($\varnothing 6$ 15x15) o fibrorinforzato. Le centine appena posate dovranno essere collegate alle altre attraverso le apposite catene.

FASE 3: getto di murette e arco rovescio

Il getto delle murette dovrà essere effettuato entro una distanza di $9\varnothing$ dal fronte di scavo. Il getto dell'arco rovescio dovrà avvenire entro $12\varnothing$ dal fronte di scavo o entro $9\varnothing$ nel caso di getto contemporaneo alle murette; in particolari contesti geomeccanici tale distanza potrà essere portata a $15\varnothing$.

FASE 4: impermeabilizzazione

La posa in opera dell'impermeabilizzazione sarà eseguita prima del getto del rivestimento definitivo.

FASE 5: getto del rivestimento definitivo

Il getto del rivestimento definitivo sarà eseguito ad una distanza dal fronte che dipenderà dal comportamento deformativo del cavo, tale distanza sarà comunque inferiore ai $15\varnothing$.

Qualora le operazioni di scavo vengano interrotte per un tempo di circa 24 ore, è necessario porre in opera uno strato di spritz-beton di 5 cm al fronte. Se il fermo delle lavorazioni risultasse superiore a 48 h (festività o altro) il ciclo delle lavorazioni dovrà necessariamente terminare con la sagomatura del fronte a forma concava e la posa in opera delle centine e dello spritz-beton a ridosso del fronte stesso.

7.3.4 Sezione tipo B0Vsb

La sezione tipo B0Vsb, in fase costruttiva è costituita da:

- Prerivestimento composto da uno spessore di 25 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata o fibrorinforzato e centine costituite da profilati HEB200 passo $p = 1.2$ m, controventate tra loro;
- una coronella di n°25 tubi in acciaio $\varnothing 88.9$ Sp. 10mm, $L \geq 15.00$ m, sovrapposizione $s \geq 3.0$ m, semplicemente cementati;
- impermeabilizzazione;
- rivestimento definitivo in cls semplice dello spessore di 100 cm in arco rovescio, spessore minimo in calotta di 40 cm, massimo di 120 cm.

Campo di applicazione

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 50 di 220

Per quanto concerne il campo di applicazione si veda la tabella riepilogativa riportata alla fine del paragrafo.

Fasi esecutive

Si possono considerare le seguenti fasi costruttive:

FASE 1: posa in opera e cementazione dei tubi metallici al contorno

Perforazione e posa in opera di n°24 tubi metallici Ø 88.9 dello spessore di 10 mm L ≥ 15.00 m, sovrapposizione s ≥ 3.0m, secondo le geometrie di progetto; le fasi costruttive sono le seguenti:

- perforazione Ø ≥ 130 mm (eseguita, ove necessario, a secco o con impiego di schiume);
- inserimento del tubo in acciaio,
- cementazione dell'elemento.

FASE 2: scavo

Esecuzione scavo di avanzamento con sfondi di lunghezza massima pari a 2.40 m compreso il disaggio, eseguendo lo scavo a piena sezione e sagomando il fronte a forma concava. Al termine dello sfondo e prima di porre in opera gli interventi di prima fase va eseguito un accurato disaggio di tutti i blocchi instabili.

FASE 3: posa in opera delle centine e dello spritz-beton

Al termine di ogni singolo sfondo verrà messo in opera il rivestimento di 1a fase costituito da centine metalliche HEB200 passo 1.20m e da uno strato di spritz-beton di spessore 25 cm, armato con rete elettrosaldata (Ø6 15x15) o fibrinforzato. Le centine appena posate dovranno essere collegate alle altre attraverso le apposite catene.

FASE 4: getto di murette e arco rovescio

Il getto delle murette dovrà essere effettuato entro una distanza di 9Ø dal fronte di scavo. Il getto dell'arco rovescio dovrà avvenire entro 12Ø dal fronte di scavo o entro 9Ø nel caso di getto contemporaneo alle murette; in particolari contesti geomeccanici tale distanza potrà essere portata a 15Ø.

FASE 5: impermeabilizzazione

La posa in opera dell'impermeabilizzazione sarà eseguita prima del getto del rivestimento definitivo.

FASE 6: getto del rivestimento definitivo

Il getto del rivestimento definitivo sarà eseguito ad una distanza dal fronte che dipenderà dal comportamento deformativo del cavo, tale distanza sarà comunque inferiore ai 15Ø.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 51 di 220

Qualora le operazioni di scavo vengano interrotte per un tempo di circa 24 ore, è necessario porre in opera uno strato di spritz-beton di 5 cm al fronte. Se il fermo delle lavorazioni risultasse superiore a 48 h (festività o altro) il ciclo delle lavorazioni dovrà necessariamente terminare con la sagomatura del fronte a forma concava e la posa in opera delle centine e dello spritz-beton a ridosso del fronte stesso.

7.3.5 Sezione tipo B0Vsb-r

La sezione tipo B0Vsb-r, in fase costruttiva è costituita da:

- Prerivestimento composto da uno spessore di 20 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata o fibrorinforzato e centine costituite da profilati 2IPN160 passo $p = 1.4$ m, controventate tra loro;
- una coronella di n°25 tubi in acciaio $\varnothing 88.9$ Sp. 10mm, $L \geq 15.00$ m, sovrapposizione $s \geq 3.0$ m, semplicemente cementati;
- impermeabilizzazione;
- rivestimento definitivo in cls semplice dello spessore di 100 cm in arco rovescio, spessore minimo in calotta di 40 cm, massimo di 120 cm.

Campo di applicazione

Per quanto concerne il campo di applicazione si veda la tabella riepilogativa riportata alla fine del paragrafo.

Fasi esecutive

Si possono considerare le seguenti fasi costruttive:

FASE 1: posa in opera e cementazione dei tubi metallici al contorno

Perforazione e posa in opera di n°24 tubi metallici $\varnothing 88.9$ dello spessore di 10 mm $L \geq 15.00$ m, sovrapposizione $s \geq 3.0$ m, secondo le geometrie di progetto; le fasi costruttive sono le seguenti:

- perforazione $\varnothing \geq 130$ mm (eseguita, ove necessario, a secco o con impiego di schiume);
- inserimento del tubo in acciaio,
- cementazione dell'elemento.

FASE 2: scavo

Esecuzione scavo di avanzamento con sfondi di lunghezza massima pari a 4.20 m compreso il disaggio, eseguendo lo scavo a piena sezione e sagomando il fronte a forma concava. Al termine dello sfondo e prima di porre in opera gli interventi di prima fase va eseguito un accurato disaggio di tutti i blocchi instabili.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 52 di 220

FASE 3: posa in opera delle centine e dello spritz-beton

Al termine di ogni singolo sfondo verrà messo in opera il rivestimento di 1a fase costituito da centine metalliche 2IPN180 passo 1.20m e da uno strato di spritz-beton di spessore 20 cm, armato con rete elettrosaldata (\varnothing 6 15x15) o fibrorinforzato. Le centine appena posate dovranno essere collegate alle altre attraverso le apposite catene.

FASE 4: getto di murette e arco rovescio

Il getto delle murette dovrà essere effettuato entro una distanza di $9\varnothing$ dal fronte di scavo. Il getto dell'arco rovescio dovrà avvenire entro $12\varnothing$ dal fronte di scavo o entro $9\varnothing$ nel caso di getto contemporaneo alle murette; in particolari contesti geomeccanici tale distanza potrà essere portata a $15\varnothing$.

FASE 5: impermeabilizzazione

La posa in opera dell'impermeabilizzazione sarà eseguita prima del getto del rivestimento definitivo.

FASE 6: getto del rivestimento definitivo

Il getto del rivestimento definitivo sarà eseguito ad una distanza dal fronte che dipenderà dal comportamento deformativo del cavo, tale distanza sarà comunque inferiore ai $15\varnothing$.

Qualora le operazioni di scavo vengano interrotte per un tempo di circa 24 ore, è necessario porre in opera uno strato di spritz-beton di 5 cm al fronte. Se il fermo delle lavorazioni risultasse superiore a 48 h (festività o altro) il ciclo delle lavorazioni dovrà necessariamente terminare con la sagomatura del fronte a forma concava e la posa in opera delle centine e dello spritz-beton a ridosso del fronte stesso.

7.3.6 Sezione tipo B1 sb

La sezione tipo B1 sb, in fase costruttiva è costituita da:

- priverestimento composto da centine 2IPN220 con passo $p = 1.20$ m e da uno strato di 30 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata o fibrorinforzato;
- n° 10-11 bulloni radiali ad ancoraggio continuo, $L = 5.50 - 6.50$ m, passo longitudinale 1.20 m, passo trasversale 2.00 m. Tali bulloni saranno in acciaio $\varnothing 24$ mm FeB 44K ad ancoraggio continuo cementati mediante iniezioni cementizie.
- impermeabilizzazione tipo "0" costituita da tessuto non tessuto e manto in pvc;
- rivestimento definitivo in cls semplice dello spessore di 100 cm in arco rovescio e di 80 cm in calotta.

Campo di applicazione

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 53 di 220

Per quanto concerne il campo di applicazione si veda la tabella riepilogativa riportata alla fine del paragrafo.

Fasi esecutive

Si possono considerare le seguenti fasi costruttive:

FASE 1: scavo

Esecuzione scavo di avanzamento con sfondi di lunghezza massima pari a 1.20 m compreso il disaggio, eseguendo lo scavo a piena sezione e sagomando il fronte a forma concava ad ogni sfondo parziale. Al termine dello sfondo e prima di porre in opera gli interventi di prima fase va eseguito un accurato disaggio di tutti i blocchi instabili.

FASE 2: posa in opera delle centine e dello spritz-beton

Al termine di ogni singolo sfondo verrà messo in opera il rivestimento di 1a fase costituito da centine metalliche 2IPN220 passo 1.20m e da uno strato di spritz-beton di circa 20 cm, armato con rete elettrosaldata (\varnothing 6 15x15) o fibrorinforzato. Le centine appena posate dovranno essere collegate alle altre attraverso le apposite catene.

FASE 3: perforazione e posa in opera dei bulloni

In corrispondenza dei calestrelli presenti tra i due profilati IPN220 verranno eseguite le perforazioni necessarie per la messa in opera dei bulloni radiali a cementazione continua. I bulloni saranno installati con passo trasversale pari a 2.00m e passo longitudinale pari ad 1.20m entro 1 diametro. L'iniezione dei bulloni dovrà avvenire entro 3 diametri dal fronte di scavo. Successivamente all'iniezione verrà eseguito lo strato di completamento di spritz-beton sino a raggiungere lo spessore previsto di 30 cm.

FASE 4: getto di murette e arco rovescio

Il getto delle murette dovrà essere effettuato entro una distanza di $9\varnothing$ dal fronte di scavo. Il getto dell'arco rovescio dovrà avvenire entro $12\varnothing$ dal fronte di scavo o entro $9\varnothing$ nel caso di getto contemporaneo alle murette; in particolari contesti geomeccanici tale distanza potrà essere portata a $15\varnothing$.

FASE 5: impermeabilizzazione

La posa in opera dell'impermeabilizzazione sarà eseguita prima del getto del rivestimento definitivo.

FASE 6: getto del rivestimento definitivo

Il getto del rivestimento definitivo sarà eseguito ad una distanza dal fronte che dipenderà dal comportamento deformativo del cavo, tale distanza sarà comunque inferiore ai $15\varnothing$.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC <div style="float: right;">Foglio 54 di 220</div>

Qualora le operazioni di scavo vengano interrotte per un tempo di circa 24 ore, è necessario porre in opera uno strato minimo di spritz-beton di 5 cm al fronte, opportunamente sagomato a forma concava. Se il fermo delle lavorazioni risulta superiore a 48 h (festività o altro) il ciclo delle lavorazioni dovrà necessariamente terminare con la posa delle centine e dello spritz-beton a ridosso del fronte stesso, la sagomatura a forma concava del fronte e la realizzazione di uno strato spritz-beton armato sp. 10 cm. In relazione al comportamento deformativo del fronte e del cavo l'arco rovescio e le murette (eventualmente la calotta) potranno essere opportunamente avvicinate al fronte.

7.3.7 Sezioni tipo B2/1sb e B2/2sb – B2/2sb con puntone

La sezione tipo B2/1 sb, in fase costruttiva è costituita da:

- preconsolidamento del fronte realizzato mediante la posa in opera di n° 60 tubi in VTR, L \geq 24 m, sovrapp. \geq 6 - 12 m;
- priverstimento composto da uno spessore di 30 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata o fibrorinforzato e centine HEB200 con passo p = 1.00 m;
- impermeabilizzazione;
- rivestimento definitivo in cls dello spessore di 100 cm in arco rovescio e di 80 cm in calotta. Il getto dell'arco rovescio, delle murette e del rivestimento definitivo di calotta sarà eseguito ad una distanza dal fronte che dipenderà dal comportamento deformativo del cavo.
- eventuali drenaggi in avanzamento, in caso di presenza d'acqua;

La sezione tipo B2/2sb, in fase costruttiva è costituita da:

- preconsolidamento del fronte realizzato mediante la posa in opera di n° 70 tubi in VTR, L \geq 24 m, sovrapp. \geq 6 - 12 m;
- priverstimento composto da uno spessore di 30 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata o fibrorinforzato e centine HEB240 con passo p = 1.00 m (più puntone per la sezione tipo B2/2sb con puntone);
- impermeabilizzazione;
- rivestimento definitivo in cls dello spessore di 100 cm in arco rovescio e di 90 cm in calotta. Il getto dell'arco rovescio, delle murette e del rivestimento definitivo di calotta sarà eseguito ad una distanza dal fronte che dipenderà dal comportamento deformativo del cavo.
- eventuali drenaggi in avanzamento, in caso di presenza d'acqua;

Campo di applicazione

Per quanto concerne il campo di applicazione si veda la tabella riepilogativa riportata alla fine del paragrafo.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 55 di 220

Fasi esecutive

Si possono considerare le seguenti fasi costruttive:

FASE 1: esecuzione del preconsolidamento del fronte.

Dal fronte di scavo, sagomato a forma concava, si realizza il preconsolidamento del fronte mediante la posa di n° 60 (B2/1 sb) – 70 (B2/2 sb) tubi in VTR cementati, aventi lunghezza ≥ 24.00 m e sovrapposizione $\geq 6 - 12$ m. Le fasi costruttive sono le seguenti:

- esecuzione sul fronte dello strato di spritz-beton fibrorinforzato o armato con rete elettrosaldata, avente spessore di 10 cm;
- perforazione $\varnothing \geq 100$ mm (eseguita, ove necessario, a secco o con impiego di schiume);
- posa dell'elemento strutturale in VTR, munito dell'opportuna attrezzatura per la cementazione ed esecuzione di cianfrinatura a boccaforo;
- esecuzione della cementazione mediante malte a ritiro controllato ogni 9÷10 fori.

Le sequenze operative andranno adattate alle caratteristiche dell'ammasso ma dovranno comunque essere tali da consentire l'inghisaggio dell'elemento strutturale al terreno mediante il completo riempimento dell'intercapedine tra elemento e pareti del foro.

La fase di cementazione potrà avvenire di massima ogni 9-10 elementi già posati e comunque il prima possibile per evitare possibili franamenti del foro. Il riempimento del foro avverrà dal fondo verso il paramento del fronte.

FASE 2: esecuzione eventuali drenaggi in avanzamento

In caso di presenza d'acqua dovranno essere eseguiti drenaggi in avanzamento.

FASE 3: esecuzione scavo

Esecuzione scavo di avanzamento a piena sezione per campi pari a 18 - 12 m (preconsolidamento del nucleo $L \geq 24$ m sovrapposizione $s \geq 6 - 12$ m), per singoli sfondi di lunghezza pari a circa 1.00m, sagomando il fronte a forma concava ad ogni sfondo parziale ed eseguendo uno strato di spritz-beton armato di 5 cm su ognuno di tali fronti.

FASE 5: posa in opera del rivestimento di prima fase

Al termine di ogni singolo sfondo verrà messo in opera il rivestimento di 1a fase costituito da centine metalliche HEB200 (B2/1 sb) - HEB240 (B2/2 sb) passo 1.00m e da uno strato di spritz-beton di spessore 30 cm, armato con rete elettrosaldata ($\varnothing 6$ 15x15) o fibrorinforzato. Le centine appena posate dovranno essere collegate alle altre attraverso le apposite catene.

FASE 6: getto arco rovescio e murette

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 56 di 220

Il getto dell'arco rovescio e delle murette dovrà avvenire entro $3\emptyset$ dal fronte nel caso di un loro getto contemporaneo, o rispettivamente entro $3\emptyset$ e $5\emptyset$ nel caso di getto differito. Le misure di estrusione del fronte e di convergenza del cavo potranno indicare distanze diverse e, inoltre:

- la necessità di effettuare tale getto entro distanze più restrittive (al limite realizzando il campo di avanzamento in due fasi distinte, alternandole al getto dell'arco rovescio);
- la lunghezza dei campioni di arco rovescio da realizzare;
- la necessità di realizzare il consolidamento del fronte del successivo campo di avanzamento prima del getto di arco rovescio e murette.

FASE 7: impermeabilizzazione

Posa in opera dell'impermeabilizzazione, eseguita prima del getto del rivestimento definitivo di calotta.

FASE 8: getto rivestimento definitivo

Il getto del rivestimento definitivo di calotta seguirà il fronte ad una distanza non superiore a $9\emptyset$. Anche in questo caso in funzione dell'andamento delle misure di convergenza si potranno stabilire distanze diverse, anche più restrittive entro cui eseguire il getto del rivestimento definitivo.

Qualora le operazioni di scavo vengano interrotte per un periodo prossimo alle 24 ore, è necessario porre in opera al fronte uno strato di spritz-beton armato di spessore pari a 10 cm; se il fermo delle lavorazioni risulta superiore a 48 h (festività o fermi di qualsiasi natura) il ciclo delle lavorazioni dovrà necessariamente terminare con il consolidamento del fronte appena eseguito, previa sagomatura a forma concava ed esecuzione dello strato di spritz-beton armato $sp=10$ cm, e con l'arco rovescio e le murette (eventualmente la calotta) in prossimità del fronte stesso.

7.3.8 Sezione tipo B2sb-r

La sezione tipo B2sb-r, in fase costruttiva è costituita da:

- preconsolidamento del fronte realizzato mediante la posa in opera di n° 45 tubi in VTR, $L \geq 24$ m, sovrapp. $\geq 6 - 12$ m;
- priverestimento composto da uno spessore di 20 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata o fibrorinforzato e centine 2IPN180 con passo $p = 1.20$ m;
- impermeabilizzazione;
- rivestimento definitivo in cls dello spessore di 100 cm in arco rovescio e di 80 cm in calotta. Il getto dell'arco rovescio, delle murette e del rivestimento definitivo di calotta sarà eseguito ad una distanza dal fronte che dipenderà dal comportamento deformativo del cavo.
- eventuali drenaggi in avanzamento, in caso di presenza d'acqua;

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 57 di 220

Campo di applicazione

Per quanto concerne il campo di applicazione si veda la tabella riepilogativa riportata alla fine del paragrafo.

Fasi esecutive

Si possono considerare le seguenti fasi costruttive:

FASE 1: esecuzione del preconsolidamento del fronte.

Dal fronte di scavo, sagomato a forma concava con freccia di circa 1.5 m, si realizza il preconsolidamento del fronte mediante la posa di n° 45 tubi in VTR cementati, aventi lunghezza ≥ 24.00 m e sovrapposizione $\geq 6 - 12$ m. Le fasi costruttive sono le seguenti:

- esecuzione sul fronte dello strato di spritz-beton fibrorinforzato o armato con rete elettrosaldata, avente spessore di 10 cm;
- perforazione $\varnothing \geq 100$ mm (eseguita, ove necessario, a secco o con impiego di schiume);
- posa dell'elemento strutturale in VTR, munito dell'opportuna attrezzatura per la cementazione ed esecuzione di cianfrinatura a boccaforo;
- esecuzione della cementazione mediante malte a ritiro controllato ogni 9-10 fori.

Le sequenze operative andranno adattate alle caratteristiche dell'ammasso ma dovranno comunque essere tali da consentire l'inghisaggio dell'elemento strutturale al terreno mediante il completo riempimento dell'intercapedine tra elemento e pareti del foro.

La fase di cementazione potrà avvenire di massima ogni 9-10 elementi già posati e comunque il prima possibile per evitare possibili franamenti del foro. Il riempimento del foro avverrà dal fondo verso il paramento del fronte.

FASE 2: esecuzione eventuali drenaggi in avanzamento

In caso di presenza d'acqua dovranno essere eseguiti drenaggi in avanzamento.

FASE 3: esecuzione scavo

Esecuzione scavo di avanzamento a piena sezione per campi pari a 18 - 12 m (preconsolidamento del nucleo $L \geq 24$ m sovrapposizione $s \geq 6 - 12$ m), per singoli sfondi di lunghezza pari a circa 1.20m, sagomando il fronte a forma concava ad ogni sfondo parziale ed eseguendo uno strato di spritz-beton armato di 5 cm su ognuno di tali fronti.

FASE 4: posa in opera del rivestimento di prima fase

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 58 di 220

Al termine di ogni singolo sfondo verrà messo in opera il rivestimento di 1a fase costituito da centine metalliche 2IPN180 passo 1.20m e da uno strato di spritz-beton di spessore 20 cm, armato con rete elettrosaldata (\varnothing 15x15) o fibrorinforzato. Le centine appena posate dovranno essere collegate alle altre attraverso le apposite catene.

FASE 5: getto arco rovescio e murette

Il getto dell'arco rovescio e delle murette dovrà avvenire entro $3\varnothing$ dal fronte nel caso di un loro getto contemporaneo, o rispettivamente entro $3\varnothing$ e $5\varnothing$ nel caso di getto differito. Le misure di estrusione del fronte e di convergenza del cavo potranno indicare distanze diverse e, inoltre:

- la necessità di effettuare tale getto entro distanze più restrittive (al limite realizzando il campo di avanzamento in due fasi distinte, alternandole al getto dell'arco rovescio);
- la lunghezza dei campioni di arco rovescio da realizzare;
- la necessità di realizzare il consolidamento del fronte del successivo campo di avanzamento prima del getto di arco rovescio e murette.

FASE 6: impermeabilizzazione

Posa in opera dell'impermeabilizzazione, eseguita prima del getto del rivestimento definitivo di calotta.

FASE 7: getto rivestimento definitivo

Il getto del rivestimento definitivo di calotta seguirà il fronte ad una distanza non superiore a $9\varnothing$. Anche in questo caso in funzione dell'andamento delle misure di convergenza si potranno eventualmente stabilire distanze diverse, anche più restrittive entro cui eseguire il getto del rivestimento definitivo.

Qualora le operazioni di scavo vengano interrotte per un periodo prossimo alle 24 ore, è necessario porre in opera al fronte uno strato di spritz-beton armato di spessore minimo pari a 5 cm; se il fermo delle lavorazioni risulta superiore a 48 h (festività o fermi di qualsiasi natura) il ciclo delle lavorazioni dovrà necessariamente terminare con il consolidamento del fronte appena eseguito, previa sagomatura a forma concava ed esecuzione dello strato di spritz-beton armato $sp=10$ cm, e con l'arco rovescio e le murette (eventualmente la calotta) portati in prossimità del fronte stesso.

7.3.9 Sezione tipo B2Vsb

La sezione tipo B2Vsb, in fase costruttiva è costituita da:

- preconsolidamento del fronte realizzato mediante la posa in opera di n° 70 tubi in VTR, $L \geq 24$ m, sovrapp. ≥ 12 m;

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 59 di 220

- una coronella di n°25 tubi valvolati e iniettati (1 VLV/m) in acciaio Ø 88.9 Sp. 10 mm L ≥ 15.00 m, sovrapposizione minima s ≥ 3.00 m;
- priverestimento composto da uno spessore di 30 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata o fibrorinforzato e centine HEB240 con passo p = 1.00 m;
- impermeabilizzazione;
- rivestimento definitivo in cls semplice dello spessore di 100 cm in arco rovescio, spessore minimo in calotta di 40 cm, massimo di 120 cm.
- eventuali drenaggi in avanzamento, in caso di presenza d'acqua;

Campo di applicazione

Per quanto concerne il campo di applicazione si veda la tabella riepilogativa riportata alla fine del paragrafo.

Fasi esecutive

Si possono considerare le seguenti fasi costruttive:

FASE 1: esecuzione del preconsolidamento del fronte.

Dal fronte di scavo, sagomato a forma concava con freccia di circa 1.5 m, si realizza il preconsolidamento del fronte mediante la posa di n° 70 tubi in VTR cementati, aventi lunghezza ≥ 24.00 m e sovrapposizione ≥ 12 m . Le fasi costruttive sono le seguenti:

- esecuzione sul fronte dello strato di spritz-beton fibrorinforzato o armato con rete elettrosaldata, avente spessore di 10 cm;
- perforazione $\varnothing \geq 100$ mm (eseguita, ove necessario, a secco o con impiego di schiume);
- posa dell'elemento strutturale in VTR, munito dell'opportuna attrezzatura per la cementazione ed esecuzione di cianfrinatura a boccaforo;
- esecuzione della cementazione mediante malte a ritiro controllato ogni 9-10 fori.

Le sequenze operative andranno adattate alle caratteristiche dell'ammasso ma dovranno comunque essere tali da consentire l'inghisaggio dell'elemento strutturale al terreno mediante il completo riempimento dell'intercapedine tra elemento e pareti del foro.

La fase di cementazione potrà avvenire di massima ogni 9-10 elementi già posati e comunque il prima possibile per evitare possibili franamenti del foro. Il riempimento del foro avverrà dal fondo verso il paramento del fronte.

FASE 2: posa in opera e cementazione dei tubi metallici al contorno

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 60 di 220

Perforazione e posa in opera di n°25 tubi valvolati e iniettati (1 VLV/m) Ø 88.9 dello spessore di 10 mm L ≥ 15.00 m secondo le geometrie di progetto; la sovrapposizione tra una serie di tubi e la successiva sarà pari a 3.00 m.

Le fasi costruttive sono le seguenti :

- perforazione $\varnothing \geq 130$ mm (eseguita, ove necessario, a secco o con impiego di schiume);
- inserimento del tubo in acciaio valvolato;
- formazione della guaina al contorno dell'elemento valvolati;
- iniezione in pressione di miscela cementizia a ritiro controllato, valvola per valvola.

La sequenza operativa sopra descritta andrà adattata alle caratteristiche dell'ammasso, ma dovrà in ogni caso consentire l'inghisaggio del tubo in acciaio al terreno mediante il completo riempimento dell'intercapedine con le pareti del foro. In linea generale, si dovrà avere cura di non perforare fori adiacenti, ma di lasciare almeno 3-4 fori di distanza tra perforazioni successive, procedendo alla immediata posa in opera del tubo di armatura. La fase di cementazione potrà avvenire di massima ogni 9-10 perforazioni armate e comunque il prima possibile per evitare possibili franamenti del foro. Di norma una volta realizzata la cementazione del tubo, si dovrà eseguire l'iniezione dalle singole valvole, con modalità da definire compiutamente in funzione delle reali situazioni riscontrate. In condizioni geomeccaniche che lo consentano sarà possibile evitare l'iniezione selettiva e considerare l'intervento completo con la sola iniezione di cementazione, tale decisione dovrà essere a cura del progettista in funzione delle caratteristiche geomeccaniche dell'ammasso riscontrate.

Le caratteristiche delle miscele impiegate, sono riportate nell'elaborato grafico "Scavi e consolidamenti – Sezione tipo B2Vsb".

FASE 3: esecuzione eventuali drenaggi in avanzamento

In caso di presenza d'acqua dovranno essere eseguiti drenaggi in avanzamento.

FASE 4: esecuzione scavo

Esecuzione scavo di avanzamento a piena sezione per campi pari a 12 m (preconsolidamento del nucleo L ≥ 24m sovrapposizione s ≥ 12m), per singoli sfondi di lunghezza pari a circa 1.00m, sagomando il fronte a forma concava ad ogni sfondo parziale ed eseguendo uno strato di spritz-beton armato di 5cm su ognuno di tali fronti.

FASE 5: posa in opera del rivestimento di prima fase

Al termine di ogni singolo sfondo verrà messo in opera il rivestimento di 1a fase costituito da centine metalliche HEB240 passo 1.00m e da uno strato di spritz-beton di spessore 30 cm, armato con rete elettrosaldada (Ø6 15x15) o fibrinforzato. Le centine appena posate dovranno essere collegate alle altre attraverso le apposite catene.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 61 di 220

FASE 6: getto arco rovescio e murette

Il getto dell'arco rovescio e delle murette dovrà avvenire entro 3Ø dal fronte nel caso di un loro getto contemporaneo, o rispettivamente entro 3Ø e 5Ø nel caso di getto differito. Le misure di estrusione del fronte e di convergenza del cavo potranno indicare distanze diverse e, inoltre:

- la necessità di effettuare tale getto entro distanze più restrittive (al limite realizzando il campo di avanzamento in due fasi distinte, alternandole al getto dell'arco rovescio);
- la lunghezza dei campioni di arco rovescio da realizzare;
- la necessità di realizzare il consolidamento del fronte del successivo campo di avanzamento prima del getto di arco rovescio e murette.

FASE 7: impermeabilizzazione

Posa in opera dell'impermeabilizzazione, eseguita prima del getto del rivestimento definitivo di calotta.

FASE 8: getto rivestimento definitivo

Il getto del rivestimento definitivo di calotta seguirà il fronte ad una distanza non superiore a 9 Ø. Anche in questo caso in funzione dell'andamento delle misure di convergenza si potranno eventualmente stabilire distanze diverse, anche più restrittive entro cui eseguire il getto del rivestimento definitivo.

Qualora le operazioni di scavo vengano interrotte per un periodo prossimo alle 24 ore, è necessario porre in opera al fronte uno strato di spritz-beton armato di spessore pari a 5 cm; se il fermo delle lavorazioni risulta superiore a 48 h (festività o fermi di qualsiasi natura) il ciclo delle lavorazioni dovrà necessariamente terminare con il consolidamento del fronte appena eseguito, previa sagomatura a forma concava ed esecuzione dello strato di spritz-beton armato sp=10 cm, e con l'arco rovescio e le murette (eventualmente la calotta) in prossimità del fronte stesso.

7.3.10 Sezioni tipo B4/1 sb e B4/2 sb

La sezione tipo B4/1 sb è costituita da:

- preconsolidamento del fronte realizzato mediante la posa in opera di n° 60 tubi in VTR, lunghezza ≥ 24 m, sovrapp. $\geq 6 - 12$ m, cementati;
- n° 10-11 bulloni radiali ad ancoraggio continuo Ø28mm FeB 44K, lunghezza 5.50 – 6.50 m, passo trasversale 2.00 m, passo longitudinale 1.00m, cementati;
- priverestimento composto da uno strato di 30 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata o fibrorinforzato e centine 2IPN240 con passo p = 1.00;
- impermeabilizzazione;

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 62 di 220

- rivestimento definitivo in cls dello spessore di 100 cm in arco rovescio e di 80 cm in calotta. Il getto dell'arco rovescio, delle murette e del rivestimento definitivo di calotta sarà eseguito ad una distanza dal fronte che dipenderà dal comportamento deformativo del cavo.
- La sezione tipo B4/2 sb è costituita da:
- preconsolidamento del fronte realizzato mediante la posa in opera di n° 70 tubi in VTR, lunghezza ≥ 24 m, sovrapp. $\geq 6 - 12$ m, cementati;
- n° 10-11 bulloni radiali ad ancoraggio continuo $\varnothing 28$ mm FeB 44K, lunghezza 8 m, passo trasversale 2.00 m, passo longitudinale 1.00m, cementati mediante iniezioni cementizie o resina epossidica;
- priverestimento composto da uno strato di 30 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata o fibrorinforzato e centine centine 2IPN240 con passo $p = 1.00$;
- impermeabilizzazione;
- rivestimento definitivo in cls dello spessore di 100 cm in arco rovescio e di 90 cm in calotta. Il getto dell'arco rovescio, delle murette e del rivestimento definitivo di calotta sarà eseguito ad una distanza dal fronte che dipenderà dal comportamento deformativo del cavo.

Campo di applicazione

Per quanto concerne il campo di applicazione si veda la tabella riepilogativa riportata alla fine del paragrafo.

Interventi previsti

Si possono considerare le seguenti fasi costruttive:

FASE 1: esecuzione del preconsolidamento del fronte.

Dal fronte di scavo, sagomato a forma concava, si realizza il preconsolidamento del fronte mediante la posa di 60 (B4/1 sb) – 70 (B4/2 sb) tubi in VTR cementati, aventi sovrapposizione $\geq 6 - 12$ m. Le fasi costruttive sono le seguenti:

- esecuzione sul fronte dello strato di spritz-beton fibrorinforzato o armato con rete elettrosaldata, avente spessore di 10 cm;
- perforazione $\varnothing \geq 100$ mm (eseguita, ove necessario, a secco o con impiego di schiume);
- posa del tubo in VTR ad aderenza migliorata, munito dell'opportuna attrezzatura per la cementazione ed esecuzione di cianfrinatura a boccaforo;
- esecuzione della cementazione mediante miscele cementizie a ritiro controllato ogni 9-10 fori;

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 63 di 220

Le sequenze operative andranno adattate alle caratteristiche dell'ammasso ma dovranno comunque essere tali da consentire l'inghisaggio dell'elemento strutturale mediante il completo riempimento dell'intercapedine tra elemento e pareti del foro, nonché delle parti costituenti l'elemento strutturale.

La fase di cementazione potrà avvenire di massima ogni 9-10 elementi già posati e comunque il prima possibile per evitare possibili franamenti del foro. Le caratteristiche della miscela da impiegare sono riportate nella tabella materiali riportate nel relativo elaborato grafico.

FASE 2: esecuzione di eventuali drenaggi

Esecuzione di eventuali drenaggi in avanzamento, in caso di presenza d'acqua, il cui numero, le posizioni e le relative inclinazioni saranno definite in dettaglio in corso d'opera in funzione della situazione effettivamente riscontrata. Nel caso debbano essere eseguiti, al termine degli interventi di preconsolidamento descritti nella fase 1, si prevede l'uso di drenaggi costituiti da n° max 4 tubi in PVC microfessurati per 20 m a partire da fondo foro e "ciechi" per 10 m verso bocca foro, del diametro $\varnothing \approx 60$ mm spessore 4 mm e protezione in geotessile, messi in opera all'interno di un foro con diametro $\varnothing \geq 100$ mm. Dopo la posa in opera del tubo in PVC, si dovranno adottare opportuni accorgimenti per isolare il tratto microfessurato da quello cieco (sacco otturatore, cementazione), ad evitare dannose percolazioni dell'acqua raccolta in avanzamento all'interno del nucleo consolidato.

FASE 3: esecuzione scavo

Esecuzione scavo di avanzamento a piena sezione per campi pari a 18 - 12 m (preconsolidamento del nucleo $L \geq 24$ m sovrapposizione $s \geq 6-12$ m), per singoli sfondi di lunghezza massima pari a 1.00m, sagomando il fronte a forma concava ad ogni sfondo parziale ed eseguendo uno strato di spritz-beton armato di 15cm su ognuno di tali fronti.

FASE 4: posa in opera del rivestimento di prima fase

Al termine di ogni singolo sfondo verrà messo in opera il rivestimento di 1a fase costituito da centine metalliche 2IPN240 passo 1.00 m e da uno strato di spritz-beton, armato con rete elettrosaldata ($\varnothing 6$ 15x15) o fibrorinforzato, di spessore 20 cm. Le centine appena posate dovranno essere collegate alle altre attraverso le apposite catene.

FASE 5: perforazione e posa in opera dei bulloni

In corrispondenza dei calestrelli presenti tra i due profilati IPN240 verranno eseguite le perforazioni necessarie per la messa in opera dei bulloni radiali a cementazione continua. I bulloni saranno installati con passo trasversale pari a 2.00m e passo longitudinale pari ad 1.00m entro 1 diametro. L'iniezione dei bulloni dovrà avvenire entro 3 diametri dal fronte di scavo. Successivamente all'iniezione verrà eseguito lo strato di completamento di spritz-beton sino a raggiungere lo spessore di 30 cm.

FASE 6: getto arco rovescio e murette

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 64 di 220

Il getto dell'arco rovescio e delle murette dovrà avvenire entro $3\emptyset$ dal fronte nel caso di un loro getto contemporaneo, o rispettivamente entro $5\emptyset$ e $3\emptyset$ nel caso di getto differito. Le misure di estrusione del fronte e di convergenza del cavo potranno indicare distanze diverse e, inoltre:

- la necessità di effettuare tale getto entro distanze più restrittive (al limite realizzando il campo di avanzamento in due fasi distinte, alternandole al getto dell'arco rovescio);
- la lunghezza dei campioni di arco rovescio da realizzare;
- la necessità di realizzare il consolidamento del fronte del successivo campo di avanzamento prima del getto di arco rovescio e murette.

FASE 7: impermeabilizzazione

Posa in opera dell'impermeabilizzazione, eseguita prima del getto del rivestimento definitivo.

FASE 8: getto rivestimento definitivo

Tale operazione seguirà il fronte ad una distanza non superiore a $9 \emptyset$. Anche in questo caso in funzione dell'andamento delle misure di convergenza si potranno eventualmente stabilire distanze diverse, anche più restrittive entro cui eseguire il getto del rivestimento definitivo.

Qualora le operazioni di scavo vengano interrotte per un periodo prossimo alle 24 ore, è necessario porre in opera al fronte, sagomato a forma concava, uno strato di spritz-beton di spessore minimo pari a 5 cm: Se il fermo delle lavorazioni risulta superiore a 48 h (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 a ridosso del fronte stesso. In relazione al comportamento deformativo del fronte e del cavo, arco rovescio e murette dovranno essere opportunamente avvicinate al fronte.

7.3.11 Sezione tipo C1sb-r

La sezione tipo C1sb-r è costituita da:

- un preconsolidamento del fronte realizzato mediante la posa in opera di n° 40 tubi in VTR, $L \geq 24.00$ m sovrapp. ≥ 12 m, cementati.
- un preconsolidamento al contorno della futura sezione di scavo mediante 61 trattamenti sub-orizzontali in jet-grouting aventi $L \geq 18.00$ m, sovrapposizione ≥ 6 m;
- eventuali drenaggi in avanzamento, in caso di presenza d'acqua;
- un priverestimento composto da centine HEB180 con passo $p = 1.00$ m e da uno strato di 25 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata o fibrorinforzato;
- impermeabilizzazione;

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 65 di 220

- rivestimento definitivo in cls semplice dello spessore di 100 cm in arco rovescio, spessore minimo in calotta di 50 cm, massimo di 120 cm.

Campo d'applicazione

Per quanto concerne il campo di applicazione si veda la tabella riepilogativa riportata alla fine del paragrafo.

Fasi esecutive

Si possono considerare le seguenti fasi costruttive:

FASE 1: esecuzione del preconsolidamento del fronte.

Dal fronte di scavo, sagomato a forma concava con freccia di circa 1.5 m, si realizza il preconsolidamento del fronte mediante la posa di 40 tubi in VTR cementati, aventi sovrapposizione $s \geq 12$ m. Le fasi costruttive sono le seguenti:

- esecuzione sul fronte dello strato di spritz-beton fibrorinforzato o armato con rete elettrosaldata, avente spessore di 10 cm;
- perforazione $\varnothing \geq 100$ mm (eseguita per quanto possibile a secco o con impiego di schiume);
- posa dell'elemento strutturale in VTR ad aderenza migliorata, munito dell'opportuna attrezzatura per la cementazione ed esecuzione di cianfrinatura a boccaforo;
- esecuzione della cementazione mediante miscele cementizie a ritiro controllato ogni 9-10 fori;

Le sequenze operative andranno adattate alle caratteristiche dell'ammasso ma dovranno comunque essere tali da consentire l'inghisaggio dell'elemento strutturale al terreno mediante il completo riempimento dell'intercapedine tra elemento e pareti del foro.

La fase di cementazione potrà avvenire di massima ogni 9-10 elementi già posati e comunque il prima possibile per evitare possibili franamenti del foro.

FASE 2: consolidamento al contorno ed al piede della centina

Dal fronte di scavo, si realizza un arco di terreno consolidato mediante 61 trattamenti colonnari in jet-goruting ($L=18.00$ m sovr. 6.00 m) al contorno della futura sezione di scavo ed eventualmente in prossimità del piede della centina, attraverso perforazioni inclinate rispetto all'orizzontale secondo quanto indicato negli elaborati di progetto.

FASE 3: esecuzione di eventuali drenaggi (eventuali)

Esecuzione di eventuali drenaggi in avanzamento, in caso di presenza d'acqua, il cui numero, le posizioni e le relative inclinazioni saranno definite in corso d'opera in funzione della situazione effettivamente riscontrata.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 66 di 220

FASE 4: esecuzione scavo

Esecuzione scavo di avanzamento a piena sezione per campi di lunghezza massima di 12 m (lunghezza consolidamenti contorno ≥ 18.00 m, sovrapposizione ≥ 6 m; lunghezza consolidamenti fronte ≥ 24.00 m, sovrapposizione ≥ 12 m), per singoli sfondi di lunghezza pari a circa 1.00m, sagomando il fronte a forma concava ad ogni sfondo parziale ed eseguendo uno strato di spritz-beton armato di 5 cm su ognuno di tali fronti.

FASE 5: posa in opera del rivestimento di prima fase

Al termine di ogni singolo sfondo verrà messo in opera il rivestimento di 1a fase costituito da centine metalliche HEB180 passo 1.00 m e da uno strato di spritz-beton, di spessore pari a 25 cm, armato con rete elettrosaldata ($\varnothing 6$ 15x15) o fibrorinforzato. Le centine appena posate dovranno essere collegate alle altre attraverso le apposite catene.

FASE 6: getto arco rovescio e murette

Il getto delle murette e dell'arco rovescio dovrà avvenire rispettivamente entro 2 \varnothing e 3 \varnothing dal fronte. Le misure di estrusione del fronte e di convergenza del cavo potranno indicare distanze diverse e, inoltre:

- la necessità di effettuare tale getto entro distanze più restrittive (al limite realizzando il campo di avanzamento in due fasi distinte, alternandole al getto dell'arco rovescio);
- la lunghezza dei campioni di arco rovescio da realizzare;
- la possibilità di realizzare il consolidamento del fronte del successivo campo di avanzamento prima del getto di arco rovescio e murette.

FASE 7: impermeabilizzazione

La posa in opera dell'impermeabilizzazione sarà eseguita prima del getto del rivestimento definitivo.

FASE 8: getto rivestimento definitivo

Tale operazione seguirà il fronte ad una distanza non superiore a 9 \varnothing . Anche in questo caso in funzione dell'andamento delle misure di convergenza si potranno eventualmente stabilire distanze diverse, anche più restrittive entro cui eseguire il getto del rivestimento definitivo.

Qualora le operazioni di scavo vengano interrotte per un periodo prossimo alle 24 ore, è necessario porre in opera al fronte uno strato di spritz-beton di spessore minimo pari a 5 cm, con lo scopo di evitare che il materiale al contatto con l'atmosfera subisca deterioramenti; se il fermo delle lavorazioni risulta superiore a 48 h (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 in prossimità del fronte stesso.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 67 di 220

7.3.12 Sezione tipo C2sb – C2sb con puntone

La sezione tipo C2 sb è costituita da:

- un preconsolidamento del fronte realizzato mediante la posa in opera di n° 55 tubi in VTR, L \geq 24.00 m sovrapp. \geq 6 - 12 m, cementati.
- un preconsolidamento al contorno della futura sezione di scavo mediante iniezioni cementizie in pressione, realizzate mediante 55 tubi in VTR L \geq 24.00 m, sovrapp. \geq 6 - 12 m, valvolati con 1 vlv/m;
- eventuali drenaggi in avanzamento, in caso di presenza d'acqua;
- eventuale preconsolidamento al piede delle centine mediante 6+6 tubi in VTR, L \geq 24.00 m, sovrapp. \geq 6 - 12 m (da non eseguirsi nel caso della sezione tipo C2sb con puntone);
- un priverstimento composto da centine HEB240 con passo p = 1.00m e da uno strato di 30 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata o fibrorinforzato (più puntone per la sezione tipo C4sb con puntone);
- impermeabilizzazione tipo "0" costituita da tessuto non tessuto e un manto in pvc;
- rivestimento definitivo in cls armato dello spessore di 100 cm in arco rovescio e dello spessore di 90 cm in calotta.

Campo d'applicazione

Per quanto concerne il campo di applicazione si veda la tabella riepilogativa riportata alla fine del paragrafo.

Fasi esecutive

Si possono considerare le seguenti fasi costruttive:

FASE 1: esecuzione del preconsolidamento del fronte.

Dal fronte di scavo, sagomato a forma concava con freccia di circa 1.5 m, si realizza il preconsolidamento del fronte mediante la posa di 55 tubi in VTR cementati, aventi sovrapposizione s \geq 6 - 12 m. Le fasi costruttive sono le seguenti:

- esecuzione sul fronte dello strato di spritz-beton fibrorinforzato o armato con rete elettrosaldata, avente spessore di 10 cm;
- perforazione $\varnothing \geq$ 100 mm (eseguita, ove necessario, a secco o con impiego di schiume);
- posa dell'elemento strutturale in VTR ad aderenza migliorata, munito dell'opportuna attrezzatura per la cementazione ed esecuzione di cianfrinatura a boccaforo;
- esecuzione della cementazione mediante miscele cementizie a ritiro controllato ogni 9-10 fori;

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collocamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 68 di 220

Le sequenze operative andranno adattate alle caratteristiche dell'ammasso ma dovranno comunque essere tali da consentire l'inghisaggio dell'elemento strutturale al terreno mediante il completo riempimento dell'intercapedine tra elemento e pareti del foro.

La fase di cementazione potrà avvenire di massima ogni 9-10 elementi già posati e comunque il prima possibile per evitare possibili franamenti del foro.

FASE 2: consolidamento al contorno ed al piede della centina

Dal fronte di scavo, si realizza un arco di terreno consolidato mediante iniezioni cementizie al contorno della futura sezione di scavo ed eventualmente in prossimità del piede della centina (il consolidamento al piede non verrà eseguito in presenza di sezione con puntone), attraverso perforazioni inclinate rispetto all'orizzontale secondo quanto indicato negli elaborati di progetto.

Le modalità esecutive risultano:

- perforazione $\varnothing \geq 100$ mm (eseguita per quanto possibile a secco o con impiego di schiume);
- inserimento del tubo in VTR ad elevata resistenza allo scoppio ($p > 8$ MPa), valvolato con 1 valv./m per iniezioni in pressione; tali tubi potranno essere anche in resina poliestere rinforzata con fibre di vetro;
- formazione della "guaina" al contorno del tubo ogni 4÷5 fori mediante cementazione con miscela ricca in bentonite le cui caratteristiche di massima sono riportate nel relativo elaborato grafico;
- iniezione in pressione, valvola per valvola, di una miscela cementizia le cui caratteristiche di massima, da definire compiutamente in corso d'opera, sono riportate nel relativo elaborato grafico.

Le sequenze operative andranno adattate alle caratteristiche dell'ammasso ma dovranno comunque essere tali da consentire l'inghisaggio dell'elemento strutturale al terreno mediante il riempimento dell'intercapedine tra elemento e pareti del foro.

La fase di cementazione o formazione della guaina potrà avvenire di massima ogni 9-10 elementi già posati e comunque il prima possibile per evitare possibili franamenti del foro.

L'iniezione della guaina avverrà dal fondo verso il paramento del fronte: analogamente avverrà per l'iniezione in pressione dalle singole valvole.

Il numero delle valvole a metro lineare utilizzate per la realizzazione delle iniezioni in pressione al contorno della sezione di scavo potrà variare in funzione delle caratteristiche dell'ammasso e dei risultati dei consolidamenti precedenti riscontrati in corso d'opera.

In corso d'opera si potrà valutare la possibilità di variare la metodologia di perforazione indicata nelle fasi 1 e 2 utilizzando un opportuno fluido di perforazione (miscela cementizia, acqua additivata con agente schiumogeno, ...), o a secco, in funzione delle caratteristiche dell'ammasso e previa esecuzione di adeguate prove in sito, delle caratteristiche di resistenza del consolidamento dell'assenza di problemi connessi alla "sensibilità" dei terreni interessati dalle perforazioni (minerali rigonfianti, frazioni argillose attive);

FASE 3: esecuzione di eventuali drenaggi (eventuali)

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 69 di 220

Esecuzione di eventuali drenaggi in avanzamento, in caso di presenza d'acqua, il cui numero, le posizioni e le relative inclinazioni saranno definite in corso d'opera in funzione della situazione effettivamente riscontrata. Nel caso debbano essere eseguiti, al termine degli interventi di preconsolidamento descritti nella fase 2, si prevede l'uso di drenaggi costituiti da n° max 6 tubi in PVC microfessurati per 20 m a partire da fondo foro e "ciechi" per 10 m verso bocca foro, del diametro $\varnothing \approx 60$ mm spessore 4 mm e protezione in geotessile, messi in opera all'interno di un foro con diametro $\varnothing \geq 100$ mm. Dopo la posa in opera del tubo in PVC, si dovranno adottare opportuni accorgimenti per isolare il tratto microfessurato da quello cieco (sacco otturatore, cementazione), ad evitare dannose percolazioni dell'acqua raccolta in avanzamento all'interno del nucleo consolidato. Il numero, le posizioni e le relative inclinazioni saranno definite in dettaglio in corso d'opera in funzione della situazione effettivamente riscontrata.

FASE 4: esecuzione scavo

Esecuzione scavo di avanzamento a piena sezione per campi di lunghezza massima di 18 - 12 m (lunghezza consolidamenti contorno ≥ 24.00 m, sovrapposizione $\geq 6 - 12$ m; lunghezza consolidamenti fronte ≥ 24.00 m, sovrapposizione $\geq 6 - 12$ m), per singoli sfondi di lunghezza pari a circa 1.00m, sagomando il fronte a forma concava ad ogni sfondo parziale ed eseguendo uno strato di spritz-beton armato di 5 cm su ognuno di tali fronti.

FASE 5: posa in opera del rivestimento di prima fase

Al termine di ogni singolo sfondo verrà messo in opera il rivestimento di 1a fase costituito da centine metalliche HEB240 passo 1.00 m (più puntone per la sezione tipo C2sb con puntone) e da uno strato di spritz-beton, di spessore pari a 30 cm, armato con rete elettrosaldata ($\varnothing 6$ 15x15) o fibrinforzato. Le centine appena posate dovranno essere collegate alle altre attraverso le apposite catene.

FASE 6: getto arco rovescio e murette

Il getto dell'arco rovescio e delle murette dovrà avvenire entro 3 \varnothing dal fronte. Le misure di estrusione del fronte e di convergenza del cavo potranno indicare distanze diverse e, inoltre:

- la necessità di effettuare tale getto entro distanze più restrittive (al limite realizzando il campo di avanzamento in due fasi distinte, alternandole al getto dell'arco rovescio);
- la lunghezza dei campioni di arco rovescio da realizzare;
- la possibilità di realizzare il consolidamento del fronte del successivo campo di avanzamento prima del getto di arco rovescio e murette.

FASE 7: impermeabilizzazione

La posa in opera dell'impermeabilizzazione sarà eseguita prima del getto del rivestimento definitivo.

FASE 8: getto rivestimento definitivo

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 70 di 220

Tale operazione seguirà il fronte ad una distanza non superiore a $9 \varnothing$. Anche in questo caso in funzione dell'andamento delle misure di convergenza si potranno eventualmente stabilire distanze diverse, anche più restrittive entro cui eseguire il getto del rivestimento definitivo.

Qualora le operazioni di scavo vengano interrotte per un periodo prossimo alle 24 ore, è necessario porre in opera al fronte uno strato di spritz-beton di spessore pari a 5 cm, con lo scopo di evitare che il materiale al contatto con l'atmosfera subisca deterioramenti; se il fermo delle lavorazioni risulta superiore a 48 h (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 portati a ridosso del fronte stesso.

7.3.13 Sezione tipo C2sb-r

La sezione tipo C2sb-r è costituita da:

- un preconsolidamento del fronte realizzato mediante la posa in opera di n° 40 tubi in VTR, $L \geq 24.00$ m sovrapp. $\geq 6 - 12$ m, cementati.
- un preconsolidamento al contorno della futura sezione di scavo mediante iniezioni cementizie in pressione, realizzate mediante 40 tubi in VTR $L \geq 24.00$ m, sovrapp. $\geq 6 - 12$ m, valvolati con 1 vlv/m;
- eventuali drenaggi in avanzamento, in caso di presenza d'acqua;
- eventuale preconsolidamento al piede delle centine mediante 6+6 tubi in VTR, $L \geq 24.00$ m, sovrapp. $\geq 6 - 12$ m (da non eseguirsi nel caso della sezione tipo C2sb con puntone);
- un priverstimento composto da centine 2IPN200 con passo $p = 1.00$ m e da uno strato di 25 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldato o fibrorinforzato;
- impermeabilizzazione tipo "0" o tipo "1";
- rivestimento definitivo in cls armato dello spessore di 100 cm in arco rovescio e dello spessore di 90 cm in calotta.

Campo d'applicazione

Per quanto concerne il campo di applicazione si veda la tabella riepilogativa riportata alla fine del paragrafo.

Fasi esecutive

Si possono considerare le seguenti fasi costruttive:

FASE 1: esecuzione del preconsolidamento del fronte.

Dal fronte di scavo, sagomato a forma concava con freccia di circa 1.5 m, si realizza il preconsolidamento del fronte mediante la posa di 40 tubi in VTR cementati, aventi lunghezza minima di 24.00 m e sovrapposizione $s \geq 6 - 12$ m. Le fasi costruttive sono le seguenti:

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 71 di 220

- esecuzione sul fronte dello strato di spritz-beton fibrorinforzato o armato con rete elettrosaldata, avente spessore di 10 cm;
- perforazione $\varnothing \geq 100$ mm (eseguita, ove necessario, a secco o con impiego di schiume);
- posa dell'elemento strutturale in VTR ad aderenza migliorata, munito dell'opportuna attrezzatura per la cementazione ed esecuzione di cianfrinatura a boccaforo;
- esecuzione della cementazione mediante miscele cementizie a ritiro controllato ogni 9-10 fori;

Le sequenze operative andranno adattate alle caratteristiche dell'ammasso ma dovranno comunque essere tali da consentire l'inghisaggio dell'elemento strutturale al terreno mediante il completo riempimento dell'intercapedine tra elemento e pareti del foro.

La fase di cementazione potrà avvenire di massima ogni 9-10 elementi già posati e comunque il prima possibile per evitare possibili franamenti del foro.

FASE 2: consolidamento al contorno ed al piede della centina

Dal fronte di scavo, si realizza un arco di terreno consolidato mediante iniezioni cementizie al contorno della futura sezione di scavo ed eventualmente in prossimità del piede della centina (il consolidamento al piede non verrà eseguito in presenza di sezione con puntone), attraverso perforazioni inclinate rispetto all'orizzontale secondo quanto indicato negli elaborati di progetto.

Le modalità esecutive risultano:

- perforazione $\varnothing \geq 100$ mm (eseguita, ove necessario, a secco o con impiego di schiume);
- inserimento del tubo in VTR ad elevata resistenza allo scoppio ($p > 8$ MPa), valvolato con 1 valv./m per iniezioni in pressione; tali tubi potranno essere anche in resina poliestere rinforzata con fibre di vetro;
- formazione della "guaina" al contorno del tubo ogni 9-10 fori mediante cementazione con miscela ricca in bentonite le cui caratteristiche di massima sono riportate nel relativo elaborato grafico;
- iniezione in pressione, valvola per valvola, di una miscela cementizia le cui caratteristiche di massima, da definire compiutamente in corso d'opera, sono riportate nel relativo elaborato grafico.

Le sequenze operative andranno adattate alle caratteristiche dell'ammasso ma dovranno comunque essere tali da consentire l'inghisaggio dell'elemento strutturale al terreno mediante il completo riempimento dell'intercapedine tra elemento e pareti del foro.

La fase di cementazione o formazione della guaina potrà avvenire di massima ogni 9-10 elementi già posati e comunque il prima possibile per evitare possibili franamenti del foro.

L'iniezione della guaina avverrà dal fondo verso il paramento del fronte: analogamente avverrà per l'iniezione in pressione dalle singole valvole.

Il numero delle valvole a metro lineare utilizzate per la realizzazione delle iniezioni in pressione al contorno della sezione di scavo potrà variare in funzione delle caratteristiche dell'ammasso e dei risultati dei consolidamenti precedenti riscontrati in corso d'opera.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 72 di 220

In corso d'opera si potrà valutare la possibilità di variare la metodologia di perforazione indicata nelle fasi 1 e 2 utilizzando un opportuno fluido di perforazione (miscela cementizia, acqua additivata con agente schiumogeno, ...) o a secco, in funzione delle caratteristiche dell'ammasso e previa esecuzione di adeguate prove in sito, atte a garantire:

- delle caratteristiche di resistenza del consolidamento, dell'assenza di problemi connessi alla "sensibilità" dei terreni interessati dalle perforazioni (minerali rigonfianti, frazioni argillose attive);

FASE 3: esecuzione di eventuali drenaggi (eventuali)

Esecuzione di eventuali drenaggi in avanzamento, in caso di presenza d'acqua, il cui numero, le posizioni e le relative inclinazioni saranno definite in corso d'opera in funzione della situazione effettivamente riscontrata. Nel caso debbano essere eseguiti, al termine degli interventi di preconsolidamento descritti nella fase 2, si prevede l'uso di drenaggi costituiti da n° max 6 tubi in PVC microfessurati per 20 m a partire da fondo foro e "ciechi" per 10 m verso bocca foro, del diametro $\varnothing \approx 60$ mm spessore 4 mm e protezione in geotessile, messi in opera all'interno di un foro con diametro $\varnothing \geq 100$ mm. Dopo la posa in opera del tubo in PVC, si dovranno adottare opportuni accorgimenti per isolare il tratto microfessurato da quello cieco (sacco otturatore, cementazione), ad evitare dannose percolazioni dell'acqua raccolta in avanzamento all'interno del nucleo consolidato.

Il numero, le posizioni e le relative inclinazioni saranno definite in dettaglio in corso d'opera in funzione della situazione effettivamente riscontrata.

FASE 4: esecuzione scavo

Esecuzione scavo di avanzamento a piena sezione per campi di lunghezza massima di 18 - 12 m (lunghezza consolidamenti contorno ≥ 24.00 m, sovrapposizione $\geq 6 - 12$ m; lunghezza consolidamenti fronte ≥ 24.00 m, sovrapposizione $\geq 6 - 12$ m), per singoli sfondi di lunghezza pari a circa 1.00m, sagomando il fronte a forma concava ad ogni sfondo parziale ed eseguendo uno strato di spritz-beton armato di 5 cm su ognuno di tali fronti.

FASE 5: posa in opera del rivestimento di prima fase

Al termine di ogni singolo sfondo verrà messo in opera il rivestimento di 1a fase costituito da centine metalliche 2IPN200 passo 1.00 m (più puntone per la sezione tipo C2sb con puntone) e da uno strato di spritz-beton, di spessore pari a 25 cm, armato con rete elettrosaldata ($\varnothing 6$ 15x15) o fibrorinforzato. Le centine appena posate dovranno essere collegate alle altre attraverso le apposite catene.

FASE 6: getto arco rovescio e murette

Il getto dell'arco rovescio e delle murette dovrà avvenire entro 3 \varnothing dal fronte. Le misure di estrusione del fronte e di convergenza del cavo potranno indicare distanze diverse e, inoltre:

- la necessità di effettuare tale getto entro distanze più restrittive (al limite realizzando il campo di avanzamento in due fasi distinte, alternandole al getto dell'arco rovescio);
- la lunghezza dei campioni di arco rovescio da realizzare;

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 73 di 220

- la possibilità di realizzare il consolidamento del fronte del successivo campo di avanzamento prima del getto di arco rovescio e murette.

FASE 7: impermeabilizzazione

La posa in opera dell'impermeabilizzazione sarà eseguita prima del getto del rivestimento definitivo.

FASE 8: getto rivestimento definitivo

Tale operazione seguirà il fronte ad una distanza non superiore a 9 Ø. Anche in questo caso in funzione dell'andamento delle misure di convergenza si potranno eventualmente stabilire distanze diverse, anche più restrittive entro cui eseguire il getto del rivestimento definitivo.

Qualora le operazioni di scavo vengano interrotte per un periodo prossimo alle 24 ore, è necessario porre in opera al fronte uno strato di spritz-beton di spessore pari a 5 cm, con lo scopo di evitare che il materiale al contatto con l'atmosfera subisca deterioramenti; se il fermo delle lavorazioni risulta superiore a 48 h (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 portati a ridosso del fronte stesso.

7.3.14 Sezione tipo C4sb – C4sb con puntone

La sezione tipo C4 sb, in fase costruttiva è costituita da:

- preconsolidamento del fronte realizzato mediante la posa in opera di n° 70 tubi in VTR L ≥ 24.00 m, sovrapp. ≥ 6 - 12 m, cementati con miscele cementizie a ritiro controllato;
- preconsolidamento al contorno della futura sezione di scavo mediante n° 70 tubi in VTR, L ≥ 24.00 m, sovrapp. ≥ 6 - 12 m cementati con miscele cementizie a ritiro controllato;
- eventuale preconsolidamento al piede delle centine mediante 6+6 tubi in VTR, L ≥ 24.00 m, sovrapp. ≥ 6 - 12 m, da eseguirsi qualora non venga utilizzato il puntone in arco rovescio;
- eventuali drenaggi in avanzamento, in caso di presenza d'acqua;
- priverivestimento composto da centine HEB240 passo p = 1.00 m (più puntone per la sezione tipo C4sb con puntone) e da uno strato di 30 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata o fibrorinforzato;
- impermeabilizzazione tipo "0" costituita da tessuto non tessuto e manto in pvc;
- arco rovescio in cls semplice dello spessore di 100 cm, rivestimento definitivo dello spessore di 90 cm in calotta.

Campo di applicazione

Per quanto concerne il campo di applicazione si veda la tabella riepilogativa riportata alla fine del paragrafo.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 74 di 220

Interventi previsti

Si possono considerare le seguenti fasi costruttive:

FASE 1: esecuzione del preconsolidamento del fronte

Dal fronte di scavo, sagomato a forma concava con freccia di circa 1.5 m, si realizza il preconsolidamento del fronte mediante la posa di n° 70 tubi in VTR cementati con miscele a ritiro controllato, aventi lunghezza ≥ 24.00 m e sovrapposizione $\geq 6 - 12$ m. Le fasi costruttive sono le seguenti:

- esecuzione sul fronte dello strato di spritz-beton fibrorinforzato o armato con rete elettrosaldata, avente spessore di 10 cm;
- perforazione $\varnothing \geq 100$ mm (eseguita per quanto possibile a secco o con impiego di schiume);
- posa dell'elemento strutturale in VTR, munito dell'opportuna attrezzatura per la cementazione ed esecuzione di cianfrinatura a boccaforno;
- esecuzione della cementazione mediante miscele cementizie a ritiro controllato ogni 9-10 fori;

Le sequenze operative andranno adattate alle caratteristiche dell'ammasso ma dovranno comunque essere tali da consentire l'inghisaggio dell'elemento strutturale al terreno mediante il riempimento dell'intercapedine tra elemento e pareti del foro.

La fase di cementazione potrà avvenire di massima ogni 9-10 elementi già posati e comunque il prima possibile per evitare possibili franamenti del foro. Il riempimento del foro avverrà dal fondo verso il paramento del fronte.

Le caratteristiche della miscela da impiegare sono riportate nella tabella materiali del relativo elaborato grafico.

FASE 2: consolidamento al contorno della sezione

Dal fronte di scavo, si realizza un arco di terreno consolidato mediante la posa in opera di n° 70 tubi in VTR cementati, aventi lunghezza ≥ 24.00 m e sovrapposizione $\geq 6 - 12$ m. al contorno della futura sezione di scavo ed eventualmente in prossimità del piede della centina (il consolidamento al piede non verrà eseguito in presenza di sezione con puntone), attraverso perforazioni inclinate rispetto all'orizzontale secondo quanto indicato negli elaborati di progetto.

FASE 3: esecuzione drenaggi in avanzamento (eventuali)

L'esecuzione di drenaggi al contorno della sezione, secondo il numero e le geometrie indicate in progetto, avverrà al termine degli interventi di preconsolidamento descritti nella fase 2.

FASE 4: esecuzione scavo

Esecuzione scavo di avanzamento a piena sezione per una lunghezza massima di 18 - 12 m (consolidamenti L = 24.00m, sovrapposizione $\geq 6 - 12$ m), per singoli sfondi di circa 1.00 m,

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 75 di 220

sagomando il fronte a forma concava anche ad ogni sfondo parziale ed eseguendo uno strato di spritz-beton armato, sp.5 cm, su ognuno di tali fronti.

FASE 5: posa in opera del rivestimento di prima fase

Al termine di ogni singolo sfondo verrà messo in opera il rivestimento di 1a fase costituito da centine metalliche HEB240 passo 1.00 m (più puntone per la sezione tipo C4sb con puntone) e da uno strato di spritz-beton, di spessore pari a 30 cm, armato o fibrorinforzato. Le centine appena posate dovranno essere collegate alle altre attraverso le apposite catene.

FASE 6: getto arco rovescio e murette

Il getto dell'arco rovescio e delle murette dovrà avvenire entro 3Ø dal fronte. Le misure di estrusione del fronte e di convergenza del cavo potranno indicare distanze diverse e, inoltre:

- la necessità di effettuare tale getto entro distanze più restrittive (al limite realizzando il campo di avanzamento in due fasi distinte, alternandole al getto dell'arco rovescio);
- la lunghezza dei campioni di arco rovescio da realizzare;
- la possibilità di realizzare il consolidamento del fronte del successivo campo di avanzamento prima del getto di arco rovescio e murette.

FASE 7: impermeabilizzazione

Posa in opera dell'impermeabilizzazione, eseguita prima del getto del rivestimento definitivo.

FASE 8: getto rivestimento definitivo

Tale operazione seguirà il fronte ad una distanza non superiore a 9 Ø. Anche in questo caso in funzione dell'andamento delle misure di convergenza si potranno eventualmente stabilire distanze diverse, anche più restrittive entro cui eseguire il getto del rivestimento definitivo.

Qualora le operazioni di scavo vengano interrotte per un periodo prossimo alle 24 ore, è necessario porre in opera al fronte, sagomato a forma concava, uno strato di spritz-beton armato di spessore pari a 5 cm, i. Se il fermo delle lavorazioni risulta superiore a 48 h (festività o fermi di qualsiasi natura) il ciclo delle lavorazioni dovrà necessariamente terminare con il consolidamento del fronte appena eseguito (eventualmente incrementato), 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 in prossimità del fronte stesso.

La sequenza operativa di perforazione, inserimento del tubo o dell'elemento strutturale in VTR e cementazione indicata precedentemente, andrà adattata alle caratteristiche dell'ammasso, prevedendo comunque l'inserimento del tubo o dell'elemento strutturale in VTR e la successiva cementazione ogni 9-10 perforazioni realizzate, al fine di consentire il riempimento del foro e l'inghisaggio del tubo o dell'elemento strutturale. In corso d'opera si potrà comunque valutare la possibilità di variare la metodologia di perforazione utilizzando un opportuno fluido di perforazione (miscele cementizie, acqua additivata con agenti schiumogeni, etc) o a secco, in funzione delle caratteristiche dell'ammasso delle caratteristiche di resistenza del consolidamento, dell'assenza di

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 76 di 220

problemi connessi alla “sensibilità” dei terreni interessati dalle perforazioni (minerali rigonfianti, frazioni argillose attive, etc)

7.4 CAMPI D'APPLICAZIONE E VARIABILITÀ DELLE SEZIONI TIPO

Si riportano nel seguito delle tabelle contenenti i campi di applicazione, gli spostamenti attesi e la variabilità prevista per ogni sezione tipo, la variabilità minima/massima degli interventi di consolidamento di ciascuna sezione tipo è stata definita ricorrendo ad una modellazione tridimensionale del fronte di scavo.

I valori attesi delle convergenze medie e degli spostamenti massimi delle mire si discostano dai risultati emersi in sede di calcolo in quanto nella pratica è necessario tenere conto dell'importanza di fattori difficilmente schematizzabili e modellabili numericamente, quali anisotropie nel comportamento deformativo del cavo, condizioni geomeccaniche particolari e localizzate, fasi esecutive e cadenze d'avanzamento. Per questi motivi il range delle convergenze e degli spostamenti delle mire attesi può essere più elevato di quelli calcolati numericamente, come indicato in tabella.

In funzione delle caratteristiche d'ammasso e degli spostamenti registrati in corso d'opera sarà compito del progettista operare sulla variabilità di ciascuna sezione tipo di modo da garantire la sicurezza dell'opera nel breve e nel lungo termine.

Per quanto concerne i dettagli di tale variabilità si vedano le tabelle allegate alla presente relazione. Nella tabella relativa alle Argilliti a Palombini sono rappresentati i parametri caratteristici dei gruppi geomeccanici 1, 2 e 3; l'utilizzo degli interventi previsti per le singole sezioni tipo sarà funzione di tali “parametri caratteristici” e dei risultati delle misure riscontrate in corso d'opera (convergenze ed estrusioni).

Per quanto concerne le sezioni tipo “B2/1 sb”, “B4/1 sb” e “B2 sb-r”, la variabilità degli interventi al fronte è funzione anche delle coperture presenti (a meno di zone con particolari problematiche: faglia, basse coperture, etc.) : in presenza di coperture inferiori i 300m verrà utilizzata la variabilità minima, per coperture comprese tra i 300 ed i 400m verrà applicata la variabilità media, mentre per coperture superiori i 400m verrà utilizzata la variabilità massima.

Nelle sezioni tipo B0V / B2V è prevista una variabilità del +/- 20% sul numero degli infilaggi metallici disposti sui 120° di calotta, il loro diametro potrà essere variato in funzione delle evidenze del monitoraggio (□ 88.9 mm – □ 108 mm).

Per maggiori dettagli sul campo d'applicazione di ciascuna sezione tipo si rimanda alla fase successiva di progettazione esecutiva.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC		Foglio 77 di 220

GALLERIA A DOPPIO BINARIO – ARGILLITI A PALOMBINI

		GRUPPI GEOMECCANICI	
		2	3
SEZIONI TIPO	H < 100 m	B2db	C2db
PARAMETRI CARATTERISTICI	c [Mpa]	0,3	0,2
	ϕ [°]	28	25
	E [Gpa]	1,3	0,7
	α_c [Mpa]	0,2	0,1
	GSI	34,0	28,0
	RQD	20-35%	< 20%
	Foliazione	Fittamente spaziata	Intensa
	Struttura	Piegata fino alla microscala	Non riconoscibile (ammasso destrutturato)
	Giunti	Alterati	Molto alterati
	% Palombini	< 20%	< 10%
	Stato Palombini	Molto fratturati e alterati	Intensamente fratturati ed alterati
Comportamento fronte	B	C	
DEFORMAZIONI	Spostamento singola mira o convergenza diametrale Soglia attenzione [cm]	8 - 9	10 - 12
	Spostamento singola mira o convergenza diametrale Soglia allarme [cm]	9 - 11	12 - 15
	Estrusioni cumulative Soglia attenzione [cm]	<7	<10
	Estrusioni cumulative Soglia allarme [cm]	< 10	< 15
B2db	Passo centine [m]	1.2 ----- 1.0 ----- 0.8	
	Puntone	Eventuale	
	Spessore sb [cm]	25 ----- 30 ----- 35	
	Consolidamento VTR fronte	60 ----- 75 ----- 90	
	Lunghezza sovr. VTR [m]	6 ----- 9 ----- 12	
	Distanza max getto murette	4 ϕ ----- 3 ϕ ----- 2 ϕ	
	Distanza max getto a.r.	6 ϕ ----- 5 ϕ ----- 3 ϕ	
Distanza max getto calotta	11 ϕ ----- 9 ϕ ----- 7 ϕ		
C2db	Passo centine [m]		1.2 ----- 1.0 ----- 0.8
	Puntone		Eventuale
	Spessore sb [cm]		25 ----- 30 ----- 35
	Consolidamento VTR fronte		60 ----- 75 ----- 90
	Lunghezza sovr. VTR [m]		6 ----- 9 ----- 12
	Consolidamento contorno		55 ----- 70 ----- 85
	Distanza max getto murette		3 ϕ ----- 1.5 ϕ
	Distanza max getto a.r.		5 ϕ ----- 3 ϕ ----- 1.5 ϕ
Distanza max getto calotta		7 ϕ ----- 5 ϕ ----- 3 ϕ	

CAMPO D'APPLICAZIONE *

VARIABILITA' SEZIONI TIPO

* = I parametri geomeccanici sono stati ricavati tramite correlazioni empiriche (Hoek & Brown) e sono stati tarati in funzione delle coperture presenti (100 m circa)

** = Per distanza massima si intende la distanza limite, misurata a partire dal fronte di scavo, entro cui eseguire i getti di rivestimento definitivo

*** = Qualora si rivelassero imprevisti geologici (K0>>1, fenomeni di squeezing, etc.) è previsto l'impiego di sezioni dotate di sovrassessori e/o armature

GALLERIA A SINGOLO BINARIO – ARGILLITI A PALOMBINI

		GRUPPI GEOMECCANICI				
		0%	30%	50%	80%	100%
SEZION TIPO	H < 500 m	B0/1sb - B0Vsb	B1sb - B2/1sb	B4/1sb	C2sb - C4sb	
	H > 500 m	B0/2sb - B0Vsb	B2/2sb - B2Vsb	B4/2sb	C2sb - C4sb	
PARAMETRI CARATTERISTICI	c (Mpa)	1,6 - 13	12 - 31	13 - 0,9	0,7-0,85	
	σ _{1T}	35 - 34	35 - 33	32 - 30	28-28	
	σ ₂ (Gpa)	5,4	2,1	1,7	1,2	
	σ ₃ (Mpa)	1,3	0,3	0,2	0,1	
	σ _{3S}	44,0	39,0	34,0	28,0	
	RSD	> 30%	35-50%	25-35%	< 25%	
	Foliazione	Regolarmente spaziate	Filamente spaziate	Filamente spaziate	Intensa	
	Struttura	Piegata fino alla mesoscala	Piegata fino alla microsca	Piegata fino alla microsca	Non riconoscibile (ammasso destrutturato)	
	Giunti	Privi di alterazione	Da poco alterati ad alterati	Alterati	Molto alterati	
	% Palombini	> 50%	< 50%	< 20%	< 10%	
	Stato Palombini	Poco fratturati e poco alterati	Da fratturati a molto fratturati e/o localmente alterati	Molto fratturati e alterati	Intensamente fratturati ed alterati	
	Comportamento fronte	B	B	B	C	
INFORMAZIONI	Spostamento singola mira o convergenza diametrale Soglia allarme [cm]	< 4	< 5	< 8	< 10	
	Spostamento singola mira o convergenza diametrale Soglia allarme [cm]	< 5	< 7	< 9	< 11	
	Estrusioni cumulative Soglia attenzione [cm]	-	< 5	< 7	< 10	
	Estrusioni cumulative Soglia allarme [cm]	-	< 8	< 10	< 15	
	Passo centine [m]	1,2 - 1,4 - 1,5				
	Puntone	-				
	Spessore Sb [cm]	15 - 20				
	Distanza max getto murette	60 - 90 - 120				
	Distanza max getto a.r.	90 - 120 - 150				
	Distanza max getto calotta	120 - 150 - 180				
	Passo centine [m]	1,0 - 1,2 - 1,4				
	Puntone	-				
Spessore Sb [cm]	20 - 25 - 30					
Distanza max getto murette	60 - 90 - 120					
Distanza max getto a.r.	90 - 120 - 150					
Distanza max getto calotta	120 - 150 - 180					
Passo centine [m]	1,0 - 1,2 - 1,4					
Puntone	-					
Spessore Sb [cm]	25 - 30 - 35					
Consolidamento VTR fronte	40 - 60 - 80					
Lunghezza sovr. VTR [m]	6 - 9 - 12					
Distanza max getto murette	20 - 30 - 40					
Distanza max getto a.r.	30 - 50 - 60					
Distanza max getto calotta	70 - 90 - 110					
Lunghezza bulloni acciaio [m]	5,5 - 6 - 6,5					
Passo trasversale [m]	1,5 - 2 - 2,5					
Passo centine [m]	0,8 - 1,0 - 1,2					
Puntone	-					
Spessore Sb [cm]	25 - 30 - 35					
Consolidamento VTR fronte	40 - 60 - 80					
Lunghezza sovr. VTR [m]	6 - 9 - 12					
Distanza max getto murette	20 - 30 - 40					
Distanza max getto a.r.	30 - 50 - 60					
Distanza max getto calotta	70 - 90 - 110					
Lunghezza bulloni acciaio [m]	5,5 - 6 - 6,5					
Passo trasversale [m]	1,5 - 2 - 2,5					
Passo centine [m]	0,8 - 1,0 - 1,2					
Puntone	-					
Spessore Sb [cm]	25 - 30 - 35					
Consolidamento VTR fronte	40 - 60 - 80					
Lunghezza sovr. VTR [m]	6 - 9 - 12					
Distanza max getto murette	20 - 30 - 40					
Distanza max getto a.r.	30 - 50 - 60					
Distanza max getto calotta	70 - 90 - 110					
Lunghezza bulloni acciaio [m]	5,5 - 6 - 6,5					
Passo trasversale [m]	1,5 - 2 - 2,5					
Passo centine [m]	0,8 - 1,0 - 1,2					
Puntone	-					
Spessore Sb [cm]	25 - 30 - 35					
Consolidamento VTR fronte	40 - 60 - 80					
Lunghezza sovr. VTR [m]	6 - 9 - 12					
Distanza max getto murette	20 - 30 - 40					
Distanza max getto a.r.	30 - 50 - 60					
Distanza max getto calotta	70 - 90 - 110					
Lunghezza bulloni acciaio [m]	5,5 - 6 - 6,5					
Passo trasversale [m]	1,5 - 2 - 2,5					
Passo centine [m]	0,8 - 1,0 - 1,2					
Puntone	-					
Spessore Sb [cm]	25 - 30 - 35					
Consolidamento VTR fronte	40 - 60 - 80					
Lunghezza sovr. VTR [m]	6 - 9 - 12					
Distanza max getto murette	20 - 30 - 40					
Distanza max getto a.r.	30 - 50 - 60					
Distanza max getto calotta	70 - 90 - 110					
Lunghezza bulloni acciaio [m]	5,5 - 6 - 6,5					
Passo trasversale [m]	1,5 - 2 - 2,5					
Passo centine [m]	0,8 - 1,0 - 1,2					
Puntone	-					
Spessore Sb [cm]	25 - 30 - 35					
Consolidamento VTR fronte	40 - 60 - 80					
Lunghezza sovr. VTR [m]	6 - 9 - 12					
Distanza max getto murette	20 - 30 - 40					
Distanza max getto a.r.	30 - 50 - 60					
Distanza max getto calotta	70 - 90 - 110					
Lunghezza bulloni acciaio [m]	5,5 - 6 - 6,5					
Passo trasversale [m]	1,5 - 2 - 2,5					
Passo centine [m]	0,8 - 1,0 - 1,2					
Puntone	-					
Spessore Sb [cm]	25 - 30 - 35					
Consolidamento VTR fronte	40 - 60 - 80					
Lunghezza sovr. VTR [m]	6 - 9 - 12					
Distanza max getto murette	20 - 30 - 40					
Distanza max getto a.r.	30 - 50 - 60					
Distanza max getto calotta	70 - 90 - 110					
Lunghezza bulloni acciaio [m]	5,5 - 6 - 6,5					
Passo trasversale [m]	1,5 - 2 - 2,5					
Passo centine [m]	0,8 - 1,0 - 1,2					
Puntone	-					
Spessore Sb [cm]	25 - 30 - 35					
Consolidamento VTR fronte	40 - 60 - 80					
Lunghezza sovr. VTR [m]	6 - 9 - 12					
Distanza max getto murette	20 - 30 - 40					
Distanza max getto a.r.	30 - 50 - 60					
Distanza max getto calotta	70 - 90 - 110					
Lunghezza bulloni acciaio [m]	5,5 - 6 - 6,5					
Passo trasversale [m]	1,5 - 2 - 2,5					
Passo centine [m]	0,8 - 1,0 - 1,2					
Puntone	-					
Spessore Sb [cm]	25 - 30 - 35					
Consolidamento VTR fronte	40 - 60 - 80					
Lunghezza sovr. VTR [m]	6 - 9 - 12					
Distanza max getto murette	20 - 30 - 40					
Distanza max getto a.r.	30 - 50 - 60					
Distanza max getto calotta	70 - 90 - 110					
Lunghezza bulloni acciaio [m]	5,5 - 6 - 6,5					
Passo trasversale [m]	1,5 - 2 - 2,5					
Passo centine [m]	0,8 - 1,0 - 1,2					
Puntone	-					
Spessore Sb [cm]	25 - 30 - 35					
Consolidamento VTR fronte	40 - 60 - 80					
Lunghezza sovr. VTR [m]	6 - 9 - 12					
Distanza max getto murette	20 - 30 - 40					
Distanza max getto a.r.	30 - 50 - 60					
Distanza max getto calotta	70 - 90 - 110					
Lunghezza bulloni acciaio [m]	5,5 - 6 - 6,5					
Passo trasversale [m]	1,5 - 2 - 2,5					
Passo centine [m]	0,8 - 1,0 - 1,2					
Puntone	-					
Spessore Sb [cm]	25 - 30 - 35					
Consolidamento VTR fronte	40 - 60 - 80					
Lunghezza sovr. VTR [m]	6 - 9 - 12					
Distanza max getto murette	20 - 30 - 40					
Distanza max getto a.r.	30 - 50 - 60					
Distanza max getto calotta	70 - 90 - 110					
Lunghezza bulloni acciaio [m]	5,5 - 6 - 6,5					
Passo trasversale [m]	1,5 - 2 - 2,5					
Passo centine [m]	0,8 - 1,0 - 1,2					
Puntone	-					
Spessore Sb [cm]	25 - 30 - 35					
Consolidamento VTR fronte	40 - 60 - 80					
Lunghezza sovr. VTR [m]	6 - 9 - 12					
Distanza max getto murette	20 - 30 - 40					
Distanza max getto a.r.	30 - 50 - 60					
Distanza max getto calotta	70 - 90 - 110					
Lunghezza bulloni acciaio [m]	5,5 - 6 - 6,5					
Passo trasversale [m]	1,5 - 2 - 2,5					
Passo centine [m]	0,8 - 1,0 - 1,2					
Puntone	-					
Spessore Sb [cm]	25 - 30 - 35					
Consolidamento VTR fronte	40 - 60 - 80					
Lunghezza sovr. VTR [m]	6 - 9 - 12					
Distanza max getto murette	20 - 30 - 40					
Distanza max getto a.r.	30 - 50 - 60					
Distanza max getto calotta	70 - 90 - 110					
Lunghezza bulloni acciaio [m]	5,5 - 6 - 6,5					
Passo trasversale [m]	1,5 - 2 - 2,5					
Passo centine [m]	0,8 - 1,0 - 1,2					
Puntone	-					
Spessore Sb [cm]	25 - 30 - 35					
Consolidamento VTR fronte	40 - 60 - 80					
Lunghezza sovr. VTR [m]	6 - 9 - 12					
Distanza max getto murette	20 - 30 - 40					
Distanza max getto a.r.	30 - 50 - 60					
Distanza max getto calotta	70 - 90 - 110					
Lunghezza bulloni acciaio [m]	5,5 - 6 - 6,5					
Passo trasversale [m]	1,5 - 2 - 2,5					
Passo centine [m]	0,8 - 1,0 - 1,2					
Puntone	-					
Spessore Sb [cm]	25 - 30 - 35					
Consolidamento VTR fronte	40 - 60 - 80					
Lunghezza sovr. VTR [m]	6 - 9 - 12					
Distanza max getto murette	20 - 30 - 40					
Distanza max getto a.r.	30 - 50 - 60					
Distanza max getto calotta	70 - 90 - 110					
Lunghezza bulloni acciaio [m]	5,5 - 6 - 6,5					
Passo trasversale [m]	1,5 - 2 - 2,5					
Passo centine [m]	0,8 - 1,0 - 1,2					
Puntone	-					
Spessore Sb [cm]	25 - 30 - 35					
Consolidamento VTR fronte	40 - 60 - 80					
Lunghezza sovr. VTR [m]	6 - 9 - 12					
Distanza max getto murette	20 - 30 - 40					
Distanza max getto a.r.	30 - 50 - 60					
Distanza max getto calotta	70 - 90 - 110					
Lunghezza bulloni acciaio [m]	5,5 - 6 - 6,5					
Passo trasversale [m]	1,5 - 2 - 2,5					
Passo centine [m]	0,8 - 1,0 - 1,2					
Puntone	-					
Spessore Sb [cm]	25 - 30 - 35					
Consolidamento VTR fronte	40 - 60 - 80					
Lunghezza sovr. VTR [m]	6 - 9 - 12					
Distanza max getto murette	20 - 30 - 40					
Distanza max getto a.r.	30 - 50 - 60					
Distanza max getto calotta	70 - 90 - 110					
Lunghezza bulloni acciaio [m]	5,5 - 6 - 6,5					
Passo trasversale [m]	1,5 - 2 - 2,5					
Passo centine [m]	0,8 - 1,0 - 1,2					
Puntone	-					
Spessore Sb [cm]	25 - 30 - 35					
Consolidamento VTR fronte	40 - 60 - 80					
Lunghezza sovr. VTR [m]	6 - 9 - 12					
Distanza max getto murette	20 - 30 - 40					
Distanza max getto a.r.	30 - 50 - 60					
Distanza max getto calotta	70 - 90 - 110					
Lunghezza bulloni acciaio [m]	5,5 - 6 - 6,5					
Passo trasversale [m]	1,5 - 2 - 2,5					
Passo centine [m]	0,8 - 1,0 - 1,2					
Puntone	-					
Spessore Sb [cm]	25 - 30 - 35					

GALLERIA A SINGOLO BINARIO – ALTRE FORMAZIONI

FORMAZIONI		Calcri di Gallaneto, Anidriti, Formazione di Molare		
SEZIONI TIPO		← ← ←		
		B0sb-r B0Vsb-r	B2sb-r	C2sb-r
PARAMETRI CARATTERISTICI	c [Mpa]	> 0.8	0.6 - 0.8	0.3 - 0.6
	ϕ [°]	>33	30 - 33	25-30
	E [Gpa]	> 5	3 - 5	1 - 3
	RQD	50% - 75% (B0Vsb-r) > 75% (B0sb-r)	35-50%	< 20%
	Comportamento fronte	B	B	C
DEFORMAZIONI	Spostamento singola mira o convergenza diametrale Soglia attenzione [cm]	< 4	< 5	< 10
	Spostamento singola mira o convergenza diametrale Soglia allarme [cm]	< 6	< 7	< 11
	Estrusioni cumulative Soglia attenzione [cm]	-	<5	<10
	Estrusioni cumulative Soglia allarme [cm]	-	< 8	< 15
B0sb-r / B0Vsb-r	Passo centine [m]	1.0 ----- 1.2 ----- 1.4		
	Spessore sb [cm]	15 ----- 20 ----- 25		
	Distanza max getto murette	7 ϕ ----- 9 ϕ ----- 12 ϕ		
	Distanza max getto a.r.	9 ϕ ----- 12 ϕ ----- 15 ϕ		
	Distanza max getto calotta	9 ϕ ----- 15 ϕ		
B2sb-r	Passo centine [m]		1.0 ----- 1.2 ----- 1.4	
	Spessore sb [cm]		15 ----- 20 ----- 25	
	Consolidamento VTR fronte		30 ----- 45 ----- 60	
	Lunghezza sovr. VTR [m]		6 ----- 9 ----- 12	
	Distanza max getto murette		2 ϕ ----- 3 ϕ ----- 4 ϕ	
	Distanza max getto a.r.		3 ϕ ----- 5 ϕ ----- 6 ϕ	
	Distanza max getto calotta		7 ϕ ----- 9 ϕ ----- 11 ϕ	
C1sb-r	Passo centine [m]			0.8 ----- 1.0 ----- 1.2
	Puntone			Eventuale
	Spessore sb [cm]			20 ----- 25 ----- 30
	Consolidamento VTR fronte			30 ----- 40 ----- 60
	Lunghezza sovr. VTR [m]			6 ----- 9 ----- 12
	Consolidamento contorno			50 ----- 61 ----- 70
	Distanza max getto murette			2 ϕ ----- 3 ϕ
Distanza max getto a.r.			3 ϕ ----- 5 ϕ	
	Distanza max getto calotta			5 ϕ ----- 9 ϕ
C2sb-r	Passo centine [m]			0.8 ----- 1.0 ----- 1.2
	Puntone			Eventuale
	Spessore sb [cm]			20 ----- 25 ----- 30
	Consolidamento VTR fronte			30 ----- 40 ----- 60
	Lunghezza sovr. VTR [m]			6 ----- 9 ----- 12
	Consolidamento contorno			30 ----- 40 ----- 60
	Distanza max getto murette			1.5 ϕ ----- 3 ϕ
	Distanza max getto a.r.			1.5 ϕ ----- 5 ϕ
	Distanza max getto calotta			3 ϕ ----- 9 ϕ

VARIABILITA' SEZIONI TIPO

** = Per distanza massima si intende la distanza limite, misurata a partire dal fronte di scavo, entro cui eseguire i getti di rivestimento definitivo

*** = Qualora si rivelassero imprevisti geologici ($K_0 > 1$, fenomeni di squeezing, etc.) è previsto l'impiego di sezioni dotate di sovrassessori e/o armature

**** = Su tutte le sezioni tipo i drenaggi in avanzamento sono da ritenersi eventuali

***** = Nelle sezioni tipo B0V - B2V è prevista una variabilità del +/- 20% sul numero degli inflaggi metallici. Il diametro degli stessi potrà variare in funzione delle evidenze del monitoraggio.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 80 di 220

8. SEZIONI TIPO INTERCONNESSIONI E RELATIVA VARIABILITA'

8.1 SEZIONI TIPO APPLICATE

8.1.1 Sezione tipo B0Li-aP

La sezione tipo B0Lsb, in fase costruttiva è costituita da:

- Prerivestimento composto da uno spessore di 20 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata o fibrorinforzato e centine costituite da profilati 2IPN160 passo $p = 1.4$ m, controventate tra loro;
- impermeabilizzazione tipo "0" costituita da tessuto non tessuto e manto in pvc;
- rivestimento definitivo in cls semplice dello spessore di 70 cm in arco rovescio e di 60 cm in chiave calotta.

Campo di applicazione

Per quanto concerne il campo di applicazione si veda la tabella riepilogativa riportata alla fine del paragrafo.

Fasi esecutive

Si possono considerare le seguenti fasi costruttive:

FASE 1: scavo

Esecuzione scavo di avanzamento con sfondi di lunghezza massima pari a 4.20 m compreso il disaggio, eseguendo lo scavo a piena sezione. Al termine dello sfondo e prima di porre in opera gli interventi di prima fase va eseguito un accurato disaggio di tutti i blocchi instabili.

FASE 2: posa in opera delle centine e dello spritz-beton

Al termine di ogni singolo sfondo verrà messo in opera il rivestimento di 1a fase costituito da centine metalliche 2IPN160 passo 1.40m e da uno strato di spritz-beton di spessore 20 cm, armato con rete elettrosaldata ($\varnothing 6$ 15x15) o fibrorinforzato. Le centine appena posate dovranno essere collegate alle altre attraverso le apposite catene.

FASE 3: getto di murette e arco rovescio

Il getto delle murette dovrà essere effettuato entro una distanza di $9\varnothing$ dal fronte di scavo. Il getto dell'arco rovescio dovrà avvenire entro $12\varnothing$ dal fronte di scavo o entro $9\varnothing$ nel caso di getto

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 81 di 220

contemporaneo alle murette; in particolari contesti geomeccanici tale distanza potrà essere portata a 15Ø.

FASE 4: impermeabilizzazione

La posa in opera dell'impermeabilizzazione sarà eseguita prima del getto del rivestimento definitivo.

FASE 5: getto del rivestimento definitivo

Il getto del rivestimento definitivo sarà eseguito ad una distanza dal fronte che dipenderà dal comportamento deformativo del cavo, tale distanza sarà comunque inferiore ai 15Ø.

Se il fermo delle lavorazioni risultasse superiore a 48 h (festività o altro) il ciclo delle lavorazioni dovrà necessariamente terminare con la sagomatura del fronte a forma concava e la posa in opera delle centine e dello spritz-beton a ridosso del fronte stesso.

8.1.2 Sezione tipo B0i-aP

La sezione tipo B0i-aP, in fase costruttiva è costituita da:

- Prerivestimento composto da uno spessore di 20 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata o fibrorinforzato e centine costituite da profilati HEB160 passo $p = 1.2$ m, controventate tra loro;
- impermeabilizzazione tipo;
- rivestimento definitivo in cls semplice dello spessore di 80 cm in arco rovescio e di 60 cm in calotta.

Campo di applicazione

Per quanto concerne il campo d'applicazione si veda la tabella riepilogativa riportata alla fine del paragrafo.

Fasi esecutive

Si possono considerare le seguenti fasi costruttive:

FASE 1: scavo

Esecuzione scavo di avanzamento con sfondi di lunghezza massima pari a 3.60 m compreso il disaggio, eseguendo lo scavo a piena sezione. Al termine dello sfondo e prima di porre in opera gli interventi di prima fase va eseguito un accurato disaggio di tutti i blocchi instabili.

FASE 2: posa in opera delle centine e dello spritz-beton

Al termine di ogni singolo sfondo verrà messo in opera il rivestimento di 1a fase costituito da centine metalliche HEB160 passo 1.20m e da uno strato di spritz-beton di spessore 20cm, fibrorinforzato. Le centine appena posate dovranno essere collegate alle altre attraverso le apposite catene.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 82 di 220

FASE 3: getto di murette e arco rovescio

Il getto delle murette dovrà essere effettuato entro una distanza di $9\varnothing$ dal fronte di scavo. Il getto dell'arco rovescio dovrà avvenire entro $12\varnothing$ dal fronte di scavo o entro $9\varnothing$ nel caso di getto contemporaneo alle murette; in particolari contesti geomeccanici tale distanza potrà essere portata a $15\varnothing$.

FASE 4: impermeabilizzazione

La posa in opera dell'impermeabilizzazione sarà eseguita prima del getto del rivestimento definitivo.

FASE 5: getto del rivestimento definitivo

Il getto del rivestimento definitivo sarà eseguito ad una distanza dal fronte che dipenderà dal comportamento deformativo del cavo, tale distanza sarà comunque inferiore ai $15\varnothing$.

Qualora le operazioni di scavo vengano interrotte per un tempo di circa 24 ore, è necessario porre in opera uno strato di spritz-beton di 5 cm al fronte. Se il fermo delle lavorazioni risultasse superiore a 48 h (festività o altro) il ciclo delle lavorazioni dovrà necessariamente terminare con la sagomatura del fronte a forma concava e la posa in opera delle centine e dello spritz-beton a ridosso del fronte stesso.

8.1.3 Sezione tipo B0Vi-aP

La sezione tipo B0Vi-aP in fase costruttiva è costituita da:

- Una coronella di n°23 tubi in acciaio
- Prerivestimento composto da uno spessore di 20 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata o fibrorinforzato e centine costituite da profilati HEB160 passo $p = 1.2$ m, controventate tra loro;
- impermeabilizzazione tipo;
- rivestimento definitivo in cls semplice dello spessore di 80 cm in arco rovescio e variabile fra i 40 e 100 cm in calotta.

Campo di applicazione

Per quanto concerne il campo d'applicazione si veda la tabella riepilogativa riportata alla fine del paragrafo.

Fasi esecutive

Si possono considerare le seguenti fasi costruttive:

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 83 di 220

FASE 1: posa in opera e cementazione dei tubi metallici al contorno

Perforazione e posa in opera di n° 23 tubi Ø 88.9 dello spessore di 10 mm, passo 40cm, L > 15.00 m, secondo le geometrie di progetto; la sovrapposizione tra una serie di tubi e la successiva sarà pari a 3.00 m.

Le fasi costruttive sono le seguenti

- perforazione $\varnothing \geq 130$ mm (eseguita per quanto possibile a secco o con impiego di schiume);
- inserimento del tubo in acciaio,
- cementazione del tubo in acciaio

La sequenza operativa sopra descritta andrà adattata alle caratteristiche dell'ammasso, ma dovrà in ogni caso consentire l'inghisaggio del tubo in acciaio al terreno mediante il riempimento dell'intercapedine con le pareti del foro.. La fase di cementazione potrà avvenire di massima ogni 9-10 perforazioni armate e comunque il prima possibile per evitare possibili franamenti del foro,

FASE 2: scavo

Esecuzione dello scavo di avanzamento a piena sezione per una lunghezza massima pari a 12 m (tubi in coronella L \geq 15.00m sovrapposizione s \geq 3m) con singoli sfondi di lunghezza massima di 2.4m, avendo cura di sagomare il fronte a forma concava; al termine dello sfondo e prima di porre in opera gli interventi di prima fase va eseguito un accurato disaggio di tutti i blocchi instabili.

FASE 3: posa in opera delle centine e dello spritz-beton

Al termine di ogni singolo sfondo verrà messo in opera il rivestimento di 1a fase costituito da centine metalliche 2IPN140 - passo 1.20m e da uno strato di spritz-beton di spessore 20 cm, armato con rete elettrosaldata (\varnothing 6 15x15) o fibrorinforzato.

Le centine appena posate dovranno essere collegate alle altre attraverso le apposite catene.

FASE 4: getto di murette e arco rovescio

Il getto delle murette dovrà essere effettuato entro una distanza di $9\varnothing$ dal fronte di scavo. Il getto dell'arco rovescio dovrà avvenire entro $12\varnothing$ dal fronte di scavo o entro $9\varnothing$ nel caso di getto contemporaneo alle murette; in particolari contesti geomeccanici tale distanza potrà essere portata a $15\varnothing$.

FASE 5: impermeabilizzazione

La posa in opera dell'impermeabilizzazione sarà eseguita prima del getto del rivestimento definitivo.

FASE 6: getto del rivestimento definitivo

Il getto del rivestimento definitivo sarà eseguito ad una distanza dal fronte che dipenderà dal comportamento deformativo del cavo; tale distanza non dovrà essere superiore ai $15\varnothing$.

Qualora le operazioni di scavo vengano interrotte per un tempo di circa 24 ore, è necessario porre in opera uno strato di spritz-beton di 10 cm al fronte. Se il fermo delle lavorazioni risultasse superiore a

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 84 di 220

48 h (festività o altro) il ciclo delle lavorazioni dovrà necessariamente terminare con la sagomatura del fronte a forma concava e la posa in opera delle centine e dello spritz-beton a ridosso del fronte stesso.

8.1.4 Sezione tipo B1i-aP

La sezione tipo B1i-aP, in fase costruttiva è costituita da:

- prinvestimento composto da centine 2IPN180 con passo $p = 1.20$ m e da uno strato di 20 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata o fibrorinforzato;
- bulloni radiali ad ancoraggio continuo, $L = 5.50 - 6.50$ m, passo longitudinale 1.20 m, passo trasversale 2.0m. Tali bulloni saranno in acciaio $\varnothing 24$ mm FeB 44K ad ancoraggio continuo cementati mediante iniezioni cementizie;
- impermeabilizzazione tipo;
- rivestimento definitivo in cls semplice dello spessore di 80 cm in arco rovescio e di 60 cm in calotta.

Campo di applicazione

Per quanto concerne il campo d'applicazione si veda la tabella riepilogativa riportata alla fine del paragrafo.

Fasi esecutive

Si possono considerare le seguenti fasi costruttive:

FASE 1: scavo

Esecuzione scavo di avanzamento con sfondi di lunghezza pari a circa 1.2 m compreso il disaggio, eseguendo lo scavo a piena sezione e sagomando il fronte a forma concava. Al termine dello sfondo e prima di porre in opera gli interventi di prima fase va eseguito un accurato disaggio di tutti i blocchi instabili.

FASE 2: posa in opera delle centine e dello spritz-beton

Al termine di ogni singolo sfondo verrà messo in opera il rivestimento di 1a fase costituito da centine metalliche 2IPN180 passo 1.20m e da uno strato di spritz-beton di spessore di circa 10 cm, armato con rete elettrosaldata ($\varnothing 6$ 15x15) o fibrorinforzato. Le centine appena posate dovranno essere collegate alle altre attraverso le apposite catene.

FASE 3: perforazione e posa in opera dei bulloni

In corrispondenza dei calestrelli presenti tra i due profilati IPN180 verranno eseguite le perforazioni necessarie per la messa in opera dei bulloni radiali a cementazione continua. I bulloni saranno installati con passo trasversale pari a 2.00m e passo longitudinale pari ad 1.20m entro 1 diametro. L'iniezione dei bulloni dovrà avvenire entro 3 diametri dal fronte di scavo. Successivamente all'iniezione verrà eseguito lo strato di completamento di spritz-beton sino a raggiungere lo spessore

GENERAL CONTRACTOR  <small>Censorzio Collegamenti Integrati Veloci</small>	ALTA SORVEGLIANZA  <small>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</small>
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 85 di 220

di 20 cm previsti.

FASE 4: getto di murette e arco rovescio

Il getto delle murette dovrà essere effettuato entro una distanza di $9\varnothing$ dal fronte di scavo. Il getto dell'arco rovescio dovrà avvenire entro $12\varnothing$ dal fronte di scavo o entro $9\varnothing$ nel caso di getto contemporaneo alle murette; in particolari contesti geomeccanici tale distanza potrà essere portata a $15\varnothing$.

FASE 5: impermeabilizzazione

La posa in opera dell'impermeabilizzazione sarà eseguita prima del getto del rivestimento definitivo

FASE 6: getto del rivestimento definitivo

Il getto del rivestimento definitivo sarà eseguito ad una distanza dal fronte che dipenderà dal comportamento deformativo del cavo; tale distanza non dovrà essere superiore ai $15\varnothing$.

Qualora le operazioni di scavo vengano interrotte per un tempo di circa 24 ore, è necessario porre in opera uno strato di spritz-beton di 5 cm al fronte, opportunamente sagomato a forma concava. Se il fermo delle lavorazioni risulta superiore a 48 h (festività o altro) il ciclo delle lavorazioni dovrà necessariamente terminare con la posa delle centine e dello spritz-beton a ridosso del fronte stesso, la sagomatura a forma concava del fronte e la realizzazione di uno strato spritz-beton armato sp. 10 cm. In relazione al comportamento deformativo del fronte e del cavo l'arco rovescio e le murette (eventualmente la calotta) dovranno essere opportunamente avvicinate al fronte.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 86 di 220

8.1.5 Sezioni tipo “B2i-aP” e “B2i-aP con puntone”

Le sezioni tipo “B2i-aP” e “B2i-aP con puntone” , in fase costruttiva sono costituite da:

- preconsolidamento del fronte realizzato mediante la posa in opera di n° 40 elementi strutturali (o tubi) in VTR, $L \geq 15$ m, sovrapp. ≥ 6 m;
- priverestimento composto da uno spessore di 25 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata o fibrorinforzato e centine HEB180 con passo $p = 1.00$ m;
- puntone HEB180 con passo $p = 1.00$ m solo nella sezione tipo “B2i-aP con puntone”
- impermeabilizzazione tipo;
- rivestimento definitivo in cls dello spessore di 80 cm in arco rovescio e di 70 cm in calotta. Il getto dell’arco rovescio, delle murette e del rivestimento definitivo di calotta sarà eseguito ad una distanza dal fronte che dipenderà dal comportamento deformativo del cavo.
- eventuali drenaggi in avanzamento, in caso di presenza d’acqua;

Campo di applicazione

Per quanto concerne il campo d’applicazione si veda la tabella riepilogativa riportata alla fine del paragrafo.

Fasi esecutive

Si possono considerare le seguenti fasi costruttive:

FASE 1: esecuzione del preconsolidamento del fronte.

Dal fronte di scavo, sagomato a forma concava con freccia di circa 1.5 m, si realizza il preconsolidamento del fronte mediante la posa di n° 40 elementi strutturali o tubi in VTR cementati, aventi lunghezza minima di 15.00m e sovrapposizione ≥ 6 m. Le fasi costruttive sono le seguenti:

- esecuzione sul fronte dello strato di spritz-beton fibrorinforzato o armato con rete elettrosaldata, avente spessore di 10 cm;
- perforazione $\varnothing \geq 100$ mm (eseguita, ove necessario, a secco o con impiego di schiume);
- posa dell’elemento strutturale in VTR, munito dell’opportuna attrezzatura per la cementazione ed esecuzione di cianfrinatura a boccaforo;
- esecuzione della cementazione mediante malte a ritiro controllato ogni 4÷5 fori.

Le sequenze operative andranno adattate alle caratteristiche dell’ammasso ma dovranno comunque essere tali da garantire l’inghisaggio dell’elemento strutturale al terreno mediante il completo riempimento dell’intercapedine tra elemento e pareti del foro.

La fase di cementazione potrà avvenire di massima ogni 9-10 elementi già posati e comunque il prima possibile per evitare possibili franamenti del foro. Il riempimento del foro avverrà dal fondo verso il paramento del fronte.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 87 di 220

FASE 2: esecuzione eventuali drenaggi in avanzamento

In caso di presenza d'acqua dovranno essere eseguiti drenaggi in avanzamento.

FASE 3: esecuzione scavo

Esecuzione scavo di avanzamento a piena sezione per campi pari a 9 m (preconsolidamento del nucleo $L \geq 15\text{m}$ sovrapposizione $s \geq 6\text{m}$), per singoli sfondi di lunghezza pari a circa 1.00m, sagomando il fronte a forma concava ad ogni sfondo parziale ed eseguendo uno strato di spritz-beton armato di 5 cm.

FASE 4: posa in opera del rivestimento di prima fase

Al termine di ogni singolo sfondo verrà messo in opera il rivestimento di 1a fase costituito da centine metalliche HEB180 passo 1.00m e da uno strato di spritz-beton di spessore 25 cm, armato con rete elettrosaldata ($\varnothing 6$ 15x15) o fibrorinforzato. Nel caso di applicazione della sezione tipo "B2i-aP con puntone" verrà posato un puntone metallico di caratteristiche analoghe a quelle delle centine. Le centine appena posate dovranno essere collegate alle altre attraverso le apposite catene.

FASE 5: getto arco rovescio e murette

Il getto delle murette e dell'arco rovescio dovrà avvenire entro $3\varnothing$ dal fronte nel caso di un loro getto contemporaneo, o rispettivamente entro $3\varnothing$ e $5\varnothing$ nel caso di getto differito. Le misure di estrusione del fronte e di convergenza del cavo potranno indicare distanze diverse e, inoltre:

- la necessità di effettuare tale getto entro distanze più restrittive (al limite realizzando il campo di avanzamento in due fasi distinte, alternandole al getto dell'arco rovescio);
- la lunghezza dei campioni di arco rovescio da realizzare;
- la necessità di realizzare il consolidamento del fronte del successivo campo di avanzamento prima del getto di arco rovescio e murette.

FASE 6: impermeabilizzazione

Posa in opera dell'impermeabilizzazione, eseguita prima del getto del rivestimento definitivo di calotta.

FASE 7: getto rivestimento definitivo

Il getto del rivestimento definitivo di calotta seguirà il fronte ad una distanza non superiore a $9\varnothing$. Anche in questo caso in funzione dell'andamento delle misure di convergenza si potranno eventualmente stabilire distanze diverse, anche più restrittive (cioè inferiori) entro cui eseguire il getto del rivestimento definitivo.

Qualora le operazioni di scavo vengano interrotte per un periodo prossimo alle 24 ore, è necessario porre in opera al fronte uno strato di spritz-beton armato di spessore pari a 5 cm; se il fermo delle lavorazioni risulta superiore a 48 h (festività o fermi di qualsiasi natura) il ciclo delle lavorazioni dovrà necessariamente terminare con il consolidamento del fronte appena eseguito, previa

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 88 di 220

sagomatura a forma concava ed esecuzione dello strato di spritz-beton armato $sp=10$ cm, e con l'arco rovescio e le murette (eventualmente la calotta) in prossimità del fronte stesso.

8.1.6 Sezione tipo B2Vi_aP

La sezione tipo B2Vi-aP, in fase costruttiva è costituita da:

- Una coronella di n°23 tubi valvolati in acciaio;
- Preconsolidamento del fronte realizzato mediante la posa in opera di n° 40 tubi in VTR, $L \geq 15$ m, sovrapp. ≥ 6 m;
- Prerivestimento composto da uno spessore di 20 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata o fibrorinforzato e centine costituite da profilati HEB180 passo $p = 1.0$ m, controventate tra loro;
- impermeabilizzazione tipo;
- rivestimento definitivo in cls semplice dello spessore di 80 cm in arco rovescio e variabile fra 40 e 100cm in calotta.

Campo di applicazione

Per quanto concerne il campo d'applicazione si veda la tabella riepilogativa riportata alla fine del paragrafo.

Fasi esecutive

Si possono considerare le seguenti fasi costruttive:

FASE 1: esecuzione del preconsolidamento del fronte.

Dal fronte di scavo, sagomato a forma concava con freccia di circa 1.0 m, si realizza il preconsolidamento del fronte mediante la posa di n° 40 tubi in VTR cementati, aventi lunghezza minima di 15.00 m e sovrapposizione ≥ 6 m (sarà possibile integrare il consolidamento con i cicli di avanzamento ed ottimizzare le perforazioni attraverso la sovrapposizione di più interventi successivi).

FASE 2: posa in opera e cementazione dei tubi metallici al contorno

Perforazione e posa in opera di n° 23 tubi valvolati $\varnothing 88.9$ dello spessore di 10 mm $L \geq 12.00$ m, secondo le geometrie di progetto; la sovrapposizione tra una serie di tubi e la successiva sarà pari a 3.00 m.

Le fasi costruttive sono le seguenti

- perforazione $\varnothing \geq 130$ mm (eseguita per quanto possibile a secco o con impiego di schiume);
- inserimento del tubo in acciaio,
- formazione della "guaina" al contorno dell'elemento valvolato

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 89 di 220

- iniezione di miscela cementizia, in pressione valvola per valvola.

La sequenza operativa sopra descritta andrà adattata alle caratteristiche dell'ammasso, ma dovrà in ogni caso consentire l'inghisaggio del tubo in acciaio al terreno mediante il riempimento dell'intercapedine con le pareti del foro. In linea generale, si dovrà avere cura di non perforare fori adiacenti, ma di lasciare almeno 3-4 fori di distanza tra perforazioni successive, procedendo alla immediata posa in opera del tubo di armatura. La fase di cementazione potrà avvenire di massima ogni 9-10 perforazioni armate e comunque il prima possibile per evitare possibili franamenti del foro, con conseguente perdita di efficacia dell'intervento. Di norma una volta realizzata la cementazione del tubo, si dovrà eseguire l'iniezione dalle singole valvole con modalità da definire compiutamente in funzione delle reali situazioni riscontrate; qualora le condizioni geomeccaniche lo consentano sarà possibile evitare l'iniezione selettiva e considerare l'intervento completo con la sola iniezione di cementazione.

FASE 2: scavo

Esecuzione dello scavo di avanzamento a piena sezione per una lunghezza massima pari a 9 m (tubi in coronella $L \geq 15.00\text{m}$ sovrapposizione $s \geq 6\text{m}$) con singoli sfondi di lunghezza di circa 1m, avendo cura di sagomare il fronte a forma concava ed eseguendo uno strato di spritz-beton armato di 10cm; al termine dello sfondo e prima di porre in opera gli interventi di prima fase va eseguito un accurato disaggio di tutti i blocchi instabili.

FASE 3: posa in opera delle centine e dello spritz-beton

Al termine di ogni singolo sfondo verrà messo in opera il rivestimento di 1a fase costituito da centine metalliche HEB180 - passo 1.0m e da uno strato di spritz-beton di spessore 20 cm, armato con rete elettrosaldata ($\varnothing 6$ 15x15) o fibrorinforzato.

Le centine appena posate dovranno essere collegate alle altre attraverso le apposite catene.

FASE 4: getto di murette e arco rovescio

Il getto delle murette dovrà essere effettuato entro una distanza di $3\varnothing$ dal fronte di scavo. Il getto dell'arco rovescio dovrà avvenire entro $5\varnothing$ dal fronte di scavo o entro $3\varnothing$ nel caso di getto contemporaneo alle murette; in particolari contesti geomeccanici tale distanza potrà essere portata a $9\varnothing$.

FASE 5: impermeabilizzazione

La posa in opera dell'impermeabilizzazione sarà eseguita prima del getto del rivestimento definitivo.

FASE 6: getto del rivestimento definitivo

Il getto del rivestimento definitivo sarà eseguito ad una distanza dal fronte che dipenderà dal comportamento deformativo del cavo; tale distanza non dovrà essere superiore ai $9\varnothing$.

Qualora le operazioni di scavo vengano interrotte per un tempo di circa 24 ore, è necessario porre in opera uno strato di spritz-beton di 5 cm al fronte. Se il fermo delle lavorazioni risultasse superiore a

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 90 di 220

48 h (festività o altro) il ciclo delle lavorazioni dovrà necessariamente terminare con la sagomatura del fronte a forma concava e la posa in opera delle centine e dello spritz-beton a ridosso del fronte stesso.

8.1.7 Sezione tipo B4i-aP

La sezione tipo B4i-aP è costituita da:

- preconsolidamento del fronte realizzato mediante la posa in opera di n° 50 elementi strutturali in VTR, lunghezza ≥ 15 m, sovrapp. ≥ 6 m, cementati;
- bulloni radiali ad ancoraggio continuo $\varnothing 28$ mm FeB 44K, lunghezza 5.50 – 6.50 m, passo trasversale 2.00 m, passo longitudinale 1.00m, cementati mediante iniezioni cementizie;
- priverstimento composto da uno strato di 25 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata o fibrorinforzato e centine 2IPN200 con passo $p = 1.00$;
- impermeabilizzazione tipo;
- rivestimento definitivo in cls dello spessore di 80 cm in arco rovescio e di 70 cm in calotta. Il getto dell'arco rovescio, delle murette e del rivestimento definitivo di calotta sarà eseguito ad una distanza dal fronte che dipenderà dal comportamento deformativo del cavo.

Campo di applicazione

Per quanto concerne il campo d'applicazione si veda la tabella riepilogativa riportata alla fine del paragrafo.

Interventi previsti

Si possono considerare le seguenti fasi costruttive:

FASE 1: esecuzione del preconsolidamento del fronte.

Dal fronte di scavo, sagomato a forma concava, si realizza il preconsolidamento del fronte mediante la posa di 50 elementi strutturali in VTR cementati, aventi sovrapposizione ≥ 6 m. Le fasi costruttive sono le seguenti:

- esecuzione sul fronte dello strato di spritz-beton fibrorinforzato o armato con rete elettrosaldata, avente spessore di 10 cm;
- perforazione $\varnothing \geq 100$ mm (eseguita, ove necessario, a secco o con impiego di schiume);
- posa dell'elemento strutturale in VTR ad aderenza migliorata, munito dell'opportuna attrezzatura per la cementazione ed esecuzione di cianfrinatura a boccaforo;
- esecuzione della cementazione mediante miscele cementizie a ritiro controllato ogni 9-10 fori;

Le sequenze operative andranno adattate alle caratteristiche dell'ammasso ma dovranno comunque essere tali da consentire l'inghisaggio dell'elemento strutturale mediante il completo riempimento dell'intercapedine tra elemento e pareti del foro.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloni	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 91 di 220

La fase di cementazione potrà avvenire di massima ogni 9-10 elementi già posati e comunque il prima possibile per evitare possibili franamenti del foro. Le caratteristiche della miscela da impiegare sono riportate nella tabella materiali riportate nel relativo elaborato grafico.

FASE 2: esecuzione di eventuali drenaggi

Esecuzione di eventuali drenaggi in avanzamento, in caso di presenza d'acqua, il cui numero, le posizioni e le relative inclinazioni saranno definite in dettaglio in corso d'opera in funzione della situazione effettivamente riscontrata. Nel caso debbano essere eseguiti, al termine degli interventi di preconsolidamento descritti nella fase 1, si prevede l'uso di drenaggi costituiti da n° max 4 tubi in PVC microfessurati per 20 m a partire da fondo foro e "ciechi" per 10 m verso bocca foro, del diametro $\varnothing \approx 60$ mm spessore 4 mm e protezione in geotessile, messi in opera all'interno di un foro con diametro $\varnothing \geq 100$ mm. Dopo la posa in opera del tubo in PVC, si dovranno adottare opportuni accorgimenti per isolare il tratto microfessurato da quello cieco (sacco otturatore, cementazione), ad evitare dannose percolazioni dell'acqua raccolta in avanzamento all'interno del nucleo consolidato.

FASE 3: esecuzione scavo

Esecuzione scavo di avanzamento a piena sezione per campi pari a 9m (preconsolidamento del nucleo $L \geq 15$ m sovrapposizione $s \geq 6$ m), per singoli sfondi di lunghezza pari a circa 1.00m, sagomando il fronte a forma concava ad ogni sfondo parziale ed eseguendo uno strato di spritz-beton armato di 5 cm.

FASE 4: posa in opera del rivestimento di prima fase

Al termine di ogni singolo sfondo verrà messo in opera il rivestimento di 1a fase costituito da centine metalliche 2IPN200 passo 1.00 m e da uno strato di spritz-beton, armato con rete elettrosaldata ($\varnothing 6$ 15x15) o fibrorinforzato, di spessore 15 cm. Le centine appena posate dovranno essere collegate alle altre attraverso le apposite catene.

FASE 5: perforazione e posa in opera dei bulloni

In corrispondenza dei calestrelli presenti tra i due profilati IPN200 verranno eseguite le perforazioni necessarie per la messa in opera dei bulloni radiali a cementazione continua. I bulloni saranno installati con passo trasversale pari a 2.00m e passo longitudinale pari ad 1.00m entro 1 diametro. L'iniezione dei bulloni dovrà avvenire entro 3 diametri dal fronte di scavo. Successivamente all'iniezione verrà eseguito lo strato di completamento di spritz-beton sino a raggiungere lo spessore di 25 cm.

FASE 6: getto arco rovescio e murette

Il getto delle murette dovrà essere effettuato entro una distanza di $3\varnothing$ dal fronte di scavo. Il getto dell'arco rovescio dovrà avvenire entro $5\varnothing$ dal fronte di scavo o entro $3\varnothing$ nel caso di getto contemporaneo alle murette; in particolari contesti geomeccanici tale distanza potrà essere portata a $9\varnothing$.

- la necessità di effettuare tale getto entro distanze più restrittive (al limite realizzando il campo di avanzamento in due fasi distinte, alternandole al getto dell'arco rovescio);

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 92 di 220

- la lunghezza dei campioni di arco rovescio da realizzare;
- la necessità di realizzare il consolidamento del fronte del successivo campo di avanzamento prima del getto di arco rovescio e murette.

FASE 7: impermeabilizzazione

Posa in opera dell'impermeabilizzazione, eseguita prima del getto del rivestimento definitivo.

FASE 8: getto rivestimento definitivo

Tale operazione seguirà il fronte ad una distanza non superiore a 9 Ø. Anche in questo caso in funzione dell'andamento delle misure di convergenza si potranno eventualmente stabilire distanze diverse, anche più restrittive (cioè inferiori) entro cui eseguire il getto del rivestimento definitivo.

Qualora le operazioni di scavo vengano interrotte per un periodo prossimo alle 24 ore, è necessario porre in opera al fronte, sagomato a forma concava, uno strato di spritz-beton di spessore pari a 5 cm: Se il fermo delle lavorazioni risulta superiore a 48 h (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 a ridosso del fronte stesso. In relazione al comportamento deformativo del fronte e del cavo, arco rovescio e murette dovranno essere opportunamente avvicinate al fronte.

8.1.8 Sezioni tipo "C2i-aP" e "C2i-aP con puntone"

Le sezioni tipo "C2i-aP" e "C2i-aP con puntone" sono costituite da:

- un preconsolidamento del fronte realizzato mediante la posa in opera di n° 40 elementi strutturali in VTR, $L \geq 15.00$ m sovrapp. ≥ 6 m, cementati.
- un preconsolidamento al contorno della futura sezione di scavo mediante iniezioni cementizie in pressione, realizzate mediante 53 elementi strutturali in VTR $L \geq 15.00$ m, sovrapp. ≥ 6 m, valvolati con 1 vlv/m;
- eventuali drenaggi in avanzamento, in caso di presenza d'acqua;
- eventuale preconsolidamento al piede delle centine (solo nella sezione tipo "C2i-aP") mediante 5+5 elementi strutturali in VTR, $L \geq 15.00$ m, sovrapp. ≥ 6 m; tale consolidamento andrà realizzato qualora nel corso dello scavo di avanzamento si rilevi la presenza al piano di posa delle centine di acqua e/o materiale allentato, a scadenti caratteristiche geomeccaniche;
- un priverestimento composto da centine HEB200 con passo $p = 1.00$ m e da uno strato di 25 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata o fibrorinforzato;
- puntone HEB200 con passo $p = 1.00$ m solo nella sezione tipo "C2i-aP con puntone"
- impermeabilizzazione tipo;

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 93 di 220

- rivestimento definitivo in cls armato dello spessore di 80 cm in arco rovescio e dello spessore di 70 cm in calotta.

Campo d'applicazione

Per quanto concerne il campo d'applicazione si veda la tabella riepilogativa riportata alla fine del paragrafo.

Fasi esecutive

Si possono considerare le seguenti fasi costruttive:

FASE 1: esecuzione del preconsolidamento del fronte.

Dal fronte di scavo, sagomato a forma concava con freccia di circa 1.5 m, si realizza il preconsolidamento del fronte mediante la posa di 40 elementi strutturali in VTR cementati, aventi lunghezza ≥ 15.00 m e sovrapposizione $s \geq 6$ m. Le fasi costruttive sono le seguenti:

- esecuzione sul fronte dello strato di spritz-beton fibrorinforzato o armato con rete elettrosaldata, avente spessore di 10 cm;
- perforazione $\varnothing \geq 100$ mm (eseguita, ove necessario, a secco o con impiego di schiume);
- posa dell'elemento strutturale in VTR ad aderenza migliorata, munito dell'opportuna attrezzatura per la cementazione ed esecuzione di cianfrinatura a boccaforo;
- esecuzione della cementazione mediante miscele cementizie a ritiro controllato ogni 9-10 fori;

Le sequenze operative andranno adattate alle caratteristiche dell'ammasso ma dovranno comunque essere tali da consentire l'inghisaggio dell'elemento strutturale al terreno mediante il riempimento dell'intercapedine tra elemento e pareti del foro.

FASE 2: consolidamento al contorno ed al piede della centina

Dal fronte di scavo, si realizza un arco di terreno consolidato mediante iniezioni cementizie al contorno della futura sezione di scavo ed eventualmente in prossimità del piede della centina, attraverso perforazioni inclinate rispetto all'orizzontale secondo quanto indicato negli elaborati di progetto.

Le modalità esecutive risultano:

- perforazione $\varnothing \geq 100$ mm (eseguita per quanto possibile a secco o con impiego di schiume);
- inserimento del tubo in VTR ad elevata resistenza allo scoppio ($p > 7$ MPa), valvolato con 1 valv./m per iniezioni in pressione; tali tubi potranno essere anche in resina poliestere rinforzata con fibre di vetro;
- formazione della "guaina" al contorno del tubo ogni 4÷5 fori mediante cementazione con miscela ricca in bentonite le cui caratteristiche di massima, da definire compiutamente in corso d'opera,
- iniezione in pressione, valvola per valvola, di una miscela cementizia, da definire compiutamente in corso d'opera:

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 94 di 220

Le sequenze operative andranno adattate alle caratteristiche dell'ammasso ma dovranno comunque essere tali da consentire l'inghisaggio dell'elemento strutturale al terreno mediante il completo riempimento dell'intercapedine tra elemento e pareti del foro.

La fase di cementazione o formazione della guaina potrà avvenire di massima ogni 9-10 elementi già posati e comunque il prima possibile per evitare possibili franamenti del foro.

L'iniezione della guaina avverrà dal fondo verso il paramento del fronte: analogamente avverrà per l'iniezione in pressione dalle singole valvole.

Le caratteristiche delle miscele da impiegare sono riportate nella tabella materiali riportate nel relativo elaborato grafico.

Il numero delle valvole a metro lineare utilizzate per la realizzazione delle iniezioni in pressione al contorno della sezione di scavo potrà variare in funzione delle caratteristiche dell'ammasso e dei risultati dei consolidamenti precedenti riscontrati in corso d'opera.

In corso d'opera si potrà valutare la possibilità di variare la metodologia di perforazione indicata nelle fasi 1 e 2 utilizzando un opportuno fluido di perforazione (miscela cementizia, acqua additivata con agente schiumogeno, ...) o a secco in funzione delle caratteristiche dell'ammasso e previa esecuzione di adeguate prove in sito, atte a garantire:

- ai fini del consolidamento del terreno, delle caratteristiche di resistenza del consolidamento, dell'assenza di problemi connessi alla "sensibilità" dei terreni interessati dalle perforazioni (minerali rigonfianti, frazioni argillose attive);

FASE 3: esecuzione di eventuali drenaggi (eventuali)

Esecuzione di eventuali drenaggi in avanzamento, in caso di presenza d'acqua, il cui numero, le posizioni e le relative inclinazioni saranno definite in corso d'opera in funzione della situazione effettivamente riscontrata. Nel caso debbano essere eseguiti, al termine degli interventi di preconsolidamento descritti nella fase 2, si prevede l'uso di drenaggi costituiti da n° max 6 tubi in PVC microfessurati per 20 m a partire da fondo foro e "ciechi" per 10 m verso bocca foro, del diametro $\varnothing \approx 60$ mm spessore 4 mm e protezione in geotessile, messi in opera all'interno di un foro con diametro $\varnothing \geq 100$ mm. Dopo la posa in opera del tubo in PVC, si dovranno adottare opportuni accorgimenti per isolare il tratto microfessurato da quello cieco (sacco otturatore, cementazione), ad evitare dannose percolazioni dell'acqua raccolta in avanzamento all'interno del nucleo consolidato.

Il numero, le posizioni e le relative inclinazioni saranno definite in dettaglio in corso d'opera in funzione della situazione effettivamente riscontrata.

FASE 4: esecuzione scavo

Esecuzione scavo di avanzamento a piena sezione per campi di lunghezza massima di 9 m (lunghezza consolidamenti contorno ≥ 15.00 m, sovrapposizione ≥ 6 m, per singoli sfondi di lunghezza pari a circa 1.00m, sagomando il fronte a forma concava ad ogni sfondo parziale ed eseguendo uno strato di spritz-beton armato di 5 cm su ognuno di tali fronti.

FASE 5: posa in opera del rivestimento di prima fase

Al termine di ogni singolo sfondo verrà messo in opera il rivestimento di 1a fase costituito da centine metalliche HEB200 passo 1.00 m e da uno strato di spritz-beton, di spessore pari a 25 cm, armato con rete elettrosaldata ($\varnothing 6$ 15x15) o fibrorinforzato. Nel caso di applicazione della sezione tipo

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 95 di 220

“C2i-aP con puntone” verrà posato un puntone metallico di caratteristiche analoghe a quelle delle centine.

Le centine appena posate dovranno essere collegate alle altre attraverso le apposite catene.

FASE 6: getto arco rovescio e murette

Il getto dell'arco rovescio e delle murette dovrà avvenire entro $3\emptyset$ dal fronte. Le misure di estrusione del fronte e di convergenza del cavo potranno indicare distanze diverse e, inoltre:

- la necessità di effettuare tale getto entro distanze più restrittive (al limite realizzando il campo di avanzamento in due fasi distinte, alternandole al getto dell'arco rovescio);
- la lunghezza dei campioni di arco rovescio da realizzare;
- la possibilità di realizzare il consolidamento del fronte del successivo campo di avanzamento prima del getto di arco rovescio e murette.

FASE 7: impermeabilizzazione

La posa in opera dell'impermeabilizzazione sarà eseguita prima del getto del rivestimento definitivo.

FASE 8: getto rivestimento definitivo

Tale operazione seguirà il fronte ad una distanza non superiore a $9\emptyset$. Anche in questo caso in funzione dell'andamento delle misure di convergenza si potranno eventualmente stabilire distanze diverse, anche più restrittive entro cui eseguire il getto del rivestimento definitivo.

Qualora le operazioni di scavo vengano interrotte per un periodo prossimo alle 24 ore, è necessario porre in opera al fronte uno strato di spritz-beton di spessore pari a 5 cm.; se il fermo delle lavorazioni risulta superiore a 48 h (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 portati a ridosso del fronte stesso

8.1.9 Sezioni tipo “C4i-aP” e “C4i-aP con puntone”

Le sezioni tipo “C4i-aP” e “C4i-aP con puntone” , in fase costruttiva sono costituite da:

- preconsolidamento del fronte realizzato mediante la posa in opera di n° 50 elementi strutturali in VTR $L \geq 15.00$ m, sovrapp. ≥ 6 m, cementati con miscele cementizie a ritiro controllato;
- preconsolidamento al contorno della futura sezione di scavo mediante n° 53 elementi strutturali in VTR, $L \geq 15.00$ m, sovrapp. ≥ 6 m cementati con miscele cementizie a ritiro controllato;
- eventuali drenaggi in avanzamento, in caso di presenza d'acqua;
- eventuale preconsolidamento al piede delle centine (solo nella sezione tipo “C4i-aP”) mediante 5+5 elementi strutturali in VTR, $L \geq 15.00$ m, sovrapp. ≥ 6 m; tale consolidamento

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 96 di 220

andrà realizzato qualora nel corso dello scavo di avanzamento si rilevi la presenza al piano di posa delle centine di acqua e/o materiale allentato, a scadenti caratteristiche geomeccaniche;

- priverestimento composto da centine HEB200 con passo $p = 1.00$ m e da uno strato di 25 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldato o fibrorinforzato;
- puntone HEB200 con passo $p = 1.00$ m solo nella sezione tipo "C4i-aP con puntone"
- impermeabilizzazione tipo;
- arco rovescio in cls semplice dello spessore di 80 cm, rivestimento definitivo dello spessore di 70 cm in calotta.

Campo di applicazione

Per quanto concerne il campo d'applicazione si veda la tabella riepilogativa riportata alla fine del paragrafo.

Interventi previsti

Si possono considerare le seguenti fasi costruttive:

FASE 1: esecuzione del preconsolidamento del fronte

Dal fronte di scavo, sagomato a forma concava con freccia di circa 1.5 m, si realizza il preconsolidamento del fronte mediante la posa di n° 50 elementi strutturali in VTR cementati con miscela a ritiro controllato, aventi lunghezza ≥ 15.00 m e sovrapposizione ≥ 6 m. Le fasi costruttive sono le seguenti:

- esecuzione sul fronte dello strato di spritz-beton fibrorinforzato o armato con rete elettrosaldato, avente spessore di 10 cm;
- perforazione $\varnothing \geq 100$ mm (eseguita, ove necessario, a secco o con impiego di schiume);
- posa dell'elemento strutturale in VTR, munito dell'opportuna attrezzatura per la cementazione ed esecuzione di cianfrinatura a boccaforo;
- esecuzione della cementazione mediante miscele cementizie a ritiro controllato ogni 9-10 fori;

Le sequenze operative andranno adattate alle caratteristiche dell'ammasso ma dovranno comunque essere tali da consentire l'inghisaggio dell'elemento strutturale al terreno mediante il riempimento dell'intercapedine tra elemento e pareti del foro.

Le caratteristiche della miscela da impiegare sono riportate nella tabella materiali del relativo elaborato grafico.

FASE 2: consolidamento al contorno della sezione ed al piede centina

Dal fronte di scavo, si realizza un arco di terreno consolidato al contorno della sezione di scavo mediante posa in opera di n° 53 elementi strutturali in VTR cementati, aventi lunghezza minima di 15.00 m e sovrapposizione ≥ 6 m; il preconsolidamento del piede centina è eventuale, da decidersi in funzione delle caratteristiche d'ammasso.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 97 di 220

FASE 3: esecuzione di eventuali drenaggi (eventuali)

Esecuzione di eventuali drenaggi in avanzamento, in caso di presenza d'acqua, il cui numero, le posizioni e le relative inclinazioni saranno definite in corso d'opera in funzione della situazione effettivamente riscontrata. Nel caso debbano essere eseguiti, al termine degli interventi di preconsolidamento descritti nella fase 2, si prevede l'uso di drenaggi costituiti da n° max 6 tubi in PVC microfessurati per 20 m a partire da fondo foro e "ciechi" per 10 m verso bocca foro, del diametro $\varnothing \approx 60$ mm spessore 4 mm e protezione in geotessile, messi in opera all'interno di un foro con diametro $\varnothing \geq 100$ mm. Dopo la posa in opera del tubo in PVC, si dovranno adottare opportuni accorgimenti per isolare il tratto microfessurato da quello cieco (sacco otturatore, cementazione), ad evitare dannose percolazioni dell'acqua raccolta in avanzamento all'interno del nucleo consolidato. Il numero, le posizioni e le relative inclinazioni saranno definite in dettaglio in corso d'opera in funzione della situazione effettivamente riscontrata.

FASE 4: esecuzione scavo

Esecuzione scavo di avanzamento a piena sezione per una lunghezza massima di 9m (consolidamenti L = 15.00m, sovrapposizione ≥ 6 m), per singoli sfondi di circa 1.00 m, sagomando il fronte a forma concava anche ad ogni sfondo parziale ed eseguendo uno strato di spritz-beton armato, sp.10 cm.

FASE 5: posa in opera del rivestimento di prima fase

Al termine di ogni singolo sfondo verrà messo in opera il rivestimento di 1a fase costituito da centine metalliche HEB200 passo 1.00 m e da uno strato di spritz-beton, di spessore pari a 25 cm, armato o fibrorinforzato. Le centine appena posate dovranno essere collegate alle altre attraverso le apposite catene.

FASE 6: getto arco rovescio e murette

Il getto dell'arco rovescio e delle murette dovrà avvenire entro 3Ø dal fronte. Le misure di estrusione del fronte e di convergenza del cavo potranno indicare distanze diverse e, inoltre:

- la necessità di effettuare tale getto entro distanze più restrittive (al limite realizzando il campo di avanzamento in due fasi distinte, alternandole al getto dell'arco rovescio);
- la lunghezza dei campioni di arco rovescio da realizzare;
- la possibilità di realizzare il consolidamento del fronte del successivo campo di avanzamento prima del getto di arco rovescio e murette.

FASE 7: impermeabilizzazione

Posa in opera dell'impermeabilizzazione, eseguita prima del getto del rivestimento definitivo.

FASE 8: getto rivestimento definitivo

GENERAL CONTRACTOR  <small>Censorzio Collegamenti Integrati Meloci</small>	ALTA SORVEGLIANZA  <small>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</small>
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 98 di 220

Tale operazione seguirà il fronte ad una distanza non superiore a $9 \varnothing$. Anche in questo caso in funzione dell'andamento delle misure di convergenza si potranno eventualmente stabilire distanze diverse, anche più restrittive (cioè inferiori) entro cui eseguire il getto del rivestimento definitivo.

Qualora le operazioni di scavo vengano interrotte per un periodo prossimo alle 24 ore, è necessario porre in opera al fronte, sagomato a forma concava, uno strato di spritz-beton armato di spessore pari a 5 cm, con lo scopo di evitare che il materiale al contatto con l'atmosfera subisca deterioramenti. Se il fermo delle lavorazioni risulta superiore a 48 h (festività o fermi di qualsiasi natura) il ciclo delle lavorazioni dovrà necessariamente terminare con il consolidamento del fronte appena eseguito (eventualmente incrementato), previa sagomatura a forma concava ed esecuzione dello strato di spritz-beton armato, $sp=10$ cm, e con l'arco rovescio e le murette in prossimità del fronte stesso.

In corso d'opera si potrà comunque valutare la possibilità di variare la metodologia di perforazione utilizzando un opportuno fluido di perforazione (miscele cementizie, acqua additivata con agenti schiumogeni, etc) o a secco, in funzione delle caratteristiche dell'ammasso, delle caratteristiche di resistenza del consolidamento, dell'assenza di problemi connessi alla "sensibilità" dei terreni interessati dalle perforazioni (minerali rigonfianti, frazioni argillose attive, etc)

8.1.10 Sezione tipo Ai

La sezione tipo Ai, in fase costruttiva è costituita da:

- Prerivestimento composto da uno spessore di 15 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata o fibrorinforzato e centine costituite da profilati 2IPN140 passo $p = 1.5$ m, controventate tra loro, o in alternativa bulloni ad aderenza puntuale (7-8 bulloni, passo 1.5m)
- impermeabilizzazione tipo;
- rivestimento definitivo in cls semplice dello spessore di 80 cm in arco rovescio e di 60 cm in calotta.

Campo di applicazione

Per quanto concerne il campo d'applicazione si veda la tabella riepilogativa riportata alla fine del paragrafo.

Interventi previsti

Si possono considerare le seguenti fasi costruttive:

FASE 1: scavo

Lo sfondo potrà avere lunghezza massima pari a 4.50 m compreso il disaggio, eseguendo lo scavo a piena sezione .

Al termine dello sfondo e prima di porre in opera gli interventi di prima fase va eseguito un accurato disaggio di tutti i blocchi instabili. Lo scavo potrà interessare anche l'arco rovescio, avendo cura di non rimuovere il materiale durante l'avanzamento .

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC
	Foglio 99 di 220

FASE 2: posa in opera delle centine e dello spritz-beton

Al termine di ogni singolo sfondo verrà messo in opera il rivestimento di 1a fase costituito da centine metalliche 2IPN140 - passo 1.50m e da uno strato di spritz-beton di spessore 15 cm, armato con rete elettrosaldata ($\varnothing 6$ 15x15) o fibrorinforzato.

Le centine appena posate dovranno essere collegate alle altre attraverso le apposite catene.

FASE 3: getto di murette e arco rovescio in cls

La distanza del getto delle murette e dell'arco rovescio dal fronte dovrà essere regolata in funzione del comportamento deformativo del fronte e del cavo;

FASE 4: impermeabilizzazione

La posa in opera della impermeabilizzazione sarà eseguita prima del getto del rivestimento definitivo;

FASE 5: getto del rivestimento definitivo

Il getto del rivestimento definitivo sarà eseguito ad una distanza dal fronte che dipenderà dal comportamento deformativo del fronte e del cavo.

Se il fermo delle lavorazioni risulta superiore a 48 h (festività o altro) il ciclo delle lavorazioni dovrà necessariamente terminare con la posa delle centine e dello spritz-beton a ridosso del fronte stesso e la sagomatura a forma concava del fronte.

8.1.11 Sezione tipo Abi

La sezione tipo Abi, in fase costruttiva è costituita da:

- Prerivestimento composto da uno spessore di 15 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata o fibrorinforzato
- bulloni radiali ad ancoraggio continuo, $L = 4.00m$, passo longitudinale 1.20 m, passo trasversale 2.0m.
- impermeabilizzazione tipo;
- rivestimento definitivo in cls semplice dello spessore di 80 cm in arco rovescio e di 60 cm in calotta.

Campo di applicazione

Per quanto concerne il campo d'applicazione si veda la tabella riepilogativa riportata alla fine del paragrafo.

Interventi previsti

Si possono considerare le seguenti fasi costruttive:

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 100 di 220

FASE 1: scavo

Lo sfondo potrà avere lunghezza massima pari a 4.50 m compreso il disaggio, eseguendo lo scavo a piena sezione .

Al termine dello sfondo e prima di porre in opera gli interventi di prima fase va eseguito un accurato disaggio di tutti i blocchi instabili. Lo scavo potrà interessare anche l'arco rovescio, avendo cura di non rimuovere il materiale durante l'avanzamento .

FASE 2: posa in opera dello spritz-beton

Al termine di ogni singolo sfondo verrà messo in opera il rivestimento di 1a fase costituito da uno strato di spritz-beton di spessore 5-10 cm, armato con rete elettrosaldata ($\varnothing 6$ 15x15) o fibrorinforzato.

Le centine appena posate dovranno essere collegate alle altre attraverso le apposite catene.

FASE 3: perforazione e posa in opera dei bulloni

I bulloni saranno installati con passo trasversale pari a 2.00m e passo longitudinale pari ad 1.20m entro 1 diametro. Successivamente all'iniezione verrà eseguito lo strato di completamento di spritz-beton sino a raggiungere lo spessore di 15 cm.

FASE 4: getto di murette e arco rovescio in cls

La distanza del getto delle murette e dell'arco rovescio dal fronte dovrà essere regolata in funzione del comportamento deformativo del fronte e 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 del rivestimento definitivo sarà eseguito ad una distanza dal fronte che dipenderà dal comportamento deformativo del fronte e del cavo.

Se il fermo delle lavorazioni risulta superiore a 48 h (festività o altro) il ciclo delle lavorazioni dovrà necessariamente terminare con la posa delle centine e dello spritz-beton a ridosso del fronte stesso e la sagomatura a forma concava del fronte.

8.1.12 Sezione tipo B0i

La sezione tipo B0i, in fase costruttiva è costituita da:

- Prerivestimento composto da uno spessore di 20 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata o fibrorinforzato e centine costituite da profilati 2IPN140 passo $p = 1.2$ m, controventate tra loro;
- impermeabilizzazione tipo;

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 101 di 220

- rivestimento definitivo in cls semplice dello spessore di 80 cm in arco rovescio e di 60 cm in calotta.

Campo di applicazione

Per quanto concerne il campo d'applicazione si veda la tabella riepilogativa riportata alla fine del paragrafo.

Fasi esecutive

Si possono considerare le seguenti fasi costruttive:

FASE 1: scavo

Esecuzione scavo di avanzamento con sfondi di lunghezza massima pari a 3.60 m compreso il disaggio, 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 va eseguito un accurato disaggio di tutti i blocchi instabili.

FASE 2: posa in opera delle centine e dello spritz-beton

Al termine di ogni singolo sfondo verrà messo in opera il rivestimento di 1a fase costituito da centine metalliche 2IPN140 - passo 1.20m e da uno strato di spritz-beton di spessore 20 cm, armato con rete elettrosaldata ($\varnothing 6$ 15x15) o fibrorinforzato.

Le centine appena posate dovranno essere collegate alle altre attraverso le apposite catene.

FASE 3: getto di murette e arco rovescio

Il getto delle murette dovrà essere effettuato entro una distanza di $9\varnothing$ dal fronte di scavo. Il getto dell'arco rovescio dovrà avvenire entro $12\varnothing$ dal fronte di scavo o entro $9\varnothing$ nel caso di getto contemporaneo alle murette; in particolari contesti geomeccanici tale distanza potrà essere portata a $15\varnothing$.

FASE 4: impermeabilizzazione

La posa in opera dell'impermeabilizzazione sarà eseguita prima del getto del rivestimento definitivo.

FASE 5: getto del rivestimento definitivo

Il getto del rivestimento definitivo sarà eseguito ad una distanza dal fronte che dipenderà dal comportamento deformativo del cavo; tale distanza non dovrà essere superiore ai $15\varnothing$.

Qualora le operazioni di scavo vengano interrotte per un tempo di circa 24 ore, è necessario porre in opera uno strato di spritz-beton di 10 cm al fronte. Se il fermo delle lavorazioni risultasse superiore a 48 h (festività o altro) il ciclo delle lavorazioni dovrà necessariamente terminare con la sagomatura del fronte a forma concava e la posa in opera delle centine e dello spritz-beton a ridosso del fronte stesso.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 102 di 220

8.1.13 Sezione tipo B0Vi

La sezione tipo B0Vi, in fase costruttiva è costituita da:

- Una coronella di n°23 tubi in acciaio
- Prerivestimento composto da uno spessore di 20 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata o fibrorinforzato e centine costituite da profilati 2IPN140 passo $p = 1.2$ m, controventate tra loro;
- impermeabilizzazione tipo;
- rivestimento definitivo in cls semplice dello spessore di 80 cm in arco rovescio e variabile fra i 40 e i 100cm in calotta.

Campo di applicazione

Per quanto concerne il campo d'applicazione si veda la tabella riepilogativa riportata alla fine del paragrafo.

Fasi esecutive

Si possono considerare le seguenti fasi costruttive:

FASE 1: posa in opera e cementazione dei tubi metallici al contorno

Perforazione e posa in opera di n° 23 tubi $\varnothing 88.9$ dello spessore di 10 mm $L \geq 15.00$ m, secondo le geometrie di progetto; la sovrapposizione tra una serie di tubi e la successiva sarà pari a 3.00 m.

Le fasi costruttive sono le seguenti

- perforazione $\varnothing \geq 130$ mm (eseguita per quanto possibile a secco o con impiego di schiume);
- inserimento del tubo in acciaio,
- cementazione del tubo

La sequenza operativa sopra descritta andrà adattata alle caratteristiche dell'ammasso, ma dovrà in ogni caso consentire l'inghisaggio del tubo in acciaio al terreno mediante il riempimento dell'intercapedine con le pareti del foro.. La fase di cementazione potrà avvenire di massima ogni 9-10 perforazioni armate e comunque il prima possibile per evitare possibili franamenti del foro

FASE 2: scavo

Esecuzione dello scavo di avanzamento a piena sezione per una lunghezza massima pari a 12 m (tubi in coronella $L \geq 15.00$ m sovrapposizione $s \geq 6$ m) con singoli sfondi di lunghezza massima di

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 103 di 220

2.40m, avendo cura di sagomare il fronte a forma concava; al termine dello sfondo e prima di porre in opera gli interventi di prima fase va eseguito un accurato disgiungimento di tutti i blocchi instabili.

FASE 3: posa in opera delle centine e dello spritz-beton

Al termine di ogni singolo sfondo verrà messo in opera il rivestimento di 1a fase costituito da centine metalliche 2IPN140 - passo 1.20m e da uno strato di spritz-beton di spessore 20 cm, armato con rete elettrosaldata ($\varnothing 6$ 15x15) o fibrorinforzato.

Le centine appena posate dovranno essere collegate alle altre attraverso le apposite catene.

FASE 4: getto di murette e arco rovescio

Il getto delle murette dovrà essere effettuato entro una distanza di $9\varnothing$ dal fronte di scavo. Il getto dell'arco rovescio dovrà avvenire entro $12\varnothing$ dal fronte di scavo o entro $9\varnothing$ nel caso di getto contemporaneo alle murette; in particolari contesti geomeccanici tale distanza potrà essere portata a $15\varnothing$.

FASE 5: impermeabilizzazione

La posa in opera dell'impermeabilizzazione sarà eseguita prima del getto del rivestimento definitivo.

FASE 6: getto del rivestimento definitivo

Il getto del rivestimento definitivo sarà eseguito ad una distanza dal fronte che dipenderà dal comportamento deformativo del cavo; tale distanza non dovrà essere superiore ai $15\varnothing$.

. Se il fermo delle lavorazioni risultasse superiore a 48 h (festività o altro) il ciclo delle lavorazioni dovrà necessariamente terminare con la sagomatura del fronte a forma concava e la posa in opera delle centine e dello spritz-beton a ridosso del fronte stesso.

8.1.14 Sezione tipo B2i (con eventuale puntone)

La sezione tipo B2i in fase costruttiva è costituita da:

- preconsolidamento del fronte realizzato mediante la posa in opera di n° 40 elementi strutturali (o tubi) in VTR, $L \geq 15$ m, sovrapp. ≥ 6 m;
- priverestimento composto da uno spessore di 25 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata o fibrorinforzato e centine 2IPN160 con passo $p = 1.20$ m (con eventuale puntone di caratteristiche analoghe a quelle delle centine);
- impermeabilizzazione tipo;
- rivestimento definitivo in cls dello spessore di 80 cm in arco rovescio e di 70 cm in calotta. Il getto dell'arco rovescio, delle murette e del rivestimento definitivo di calotta sarà eseguito ad una distanza dal fronte che dipenderà dal comportamento deformativo del cavo.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 104 di 220

- eventuali drenaggi in avanzamento, in caso di presenza d'acqua;

Campo di applicazione

Per quanto concerne il campo d'applicazione si veda la tabella riepilogativa riportata alla fine del paragrafo.

Fasi esecutive

Si possono considerare le seguenti fasi costruttive:

FASE 1: esecuzione del preconsolidamento del fronte.

Dal fronte di scavo, sagomato a forma concava con freccia di circa 1.5 m, si realizza il preconsolidamento del fronte mediante la posa di n° 40 elementi strutturali o tubi in VTR cementati, aventi lunghezza minima di 15.00 m e sovrapposizione ≥ 6 m. Le fasi costruttive sono le seguenti:

- esecuzione sul fronte dello strato di spritz-beton fibrorinforzato o armato con rete elettrosaldata, avente spessore di 10 cm;
- perforazione $\varnothing \geq 100$ mm (eseguita, ove necessario, a secco o con impiego di schiume);
- posa dell'elemento strutturale in VTR, munito dell'opportuna attrezzatura per la cementazione ed esecuzione di cianfrinatura a boccaforo;
- esecuzione della cementazione mediante malte a ritiro controllato ogni 4÷5 fori.

Le sequenze operative andranno adattate alle caratteristiche dell'ammasso ma dovranno comunque essere tali da garantire l'inghisaggio dell'elemento strutturale al terreno mediante il completo riempimento dell'intercapedine tra elemento e pareti del foro.

La fase di cementazione potrà avvenire di massima ogni 9-10 elementi già posati e comunque il prima possibile per evitare possibili franamenti del foro con conseguente perdita di efficacia dell'intervento. Il riempimento del foro avverrà dal fondo verso il paramento del fronte.

FASE 2: esecuzione eventuali drenaggi in avanzamento

In caso di presenza d'acqua dovranno essere eseguiti drenaggi in avanzamento.

FASE 3: esecuzione scavo

Esecuzione scavo di avanzamento a piena sezione per campi pari a 9 m (preconsolidamento del nucleo $L \geq 15$ m sovrapposizione $s \geq 6$ m), per singoli sfondi di lunghezza pari a circa 1.00m, sagomando il fronte a forma concava ad ogni sfondo parziale ed eseguendo uno strato di spritz-beton armato di 5cm su ognuno di tali fronti.

FASE 4: posa in opera del rivestimento di prima fase

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 105 di 220

Al termine di ogni singolo sfondo verrà messo in opera il rivestimento di 1^a fase costituito da centine metalliche 2IPN160 passo 1.20m e da uno strato di spritz-beton di spessore 25 cm, armato con rete elettrosaldata (\varnothing 6 15x15) o fibrorinforzato. Le centine appena posate dovranno essere collegate alle altre attraverso le apposite catene.

FASE 5: getto arco rovescio e murette

Il getto delle murette e dell'arco rovescio dovrà avvenire entro $3\varnothing$ dal fronte nel caso di un loro getto contemporaneo, o rispettivamente entro $3\varnothing$ e $5\varnothing$ nel caso di getto differito.

Le misure di estrusione del fronte e di convergenza del cavo potranno indicare distanze diverse e, inoltre:

- la necessità di effettuare tale getto entro distanze più restrittive (al limite realizzando il campo di avanzamento in due fasi distinte, alternandole al getto dell'arco rovescio);
- la lunghezza dei campioni di arco rovescio da realizzare;
- la necessità di realizzare il consolidamento del fronte del successivo campo di avanzamento prima del getto di arco rovescio e murette.

FASE 6: impermeabilizzazione

Posa in opera dell'impermeabilizzazione, eseguita prima del getto del rivestimento definitivo di calotta.

FASE 7: getto rivestimento definitivo

Il getto del rivestimento definitivo di calotta seguirà il fronte ad una distanza non superiore a $9\varnothing$. Anche in questo caso in funzione dell'andamento delle misure di convergenza si potranno eventualmente stabilire distanze diverse, anche più restrittive (cioè inferiori) entro cui eseguire il getto del rivestimento definitivo.

Qualora le operazioni di scavo vengano interrotte per un periodo prossimo alle 24 ore, è necessario porre in opera al fronte uno strato di spritz-beton armato di spessore pari a 5 cm; se il fermo delle lavorazioni risulta superiore a 48 h (festività o fermi di qualsiasi natura) il ciclo delle lavorazioni dovrà necessariamente terminare con il consolidamento del fronte appena eseguito, previa sagomatura a forma concava ed esecuzione dello strato di spritz-beton armato $sp=10$ cm, e con l'arco rovescio e le murette (eventualmente la calotta) in prossimità del fronte stesso.

8.1.15 Sezione tipo C2i (con eventuale puntone)

La sezione tipo C2i è costituita da:

- un preconsolidamento del fronte realizzato mediante la posa in opera di n° 40 elementi strutturali in VTR, $L \geq 15.00$ m sovrapp. ≥ 6 m, cementati.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 106 di 220

- un preconsolidamento al contorno della futura sezione di scavo mediante iniezioni cementizie in pressione, realizzate mediante 53 elementi strutturali in VTR $L \geq 15.00$ m, sovrapp. ≥ 6 m, valvolati con 1 vlv/m;
- eventuali drenaggi in avanzamento, in caso di presenza d'acqua;
- eventuale preconsolidamento al piede delle centine mediante 5+5 elementi strutturali in VTR, $L \geq 15.00$ m, sovrapp. ≥ 6 m; tale consolidamento andrà realizzato qualora nel corso dello scavo di avanzamento si rilevi la presenza al piano di posa delle centine di acqua e/o materiale allentato, a scadenti caratteristiche geomeccaniche;
- un priverstimento composto da centine 2IPN180 con passo $p = 1.00$ m e da uno strato di 25 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata o fibrorinforzato (con eventuale puntone di caratteristiche analoghe a quelle delle centine);
- impermeabilizzazione tipo;
- rivestimento definitivo in cls armato dello spessore di 80 cm in arco rovescio e dello spessore di 70 cm in calotta.

Campo d'applicazione

Per quanto concerne il campo d'applicazione si veda la tabella riepilogativa riportata alla fine del paragrafo.

Fasi esecutive

Si possono considerare le seguenti fasi costruttive:

FASE 1: esecuzione del preconsolidamento del fronte.

Dal fronte di scavo, sagomato a forma concava con freccia di circa 1.5 m, si realizza il preconsolidamento del fronte mediante la posa di 40 elementi strutturali in VTR cementati, aventi lunghezza ≥ 15.00 m e sovrapposizione $s \geq 6$ m. Le fasi costruttive sono le seguenti:

- esecuzione sul fronte dello strato di spritz-beton fibrorinforzato o armato con rete elettrosaldata, avente spessore di 10 cm;
- perforazione $\varnothing \geq 100$ mm (eseguita, ove necessario a secco o con impiego di schiume);
- posa dell'elemento strutturale in VTR ad aderenza migliorata, munito dell'opportuna attrezzatura per la cementazione ed esecuzione di cianfrinatura a boccaforo;
- esecuzione della cementazione mediante miscele cementizie a ritiro controllato ogni 9-10 fori;

Le sequenze operative andranno adattate alle caratteristiche dell'ammasso ma dovranno comunque essere tali da consentire l'inghisaggio dell'elemento strutturale al terreno mediante il riempimento dell'intercapedine tra elemento e pareti del foro.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloni	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 107 di 220

FASE 2: consolidamento al contorno ed al piede della centina

Dal fronte di scavo, si realizza un arco di terreno consolidato mediante iniezioni cementizie al contorno della futura sezione di scavo ed eventualmente in prossimità del piede della centina, attraverso perforazioni inclinate rispetto all'orizzontale secondo quanto indicato negli elaborati di progetto.

Le modalità esecutive risultano:

- perforazione $\phi \geq 100\text{mm}$;
- inserimento del tubo in VTR ad elevata resistenza allo scoppio ($p > 7\text{MPa}$), valvolato con 1 valv./m per iniezioni in pressione; tali tubi potranno essere anche in resina poliestere rinforzata con fibre di vetro;
- formazione della "guaina" al contorno del tubo ogni 9-10 fori mediante cementazione con miscela ricca in bentonite, da definire compiutamente in corso d'opera
- iniezione in pressione, valvola per valvola, di una miscela cementizia da definire compiutamente in corso d'opera:

La fase di cementazione o formazione della guaina potrà avvenire di massima ogni 9-10 elementi già posati e comunque il prima possibile per evitare possibili franamenti del foro L'iniezione della guaina avverrà dal fondo verso il paramento del fronte: analogamente avverrà per l'iniezione in pressione dalle singole valvole.

Le caratteristiche delle miscele da impiegare sono riportate nella tabella materiali riportate nel relativo elaborato grafico.

Il numero delle valvole a metro lineare utilizzate per la realizzazione delle iniezioni in pressione al contorno della sezione di scavo potrà variare in funzione delle caratteristiche dell'ammasso e dei risultati dei consolidamenti precedenti riscontrati in corso d'opera.

In corso d'opera si potrà valutare la possibilità di variare la metodologia di perforazione indicata nelle fasi 1 e 2 utilizzando un opportuno fluido di perforazione (miscela cementizia, acqua additivata con agente schiumogeno, ...) o a secco, in funzione delle caratteristiche dell'ammasso delle caratteristiche di resistenza del consolidamento e dell'assenza di problemi connessi alla "sensibilità" dei terreni interessati dalle perforazioni (minerali rigonfianti, frazioni argillose attive);

FASE 3: esecuzione di eventuali drenaggi (eventuali)

Esecuzione di eventuali drenaggi in avanzamento, in caso di presenza d'acqua, il cui numero, le posizioni e le relative inclinazioni saranno definite in corso d'opera in funzione della situazione effettivamente riscontrata. Nel caso debbano essere eseguiti, al termine degli interventi di preconsolidamento descritti nella fase 2, si prevede l'uso di drenaggi costituiti da n° max 6 tubi in PVC microfessurati per 20 m a partire da fondo foro e "ciechi" per 10 m verso bocca foro, del diametro $\varnothing \approx 60\text{ mm}$ spessore 4 mm e protezione in geotessile, messi in opera all'interno di un foro con diametro $\varnothing \geq 100\text{ mm}$. Dopo la posa in opera del tubo in PVC, si dovranno adottare opportuni accorgimenti per isolare il tratto microfessurato da quello cieco (sacco otturatore, cementazione), ad evitare dannose percolazioni dell'acqua raccolta in avanzamento all'interno del nucleo consolidato.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 108 di 220

Il numero, le posizioni e le relative inclinazioni saranno definite in dettaglio in corso d'opera in funzione della situazione effettivamente riscontrata.

FASE 4: esecuzione scavo

Esecuzione scavo di avanzamento a piena sezione per campi di lunghezza massima di 9 m (lunghezza consolidamenti contorno ≥ 15.00 m, sovrapposizione ≥ 6 m), per singoli sfondi di lunghezza pari a circa 1.00m, sagomando il fronte a forma concava ad ogni sfondo parziale ed eseguendo uno strato di spritz-beton armato di 5 cm.

FASE 5: posa in opera del rivestimento di prima fase

Al termine di ogni singolo sfondo verrà messo in opera il rivestimento di 1a fase costituito da centine metalliche 2IPN180 passo 1.00 m e da uno strato di spritz-beton, di spessore pari a 25 cm, armato con rete elettrosaldata ($\varnothing 6$ 15x15) o fibrorinforzato. Le centine appena posate dovranno essere collegate alle altre attraverso le apposite catene.

FASE 6: getto arco rovescio e murette

Il getto dell'arco rovescio e delle murette dovrà avvenire entro $3\varnothing$ dal fronte. Le misure di estrusione del fronte e di convergenza del cavo potranno indicare distanze diverse e, inoltre :

- la necessità di effettuare tale getto entro distanze più restrittive (al limite realizzando il campo di avanzamento in due fasi distinte, alternandole al getto dell'arco rovescio);
- la lunghezza dei campioni di arco rovescio da realizzare;
- la possibilità di realizzare il consolidamento del fronte del successivo campo di avanzamento prima del getto di arco rovescio e murette.

FASE 7: impermeabilizzazione

La posa in opera dell'impermeabilizzazione sarà eseguita prima del getto del rivestimento definitivo.

FASE 8: getto rivestimento definitivo

Tale operazione seguirà il fronte ad una distanza non superiore a $9 \varnothing$. Anche in questo caso in funzione dell'andamento delle misure di convergenza si potranno eventualmente stabilire distanze diverse, anche più restrittive (cioè inferiori) entro cui eseguire il getto del rivestimento definitivo.

Qualora le operazioni di scavo vengano interrotte per un periodo prossimo alle 24 ore, è necessario porre in opera al fronte uno strato di spritz-beton di spessore pari a 5 cm, con lo scopo di evitare che il materiale al contatto con l'atmosfera subisca deterioramenti; se il fermo delle lavorazioni risulta superiore a 48 h (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 l'arco rovescio e le murette in prossimità del fronte stesso.

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC

Foglio
109 di 220

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC	Foglio 110 di 220

8.2 CAMPI D'APPLICAZIONE E VARIABILITÀ DELLE SEZIONI TIPO

Si riportano nel seguito delle tabelle contenenti i campi di applicazione, gli spostamenti attesi e la variabilità prevista per ogni sezione tipo.

I valori attesi delle convergenze medie e degli spostamenti massimi delle mire si discostano dai risultati emersi in sede di calcolo in quanto nella pratica è necessario tenere conto dell'importanza di fattori difficilmente schematizzabili e modellabili numericamente, quali anisotropie nel comportamento deformativo del cavo, condizioni geomeccaniche particolari e localizzate, fasi esecutive e cadenze d'avanzamento. Per questi motivi il range delle convergenze e degli spostamenti delle mire attesi può essere più elevato di quelli calcolati numericamente, come indicato in tabella.

In funzione delle caratteristiche d'ammasso e degli spostamenti registrati in corso d'opera sarà compito del progettista operare sulla variabilità di ciascuna sezione tipo di modo da garantire la sicurezza dell'opera nel breve e nel lungo termine.

Per maggiori dettagli sul campo d'applicazione di ciascuna sezione tipo si rimanda alla fase successiva di progettazione esecutiva.

Nelle sezioni tipo B0V / B2V è prevista una variabilità del +/- 20% sul numero degli infilaggi metallici disposti sui 120° di calotta, il loro diametro potrà essere variato in funzione delle evidenze del monitoraggio (□ 88.9 mm – □ 108 mm).

INTERCONNESSIONI

TABELLA 1 – Sezioni tipo previste nelle *Argilliti a Palombini*

		GRUPPI GEOMECCANICI					
		1	2	3	4	5	
PARAMETRI CARATTERISTICI	c [Mpa]	1.15	1.15	0.7	0.7	0.4	CAMPO D'APPLICAZIONE *
	ϕ [%]	41	41	35	35	30	
	E [Gpa]	5.365	2.1	2.1	1.65	1.2	
	σ_c [Mpa]	1.3	1.3	0.3	0.2	0.1	
	GSI	44.0	44.0	39.0	34.0	28.0	
	RQD	> 50%	> 50%	35-50%	20-35%	< 20%	
	Foliazione	Regolarmente spaziata	Regolarmente spaziata	Fittamente spaziata	Fittamente spaziata	Intensa	
	Struttura	Piegata fino alla mesoscala	Piegata fino alla mesoscala	Piegata fino alla microscala	Piegata fino alla microscala	Non riconoscibile (ammasso destrutturato)	
	Giunti	Privi di alterazione	Privi di alterazione	Da poco alterati ad alterati	Alterati	Molto alterati	
	% Palombini	> 50%	> 50%	< 50%	< 20%	< 10%	
Stato Palombini	Poco fratturati e poco alterati	Poco fratturati e poco alterati	Da fratturati a molto fratturati e/o localmente alterati	Molto fratturati e alterati	Intensamente fratturati ed alterati		
Comportamento fronte	B	B	B	B	C		
DEFORMAZIONI	Spostamento singola mira o convergenza diametrale Soglia attenzione [cm]	< 3	< 4	< 5	< 8	< 10	VARIABILITA' SEZIONI TIPO
	Spostamento singola mira o convergenza diametrale Soglia allarme [cm]	< 5	< 6	< 7	< 10	< 12	
	Estrusioni cumulative Soglia attenzione [cm]	-	-	< 5	< 7	< 10	
	Estrusioni cumulative Soglia allarme [cm]	-	-	< 8	< 10	< 15	
	Passo centine [m]	1.4 - 1.2 - 1.0					
	Puntone	-					
	Spessore Sb [cm]	15 - 20 - 25					
	Lunghezza sovr. VTR [m]	12 - 9 - 6					
	Distanza max getto a.r.	15 - 12 - 9					
	Distanza max getto calotta	18 - 15 - 12					
B01 AP - B0V AP	Passo centine [m]	1.4 - 1.2 - 1.0					
	Puntone	-					
	Spessore Sb [cm]	15 - 20 - 25					
	Consolidamento VTR fronte	-					
	Lunghezza sovr. VTR [m]	12 - 9 - 6					
	Distanza max getto murette	12 - 9 - 6					
	Distanza max getto a.r.	15 - 12 - 9					
	Distanza max getto calotta	18 - 15 - 12					
	Lunghezza bulloni acciaio [m]	5.5 - 6 - 6.5					
	Passo trasversale [m]	2.5 - 2 - 1.5					
B11 AP	Passo centine [m]	1.4 - 1.2 - 1.0					
	Puntone	-					
	Spessore Sb [cm]	15 - 20 - 25					
	Consolidamento VTR fronte	-					
	Lunghezza sovr. VTR [m]	12 - 9 - 6					
	Distanza max getto murette	12 - 9 - 6					
	Distanza max getto a.r.	15 - 12 - 9					
	Distanza max getto calotta	18 - 15 - 12					
	Lunghezza bulloni acciaio [m]	5.5 - 6 - 6.5					
	Passo trasversale [m]	2.5 - 2 - 1.5					
B21 AP - B2V AP	Passo centine [m]	1.2 - 1.0 - 0.8					
	Puntone	eventuale					
	Spessore Sb [cm]	20 - 25 - 30					
	Consolidamento VTR fronte	30 - 40 - 60					
	Lunghezza sovr. VTR [m]	3 - 6 - 9					
	Distanza max getto murette	6 - 9 - 12					
	Distanza max getto a.r.	6 - 9 - 12					
	Distanza max getto calotta	11 - 9 - 7					
	Lunghezza bulloni acciaio [m]	5.5 - 6 - 6.5					
	Passo trasversale [m]	2.5 - 2 - 1.5					
B41 AP	Passo centine [m]	1.2 - 1.0 - 0.8					
	Puntone	-					
	Spessore Sb [cm]	20 - 25 - 30					
	Consolidamento VTR fronte	40 - 50 - 70					
	Lunghezza sovr. VTR [m]	3 - 6 - 9					
	Distanza max getto murette	6 - 9 - 12					
	Distanza max getto a.r.	6 - 9 - 12					
	Distanza max getto calotta	11 - 9 - 7					
	Lunghezza bulloni acciaio [m]	5.5 - 6 - 6.5					
	Passo trasversale [m]	2.5 - 2 - 1.5					
C21 AP	Passo centine [m]	1.2 - 1.0 - 0.8					
	Puntone	eventuale					
	Spessore Sb [cm]	20 - 25 - 30					
	Consolidamento VTR fronte	30 - 40 - 60					
	Lunghezza sovr. VTR [m]	3 - 6 - 9					
	Distanza max getto murette	6 - 9 - 12					
	Distanza max getto a.r.	6 - 9 - 12					
	Distanza max getto calotta	9 - 8					
	Lunghezza bulloni acciaio [m]	1.2 - 1.0 - 0.8					
	Passo trasversale [m]	2.5 - 2 - 1.5					
C41 AP	Passo centine [m]	1.2 - 1.0 - 0.8					
	Puntone	eventuale					
	Spessore Sb [cm]	20 - 25 - 30					
	Consolidamento VTR fronte	40 - 50 - 70					
	Lunghezza sovr. VTR [m]	3 - 6 - 9					
	Consolidamento contorno	40 - 53 - 73					
	Distanza max getto murette	3 - 6 - 9					
	Distanza max getto a.r.	3 - 6 - 9					
	Distanza max getto calotta	3 - 6 - 9					

* = I parametri geomeccanici sono stati ricavati tramite correlazioni empiriche (Hoek & Brown)
 ** = Per distanza massima si intende la distanza limite, misurata a partire dal fronte di scavo, entro cui eseguire i getti di
 *** = Qualora si rivelassero imprevisti geologici (KO > 1, fenomeni di squeezing, etc.) è previsto l'impiego di sezioni dotate di
 **** = Su tutte le sezioni tipo i drenaggi in avanzamento sono da ritenersi eventuali

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC		Foglio 112 di 220

INTERCONNESSIONI

TABELLA 2 – Sezioni tipo previste nei *Basalti*

PARAMETRI CARATTERISTICI	c [Mpa]	2.50	2.00	1.0	0.5
	ϕ [°]	38	36	32	31
	E [Gpa]	10.000	7.5	3.2	1.90
	DEFORMAZIONI	Spostamento singola mira o convergenza diametrale Soglia attenzione [cm]	< 2	< 3	< 4
Spostamento singola mira o convergenza diametrale Soglia allarme [cm]	< 3	< 5	< 6	< 9	
Estrusioni cumulative Soglia attenzione [cm]	< 2	< 4	< 5	< 7	
Estrusioni cumulative Soglia allarme [cm]	< 3	< 5	< 7	< 10	
AI	Passo centine [m]	1,6 — 1,5 — 1,2			
	Puntone	—			
Abi	Spessore Sb [cm]	10 — 15 — 20			
	Distanza max getto murette	—			
	Distanza max getto a.r.	—			
	Distanza max getto calotta	—			
	Passo centine [m]	—			
	Puntone	—			
B0I	Spessore Sb [cm]	10 — 15 — 20			
	Consolidamento VTR fronte	—			
	Lunghezza sovr. VTR [m]	—			
	Distanza max getto murette	—			
	Distanza max getto a.r.	—			
	Distanza max getto calotta	—			
	Lunghezza bulloni acciaio [m]	3,5 — 4 — 4,5			
	Passo trasversale [m]	2,5 — 2 — 1,5			
	Passo centine [m]	—	1,5 — 1,2 — 1,0		
	Puntone	—	—		
Spessore Sb [cm]	—	15 — 20 — 25			
Consolidamento VTR fronte	—	—			
Lunghezza sovr. VTR [m]	—	—			
Distanza max getto murette	—	12 ϕ — 9 ϕ — 6 ϕ			
Distanza max getto a.r.	—	15 ϕ — 12 ϕ — 9 ϕ			
Distanza max getto calotta	—	18 ϕ — 15 ϕ — 12 ϕ			
B0VI	Passo centine [m]	—	1,5 — 1,2 — 1,0		
	Puntone	—	—		
	Spessore Sb [cm]	—	15 — 20 — 25		
	Consolidamento VTR fronte	—	—		
	Lunghezza sovr. VTR [m]	—	—		
	Distanza max getto murette	—	12 ϕ — 9 ϕ — 6 ϕ		
	Distanza max getto a.r.	—	15 ϕ — 12 ϕ — 9 ϕ		
	Distanza max getto calotta	—	18 ϕ — 15 ϕ — 12 ϕ		
	Passo centine [m]	—	—	1,5 — 1,2 — 1,0	
	Puntone	—	—	eventuale	
Spessore Sb [cm]	—	—	20 — 25 — 30		
Consolidamento VTR fronte	—	—	30 — 40 — 60		
Lunghezza sovr. VTR [m]	—	—	6 — 9 — 12		
Consolidamento contorno	—	—	—		
Distanza max getto murette	—	—	4 ϕ — 3 ϕ — 2 ϕ		
Distanza max getto a.r.	—	—	6 ϕ — 5 ϕ — 3 ϕ		
Distanza max getto calotta	—	—	11 ϕ — 9 ϕ — 7 ϕ		
B2I	Passo centine [m]	—	—	1,2 — 1,0 — 0,8	
	Puntone	—	—	eventuale	
	Spessore Sb [cm]	—	—	20 — 25 — 30	
	Consolidamento VTR fronte	—	—	30 — 40 — 60	
	Lunghezza sovr. VTR [m]	—	—	6 — 9 — 12	
	Consolidamento contorno	—	—	40 — 53 — 80	
	Distanza max getto murette	—	—	3 ϕ — 1,5 ϕ	
	Distanza max getto a.r.	—	—	3 ϕ — 1,5 ϕ	
	Distanza max getto calotta	—	—	9 ϕ — 5 ϕ	
	C2I	Passo centine [m]	—	—	—
Puntone		—	—	—	
Spessore Sb [cm]		—	—	—	
Consolidamento VTR fronte		—	—	—	
Lunghezza sovr. VTR [m]		—	—	—	
Consolidamento contorno		—	—	—	
Distanza max getto murette		—	—	—	
Distanza max getto a.r.		—	—	—	
Distanza max getto calotta		—	—	—	

LINEE GUIDA

VARIABILITA' SEZIONI TIPO

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC		Foglio 113 di 220

INTERCONNESSIONI

TABELLA 3 – Sezioni tipo previste nei *Calcari d'Erselli*

PARAMETRI CARATTERISTICI	c [Mpa]	0.70	0.50	0.3	
	ϕ [°]	32	28	24	
	E [Gpa]	4.000	3.4	1.5	
DEFORMAZIONI	Spostamento singola mira o convergenza diametrale Soglia attenzione [cm]	< 3	< 4	< 7	LINEE GUIDA
	Spostamento singola mira o convergenza diametrale Soglia allarme [cm]	< 5	< 6	< 9	
	Estrusioni cumulative Soglia attenzione [cm]	< 4	< 5	< 7	
	Estrusioni cumulative Soglia allarme [cm]	< 5	< 7	< 10	
B0I	Passo centine [m]	1,5 — 1,2 — 1,0			VARIABILITA' SEZIONI TIPO
	Puntone	-			
	Spessore Sb [cm]	15 — 20 — 25			
	Consolidamento VTR fronte	-			
	Lunghezza sovr. VTR [m]	-			
	Distanza max getto murette	12 ϕ — 9 ϕ — 6 ϕ			
	Distanza max getto a.r.	15 ϕ — 12 ϕ — 9 ϕ			
	Distanza max getto calotta	18 ϕ — 15 ϕ — 12 ϕ			
	Passo centine [m]	1,5 — 1,2 — 1,0			
	Puntone	-			
B0VI	Spessore Sb [cm]	15 — 20 — 25			
	Consolidamento VTR fronte	-			
	Lunghezza sovr. VTR [m]	-			
	Distanza max getto murette	12 ϕ — 9 ϕ — 6 ϕ			
	Distanza max getto a.r.	15 ϕ — 12 ϕ — 9 ϕ			
	Distanza max getto calotta	18 ϕ — 15 ϕ — 12 ϕ			
	Passo centine [m]	1,5 — 1,2 — 1,0			
	Puntone	-			
	Spessore Sb [cm]	20 — 25 — 30			
	Consolidamento VTR fronte	30 — 40 — 60			
B2I	Lunghezza sovr. VTR [m]	6 — 9 — 12			
	Consolidamento contorno	-			
	Distanza max getto murette	4 ϕ — 3 ϕ — 2 ϕ			
	Distanza max getto a.r.	6 ϕ — 5 ϕ — 3 ϕ			
	Distanza max getto calotta	11 ϕ — 9 ϕ — 7 ϕ			
	Passo centine [m]		1,2 — 1,0 — 0,8		
	Puntone		eventuale		
	Spessore Sb [cm]		20 — 25 — 30		
C2I	Consolidamento VTR fronte		30 — 40 — 60		
	Lunghezza sovr. VTR [m]		6 — 9 — 12		
	Consolidamento contorno		40 — 53 — 80		
	Distanza max getto murette		3 ϕ — 1,5 ϕ		
	Distanza max getto a.r.		3 ϕ — 1,5 ϕ		
	Distanza max getto calotta		9 ϕ — 5 ϕ		

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 114 di 220

9. SEZIONI TIPO FINESTRA

9.1 FINESTRE CASTAGNOLA, POLCEVERA, CRAVASCO – SEZIONI TIPO ARGILLITI A PALOMBINI

9.1.1 Sezione tipo B0L

La sezione tipo B0Lsb, in fase costruttiva è costituita da:

- Prerivestimento composto da uno spessore di 20 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata o fibrorinforzato e centine costituite da profilati 2IPN160 passo $p = 1.4$ m, controventate tra loro;
- impermeabilizzazione tipo “0” costituita da tessuto non tessuto e manto in pvc;
- rivestimento definitivo in cls semplice dello spessore di 80 cm in arco rovescio e di 60 cm in chiave calotta.

Campo di applicazione

Per quanto concerne il campo di applicazione si veda la tabella riepilogativa riportata alla fine del paragrafo.

FASE 1: scavo

Esecuzione scavo di avanzamento con sfondi di lunghezza massima pari a 4.20 m compreso il disaggio, eseguendo lo scavo a piena sezione. Al termine dello sfondo e prima di porre in opera gli interventi di prima fase va eseguito un accurato disaggio di tutti i blocchi instabili.

FASE 2: posa in opera delle centine e dello spritz-beton

Al termine di ogni singolo sfondo verrà messo in opera il rivestimento di 1a fase costituito da centine metalliche 2IPN160 passo 1.40m e da uno strato di spritz-beton di spessore 20 cm, armato con rete elettrosaldata ($\varnothing 6$ 15x15) o fibrorinforzato. Le centine appena posate dovranno essere collegate alle altre attraverso le apposite catene.

FASE 3: getto di murette e arco rovescio

Il getto delle murette dovrà essere effettuato entro una distanza di $9\varnothing$ dal fronte di scavo. Il getto dell'arco rovescio dovrà avvenire entro $12\varnothing$ dal fronte di scavo o entro $9\varnothing$ nel caso di getto contemporaneo alle murette; in particolari contesti geomeccanici tale distanza potrà essere portata a $15\varnothing$.

FASE 4: impermeabilizzazione

La posa in opera dell'impermeabilizzazione sarà eseguita prima del getto del rivestimento definitivo.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC
	Foglio 115 di 220

FASE 5: getto del rivestimento definitivo

Il getto del rivestimento definitivo sarà eseguito ad una distanza dal fronte che dipenderà dal comportamento deformativo del cavo, tale distanza sarà comunque inferiore ai $15\varnothing$.

9.1.2 Sezioni tipo B0/1 e B0/2

La sezione tipo B0/1, in fase costruttiva è costituita da:

- Prerivestimento composto da uno spessore di 25 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata o fibrorinforzato e centine costituite da profilati HEB180 passo $p = 1.2$ m, controventate tra loro;
- impermeabilizzazione tipo "0" costituita da tessuto non tessuto e manto in pvc;
- eventuale coronella di tubi metallici in acciaio ($\varnothing 88.9$ sp. 10mm, $L \geq 18.00$ m sovrapposizione $s \geq 3.0$ m) semplicemente cementati, da definire in funzione del contesto geomeccanico rilevato;
- rivestimento definitivo in cls semplice dello spessore di 90 cm in arco rovescio e di 70 cm in calotta.

La sezione tipo B0/2, in fase costruttiva è costituita da:

- Prerivestimento composto da uno spessore di 30 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata o fibrorinforzato e centine costituite da profilati HEB200 passo $p = 1.2$ m, controventate tra loro;
- Impermeabilizzazione tipo "0" costituita da tessuto non tessuto e manto in pvc;
- eventuale coronella di tubi metallici in acciaio ($\varnothing 88.9$ sp. 10mm, $L \geq 18.00$ m sovrapposizione $s \geq 3.0$ m) semplicemente cementati, da definire in funzione del contesto geomeccanico rilevato;
- rivestimento definitivo in cls semplice dello spessore di 100 cm in arco rovescio e di 80 cm in calotta.

Campo di applicazione

Per quanto concerne il campo di applicazione si veda la tabella riepilogativa riportata alla fine del paragrafo.

FASE 1: scavo

Esecuzione scavo di avanzamento con sfondi di lunghezza massima pari a 3.60 m compreso il disaggio, eseguendo lo scavo a piena sezione. Al termine dello sfondo e prima di porre in opera gli interventi di prima fase va eseguito un accurato disaggio di tutti i blocchi instabili.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 116 di 220

FASE 2: posa in opera delle centine e dello spritz-beton

Al termine di ogni singolo sfondo verrà messo in opera il rivestimento di 1a fase costituito da centine metalliche HEB180 (B0/1) - HEB200 (B0/2) passo 1.20m e da uno strato di spritz-beton di spessore 25 (B0/1) - 30 (B0/2) cm, armato con rete elettrosaldata ($\varnothing 6$ 15x15) o fibrorinforzato. Le centine appena posate dovranno essere collegate alle altre attraverso le apposite catene.

FASE 3: getto di murette e arco rovescio

Il getto delle murette dovrà essere effettuato entro una distanza di $9\varnothing$ dal fronte di scavo. Il getto dell'arco rovescio dovrà avvenire entro $12\varnothing$ dal fronte di scavo o entro $9\varnothing$ nel caso di getto contemporaneo alle murette; in particolari contesti geomeccanici tale distanza potrà essere portata a $15\varnothing$.

FASE 4: impermeabilizzazione

La posa in opera dell'impermeabilizzazione sarà eseguita prima del getto del rivestimento definitivo.

FASE 5: getto del rivestimento definitivo

Il getto del rivestimento definitivo sarà eseguito ad una distanza dal fronte che dipenderà dal comportamento deformativo del cavo, tale distanza sarà comunque inferiore ai $15\varnothing$.

Qualora le operazioni di scavo vengano interrotte per un tempo di circa 24 ore, è necessario porre in opera uno strato di spritz-beton di 5 cm al fronte. Se il fermo delle lavorazioni risultasse superiore a 48 h (festività o altro) il ciclo delle lavorazioni dovrà necessariamente terminare con la sagomatura del fronte a forma concava e la posa in opera delle centine e dello spritz-beton a ridosso del fronte stesso.

9.1.3 Sezione tipo B1

La sezione tipo B1, in fase costruttiva è costituita da:

- priverivestimento composto da centine 2IPN220 con passo $p = 1.20$ m e da uno strato di 30 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata o fibrorinforzato;
- n° 10-11 bulloni radiali ad ancoraggio continuo, $L = 5.50 - 6.50$ m, passo longitudinale 1.20 m, passo trasversale 2.00 m. Tali bulloni saranno in acciaio $\varnothing 24$ mm FeB 44K ad ancoraggio continuo cementati mediante iniezioni cementizie o resina epossidica;
- impermeabilizzazione tipo "0" costituita da tessuto non tessuto e manto in pvc;
- rivestimento definitivo in cls semplice dello spessore di 100 cm in arco rovescio e di 80 cm in calotta.

Campo di applicazione

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC
	Foglio 117 di 220

Per quanto concerne il campo di applicazione si veda la tabella riepilogativa riportata alla fine del paragrafo.

FASE 1: scavo

Esecuzione scavo di avanzamento con sfondi di lunghezza massima pari a 1.20 m compreso il disaggio, eseguendo lo scavo a piena sezione e sagomando il fronte a forma concava ad ogni sfondo parziale. Al termine dello sfondo e prima di porre in opera gli interventi di prima fase va eseguito un accurato disaggio di tutti i blocchi instabili.

FASE 2: posa in opera delle centine e dello spritz-beton

Al termine di ogni singolo sfondo verrà messo in opera il rivestimento di 1a fase costituito da centine metalliche 2IPN220 passo 1.20m e da uno strato di spritz-beton di circa 20 cm, armato con rete elettrosaldata (\varnothing 6 15x15) o fibrorinforzato. Le centine appena posate dovranno essere collegate alle altre attraverso le apposite catene.

FASE 3: perforazione e posa in opera dei bulloni

In corrispondenza dei calestrelli presenti tra i due profilati IPN220 verranno eseguite le perforazioni necessarie per la messa in opera dei bulloni radiali a cementazione continua. I bulloni saranno installati con passo trasversale pari a 2.00m e passo longitudinale pari ad 1.20m entro 1 diametro. L'iniezione dei bulloni dovrà avvenire entro 3 diametri dal fronte di scavo. Successivamente all'iniezione verrà eseguito lo strato di completamento di spritz-beton sino a raggiungere lo spessore previsto di 30 cm.

FASE 4: getto di murette e arco rovescio

Il getto delle murette dovrà essere effettuato entro una distanza di $9\varnothing$ dal fronte di scavo. Il getto dell'arco rovescio dovrà avvenire entro $12\varnothing$ dal fronte di scavo o entro $9\varnothing$ nel caso di getto contemporaneo alle murette; in particolari contesti geomeccanici tale distanza potrà essere portata a $15\varnothing$.

FASE 5: impermeabilizzazione

La posa in opera dell'impermeabilizzazione sarà eseguita prima del getto del rivestimento definitivo.

FASE 6: getto del rivestimento definitivo

Il getto del rivestimento definitivo sarà eseguito ad una distanza dal fronte che dipenderà dal comportamento deformativo del cavo, tale distanza sarà comunque inferiore ai $15\varnothing$.

Qualora le operazioni di scavo vengano interrotte per un tempo di circa 24 ore, è necessario porre in opera uno strato minimo di spritz-beton di 5 cm al fronte, opportunamente sagomato a forma concava. Se il fermo delle lavorazioni risulta superiore a 48 h (festività o altro) il ciclo delle lavorazioni dovrà necessariamente terminare con la posa delle centine e dello spritz-beton a ridosso del fronte stesso, la sagomatura a forma concava del fronte e la realizzazione di uno strato spritz-

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 118 di 220

beton armato sp. 10 cm. In relazione al comportamento deformativo del fronte e del cavo l'arco rovescio e le murette (eventualmente la calotta) potranno essere opportunamente avvicinate al fronte.

9.1.4 Sezioni tipo B2/1 e B2/2

La sezione tipo B2/1, in fase costruttiva è costituita da:

- preconsolidamento del fronte realizzato mediante la posa in opera di n° 60 tubi in VTR, $L \geq 24$ m, sovrapp. $\geq 6 - 12$ m;
- priverstimento composto da uno spessore di 30 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata o fibrorinforzato e centine HEB200 con passo $p = 1.00$ m;
- eventuale coronella di tubi metallici in acciaio ($\varnothing 88.9$ sp. 10mm, $L \geq 18.00$ m sovrapposizione $s \geq 3.0$ m) valvolati 1vlv/m, da definire in funzione del contesto geomeccanico rilevato;
- impermeabilizzazione tipo "0" costituita da tessuto non tessuto e manto in pvc;
- rivestimento definitivo in cls dello spessore di 100 cm in arco rovescio e di 80 cm in calotta. Il getto dell'arco rovescio, delle murette e del rivestimento definitivo di calotta sarà eseguito ad una distanza dal fronte che dipenderà dal comportamento deformativo del cavo.
- eventuali drenaggi in avanzamento, in caso di presenza d'acqua;

La sezione tipo B2/2, in fase costruttiva è costituita da:

- preconsolidamento del fronte realizzato mediante la posa in opera di n° 70 tubi in VTR, $L \geq 24$ m, sovrapp. $\geq 6 - 12$ m;
- priverstimento composto da uno spessore di 30 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata o fibrorinforzato e centine HEB240 con passo $p = 1.00$ m;
- eventuale coronella di tubi metallici in acciaio ($\varnothing 88.9$ sp. 10mm, $L \geq 18.00$ m sovrapposizione $s \geq 3.0$ m) valvolati 1vlv/m, da definire in funzione del contesto geomeccanico rilevato;
- impermeabilizzazione tipo "0" costituita da tessuto non tessuto e manto in pvc;
- rivestimento definitivo in cls dello spessore di 100 cm in arco rovescio e di 90 cm in calotta. Il getto dell'arco rovescio, delle murette e del rivestimento definitivo di calotta sarà eseguito ad una distanza dal fronte che dipenderà dal comportamento deformativo del cavo.
- eventuali drenaggi in avanzamento, in caso di presenza d'acqua.

Campo di applicazione

Per quanto concerne il campo di applicazione si veda la tabella riepilogativa riportata alla fine del paragrafo.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 119 di 220

Fasi esecutive

Si possono considerare le seguenti fasi costruttive:

FASE 1: esecuzione del preconsolidamento del fronte.

Dal fronte di scavo, sagomato a forma concava, si realizza il preconsolidamento del fronte mediante la posa di n° 60 (B2/1) – 70 (B2/2) tubi in VTR cementati, aventi lunghezza ≥ 24.00 m e sovrapposizione $\geq 6 - 12$ m. Le fasi costruttive sono le seguenti:

esecuzione sul fronte dello strato di spritz-beton fibrorinforzato o armato con rete elettrosaldata, avente spessore di 10 cm;

perforazione $\varnothing \geq 100$ mm (eseguita, ove necessario, a secco o con impiego di schiume);

posa dell'elemento strutturale in VTR, munito dell'opportuna attrezzatura per la cementazione ed esecuzione di cianfrinatura a boccaforo;

esecuzione della cementazione mediante malte a ritiro controllato ogni 9÷10 fori.

Le sequenze operative andranno adattate alle caratteristiche dell'ammasso ma dovranno comunque essere tali da consentire l'inghisaggio dell'elemento strutturale al terreno mediante il completo riempimento dell'intercapedine tra elemento e pareti del foro.

La fase di cementazione potrà avvenire di massima ogni 9-10 elementi già posati e comunque il prima possibile per evitare possibili franamenti del foro. Il riempimento del foro avverrà dal fondo verso il paramento del fronte.

FASE 2: esecuzione eventuali drenaggi in avanzamento

In caso di presenza d'acqua dovranno essere eseguiti drenaggi in avanzamento.

FASE 3: esecuzione scavo

Esecuzione scavo di avanzamento a piena sezione per campi pari a 18 - 12 m (preconsolidamento del nucleo $L \geq 24$ m sovrapposizione $s \geq 6 - 12$ m), per singoli sfondi di lunghezza pari a circa 1.00m, sagomando il fronte a forma concava ad ogni sfondo parziale ed eseguendo uno strato di spritz-beton armato di 5 cm su ognuno di tali fronti.

FASE 4: posa in opera del rivestimento di prima fase

Al termine di ogni singolo sfondo verrà messo in opera il rivestimento di 1a fase costituito da centine metalliche HEB200 (B2/1) - HEB240 (B2/2) passo 1.00m e da uno strato di spritz-beton di spessore 30 cm, armato con rete elettrosaldata ($\varnothing 6$ 15x15) o fibrorinforzato. Le centine appena posate dovranno essere collegate alle altre attraverso le apposite catene.

FASE 5: getto arco rovescio e murette

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 120 di 220

Il getto dell'arco rovescio e delle murette dovrà avvenire entro $3\emptyset$ dal fronte nel caso di un loro getto contemporaneo, o rispettivamente entro $3\emptyset$ e $5\emptyset$ nel caso di getto differito. Le misure di estrusione del fronte e di convergenza del cavo potranno indicare distanze diverse e, inoltre:

la necessità di effettuare tale getto entro distanze più restrittive (al limite realizzando il campo di avanzamento in due fasi distinte, alternandole al getto dell'arco rovescio);

la lunghezza dei campioni di arco rovescio da realizzare;

la necessità di realizzare il consolidamento del fronte del successivo campo di avanzamento prima del getto di arco rovescio e murette.

FASE 6: impermeabilizzazione

Posa in opera dell'impermeabilizzazione, eseguita prima del getto del rivestimento definitivo di calotta.

FASE 7: getto rivestimento definitivo

Il getto del rivestimento definitivo di calotta seguirà il fronte ad una distanza non superiore a $9\emptyset$. Anche in questo caso in funzione dell'andamento delle misure di convergenza si potranno stabilire distanze diverse, anche più restrittive entro cui eseguire il getto del rivestimento definitivo.

Qualora le operazioni di scavo vengano interrotte per un periodo prossimo alle 24 ore, è necessario porre in opera al fronte uno strato di spritz-beton armato di spessore pari a 10 cm; se il fermo delle lavorazioni risulta superiore a 48 h (festività o fermi di qualsiasi natura) il ciclo delle lavorazioni dovrà necessariamente terminare con il consolidamento del fronte appena eseguito, previa sagomatura a forma concava ed esecuzione dello strato di spritz-beton armato $sp=10$ cm, e con l'arco rovescio e le murette (eventualmente la calotta) in prossimità del fronte stesso.

9.1.5 Sezioni tipo B4/1 e B4/2

La sezione tipo B4/1 è costituita da:

- preconsolidamento del fronte realizzato mediante la posa in opera di n° 60 tubi in VTR, lunghezza ≥ 24 m, sovrapp. $\geq 6 - 12$ m, cementati;
- n° 10-11 bulloni radiali ad ancoraggio continuo $\emptyset 28$ mm FeB 44K, lunghezza 5.50 – 6.50 m, passo trasversale 2.00 m, passo longitudinale 1.00m, cementati mediante iniezioni cementizie o resina epossidica;
- priverestimento composto da uno strato di 30 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata o fibrorinforzato e centine 2IPN240 con passo $p = 1.00$;
- impermeabilizzazione tipo "0" costituita da tessuto non tessuto e un manto in pvc;
- rivestimento definitivo in cls dello spessore di 100 cm in arco rovescio e di 80 cm in calotta. Il getto dell'arco rovescio, delle murette e del rivestimento definitivo di calotta sarà eseguito ad una distanza dal fronte che dipenderà dal comportamento deformativo del cavo.

La sezione tipo B4/2 è costituita da:

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 121 di 220

- preconsolidamento del fronte realizzato mediante la posa in opera di n° 70 tubi in VTR, lunghezza ≥ 24 m, sovrapp. $\geq 6 - 12$ m, cementati;
- n° 10-11 bulloni radiali ad ancoraggio continuo $\varnothing 28$ mm FeB 44K, lunghezza 8 m, passo trasversale 2.00 m, passo longitudinale 1.00m, cementati mediante iniezioni cementizie o resina epossidica;
- priverstimento composto da uno strato di 30 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata o fibrorinforzato e centine centine 2IPN240 con passo $p = 1.00$;
- impermeabilizzazione tipo "0" costituita da tessuto non tessuto e un manto in pvc;
- rivestimento definitivo in cls dello spessore di 100 cm in arco rovescio e di 90 cm in calotta. Il getto dell'arco rovescio, delle murette e del rivestimento definitivo di calotta sar  eseguito ad una distanza dal fronte che dipender  dal comportamento deformativo del cavo.

Campo di applicazione

Per quanto concerne il campo di applicazione si veda la tabella riepilogativa riportata alla fine del paragrafo.

Interventi previsti

Si possono considerare le seguenti fasi costruttive:

FASE 1: esecuzione del preconsolidamento del fronte.

Dal fronte di scavo, sagomato a forma concava, si realizza il preconsolidamento del fronte mediante la posa di 60 (B4/1) – 70 (B4/2) tubi in VTR cementati, aventi sovrapposizione $\geq 6 - 12$ m. Le fasi costruttive sono le seguenti:

esecuzione sul fronte dello strato di spritz-beton fibrorinforzato o armato con rete elettrosaldata, avente spessore di 10 cm;

perforazione $\varnothing \geq 100$ mm (eseguita, ove necessario, a secco o con impiego di schiume);

posa del tubo in VTR ad aderenza migliorata, munito dell'opportuna attrezzatura per la cementazione ed esecuzione di cianfrinatura a boccaforo;

esecuzione della cementazione mediante miscele cementizie a ritiro controllato ogni 9-10 fori;

Le sequenze operative andranno adattate alle caratteristiche dell'ammasso ma dovranno comunque essere tali da consentire l'inghisaggio dell'elemento strutturale mediante il completo riempimento dell'intercapedine tra elemento e pareti del foro, nonch  delle parti costituenti l'elemento strutturale.

La fase di cementazione potr  avvenire di massima ogni 9-10 elementi gi  posati e comunque il prima possibile per evitare possibili franamenti del foro. Le caratteristiche della miscela da impiegare sono riportate nella tabella materiali riportate nel relativo elaborato grafico.

FASE 2: esecuzione di eventuali drenaggi

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 122 di 220

Esecuzione di eventuali drenaggi in avanzamento, in caso di presenza d'acqua, il cui numero, le posizioni e le relative inclinazioni saranno definite in dettaglio in corso d'opera in funzione della situazione effettivamente riscontrata. Nel caso debbano essere eseguiti, al termine degli interventi di preconsolidamento descritti nella fase 1, si prevede l'uso di drenaggi costituiti da n° max 4 tubi in PVC microfessurati per 20 m a partire da fondo foro e "ciechi" per 10 m verso bocca foro, del diametro $\varnothing \approx 60$ mm spessore 4 mm e protezione in geotessile, messi in opera all'interno di un foro con diametro $\varnothing \geq 100$ mm. Dopo la posa in opera del tubo in PVC, si dovranno adottare opportuni accorgimenti per isolare il tratto microfessurato da quello cieco (sacco otturatore, cementazione), ad evitare dannose percolazioni dell'acqua raccolta in avanzamento all'interno del nucleo consolidato.

FASE 3: esecuzione scavo

Esecuzione scavo di avanzamento a piena sezione per campi pari a 18 - 12 m (preconsolidamento del nucleo $L \geq 24$ m sovrapposizione $s \geq 6-12$ m), per singoli sfondi di lunghezza massima pari a 1.00m, sagomando il fronte a forma concava ad ogni sfondo parziale ed eseguendo uno strato di spritz-beton armato di 15cm su ognuno di tali fronti.

FASE 4: posa in opera del rivestimento di prima fase

Al termine di ogni singolo sfondo verrà messo in opera il rivestimento di 1a fase costituito da centine metalliche 2IPN240 passo 1.00 m e da uno strato di spritz-beton, armato con rete elettrosaldata ($\varnothing 6$ 15x15) o fibrorinforzato, di spessore 20 cm. Le centine appena posate dovranno essere collegate alle altre attraverso le apposite catene.

FASE 5: perforazione e posa in opera dei bulloni

In corrispondenza dei calestrelli presenti tra i due profilati IPN240 verranno eseguite le perforazioni necessarie per la messa in opera dei bulloni radiali a cementazione continua. I bulloni saranno installati con passo trasversale pari a 2.00m e passo longitudinale pari ad 1.00m entro 1 diametro. L'iniezione dei bulloni dovrà avvenire entro 3 diametri dal fronte di scavo. Successivamente all'iniezione verrà eseguito lo strato di completamento di spritz-beton sino a raggiungere lo spessore di 30 cm.

FASE 6: getto arco rovescio e murette

Il getto dell'arco rovescio e delle murette dovrà avvenire entro $3\varnothing$ dal fronte nel caso di un loro getto contemporaneo, o rispettivamente entro $5\varnothing$ e $3\varnothing$ nel caso di getto differito. Le misure di estrusione del fronte e di convergenza del cavo potranno indicare distanze diverse e, inoltre:

la necessità di effettuare tale getto entro distanze più restrittive (al limite realizzando il campo di avanzamento in due fasi distinte, alternandole al getto dell'arco rovescio);

la lunghezza dei campioni di arco rovescio da realizzare;

la necessità di realizzare il consolidamento del fronte del successivo campo di avanzamento prima del getto di arco rovescio e murette.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 123 di 220

FASE 7: impermeabilizzazione

Posa in opera dell'impermeabilizzazione, eseguita prima del getto del rivestimento definitivo.

FASE 8: getto rivestimento definitivo

Tale operazione seguirà il fronte ad una distanza non superiore a 9 Ø. Anche in questo caso in funzione dell'andamento delle misure di convergenza si potranno eventualmente stabilire distanze diverse, anche più restrittive entro cui eseguire il getto del rivestimento definitivo.

Qualora le operazioni di scavo vengano interrotte per un periodo prossimo alle 24 ore, è necessario porre in opera al fronte, sagomato a forma concava, uno strato di spritz-beton di spessore minimo pari a 5 cm: Se il fermo delle lavorazioni risulta superiore a 48 h (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 a ridosso del fronte stesso. In relazione al comportamento deformativo del fronte e del cavo, arco rovescio e murette dovranno essere opportunamente avvicinate al fronte.

9.1.6 Sezione tipo C2

La sezione tipo C2 è costituita da:

- un preconsolidamento del fronte realizzato mediante la posa in opera di n° 55 tubi in VTR, L ≥ 24.00 m sovrapp. ≥ 6 - 12 m, cementati.
- un preconsolidamento al contorno della futura sezione di scavo mediante iniezioni cementizie in pressione, realizzate mediante 55 tubi in VTR L ≥ 24.00 m, sovrapp. ≥ 6 - 12 m, valvolati con 1 vlv/m;
- eventuali drenaggi in avanzamento, in caso di presenza d'acqua;
- eventuale preconsolidamento al piede delle centine mediante 6+6 tubi in VTR, L ≥ 24.00 m, sovrapp. ≥ 6 - 12 m;
- un priverestimento composto da centine HEB240 con passo p = 1.00m e da uno strato di 30 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata o fibrorinforzato;
- impermeabilizzazione tipo "0" costituita da tessuto non tessuto e un manto in pvc;
- rivestimento definitivo in cls armato dello spessore di 100 cm in arco rovescio e dello spessore di 90 cm in calotta.

Campo d'applicazione

Per quanto concerne il campo di applicazione si veda la tabella riepilogativa riportata alla fine del paragrafo.

FASE 1: esecuzione del preconsolidamento del fronte.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 124 di 220

Dal fronte di scavo, sagomato a forma concava con freccia di circa 1.5 m, si realizza il preconsolidamento del fronte mediante la posa di 55 tubi in VTR cementati, aventi sovrapposizione $s \geq 6 - 12$ m. Le fasi costruttive sono le seguenti:

esecuzione sul fronte dello strato di spritz-beton fibrorinforzato o armato con rete elettrosaldata, avente spessore di 10 cm;

perforazione $\varnothing \geq 100$ mm (eseguita, ove necessario, a secco o con impiego di schiume);

posa dell'elemento strutturale in VTR ad aderenza migliorata, munito dell'opportuna attrezzatura per la cementazione ed esecuzione di cianfrinatura a boccaforo;

esecuzione della cementazione mediante miscele cementizie a ritiro controllato ogni 9-10 fori;

Le sequenze operative andranno adattate alle caratteristiche dell'ammasso ma dovranno comunque essere tali da consentire l'inghisaggio dell'elemento strutturale al terreno mediante il completo riempimento dell'intercapedine tra elemento e pareti del foro. La fase di cementazione potrà avvenire di massima ogni 9-10 elementi già posati e comunque il prima possibile per evitare possibili franamenti del foro.

FASE 2: consolidamento al contorno ed al piede della centina

Dal fronte di scavo, si realizza un arco di terreno consolidato mediante iniezioni cementizie al contorno della futura sezione di scavo ed eventualmente in prossimità del piede della centina, attraverso perforazioni inclinate rispetto all'orizzontale secondo quanto indicato negli elaborati di progetto.

Le modalità esecutive risultano:

perforazione $\varnothing \geq 100$ mm (eseguita per quanto possibile a secco o con impiego di schiume);

inserimento del tubo in VTR ad elevata resistenza allo scoppio ($p > 8$ MPa), valvolato con 1 valv./m per iniezioni in pressione; tali tubi potranno essere anche in resina poliestere rinforzata con fibre di vetro;

formazione della "guaina" al contorno del tubo ogni 4÷5 fori mediante cementazione con miscela ricca in bentonite le cui caratteristiche di massima sono riportate nel relativo elaborato grafico;

iniezione in pressione, valvola per valvola, di una miscela cementizia le cui caratteristiche di massima, da definire compiutamente in corso d'opera, sono riportate nel relativo elaborato grafico.

Le sequenze operative andranno adattate alle caratteristiche dell'ammasso ma dovranno comunque essere tali da consentire l'inghisaggio dell'elemento strutturale al terreno mediante il riempimento dell'intercapedine tra elemento e pareti del foro.

La fase di cementazione o formazione della guaina potrà avvenire di massima ogni 9-10 elementi già posati e comunque il prima possibile per evitare possibili franamenti del foro.

L'iniezione della guaina avverrà dal fondo verso il paramento del fronte: analogamente avverrà per l'iniezione in pressione dalle singole valvole.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC
	Foglio 125 di 220

Il numero delle valvole a metro lineare utilizzate per la realizzazione delle iniezioni in pressione al contorno della sezione di scavo potrà variare in funzione delle caratteristiche dell'ammasso e dei risultati dei consolidamenti precedenti riscontrati in corso d'opera.

In corso d'opera si potrà valutare la possibilità di variare la metodologia di perforazione indicata nelle fasi 1 e 2 utilizzando un opportuno fluido di perforazione (miscela cementizia, acqua additivata con agente schiumogeno, ...), o a secco, in funzione delle caratteristiche dell'ammasso e previa esecuzione di adeguate prove in sito, delle caratteristiche di resistenza del consolidamento dell'assenza di problemi connessi alla "sensibilità" dei terreni interessati dalle perforazioni (minerali rigonfianti, frazioni argillose attive);

FASE 3: esecuzione di eventuali drenaggi (eventuali)

Esecuzione di eventuali drenaggi in avanzamento, in caso di presenza d'acqua, il cui numero, le posizioni e le relative inclinazioni saranno definite in corso d'opera in funzione della situazione effettivamente riscontrata. Nel caso debbano essere eseguiti, al termine degli interventi di preconsolidamento descritti nella fase 2, si prevede l'uso di drenaggi costituiti da n° max 6 tubi in PVC microfessurati per 20 m a partire da fondo foro e "ciechi" per 10 m verso bocca foro, del diametro $\varnothing \approx 60$ mm spessore 4 mm e protezione in geotessile, messi in opera all'interno di un foro con diametro $\varnothing \geq 100$ mm. Dopo la posa in opera del tubo in PVC, si dovranno adottare opportuni accorgimenti per isolare il tratto microfessurato da quello cieco (sacco otturatore, cementazione), ad evitare dannose percolazioni dell'acqua raccolta in avanzamento all'interno del nucleo consolidato.

Il numero, le posizioni e le relative inclinazioni saranno definite in dettaglio in corso d'opera in funzione della situazione effettivamente riscontrata.

FASE 4: esecuzione scavo

Esecuzione scavo di avanzamento a piena sezione per campi di lunghezza massima di 18 - 12 m (lunghezza consolidamenti contorno ≥ 24.00 m, sovrapposizione $\geq 6 - 12$ m; lunghezza consolidamenti fronte ≥ 24.00 m, sovrapposizione $\geq 6 - 12$ m), per singoli sfondi di lunghezza pari a circa 1.00m, sagomando il fronte a forma concava ad ogni sfondo parziale ed eseguendo uno strato di spritz-beton armato di 5 cm su ognuno di tali fronti.

FASE 5: posa in opera del rivestimento di prima fase

Al termine di ogni singolo sfondo verrà messo in opera il rivestimento di 1a fase costituito da centine metalliche HEB240 passo 1.00 m e da uno strato di spritz-beton, di spessore pari a 30 cm, armato con rete elettrosaldada ($\varnothing 6$ 15x15) o fibrinforzato. Le centine appena posate dovranno essere collegate alle altre attraverso le apposite catene.

FASE 6: getto arco rovescio e murette

Il getto dell'arco rovescio e delle murette dovrà avvenire entro $3\varnothing$ dal fronte. Le misure di estrusione del fronte e di convergenza del cavo potranno indicare distanze diverse e, inoltre:

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 126 di 220

la necessità di effettuare tale getto entro distanze più restrittive (al limite realizzando il campo di avanzamento in due fasi distinte, alternandole al getto dell'arco rovescio);

la lunghezza dei campioni di arco rovescio da realizzare;

la possibilità di realizzare il consolidamento del fronte del successivo campo di avanzamento prima del getto di arco rovescio e murette.

FASE 7: impermeabilizzazione

La posa in opera dell'impermeabilizzazione sarà eseguita prima del getto del rivestimento definitivo.

FASE 8: getto rivestimento definitivo

Tale operazione seguirà il fronte ad una distanza non superiore a $9 \varnothing$. Anche in questo caso in funzione dell'andamento delle misure di convergenza si potranno eventualmente stabilire distanze diverse, anche più restrittive entro cui eseguire il getto del rivestimento definitivo.

Qualora le operazioni di scavo vengano interrotte per un periodo prossimo alle 24 ore, è necessario porre in opera al fronte uno strato di spritz-beton di spessore pari a 5 cm, con lo scopo di evitare che il materiale al contatto con l'atmosfera subisca deterioramenti; se il fermo delle lavorazioni risulta superiore a 48 h (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 portati a ridosso del fronte stesso.

9.1.7 Sezione tipo C4

La sezione tipo C4, in fase costruttiva è costituita da:

- preconsolidamento del fronte realizzato mediante la posa in opera di n° 70 tubi in VTR $L \geq 24.00$ m, sovrapp. $\geq 6 - 12$ m, cementati con miscele cementizie a ritiro controllato;
- preconsolidamento al contorno della futura sezione di scavo mediante n° 70 tubi in VTR, $L \geq 24.00$ m, sovrapp. $\geq 6 - 12$ m cementati con miscele cementizie a ritiro controllato;
- eventuale preconsolidamento al piede delle centine mediante 6+6 tubi in VTR, $L \geq 24.00$ m, sovrapp. $\geq 6 - 12$ m, da eseguirsi qualora non venga utilizzato il puntone in arco rovescio;
- eventuali drenaggi in avanzamento, in caso di presenza d'acqua;
- priverestimento composto da centine HEB240 passo $p = 1.00$ m con eventuale puntone (da definire in funzione del contesto geomeccanico), e da uno strato di 30 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldato o fibrorinforzato;
- impermeabilizzazione tipo "0" costituita da tessuto non tessuto e manto in pvc;
- arco rovescio in cls semplice dello spessore di 100 cm, rivestimento definitivo dello spessore di 90 cm in calotta.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 127 di 220

Campo di applicazione

Per quanto concerne il campo di applicazione si veda la tabella riepilogativa riportata alla fine del paragrafo.

Interventi previsti

Si possono considerare le seguenti fasi costruttive:

FASE 1: esecuzione del preconsolidamento del fronte

Dal fronte di scavo, sagomato a forma concava con freccia di circa 1.5 m, si realizza il preconsolidamento del fronte mediante la posa di n° 70 tubi in VTR cementati con miscela a ritiro controllato, aventi lunghezza ≥ 24.00 m e sovrapposizione $\geq 6 - 12$ m. Le fasi costruttive sono le seguenti:

esecuzione sul fronte dello strato di spritz-beton fibrorinforzato o armato con rete elettrosaldata, avente spessore di 10 cm;

perforazione $\varnothing \geq 100$ mm (eseguita per quanto possibile a secco o con impiego di schiume);

posa dell'elemento strutturale in VTR, munito dell'opportuna attrezzatura per la cementazione ed esecuzione di cianfrinatura a boccaforo;

esecuzione della cementazione mediante miscela cementizie a ritiro controllato ogni 9-10 fori;

Le sequenze operative andranno adattate alle caratteristiche dell'ammasso ma dovranno comunque essere tali da consentire l'inghisaggio dell'elemento strutturale al terreno mediante il riempimento dell'intercapedine tra elemento e pareti del foro.

La fase di cementazione potrà avvenire di massima ogni 9-10 elementi già posati e comunque il prima possibile per evitare possibili franamenti del foro. Il riempimento del foro avverrà dal fondo verso il paramento del fronte.

Le caratteristiche della miscela da impiegare sono riportate nella tabella materiali del relativo elaborato grafico.

FASE 2: consolidamento al contorno della sezione

Dal fronte di scavo, si realizza un arco di terreno consolidato mediante la posa in opera di n° 70 tubi in VTR cementati, aventi lunghezza ≥ 24.00 m e sovrapposizione $\geq 6 - 12$ m. al contorno della futura sezione di scavo ed eventualmente in prossimità del piede della centina (il consolidamento al piede non verrà eseguito in presenza di sezione con puntone), attraverso perforazioni inclinate rispetto all'orizzontale secondo quanto indicato negli elaborati di progetto.

FASE 3: esecuzione drenaggi in avanzamento (eventuali)

L'esecuzione di drenaggi al contorno della sezione, secondo il numero e le geometrie indicate in progetto, avverrà al termine degli interventi di preconsolidamento descritti nella fase 2.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC
	Foglio 128 di 220

FASE 4: esecuzione scavo

Esecuzione scavo di avanzamento a piena sezione per una lunghezza massima di 18 - 12 m (consolidamenti L = 24.00m, sovrapposizione \geq 6 - 12 m), per singoli sfondi di circa 1.00 m, sagomando il fronte a forma concava anche ad ogni sfondo parziale ed eseguendo uno strato di spritz-beton armato, sp.5 cm, su ognuno di tali fronti.

FASE 5: posa in opera del rivestimento di prima fase

Al termine di ogni singolo sfondo verrà messo in opera il rivestimento di 1a fase costituito da centine metalliche HEB240 passo 1.00 m (più puntone per la sezione tipo C4 con puntone) e da uno strato di spritz-beton, di spessore pari a 30 cm, armato o fibrorinforzato. Le centine appena posate dovranno essere collegate alle altre attraverso le apposite catene.

FASE 6: getto arco rovescio e murette

Il getto dell'arco rovescio e delle murette dovrà avvenire entro 3Ø dal fronte. Le misure di estrusione del fronte e di convergenza del cavo potranno indicare distanze diverse e, inoltre:

la necessità di effettuare tale getto entro distanze più restrittive (al limite realizzando il campo di avanzamento in due fasi distinte, alternandole al getto dell'arco rovescio);

la lunghezza dei campioni di arco rovescio da realizzare;

la possibilità di realizzare il consolidamento del fronte del successivo campo di avanzamento prima del getto di arco rovescio e murette.

FASE 7: impermeabilizzazione

Posa in opera dell'impermeabilizzazione, eseguita prima del getto del rivestimento definitivo.

FASE 8: getto rivestimento definitivo

Tale operazione seguirà il fronte ad una distanza non superiore a 9 Ø. Anche in questo caso in funzione dell'andamento delle misure di convergenza si potranno eventualmente stabilire distanze diverse, anche più restrittive entro cui eseguire il getto del rivestimento definitivo.

Qualora le operazioni di scavo vengano interrotte per un periodo prossimo alle 24 ore, è necessario porre in opera al fronte, sagomato a forma concava, uno strato di spritz-beton armato di spessore pari a 5 cm, i. Se il fermo delle lavorazioni risulta superiore a 48 h (festività o fermi di qualsiasi natura) il ciclo delle lavorazioni dovrà necessariamente terminare con il consolidamento del fronte appena eseguito (eventualmente incrementato), 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 in prossimità del fronte stesso. La sequenza operativa di perforazione, inserimento del tubo o dell'elemento strutturale in VTR e cementazione indicata precedentemente, andrà adattata alle caratteristiche dell'ammasso, prevedendo comunque l'inserimento del tubo o dell'elemento strutturale in VTR e la successiva cementazione ogni 9-10 perforazioni realizzate, al fine di consentire il riempimento del foro e l'inghisaggio del tubo o dell'elemento strutturale. In corso d'opera si potrà comunque valutare la possibilità di variare la metodologia di perforazione

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC	Foglio 129 di 220

utilizzando un opportuno fluido di perforazione (miscele cementizie, acqua additivata con agenti schiumogeni, etc) o a secco, in funzione delle caratteristiche dell'ammasso delle caratteristiche di resistenza del consolidamento , dell'assenza di problemi connessi alla "sensibilità" dei terreni interessati dalle perforazioni (minerali rigonfianti, frazioni argillose attive, etc).

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 130 di 220

9.2 CAMPI D'APPLICAZIONE E VARIABILITÀ DELLE SEZIONI TIPO

Si riportano nel seguito delle tabelle contenenti i campi di applicazione, gli spostamenti attesi e la variabilità prevista per ogni sezione tipo.

I valori attesi delle convergenze medie e degli spostamenti massimi delle mire si discostano dai risultati emersi in sede di calcolo in quanto nella pratica è necessario tenere conto dell'importanza di fattori difficilmente schematizzabili e modellabili numericamente, quali anisotropie nel comportamento deformativo del cavo, condizioni geomeccaniche particolari e localizzate, fasi esecutive e cadenze d'avanzamento. Per questi motivi il range delle convergenze e degli spostamenti delle mire attesi può essere più elevato di quelli calcolati numericamente, come indicato in tabella.

In funzione delle caratteristiche d'ammasso e degli spostamenti registrati in corso d'opera sarà compito del progettista operare sulla variabilità di ciascuna sezione tipo di modo da garantire la sicurezza dell'opera nel breve e nel lungo termine.

Per maggiori dettagli sul campo d'applicazione di ciascuna sezione tipo si rimanda alla fase successiva di progettazione esecutiva.

9.3 **FINESTRE POLCEVERA – CASTAGNOLA**

		GRUPPI GEOMECCANICI			
		1	2	3	4
		0%	30%	80%	100%
SEZIONI TIPO	H < 500 m	B0/1	B1/1	B4/1	C1
	H > 500 m	B0/2	B1/2	B4/2	C2
PARAMETRI CARATTERISTICI	c [Mpa]	1.6 - 1.3	1.2 - 1.1	1.0 - 0.9	0.7-0.65
	f _{td} [Mpa]	35 - 34	35 - 33	32 - 30	29-28
	E [GPa]	2.4	2.1	1.7	1.2
	σ ₁ [Mpa]	1.3	0.3	0.2	0.1
	σ ₂ [Mpa]	44%	39.0%	34.0	28.0
	RQD	> 90%	35-50%	25-30%	< 20%
	Folliazione	Regolarmente spaziale	Fittamente spaziale	Fittamente spaziale	Intensa
	Struttura	Piegata fino alla mesoscala	Piegata fino alla microscalet	Piegata fino alla microscalet	Non riconoscibile (ammasso destrutturato)
	Giunti	Privi di alterazione	Da poco alterati ad alterati	Alterati	Molto alterati
	% Palombini	> 50%	< 50%	< 20%	< 10%
Stato Palombini	Poco fratturati e poco alterati	Da fratturati a molto fratturati ed localmente alterati	Molto fratturati e alterati	Intensamente fratturati ed alterati	
Comportamento fronte	B	B	B	C	
INFORMAZIONI	Spostamento singola mira o convergenza diametrale Soglia attenzione [cm]	< 4	< 5	< 8	< 10
	Spostamento singola mira o convergenza diametrale Soglia allarme [cm]	< 6	< 7	< 9	< 11
	Estrusioni cumulative Soglia attenzione [cm]	-	< 5	< 7	< 10
	Estrusioni cumulative Soglia allarme [cm]	-	< 8	< 10	< 15
	Passo centine [m]	1.5 ----- 1.4 ----- 1.2			
	Puntone				
	Spessore Sb [cm]	15 ----- 20 ----- 25			
	Distanza max getto murette	120 ----- 90 ----- 60			
	Distanza max getto a.r.	150 ----- 120 ----- 90			
	Distanza max getto calotta	180 ----- 150 ----- 120			
B0/1 - B0/2	Passo centine [m]	1.0 ----- 1.2 ----- 1.4			
	Puntone				
	Spessore Sb [cm]	20 ----- 25 ----- 30			
	Distanza max getto murette	60 ----- 90 ----- 120			
	Distanza max getto a.r.	90 ----- 120 ----- 150			
	Distanza max getto calotta	120 ----- 150 ----- 180			
	Passo centine [m]	1.0 ----- 1.2 ----- 1.4			
	Puntone				
	Spessore Sb [cm]	25 ----- 30 ----- 35			
	Distanza max getto murette	60 ----- 90 ----- 120			
B1	Passo centine [m]	1.0 ----- 1.2 ----- 1.4			
	Puntone				
	Spessore Sb [cm]	25 ----- 30 ----- 35			
	Distanza max getto murette	60 ----- 90 ----- 120			
	Distanza max getto a.r.	90 ----- 120 ----- 150			
	Distanza max getto calotta	120 ----- 150 ----- 180			
	Passo centine [m]	1.0 ----- 1.2 ----- 1.4			
	Puntone				
	Spessore Sb [cm]	25 ----- 30 ----- 35			
	Distanza max getto murette	60 ----- 90 ----- 120			
B1/1	Passo centine [m]	0.8 ----- 1.0 ----- 1.2			
	Puntone				
	Spessore Sb [cm]	25 ----- 30 ----- 35			
	Consolidamento VTR fronte	40 ----- 60 ----- 80			
	Lunghezza sovr. VTR [m]	6 ----- 9 ----- 12			
	Distanza max getto murette	30 ----- 40 ----- 50			
	Distanza max getto a.r.	30 ----- 50 ----- 60			
	Distanza max getto calotta	70 ----- 90 ----- 110			
	Lunghezza bulloni acciaio [m]	1.5 ----- 2 ----- 2.5			
	Passo trasversale [m]	1.5 ----- 2 ----- 2.5			
B1/2	Passo centine [m]	0.8 ----- 1.0 ----- 1.2			
	Puntone				
	Spessore Sb [cm]	25 ----- 30 ----- 35			
	Consolidamento VTR fronte	40 ----- 60 ----- 80			
	Lunghezza sovr. VTR [m]	6 ----- 9 ----- 12			
	Distanza max getto murette	30 ----- 40 ----- 50			
	Distanza max getto a.r.	30 ----- 50 ----- 60			
	Distanza max getto calotta	70 ----- 90 ----- 110			
	Lunghezza bulloni acciaio [m]	1.5 ----- 2 ----- 2.5			
	Passo trasversale [m]	1.5 ----- 2 ----- 2.5			
B2/1	Passo centine [m]	0.8 ----- 1.0 ----- 1.2			
	Puntone				
	Spessore Sb [cm]	25 ----- 30 ----- 35			
	Consolidamento VTR fronte	40 ----- 60 ----- 80			
	Lunghezza sovr. VTR [m]	6 ----- 9 ----- 12			
	Distanza max getto murette	30 ----- 40 ----- 50			
	Distanza max getto a.r.	30 ----- 50 ----- 60			
	Distanza max getto calotta	70 ----- 90 ----- 110			
	Lunghezza bulloni acciaio [m]	1.5 ----- 2 ----- 2.5			
	Passo trasversale [m]	1.5 ----- 2 ----- 2.5			
B2/2	Passo centine [m]	0.8 ----- 1.0 ----- 1.2			
	Puntone				
	Spessore Sb [cm]	25 ----- 30 ----- 35			
	Consolidamento VTR fronte	40 ----- 60 ----- 80			
	Lunghezza sovr. VTR [m]	6 ----- 9 ----- 12			
	Distanza max getto murette	30 ----- 40 ----- 50			
	Distanza max getto a.r.	30 ----- 50 ----- 60			
	Distanza max getto calotta	70 ----- 90 ----- 110			
	Lunghezza bulloni acciaio [m]	1.5 ----- 2 ----- 2.5			
	Passo trasversale [m]	1.5 ----- 2 ----- 2.5			
C1	Passo centine [m]	0.8 ----- 1.0 ----- 1.2			
	Puntone				
	Spessore Sb [cm]	25 ----- 30 ----- 35			
	Consolidamento VTR fronte	40 ----- 60 ----- 80			
	Lunghezza sovr. VTR [m]	6 ----- 9 ----- 12			
	Distanza max getto murette	30 ----- 40 ----- 50			
	Distanza max getto a.r.	30 ----- 50 ----- 60			
	Distanza max getto calotta	70 ----- 90 ----- 110			
	Lunghezza bulloni acciaio [m]	1.5 ----- 2 ----- 2.5			
	Passo trasversale [m]	1.5 ----- 2 ----- 2.5			
C2	Passo centine [m]	0.8 ----- 1.0 ----- 1.2			
	Puntone				
	Spessore Sb [cm]	25 ----- 30 ----- 35			
	Consolidamento VTR fronte	40 ----- 60 ----- 80			
	Lunghezza sovr. VTR [m]	6 ----- 9 ----- 12			
	Distanza max getto murette	30 ----- 40 ----- 50			
	Distanza max getto a.r.	30 ----- 50 ----- 60			
	Distanza max getto calotta	70 ----- 90 ----- 110			
	Lunghezza bulloni acciaio [m]	1.5 ----- 2 ----- 2.5			
	Passo trasversale [m]	1.5 ----- 2 ----- 2.5			

* i parametri geomeccanici sono stati ricavati tramite correlazioni empiriche (Hoek & Brown) e sono stati tarati in funzione delle coperture presenti (dai 500 ai 600 m)
 ** Per distanza massima si intende la distanza limite, misurata a partire dal fronte di scavo, entro cui eseguire i getti di investimento definitivo
 *** Qualora si rivelassero imprevisti geologici (K0>1, fenomeni di sporcenza, etc.) è previsto l'impiego di sezioni dotate di sovrapposizioni e armature
 **** Su tutte le sezioni tipo i drenaggi in avanzamento sono da ritenersi eventuali

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 132 di 220

9.3.1 Finestra Cravasco – Sezioni tipo Calcari e Dolomie

9.3.2 Sezione tipo B0r

La sezione tipo B0r, in fase costruttiva è costituita da:

- Prerivestimento composto da uno spessore di 20 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata o fibrorinforzato e centine costituite da due profilati IPN160 passo $p = 1.2$ m, controventate tra loro.
- impermeabilizzazione tipo;
- rivestimento definitivo in cls semplice dello spessore di 200 cm in arco rovescio e di 70 cm in calotta.

Campo di applicazione

Per quanto concerne il campo di applicazione si veda la tabella riepilogativa riportata alla fine del paragrafo.

Fasi esecutive

Si possono considerare le seguenti fasi costruttive:

FASE 1: scavo

Esecuzione scavo di avanzamento con sfondi di lunghezza massima pari a 3.60 m compreso il disaggio, eseguendo lo scavo a piena sezione e sagomando il fronte a forma concava. Al termine dello sfondo e prima di porre in opera gli interventi di prima fase va eseguito un accurato disaggio di tutti i blocchi instabili.

FASE 2: posa in opera delle centine e dello spritz-beton

Al termine di ogni singolo sfondo verrà messo in opera il rivestimento di 1a fase costituito da 2 centine metalliche IPN160 - passo 1.20m e da uno strato di spritz-beton di spessore 20 cm, armato con rete elettrosaldata ($\varnothing 6$ 15x15) o fibrorinforzato.

Le centine appena posate dovranno essere collegate alle altre attraverso le apposite catene.

FASE 3: getto di murette e arco rovescio

Il getto delle murette dovrà essere effettuato entro una distanza di $9\varnothing$ dal fronte di scavo. Il getto dell'arco rovescio dovrà avvenire entro $12\varnothing$ dal fronte di scavo o entro $9\varnothing$ nel caso di getto contemporaneo alle murette; in particolari contesti geomeccanici tale distanza potrà essere portata a $15\varnothing$.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 133 di 220

FASE 4: impermeabilizzazione

La posa in opera dell'impermeabilizzazione sarà eseguita prima del getto del rivestimento definitivo.

FASE 5: getto del rivestimento definitivo

Il getto del rivestimento definitivo sarà eseguito ad una distanza dal fronte che dipenderà dal comportamento deformativo del cavo; tale distanza non dovrà essere superiore ai $15\varnothing$.

Qualora le operazioni di scavo vengano interrotte per un tempo di circa 24 ore, è necessario porre in opera uno strato di spritz-beton di 10 cm al fronte. Se il fermo delle lavorazioni risultasse superiore a 48 h (festività o altro) il ciclo delle lavorazioni dovrà necessariamente terminare con la sagomatura del fronte a forma concava e la posa in opera delle centine e dello spritz-beton a ridosso del fronte stesso.

9.3.3 Sezione tipo B0Vr

La sezione tipo B0Vr, in fase costruttiva è costituita da:

- Una coronella di n°27 tubi in acciaio
- Prerivestimento composto da uno spessore di 20 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata o fibrorinforzato e centine costituite da profilati 2IPN160 passo $p = 1.2$ m, controventate tra loro;
- impermeabilizzazione tipo;
- rivestimento definitivo in cls semplice dello spessore di 200 cm in arco rovescio e variabile fra i 50 e i 120cm in calotta.

Campo di applicazione

Per quanto concerne il campo di applicazione si veda la tabella riepilogativa riportata alla fine del paragrafo.

Fasi esecutive

Si possono considerare le seguenti fasi costruttive:

FASE 1: posa in opera e cementazione dei tubi metallici al contorno

Perforazione e posa in opera di n° 27 tubi $\varnothing 88.9$ dello spessore di 10 mm $L \geq 15.00$ m, secondo le geometrie di progetto; la sovrapposizione tra una serie di tubi e la successiva sarà pari a 3.00 m.

Le fasi costruttive sono le seguenti

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 134 di 220

- perforazione eseguita a secco $\phi \geq 130$ mm,
- inserimento del tubo in acciaio,
- cementazione al contorno dell'elemento valvolato

FASE 2: scavo

Esecuzione dello scavo di avanzamento a piena sezione per una lunghezza massima pari a 12 m (tubi in coronella $L \geq 15.00$ m sovrapposizione $s \geq 3$ m) con singoli sfondi di lunghezza massima di 2.40m, avendo cura di sagomare il fronte a forma concava; al termine dello sfondo e prima di porre in opera gli interventi di prima fase va eseguito un accurato disaggio di tutti i blocchi instabili.

FASE 3: posa in opera delle centine e dello spritz-beton

Al termine di ogni singolo sfondo verrà messo in opera il rivestimento di 1a fase costituito da centine metalliche 2IPN160 - passo 1.20m e da uno strato di spritz-beton di spessore 20 cm, armato con rete elettrosaldata ($\phi 6$ 15x15) o fibrorinforzato.

Le centine appena posate dovranno essere collegate alle altre attraverso le apposite catene.

FASE 4: getto di murette e arco rovescio

Il getto delle murette dovrà essere effettuato entro una distanza di 9ϕ dal fronte di scavo. Il getto dell'arco rovescio dovrà avvenire entro 12ϕ dal fronte di scavo o entro 9ϕ nel caso di getto contemporaneo alle murette; in particolari contesti geomeccanici tale distanza potrà essere portata a 15ϕ .

FASE 5: impermeabilizzazione

La posa in opera dell'impermeabilizzazione sarà eseguita prima del getto del rivestimento definitivo.

FASE 6: getto del rivestimento definitivo

Il getto del rivestimento definitivo sarà eseguito ad una distanza dal fronte che dipenderà dal comportamento deformativo del cavo; tale distanza non dovrà essere superiore ai 15ϕ .

Qualora le operazioni di scavo vengano interrotte per un tempo di circa 24 ore, è necessario porre in opera uno strato di spritz-beton di 10 cm al fronte. Se il fermo delle lavorazioni risultasse superiore a 48 h (festività o altro) il ciclo delle lavorazioni dovrà necessariamente terminare con la sagomatura del fronte a forma concava e la posa in opera delle centine e dello spritz-beton a ridosso del fronte stesso.

9.3.4 Sezione tipo B2r

La sezione tipo B2r, in fase costruttiva è costituita da:

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 135 di 220

- preconsolidamento del fronte realizzato mediante la posa in opera di n° 60 elementi strutturali (o tubi) in VTR, L ≥ 24 m, sovrapp. ≥ 6 - 12 m;
- priverestimento composto da uno spessore di 25 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata o fibrorinforzato e 2 centine IPN180 con passo p = 1.00 m.
- eventuali drenaggi in avanzamento, in caso di presenza d'acqua.
- impermeabilizzazione tipo;
- rivestimento definitivo in cls dello spessore di 200 cm in arco rovescio e di 80 cm in calotta.

Campo di applicazione

Per quanto concerne il campo di applicazione si veda la tabella riepilogativa riportata alla fine del paragrafo.

Fasi esecutive

Si possono considerare le seguenti fasi costruttive:

FASE 1: esecuzione del preconsolidamento del fronte.

Dal fronte di scavo, sagomato a forma concava con freccia di circa 1.5 m, si realizza il preconsolidamento del fronte mediante la posa di n° 60 elementi strutturali o tubi in VTR cementati, aventi lunghezza minima di 24.00 m e sovrapposizione ≥ 6 -12 m. Le fasi costruttive sono le seguenti:

- esecuzione sul fronte dello strato di spritz-beton fibrorinforzato o armato con rete elettrosaldata, avente spessore di 10 cm;
- perforazione eseguita a secco $\varnothing \geq 100$ mm;
- posa dell'elemento strutturale in VTR, munito dell'opportuna attrezzatura per la cementazione ed esecuzione di cianfrinatura a boccaforo;
- esecuzione della cementazione mediante malte a ritiro controllato ogni 4÷5 fori.

Le sequenze operative andranno adattate alle caratteristiche dell'ammasso ma dovranno comunque essere tali da garantire l'inghisaggio dell'elemento strutturale al terreno mediante il completo riempimento dell'intercapedine tra elemento e pareti del foro.

La fase di cementazione potrà avvenire di massima ogni 9-10 elementi già posati e comunque il prima possibile per evitare possibili franamenti del foro con conseguente perdita di efficacia dell'intervento. Il riempimento del foro avverrà dal fondo verso il paramento del fronte.

FASE 2: esecuzione eventuali drenaggi in avanzamento

In caso di presenza d'acqua dovranno essere eseguiti drenaggi in avanzamento.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 136 di 220

FASE 3: esecuzione scavo

Esecuzione scavo di avanzamento a piena sezione per campi pari a 18 - 12 m (preconsolidamento del nucleo $L \geq 24\text{m}$ sovrapposizione $s \geq 6 - 12\text{m}$), per singoli sfondi di lunghezza massima pari a 1.00m, sagomando il fronte a forma concava ad ogni sfondo parziale ed eseguendo uno strato di spritz-beton armato di 5cm su ognuno di tali fronti.

FASE 4: posa in opera del rivestimento di prima fase

Al termine di ogni singolo sfondo verrà messo in opera il rivestimento di 1a fase costituito da 2 centine metalliche IPN180 passo 1.00m e da uno strato di spritz-beton di spessore 25 cm, armato con rete elettrosaldata ($\varnothing 6 \text{ } 15 \times 15$) o fibrorinforzato. Le centine appena posate dovranno essere collegate alle altre attraverso le apposite catene.

FASE 5: getto arco rovescio e murette

Il getto delle murette e dell'arco rovescio dovrà avvenire entro $3\varnothing$ dal fronte nel caso di un loro getto contemporaneo, o rispettivamente entro $3\varnothing$ e $5\varnothing$ nel caso di getto differito.

Le misure di estrusione del fronte e di convergenza del cavo potranno indicare:

- la necessità di effettuare tale getto entro distanze più restrittive (al limite realizzando il campo di avanzamento in due fasi distinte, alternandole al getto dell'arco rovescio);
- la lunghezza dei campioni di arco rovescio da realizzare;
- la necessità di realizzare il consolidamento del fronte del successivo campo di avanzamento prima del getto di arco rovescio e murette.

FASE 7: impermeabilizzazione

Posa in opera dell'impermeabilizzazione, eseguita prima del getto del rivestimento definitivo di calotta.

FASE 8: getto rivestimento definitivo

Il getto del rivestimento definitivo di calotta seguirà il fronte ad una distanza non superiore a $9 \varnothing$. Anche in questo caso in funzione dell'andamento delle misure di convergenza si potranno eventualmente stabilire distanze ancora più restrittive (cioè inferiori) entro cui eseguire il getto del rivestimento definitivo.

Qualora le operazioni di scavo vengano interrotte per un periodo prossimo alle 24 ore, è necessario porre in opera al fronte uno strato di spritz-beton armato di spessore pari a 10 cm; se il fermo delle lavorazioni risulta superiore a 48 h (festività o fermi di qualsiasi natura) il ciclo delle lavorazioni dovrà necessariamente terminare con il consolidamento del fronte appena eseguito, previa sagomatura a forma concava ed esecuzione dello strato di spritz-beton armato $sp=10 \text{ cm}$, e con l'arco rovescio e le murette (eventualmente la calotta) portati a ridosso del fronte stesso.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC		Foglio 137 di 220

9.4 CAMPI D'APPLICAZIONE E VARIABILITÀ DELLE SEZIONI TIPO

Si riportano nel seguito delle tabelle contenenti i campi di applicazione, gli spostamenti attesi e la variabilità prevista per ogni sezione tipo.

I valori attesi delle convergenze medie e degli spostamenti massimi delle mire si discostano dai risultati emersi in sede di calcolo in quanto nella pratica è necessario tenere conto dell'importanza di fattori difficilmente schematizzabili e modellabili numericamente, quali anisotropie nel comportamento deformativo del cavo, condizioni geomeccaniche particolari e localizzate, fasi esecutive e cadenze d'avanzamento. Per questi motivi il range delle convergenze e degli spostamenti delle mire attesi può essere più elevato di quelli calcolati numericamente, come indicato in tabella.

In funzione delle caratteristiche d'ammasso e degli spostamenti registrati in corso d'opera sarà compito del progettista operare sulla variabilità di ciascuna sezione tipo di modo da garantire la sicurezza dell'opera nel breve e nel lungo termine.

Per maggiori dettagli sul campo d'applicazione di ciascuna sezione tipo si rimanda alla fase successiva di progettazione esecutiva.

Nella sezione tipo B0Vr è prevista una variabilità del +/- 20% sul numero degli infilaggi metallici disposti sui 120° di calotta, il loro diametro potrà essere variato in funzione delle evidenze del monitoraggio (ϕ 88.9 mm – ϕ 108 mm).

FINESTRA CRAVASCO

SEZIONE TIPO		B0r	B0Vr	B2r
Convergenze diametrali medie o modulo del vettore spostamento della singola mira	Soglia attenzione [cm]	3	3	4
	Soglia allarme [cm]	4	4	6
Misure d'estrusione	Soglia allarme [cm]	3	3	6
VARIABILITÀ				
Passo centine	Min/Max [m]	1.0-1.2-1.5	1.0-1.2-1.5	0.8-1.0-1.2
Consolidamenti al fronte (VTR)	Min/Max [n°]	Assenti	Assenti	40-60-80
Consolidamenti al contorno (VTR)	Min/Max [n°]	Assenti	Assenti	Assenti
Lunghezze di sovrapposizione dei consolidamenti (fronte o contorno)	Min/Max [m]	Assenti	Assenti	6-9-12

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC		Foglio 138 di 220

Spessore spritz beton	Min/Max [cm]	15-20-25	15-20-25	20-25-30
Distanza max. getto murette	Min/Max [φ]	7-9-12	7-9-12	2-3-4
Distanza max. getto arco rovescio	Min/Max [φ]	9-12-15	9-12-15	4-5-6
Distanza max. getto calotta	Min/Max [φ]	9----15	9----15	7-9-11

10. SEZIONI TIPO APPLICATE FINESTRA VAL LEMME

10.1 CUNICOLO VAL LEMME– SEZIONI TIPO ARGILLITI A PALOMBINI

10.1.1 Sezione tipo B0L

La sezione tipo B0L, in fase costruttiva è costituita da:

- Prerivestimento composto da uno spessore di 25 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata o fibrorinforzato e centine costituite da profilati 2IPN160 passo $p = 1.2$ m, controventate tra loro;
- impermeabilizzazione tipo "0" costituita da tessuto non tessuto e manto in pvc;
- rivestimento definitivo in cls semplice dello spessore di 80 cm in arco rovescio e di 60 cm in chiave calotta.

Campo di applicazione

Per quanto concerne il campo di applicazione si veda la tabella riepilogativa riportata alla fine del paragrafo.

Fasi esecutive

Si possono considerare le seguenti fasi costruttive:

FASE 1: scavo

Esecuzione scavo di avanzamento con sfondi di lunghezza massima pari a 4.20 m compreso il disaggio, eseguendo lo scavo a piena sezione e sagomando il fronte a forma concava anche ad

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 139 di 220

ogni sfondo parziale. Al termine dello sfondo e prima di porre in opera gli interventi di prima fase va eseguito un accurato disaggio di tutti i blocchi instabili.

FASE 2: posa in opera delle centine e dello spritz-beton

Al termine di ogni singolo sfondo verrà messo in opera il rivestimento di 1a fase costituito da centine metalliche 2IPN160 passo 1.20m e da uno strato di spritz-beton di spessore 25 cm, armato con rete elettrosaldata ($\varnothing 6$ 15x15) o fibrorinforzato. Le centine appena posate dovranno essere collegate alle altre attraverso le apposite catene.

FASE 3: getto di murette e arco rovescio

Il getto delle murette dovrà essere effettuato entro una distanza di $9\varnothing$ dal fronte di scavo. Il getto dell'arco rovescio dovrà avvenire entro $12\varnothing$ dal fronte di scavo o entro $9\varnothing$ nel caso di getto contemporaneo alle murette; in particolari contesti geomeccanici tale distanza potrà essere portata a $15\varnothing$.

FASE 4: impermeabilizzazione

La posa in opera dell'impermeabilizzazione sarà eseguita prima del getto del rivestimento definitivo.

FASE 5: getto del rivestimento definitivo

Il getto del rivestimento definitivo sarà eseguito ad una distanza dal fronte che dipenderà dal comportamento deformativo del cavo, tale distanza sarà comunque inferiore ai $15\varnothing$.

10.1.2 Sezione tipo B1

La sezione tipo B1, in fase costruttiva è costituita da:

- priverivestimento composto da centine 2IPN220 con passo $p = 1.20$ m e da uno strato di 30 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata o fibrorinforzato;
- n° 10-11 bulloni radiali ad ancoraggio continuo, $L = 5.50 - 6.50$ m, passo longitudinale 1.20 m, passo trasversale 2.00 m. Tali bulloni saranno in acciaio $\varnothing 24$ mm FeB 44K ad ancoraggio continuo cementati mediante iniezioni cementizie o resina epossidica;
- impermeabilizzazione tipo "0" costituita da tessuto non tessuto e manto in pvc;
- rivestimento definitivo in cls semplice dello spessore di 90 cm in arco rovescio e di 80 cm in calotta.

Campo di applicazione

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC
	Foglio 140 di 220

Per quanto concerne il campo di applicazione si veda la tabella riepilogativa riportata alla fine del paragrafo.

Fasi esecutive

Si possono considerare le seguenti fasi costruttive:

FASE 1: scavo

Esecuzione scavo di avanzamento con sfondi di lunghezza massima pari a 1.20 m compreso il disaggio, eseguendo lo scavo a piena sezione e sagomando il fronte a forma concava ad ogni sfondo parziale. Al termine dello sfondo e prima di porre in opera gli interventi di prima fase va eseguito un accurato disaggio di tutti i blocchi instabili.

FASE 2: posa in opera delle centine e dello spritz-beton

Al termine di ogni singolo sfondo verrà messo in opera il rivestimento di 1a fase costituito da centine metalliche 2IPN220 passo 1.20m e da uno strato di spritz-beton di spessore 30 cm armato con rete elettrosaldata ($\varnothing 6$ 15x15) o fibrorinforzato. Le centine appena posate dovranno essere collegate alle altre attraverso le apposite catene.

FASE 3: perforazione e posa in opera dei bulloni

In corrispondenza dei calastrelli presenti tra i due profilati IPN220 verranno eseguite le perforazioni necessarie per la messa in opera dei bulloni radiali a cementazione continua. I bulloni saranno installati con passo trasversale pari a 2.00m e passo longitudinale pari ad 1.20m. L'iniezione dei bulloni dovrà avvenire entro mezzo diametro dal fronte di scavo. Successivamente all'iniezione verrà eseguito lo strato di completamento di spritz-beton sino a raggiungere lo spessore di 30 cm.

FASE 4: getto di murette e arco rovescio

Il getto delle murette dovrà essere effettuato entro una distanza di $9\varnothing$ dal fronte di scavo. Il getto dell'arco rovescio dovrà avvenire entro $12\varnothing$ dal fronte di scavo o entro $9\varnothing$ nel caso di getto contemporaneo alle murette; in particolari contesti geomeccanici tale distanza potrà essere portata a $15\varnothing$.

FASE 5: impermeabilizzazione

La posa in opera dell'impermeabilizzazione sarà eseguita prima del getto del rivestimento definitivo.

FASE 6: getto del rivestimento definitivo

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 141 di 220

Il getto del rivestimento definitivo sarà eseguito ad una distanza dal fronte che dipenderà dal comportamento deformativo del cavo, tale distanza sarà comunque inferiore ai 15ϕ .

Qualora le operazioni di scavo vengano interrotte per un tempo di circa 24 ore, è necessario porre in opera uno strato di spritz-beton di 10 cm al fronte, opportunamente sagomato a forma concava. Se il fermo delle lavorazioni risulta superiore a 48 h (festività o altro) il ciclo delle lavorazioni dovrà necessariamente terminare con la posa delle centine e dello spritz-beton a ridosso del fronte stesso, la sagomatura a forma concava del fronte e la realizzazione di uno strato spritz-beton armato sp. 10 cm. In relazione al comportamento deformativo del fronte e del cavo l'arco rovescio e le murette (eventualmente la calotta) dovranno essere opportunamente avvicinate al fronte.

10.1.3 Sezione tipo B2

La sezione tipo B2, in fase costruttiva è costituita da:

- preconsolidamento del fronte realizzato mediante la posa in opera di n° 60 tubi in VTR, $L \geq 24$ m, sovrapp. ≥ 9 m;
- priverstimento composto da uno spessore di 30 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata o fibrorinforzato e centine HEB200 con passo $p = 1.00$ m;
- impermeabilizzazione tipo "0" costituita da tessuto non tessuto e manto in pvc;
- rivestimento definitivo in cls dello spessore di 100 cm in arco rovescio e di 80 cm in calotta. Il getto dell'arco rovescio, delle murette e del rivestimento definitivo di calotta sarà eseguito ad una distanza dal fronte che dipenderà dal comportamento deformativo del cavo.
- eventuali drenaggi in avanzamento, in caso di presenza d'acqua;

Campo di applicazione

Per quanto concerne il campo di applicazione si veda la tabella riepilogativa riportata alla fine del paragrafo.

Fasi esecutive

Si possono considerare le seguenti fasi costruttive:

FASE 1: esecuzione del preconsolidamento del fronte.

Dal fronte di scavo, sagomato a forma concava con freccia di circa 1.5 m, si realizza il preconsolidamento del fronte mediante la posa di n° 60 tubi in VTR cementati, aventi lunghezza minima di 24.00 m e sovrapposizione $\geq 6-12$ m. Le fasi costruttive sono le seguenti:

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 142 di 220

- esecuzione sul fronte dello strato di spritz-beton fibrorinforzato o armato con rete elettrosaldata, avente spessore di 10 cm;
- perforazione eseguita a secco $\varnothing \geq 100$ mm;
- posa dell'elemento strutturale in VTR, munito dell'opportuna attrezzatura per la cementazione ed esecuzione di cianfrinatura a boccaforo;
- esecuzione della cementazione mediante malte a ritiro controllato ogni 4÷5 fori.

Le sequenze operative andranno adattate alle caratteristiche dell'ammasso ma dovranno comunque essere tali da garantire l'inghisaggio dell'elemento strutturale al terreno mediante il completo riempimento dell'intercapedine tra elemento e pareti del foro.

La fase di cementazione potrà avvenire di massima ogni 4-5 elementi già posati e comunque il prima possibile per evitare possibili franamenti del foro con conseguente perdita di efficacia dell'intervento. Il riempimento del foro avverrà dal fondo verso il paramento del fronte.

FASE 2: esecuzione eventuali drenaggi in avanzamento

In caso di presenza d'acqua dovranno essere eseguiti drenaggi in avanzamento.

FASE 3: esecuzione scavo

Esecuzione scavo di avanzamento a piena sezione per campi pari a 8-12 m (preconsolidamento del nucleo $L \geq 24$ m sovrapposizione $s \geq 6-12$ m), per singoli sfondi di lunghezza massima pari a 1.00m, sagomando il fronte a forma concava ad ogni sfondo parziale ed eseguendo uno strato di spritz-beton armato di 5cm su ognuno di tali fronti.

FASE 5: posa in opera del rivestimento di prima fase

Al termine di ogni singolo sfondo verrà messo in opera il rivestimento di 1a fase costituito da centine metalliche HEB200 passo 1.00m e da uno strato di spritz-beton di spessore 30 cm, armato con rete elettrosaldata ($\varnothing 6$ 15x15) o fibrorinforzato. Le centine appena posate dovranno essere collegate alle altre attraverso le apposite catene.

FASE 6: getto arco rovescio e murette

Il getto dell'arco rovescio e delle murette dovrà avvenire entro $3\varnothing$ dal fronte nel caso di un loro getto contemporaneo, o rispettivamente entro $3\varnothing$ e $5\varnothing$ nel caso di getto differito. Le misure di estrusione del fronte e di convergenza del cavo potranno indicare:

- la necessità di effettuare tale getto entro distanze più restrittive (al limite realizzando il campo di avanzamento in due fasi distinte, alternandole al getto dell'arco rovescio);
- la lunghezza dei campioni di arco rovescio da realizzare;

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 143 di 220

- la necessità di realizzare il consolidamento del fronte del successivo campo di avanzamento prima del getto di arco rovescio e murette.

FASE 7: impermeabilizzazione

Posa in opera dell'impermeabilizzazione, eseguita prima del getto del rivestimento definitivo di calotta.

FASE 8: getto rivestimento definitivo

Il getto del rivestimento definitivo di calotta seguirà il fronte ad una distanza non superiore a $9 \varnothing$. Anche in questo caso in funzione dell'andamento delle misure di convergenza si potranno eventualmente stabilire distanze ancora più restrittive (cioè inferiori) entro cui eseguire il getto del rivestimento definitivo.

Qualora le operazioni di scavo vengano interrotte per un periodo prossimo alle 24 ore, è necessario porre in opera al fronte uno strato di spritz-beton armato di spessore pari a 10 cm; se il fermo delle lavorazioni risulta superiore a 48 h (festività o fermi di qualsiasi natura) il ciclo delle lavorazioni dovrà necessariamente terminare con il consolidamento del fronte appena eseguito, previa sagomatura a forma concava ed esecuzione dello strato di spritz-beton armato $sp=10$ cm, e con l'arco rovescio e le murette (eventualmente la calotta) portati a ridosso del fronte stesso.

10.1.4 Sezione tipo B4

La sezione tipo B4 è costituita da:

- preconsolidamento del fronte realizzato mediante la posa in opera di n° 60 tubi in VTR, lunghezza ≥ 24 m, sovrapp. $\geq 6-12$ m, cementati;
- n° 10-11 bulloni radiali ad ancoraggio continuo $\varnothing 28$ mm FeB 44K, lunghezza 5.50 – 6.50 m, passo trasversale 2.00 m, passo longitudinale 1.00m, cementati mediante iniezioni cementizie o resina epossidica;
- priverstimento composto da uno strato di 30 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata o fibrorinforzato e centine 2IPN240 con passo $p = 1.00$;
- impermeabilizzazione tipo "0" costituita da tessuto non tessuto e un manto in pvc;
- rivestimento definitivo in cls dello spessore di 100 cm in arco rovescio e di 80 cm in calotta. Il getto dell'arco rovescio, delle murette e del rivestimento definitivo di calotta sarà eseguito ad una distanza dal fronte che dipenderà dal comportamento deformativo del cavo.

Campo di applicazione

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 144 di 220

Per quanto concerne il campo di applicazione si veda la tabella riepilogativa riportata alla fine del paragrafo.

Interventi previsti

Si possono considerare le seguenti fasi costruttive:

FASE 1: esecuzione del preconsolidamento del fronte.

Dal fronte di scavo, sagomato a forma concava, si realizza il preconsolidamento del fronte mediante la posa di 60 tubi in VTR cementati, aventi sovrapposizione $\geq 6-12$ m. Le fasi costruttive sono le seguenti:

- esecuzione sul fronte dello strato di spritz-beton fibrorinforzato o armato con rete elettrosaldata, avente spessore di 10 cm;
- perforazione eseguita a secco $\varnothing \geq 100$ mm;
- posa del tubo in VTR ad aderenza migliorata, munito dell'opportuna attrezzatura per la cementazione ed esecuzione di cianfrinatura a boccaforo;
- esecuzione della cementazione mediante miscele cementizie a ritiro controllato ogni 4+5 fori;

Le sequenze operative andranno adattate alle caratteristiche dell'ammasso ma dovranno comunque essere tali da garantire l'inghisaggio dell'elemento strutturale mediante il completo riempimento dell'intercapedine tra elemento e pareti del foro, nonché delle parti costituenti l'elemento strutturale.

La fase di cementazione potrà avvenire di massima ogni 4-5 elementi già posati e comunque il prima possibile per evitare possibili franamenti del foro con conseguente perdita di efficacia dell'intervento. Le caratteristiche della miscela da impiegare sono riportate nella tabella materiali riportate nel relativo elaborato grafico.

FASE 2: esecuzione di eventuali drenaggi

Esecuzione di eventuali drenaggi in avanzamento, in caso di presenza d'acqua, il cui numero, le posizioni e le relative inclinazioni saranno definite in dettaglio in corso d'opera in funzione della situazione effettivamente riscontrata. Nel caso debbano essere eseguiti, al termine degli interventi di preconsolidamento descritti nella fase 1, si prevede l'uso di drenaggi costituiti da n° max 4 tubi in PVC microfessurati per 20 m a partire da fondo foro e "ciechi" per 10 m verso bocca foro, del diametro $\varnothing \approx 60$ mm spessore 4 mm e protezione in geotessile, messi in opera all'interno di un foro con diametro $\varnothing \geq 100$ mm. Dopo la posa in opera del tubo in PVC, si dovranno adottare opportuni accorgimenti per isolare il tratto microfessurato da quello cieco (sacco otturatore, cementazione), ad evitare dannose percolazioni dell'acqua raccolta in avanzamento all'interno del nucleo consolidato.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 145 di 220

FASE 3: esecuzione scavo

Esecuzione scavo di avanzamento a piena sezione per campi pari a 18-12 m (preconsolidamento del nucleo $L \geq 24\text{m}$ sovrapposizione $s \geq 6-12\text{m}$), per singoli sfondi di lunghezza massima pari a 1.00m, sagomando il fronte a forma concava ad ogni sfondo parziale ed eseguendo uno strato di spritz-beton armato di 5cm su ognuno di tali fronti.

FASE 4: posa in opera del rivestimento di prima fase

Al termine di ogni singolo sfondo verrà messo in opera il rivestimento di 1a fase costituito da centine metalliche 2IPN240 passo 1.00 m e da uno strato di spritz-beton, armato con rete elettrosaldada ($\emptyset 6$ 15x15) o fibrorinforzato, di spessore 30 cm. Le centine appena posate dovranno essere collegate alle altre attraverso le apposite catene.

FASE 5: perforazione e posa in opera dei bulloni

In corrispondenza dei calastrelli presenti tra i due profilati IPN240 verranno eseguite le perforazioni necessarie per la messa in opera dei bulloni radiali a cementazione continua. I bulloni saranno installati con passo trasversale pari a 2.00m e passo longitudinale pari ad 1.00m. L'iniezione dei bulloni dovrà avvenire entro mezzo diametro dal fronte di scavo. Successivamente all'iniezione verrà eseguito lo strato di completamento di spritz-beton sino a raggiungere lo spessore di 30 cm.

FASE 6: getto arco rovescio e murette

Il getto dell'arco rovescio e delle murette dovrà avvenire entro $3\emptyset$ dal fronte nel caso di un loro getto contemporaneo, o rispettivamente entro $5\emptyset$ e $3\emptyset$ nel caso di getto differito. Le misure di estrusione del fronte e di convergenza del cavo potranno indicare:

- la necessità di effettuare tale getto entro distanze più restrittive (al limite realizzando il campo di avanzamento in due fasi distinte, alternandole al getto dell'arco rovescio);
- la lunghezza dei campioni di arco rovescio da realizzare;
- la necessità di realizzare il consolidamento del fronte del successivo campo di avanzamento prima del getto di arco rovescio e murette.

FASE 7: impermeabilizzazione

Posa in opera dell'impermeabilizzazione, eseguita prima del getto del rivestimento definitivo.

FASE 8: getto rivestimento definitivo

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 146 di 220

Tale operazione seguirà il fronte ad una distanza non superiore a $9 \varnothing$. Anche in questo caso in funzione dell'andamento delle misure di convergenza si potranno eventualmente stabilire distanze ancora più restrittive (cioè inferiori) entro cui eseguire il getto del rivestimento definitivo.

Qualora le operazioni di scavo vengano interrotte per un periodo prossimo alle 24 ore, è necessario porre in opera al fronte, sagomato a forma concava, uno strato di spritz-beton di spessore pari a 10 cm: Se il fermo delle lavorazioni risulta superiore a 48 h (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 a ridosso del fronte stesso. In relazione al comportamento deformativo del fronte e del cavo, arco rovescio e murette dovranno essere opportunamente avvicinate al fronte.

10.1.5 Sezione tipo C2

La sezione tipo C2 è costituita da:

- un preconsolidamento del fronte realizzato mediante la posa in opera di n° 55 tubi in VTR, $L \geq 24.00$ m sovrapp. $\geq 6-12$ m, cementati.
- un preconsolidamento al contorno della futura sezione di scavo mediante iniezioni cementizie in pressione, realizzate mediante 65 tubi in VTR $L \geq 24.00$ m, sovrapp. $\geq 6-12$ m, valvolati con 1 vlv/m;
- eventuali drenaggi in avanzamento, in caso di presenza d'acqua;
- eventuale preconsolidamento al piede delle centine mediante 6+6 tubi in VTR, $L \geq 24.00$ m, sovrapp. $\geq 6-12$ m;
- un priverestimento composto da centine HEB240 con passo $p = 1.00$ m e da uno strato di 30 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata o fibrorinforzato;
- impermeabilizzazione tipo "0" costituita da tessuto non tessuto e un manto in pvc;
- rivestimento definitivo in cls armato dello spessore di 100 cm in arco rovescio e dello spessore di 90 cm in calotta.

Campo d'applicazione

Per quanto concerne il campo di applicazione si veda la tabella riepilogativa riportata alla fine del paragrafo.

Fasi esecutive

Si possono considerare le seguenti fasi costruttive:

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 147 di 220

FASE 1: esecuzione del preconsolidamento del fronte.

Dal fronte di scavo, sagomato a forma concava con freccia di circa 1.5 m, si realizza il preconsolidamento del fronte mediante la posa di 55 tubi in VTR cementati, aventi lunghezza minima di 24.00 m e sovrapposizione $s \geq 6-12$ m. Le fasi costruttive sono le seguenti:

- esecuzione sul fronte dello strato di spritz-beton fibrorinforzato o armato con rete elettrosaldata, avente spessore di 10 cm;
- perforazione eseguita a secco $\varnothing \geq 100$ mm;
- posa dell'elemento strutturale in VTR ad aderenza migliorata, munito dell'opportuna attrezzatura per la cementazione ed esecuzione di cianfrinatura a boccaforo;
- esecuzione della cementazione mediante miscele cementizie a ritiro controllato ogni 4÷5 fori;

Le sequenze operative andranno adattate alle caratteristiche dell'ammasso ma dovranno comunque essere tali da garantire l'inghisaggio dell'elemento strutturale al terreno mediante il completo riempimento dell'intercapedine tra elemento e pareti del foro.

La fase di cementazione potrà avvenire di massima ogni 4-5 elementi già posati e comunque il prima possibile per evitare possibili franamenti del foro con conseguente perdita di efficacia dell'intervento.

FASE 2: consolidamento al contorno ed al piede della centina

Dal fronte di scavo, si realizza un arco di terreno consolidato mediante iniezioni cementizie al contorno della futura sezione di scavo ed eventualmente in prossimità del piede della centina attraverso perforazioni inclinate rispetto all'orizzontale secondo quanto indicato negli elaborati di progetto.

Le modalità esecutive risultano:

- perforazione eseguita a secco $\varphi \geq 100$ mm;
- inserimento del tubo in VTR ad elevata resistenza allo scoppio ($p > 7$ MPa), valvolato con 1 valv./m per iniezioni in pressione; tali tubi potranno essere anche in resina poliestere rinforzata con fibre di vetro;
- formazione della "guaina" al contorno del tubo ogni 4÷5 fori mediante cementazione con miscela ricca in bentonite le cui caratteristiche di massima sono riportate nel relativo elaborato grafico;
- iniezione in pressione, valvola per valvola, di una miscela cementizia le cui caratteristiche di massima, da definire compiutamente in corso d'opera, sono riportate nel relativo elaborato grafico.

Le sequenze operative andranno adattate alle caratteristiche dell'ammasso ma dovranno comunque essere tali da garantire l'inghisaggio dell'elemento strutturale al terreno mediante il completo riempimento dell'intercapedine tra elemento e pareti del foro.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 148 di 220

La fase di cementazione o formazione della guaina potrà avvenire di massima ogni 4-5 elementi già posati e comunque il prima possibile per evitare possibili franamenti del foro con conseguente perdita di efficacia dell'intervento.

L'iniezione della guaina avverrà dal fondo verso il paramento del fronte: analogamente avverrà per l'iniezione in pressione dalle singole valvole.

Il numero delle valvole a metro lineare utilizzate per la realizzazione delle iniezioni in pressione al contorno della sezione di scavo potrà variare in funzione delle caratteristiche dell'ammasso e dei risultati dei consolidamenti precedenti riscontrati in corso d'opera.

In corso d'opera si potrà valutare la possibilità di variare la metodologia di perforazione indicata nelle fasi 1 e 2 (a secco) utilizzando un opportuno fluido di perforazione (miscela cementizia, acqua additivata con agente schiumogeno, ...), in funzione delle caratteristiche dell'ammasso e previa esecuzione di adeguate prove in sito, atte a garantire:

- ai fini del consolidamento del terreno, caratteristiche funzionali e di resistenza non inferiori a quanto fornito seguendo le attuali prescrizioni;
- l'assenza di problemi connessi alla "sensibilità" dei terreni interessati dalle perforazioni (minerali rigonfianti, frazioni argillose attive);
- condizioni di inghisaggio analoghe a quelle ottenute con la perforazione a secco.

FASE 3: esecuzione di eventuali drenaggi (eventuali)

Esecuzione di eventuali drenaggi in avanzamento, in caso di presenza d'acqua, il cui numero, le posizioni e le relative inclinazioni saranno definite in corso d'opera in funzione della situazione effettivamente riscontrata. Nel caso debbano essere eseguiti, al termine degli interventi di preconsolidamento descritti nella fase 2, si prevede l'uso di drenaggi costituiti da n° max 6 tubi in PVC microfessurati per 20 m a partire da fondo foro e "ciechi" per 10 m verso bocca foro, del diametro $\varnothing \approx 60$ mm spessore 4 mm e protezione in geotessile, messi in opera all'interno di un foro con diametro $\varnothing \geq 100$ mm. Dopo la posa in opera del tubo in PVC, si dovranno adottare opportuni accorgimenti per isolare il tratto microfessurato da quello cieco (sacco otturatore, cementazione), ad evitare dannose percolazioni dell'acqua raccolta in avanzamento all'interno del nucleo consolidato.

Il numero, le posizioni e le relative inclinazioni saranno definite in dettaglio in corso d'opera in funzione della situazione effettivamente riscontrata.

FASE 4: esecuzione scavo

Esecuzione scavo di avanzamento a piena sezione per campi di lunghezza massima di 18-12 m (lunghezza consolidamenti contorno ≥ 24.00 m, sovrapposizione $\geq 6-12$ m; lunghezza consolidamenti fronte ≥ 24.00 m, sovrapposizione $\geq 6-12$ m), per singoli sfondi di lunghezza massima pari a 1.00m, sagomando il fronte a forma concava ad ogni sfondo parziale ed eseguendo uno strato di spritz-beton armato di 5cm su ognuno di tali fronti.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 149 di 220

FASE 5: posa in opera del rivestimento di prima fase

Al termine di ogni singolo sfondo verrà messo in opera il rivestimento di 1a fase costituito da centine metalliche HEB240 passo 1.00 m e da uno strato di spritz-beton, di spessore pari a 30 cm, armato con rete elettrosaldada ($\varnothing 6$ 15x15) o fibrorinforzato. Le centine appena posate dovranno essere collegate alle altre attraverso le apposite catene.

FASE 6: getto arco rovescio e murette

Il getto dell'arco rovescio e delle murette dovrà avvenire entro $3\varnothing$ dal fronte. Le misure di estrusione del fronte e di convergenza del cavo potranno indicare:

- la necessità di effettuare tale getto entro distanze più restrittive (al limite realizzando il campo di avanzamento in due fasi distinte, alternandole al getto dell'arco rovescio);
- la lunghezza dei campioni di arco rovescio da realizzare;
- la possibilità di realizzare il consolidamento del fronte del successivo campo di avanzamento prima del getto di arco rovescio e murette.

FASE 7: impermeabilizzazione

La posa in opera dell'impermeabilizzazione sarà eseguita prima del getto del rivestimento definitivo.

FASE 8: getto rivestimento definitivo

Tale operazione seguirà il fronte ad una distanza non superiore a $9\varnothing$. Anche in questo caso in funzione dell'andamento delle misure di convergenza si potranno eventualmente stabilire distanze ancora più restrittive (cioè inferiori) entro cui eseguire il getto del rivestimento definitivo.

Qualora le operazioni di scavo vengano interrotte per un periodo prossimo alle 24 ore, è necessario porre in opera al fronte uno strato di spritz-beton di spessore pari a 10 cm, con lo scopo di evitare che il materiale al contatto con l'atmosfera subisca deterioramenti; se il fermo delle lavorazioni risulta superiore a 48 h (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 portati a ridosso del fronte stesso.

10.1.6 Sezione tipo C4

La sezione tipo C4, in fase costruttiva è costituita da:

- preconsolidamento del fronte realizzato mediante la posa in opera di n° 70 tubi in VTR $L \geq 24.00$ m, sovrapp. $\geq 6-12$ m, cementati con miscele cementizie a ritiro controllato;

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 150 di 220

- preconsolidamento al contorno della futura sezione di scavo mediante n° 69 tubi in VTR, L ≥ 24.00 m, sovrapp. ≥ 6-12 m cementati con miscele cementizie a ritiro controllato;
- eventuale preconsolidamento al piede delle centine mediante 6+6 tubi in VTR, L ≥ 24.00 m, sovrapp. ≥ 6-12 m, da eseguirsi qualora non venga utilizzato il puntone in arco rovescio;
- eventuali drenaggi in avanzamento, in caso di presenza d'acqua;
- priverestimento composto da centine HEB240 passo p = 1.00 m e da uno strato di 30 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata o fibrorinforzato;
- impermeabilizzazione tipo "0" costituita da tessuto non tessuto e manto in pvc;
- arco rovescio in cls semplice dello spessore di 100 cm, rivestimento definitivo dello spessore di 90 cm in calotta.

Campo di applicazione

Per quanto concerne il campo di applicazione si veda la tabella riepilogativa riportata alla fine del paragrafo.

Interventi previsti

Si possono considerare le seguenti fasi costruttive:

FASE 1: esecuzione del preconsolidamento del fronte

Dal fronte di scavo, sagomato a forma concava con freccia di circa 1.5 m, si realizza il preconsolidamento del fronte mediante la posa di n° 70 tubi in VTR cementati con miscele a ritiro controllato, aventi lunghezza minima di 24.00 m e sovrapposizione ≥ 6-12 m. Le fasi costruttive sono le seguenti:

- esecuzione sul fronte dello strato di spritz-beton fibrorinforzato o armato con rete elettrosaldata, avente spessore di 10 cm;
- perforazione eseguita a secco $\varnothing \geq 100$ mm;
- posa dell'elemento strutturale in VTR, munito dell'opportuna attrezzatura per la cementazione ed esecuzione di cianfrinatura a boccaforo;
- esecuzione della cementazione mediante miscele cementizie a ritiro controllato ogni 4+5 fori;

Le sequenze operative andranno adattate alle caratteristiche dell'ammasso ma dovranno comunque essere tali da garantire l'inghisaggio dell'elemento strutturale al terreno mediante il completo riempimento dell'intercapedine tra elemento e pareti del foro.

La fase di cementazione potrà avvenire di massima ogni 4-5 elementi già posati e comunque il prima possibile per evitare possibili franamenti del foro con conseguente perdita di efficacia dell'intervento. Il riempimento del foro avverrà dal fondo verso il paramento del fronte.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 151 di 220

Le caratteristiche della miscela da impiegare sono riportate nella tabella materiali del relativo elaborato grafico.

FASE 2: consolidamento al contorno della sezione

Dal fronte di scavo, si realizza un arco di terreno consolidato mediante la posa in opera di n° 69 tubi in VTR cementati, aventi lunghezza minima di 24.00 m e sovrapposizione $\geq 6-12$ m. al contorno della futura sezione di scavo ed eventualmente in prossimità del piede della centina (il consolidamento al piede non verrà eseguito in presenza di sezione con puntone), attraverso perforazioni inclinate rispetto all'orizzontale secondo quanto indicato negli elaborati di progetto.

FASE 3: esecuzione drenaggi in avanzamento (eventuali)

L'esecuzione di drenaggi al contorno della sezione, secondo il numero e le geometrie indicate in progetto, avverrà al termine degli interventi di preconsolidamento descritti nella fase 2.

FASE 4: esecuzione scavo

Esecuzione scavo di avanzamento a piena sezione per una lunghezza massima di 18-12 m (consolidamenti L = 24.00m, sovrapposizione $\geq 6-12$ m), per singoli sfondi max. di 1.00 m, sagomando il fronte a forma concava anche ad ogni sfondo parziale ed eseguendo uno strato di spritz-beton armato, sp.5 cm, su ognuno di tali fronti.

FASE 5: posa in opera del rivestimento di prima fase

Al termine di ogni singolo sfondo verrà messo in opera il rivestimento di 1a fase costituito da centine metalliche HEB240 passo 1.00 m (più eventuale puntone) e da uno strato di spritz-beton, di spessore pari a 30 cm, armato o fibrorinforzato. Le centine appena posate dovranno essere collegate alle altre attraverso le apposite catene.

FASE 6: getto arco rovescio e murette

Il getto dell'arco rovescio e delle murette dovrà avvenire entro 3Ø dal fronte. Le misure di estrusione del fronte e di convergenza del cavo potranno indicare:

- la necessità di effettuare tale getto entro distanze più restrittive (al limite realizzando il campo di avanzamento in due fasi distinte, alternandole al getto dell'arco rovescio);
- la lunghezza dei campioni di arco rovescio da realizzare;
- la possibilità di realizzare il consolidamento del fronte del successivo campo di avanzamento prima del getto di arco rovescio e murette.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 152 di 220

FASE 7: impermeabilizzazione

Posa in opera dell'impermeabilizzazione, eseguita prima del getto del rivestimento definitivo.

FASE 8: getto rivestimento definitivo

Tale operazione seguirà il fronte ad una distanza non superiore a $9 \varnothing$. Anche in questo caso in funzione dell'andamento delle misure di convergenza si potranno eventualmente stabilire distanze ancora più restrittive (cioè inferiori) entro cui eseguire il getto del rivestimento definitivo.

Qualora le operazioni di scavo vengano interrotte per un periodo prossimo alle 24 ore, è necessario porre in opera al fronte, sagomato a forma concava, uno strato di spritz-beton armato di spessore pari a 10 cm, con lo scopo di evitare che il materiale al contatto con l'atmosfera subisca deterioramenti. Se il fermo delle lavorazioni risulta superiore a 48 h (festività o fermi di qualsiasi natura) il ciclo delle lavorazioni dovrà necessariamente terminare con il consolidamento del fronte appena eseguito (eventualmente incrementato), 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 portati 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.

La sequenza operativa di perforazione, inserimento del tubo o dell'elemento strutturale in VTR e cementazione indicata precedentemente, andrà adattata alle caratteristiche dell'ammasso, prevedendo comunque l'inserimento del tubo o dell'elemento strutturale in VTR e la successiva cementazione massimo ogni 5 perforazioni realizzate, garantendo comunque il completo riempimento del foro e l'inghisaggio del tubo o dell'elemento strutturale. In corso d'opera si potrà comunque valutare la possibilità di variare la metodologia di perforazione indicata (a secco) utilizzando un opportuno fluido di perforazione (miscele cementizie, acqua additivata con agenti schiumogeni, etc) in funzione delle caratteristiche dell'ammasso e previa esecuzione di adeguate prove in sito, atte a garantire:

- caratteristiche di resistenza e funzionali ai fini del consolidamento del terreno non inferiori a quanto fornito seguendo le attuali prescrizioni;
- l'assenza di problemi connessi alla "sensibilità" dei terreni interessati dalle perforazioni (minerali rigonfianti, frazioni argillose attive, etc)
- condizioni di inghisaggio analoghe a quelle ottenute con la perforazione a secco.

10.2 CAMPI DI APPLICAZIONE E VARIABILITA' DELLE SEZIONI TIPO

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC	Foglio 153 di 220

Si riportano nel seguito delle tabelle contenenti i campi di applicazione, gli spostamenti attesi e la variabilità prevista per ogni sezione tipo. I valori attesi delle convergenze medie e degli spostamenti massimi delle mire si discostano dai risultati emersi in sede di calcolo in quanto nella pratica è necessario tenere conto dell'importanza di fattori difficilmente schematizzabili e modellabili numericamente, quali anisotropie nel comportamento deformativo del cavo, condizioni geomeccaniche particolari e localizzate, fasi esecutive e cadenze d'avanzamento. Per questi motivi il range delle convergenze e degli spostamenti delle mire attesi può essere più elevato di quelli calcolati numericamente, come indicato in tabella.

In funzione delle caratteristiche d'ammasso e degli spostamenti registrati in corso d'opera sarà compito del progettista operare sulla variabilità di ciascuna sezione tipo di modo da garantire la sicurezza dell'opera nel breve e nel lungo termine.

Per quanto concerne i dettagli di tale variabilità si vedano le tabelle allegate alla presente relazione. Nella tabella relativa alle Argilliti a Palombini sono rappresentati i parametri caratteristici dei gruppi geomeccanici 1, 2 e 3; l'utilizzo degli interventi previsti per le singole sezioni tipo sarà funzione di tali "parametri caratteristici" e dei risultati delle misure riscontrate in corso d'opera (convergenze ed estrusioni).

Per maggiori dettagli sul campo d'applicazione di ciascuna sezione tipo si rimanda alla fase successiva di progettazione esecutiva.

GALLERIA CUNICOLO VAL LEMME – ARGILLITI A PALOMBINI

		GRUPPI GEOMECCANICI			
		1	2	3	
SEZIONI	H < 300 m	B0L	-	-	-
	H < 500 m	B0/1	B1 - B2/1	B4/1	C2 - C4
PARAMETRI CARATTERISTICI	C [Mpa]	1.6 - 1.3	1.2 - 1.1	1.0 - 0.9	0.7-0.65
	φ [°]	36 - 34	35 - 33	32 - 30	29-28
	E [Gpa]	5.4	2.1	1.7	1.2
	σ _c [Mpa]	1.3	0.3	0.2	0.1
	GSI	44.0	39.0	34.0	28.0
	RQD	>50%	35-50%	20-35%	<20%
	Foliazione	Regolarment e spaziata	Fittamente spaziata	Fittamente spaziata	Intensa
	Struttura	Piegata fino alla mesoscala	Piegata fino alla microscala	Piegata fino alla microscala	Non riconoscibile (ammasso destrutturato)
	Giunti	Privi di alterazione	Da poco alterati ad alterati	Alterati	Molto alterati
	% Palombini	>50%	<50%	<20%	<10%
	Stato Palombini	Poco fratturati e poco alterati	Da fratturati a molto fratturati e/o localmente alterati	Molto fratturati e alterati	Intensamente fratturati ed alterati
Comportamento Fronte	B	B	B	C	
DEFORMAZIONI	Spostamento singola mira o convergenza diametrale Soglia attenzione [cm]	4 - 6	6 - 8	8 - 9	10 - 12
	Spostamento singola mira o convergenza diametrale Soglia allarme [cm]	6 - 8	8 - 10	9 - 10	< 15
	Estrusioni cumulative Soglia attenzione [cm]	-	<5	<7	<10
	Estrusioni cumulative Soglia allarme [cm]	-	< 8	< 10	< 15
B0L	Passo centine [m]	1.5 ----- 1.4 ----- 1.2			
	Puntone	-			
	Spessore Sb [cm]	15 -----20----- 25			
	Distanza max getto murette	12p ---- 9p----			
	Distanza max getto a.r.	15p ---- 12p----			
Distanza max getto calotta	8p ---- 15p----				
B1	Passo centine [m]		1.4 ----- 1.2 ----- 1.0		
	Puntone		-		
	Spessore Sb [cm]		25 ----- 30 -----35		
	Distanza max getto murette		12p ---- 9p----		
	Distanza max getto a.r.		15p ---- 12p----		
	Distanza max getto calotta		8p ---- 15p----		
Lunghezza bulloni acciaio [m]		5.5 ----- 6 ----- 6.5			
Passo trasversale [m]		2.5 ----- 2 -----			
B2	Passo centine [m]		1.2 ----- 1.0 ----- 0.8		
	Puntone		-		
	Spessore Sb [cm]		25 ----- 30 -----35		
	Consolidamento VTR fronte		40 ----- 60 ----- 80		
	Lunghezza sovr. VTR [m]		6 ----- 9 ----- 12		
Distanza max getto murette		4p ---- 3p----			

CAMPO D'APPLICAZIONE *



	Distanza max getto a.r.	5p ----- 5p -----		
	Distanza max getto calotta	11g ----- 5p -----		
B4	Passo centine [m]		1.2 ----- 1.0 ----- 0.8	
	Puntone		-	
	Spessore Sb [cm]		25 ----- 30 ----- 35	
	Consolidamento VTR fronte		40 ----- 60 ----- 80	
	Lunghezza sovr. VTR [m]		6 ----- 9 ----- 12	
	Distanza max getto murette		4g ----- 3g -----	
	Distanza max getto a.r.		6p ----- 5p -----	
	Distanza max getto calotta		10g ----- 9g -----	
	Lunghezza bulloni acciaio [m]		5.5 ----- 6 ----- 6.5	
	Passo trasversale [m]		2.5 ----- 2 ----- 1.5	
C3	Passo centine [m]		1.2 ----- 1.0 ----- 0.8	
	Puntone		-	
	Spessore Sb [cm]		25 ----- 30 ----- 35	
	Consolidamento VTR fronte		40 ----- 55 ----- 80	
	Lunghezza sovr. VTR [m]		6 ----- 9 ----- 12	
	Consolidamento contorno		50 ----- 65 ----- 80	
	Distanza max getto murette		3g -----	
	Distanza max getto a.r.		3g -----	
	Distanza max getto calotta		3g -----	
C3	Passo centine [m]		1.2 ----- 1.0 ----- 0.8	
	Puntone		Eventuale	
	Spessore Sb [cm]		25 ----- 30 ----- 35	
	Consolidamento VTR fronte		55 ----- 70 ----- 90	
	Lunghezza sovr. VTR [m]		6 ----- 9 ----- 12	
	Consolidamento contorno		55 ----- 69 ----- 85	
	Distanza max getto murette		3g -----	
	Distanza max getto a.r.		3g -----	
	Distanza max getto calotta		9g -----	

* = I parametri geomeccanici sono stati ricavati tramite correlazioni empiriche (Hoek & Brown) e sono stati tarati in funzione delle coperture presenti
 ** = Per distanza massima si intende la distanza limite, misurata a partire dal fronte di scavo, entro cui eseguire i getti di rivestimento definitivo
 *** = Qualora si rivestissero imprevisti geologici (K0>1, fenomeni di squeezing, etc.) è previsto l'impiego di sezioni dotate di sovrappessori e/o armature
 **** = Su tutte le sezioni tipo i drenaggi in avanzamento sono da ritenersi eventuali

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 156 di 220

11. SEZIONI TIPO APPLICATE SULLA GALLERIA A SINGOLO BINARIO NELLA ZONA "AREA SICURA"

11.1 SEZIONI FERMATA AREA DI SICUREZZA

11.1.1 Sezione tipo B0L

La sezione tipo B0L, in fase costruttiva è costituita da:

- Prerivestimento composto da uno spessore di 25 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata o fibrorinforzato e centine costituite da profilati 2IPN180 passo $p = 1.2$ m, controventate tra loro;
- impermeabilizzazione tipo "0" costituita da tessuto non tessuto e manto in pvc;
- rivestimento definitivo in cls semplice dello spessore di 90 cm in arco rovescio e di 100 cm in chiave calotta.

Campo di applicazione

Per quanto concerne il campo di applicazione si veda la tabella riepilogativa riportata alla fine del paragrafo.

Fasi esecutive

Si possono considerare le seguenti fasi costruttive:

FASE 1: scavo

Esecuzione scavo di avanzamento con sfondi di lunghezza massima pari a 4.20 m compreso il disaggio, eseguendo lo scavo a piena sezione e sagomando il fronte a forma concava anche ad ogni sfondo parziale. Al termine dello sfondo e prima di porre in opera gli interventi di prima fase va eseguito un accurato disaggio di tutti i blocchi instabili.

FASE 2: posa in opera delle centine e dello spritz-beton

Al termine di ogni singolo sfondo verrà messo in opera il rivestimento di 1a fase costituito da centine metalliche 2IPN180 passo 1.20m e da uno strato di spritz-beton di spessore 25 cm, armato con rete elettrosaldata ($\varnothing 6$ 15x15) o fibrorinforzato. Le centine appena posate dovranno essere collegate alle altre attraverso le apposite catene.

FASE 3: getto di murette e arco rovescio

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 157 di 220

Il getto delle murette dovrà essere effettuato entro una distanza di $9\emptyset$ dal fronte di scavo. Il getto dell'arco rovescio dovrà avvenire entro $12\emptyset$ dal fronte di scavo o entro $9\emptyset$ nel caso di getto contemporaneo alle murette; in particolari contesti geomeccanici tale distanza potrà essere portata a $15\emptyset$.

FASE 4: impermeabilizzazione

La posa in opera dell'impermeabilizzazione sarà eseguita prima del getto del rivestimento definitivo.

FASE 5: getto del rivestimento definitivo

Il getto del rivestimento definitivo sarà eseguito ad una distanza dal fronte che dipenderà dal comportamento deformativo del cavo, tale distanza sarà comunque inferiore ai $15\emptyset$.

11.1.2 Sezioni tipo B0

La sezione tipo B0, in fase costruttiva è costituita da:

- Prerivestimento composto da uno spessore di 30 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata o fibrorinforzato e centine costituite da profilati HEB200 passo $p = 1.2$ m, controventate tra loro;
- impermeabilizzazione tipo "0" costituita da tessuto non tessuto e manto in pvc;
- rivestimento definitivo in cls semplice dello spessore di 100 cm in arco rovescio e di 90 cm in calotta.

Campo di applicazione

Per quanto concerne il campo di applicazione si veda la tabella riepilogativa riportata alla fine del paragrafo.

Fasi esecutive

Si possono considerare le seguenti fasi costruttive:

FASE 1: scavo

Esecuzione scavo di avanzamento con sfondi di lunghezza massima pari a 3.60 m compreso il disaggio, eseguendo lo scavo a piena sezione e sagomando il fronte a forma concava ad ogni sfondo parziale. Al termine dello sfondo e prima di porre in opera gli interventi di prima fase va eseguito un accurato disaggio di tutti i blocchi instabili.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 158 di 220

FASE 2: posa in opera delle centine e dello spritz-beton

Al termine di ogni singolo sfondo verrà messo in opera il rivestimento di 1a fase costituito da centine metalliche HEB200 passo 1.20m e da uno strato di spritz-beton di spessore 30 cm, armato con rete elettrosaldata ($\varnothing 6$ 15x15) o fibrorinforzato. Le centine appena posate dovranno essere collegate alle altre attraverso le apposite catene.

FASE 3: getto di murette e arco rovescio

Il getto delle murette dovrà essere effettuato entro una distanza di $9\varnothing$ dal fronte di scavo. Il getto dell'arco rovescio dovrà avvenire entro $12\varnothing$ dal fronte di scavo o entro $9\varnothing$ nel caso di getto contemporaneo alle murette; in particolari contesti geomeccanici tale distanza potrà essere portata a $15\varnothing$.

FASE 4: impermeabilizzazione

La posa in opera dell'impermeabilizzazione sarà eseguita prima del getto del rivestimento definitivo.

FASE 5: getto del rivestimento definitivo

Il getto del rivestimento definitivo sarà eseguito ad una distanza dal fronte che dipenderà dal comportamento deformativo del cavo, tale distanza sarà comunque inferiore ai $15\varnothing$.

Qualora le operazioni di scavo vengano interrotte per un tempo di circa 24 ore, è necessario porre in opera uno strato di spritz-beton di 10 cm al fronte. Se il fermo delle lavorazioni risultasse superiore a 48 h (festività o altro) il ciclo delle lavorazioni dovrà necessariamente terminare con la sagomatura del fronte a forma concava e la posa in opera delle centine e dello spritz-beton a ridosso del fronte stesso.

11.1.3 Sezione tipo B0V

La sezione tipo B0V, in fase costruttiva è costituita da:

- Prerivestimento composto da uno spessore di 30 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata o fibrorinforzato e centine costituite da profilati HEB200 passo $p = 1.0$ m, controventate tra loro;
- una coronella di n°39 tubi in acciaio $\varnothing 88.9$ Sp. 10mm, $L \geq 15.00$ m, sovrapposizione $s \geq 3.0$ m, semplicemente cementati;
- impermeabilizzazione tipo "0";
- rivestimento definitivo in cls semplice dello spessore di 110 cm in arco rovescio, spessore minimo in calotta di 60 cm, massimo di 120 cm.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 159 di 220

Campo di applicazione

Per quanto concerne il campo di applicazione si veda la tabella riepilogativa riportata alla fine del paragrafo.

Fasi esecutive

Si possono considerare le seguenti fasi costruttive:

FASE 1: posa in opera e cementazione dei tubi metallici al contorno

Perforazione e posa in opera di n°39 tubi metallici Ø 88.9 dello spessore di 10 mm L ≥ 15.00 m, sovrapposizione s ≥ 3.0m, secondo le geometrie di progetto; le fasi costruttive sono le seguenti:

- perforazione eseguita a secco $\phi \geq 130$ mm,
- inserimento del tubo in acciaio,
- cementazione dell'elemento.

FASE 2: scavo

Esecuzione scavo di avanzamento con sfondi di lunghezza massima pari a 2.00 m compreso il disaggio, eseguendo lo scavo a piena sezione e sagomando il fronte a forma concava. Al termine dello sfondo e prima di porre in opera gli interventi di prima fase va eseguito un accurato disaggio di tutti i blocchi instabili.

FASE 3: posa in opera delle centine e dello spritz-beton

Al termine di ogni singolo sfondo verrà messo in opera il rivestimento di 1a fase costituito da centine metalliche HEB200 passo 1.00m e da uno strato di spritz-beton di spessore 30 cm, armato con rete elettrosaldata ($\phi 6$ 15x15) o fibrorinforzato. Le centine appena posate dovranno essere collegate alle altre attraverso le apposite catene.

FASE 4: getto di murette e arco rovescio

Il getto delle murette dovrà essere effettuato entro una distanza di 9ϕ dal fronte di scavo. Il getto dell'arco rovescio dovrà avvenire entro 12ϕ dal fronte di scavo o entro 9ϕ nel caso di getto contemporaneo alle murette; in particolari contesti geomeccanici tale distanza potrà essere portata a 15ϕ .

FASE 5: impermeabilizzazione

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 160 di 220

La posa in opera dell'impermeabilizzazione sarà eseguita prima del getto del rivestimento definitivo.

FASE 6: getto del rivestimento definitivo

Il getto del rivestimento definitivo sarà eseguito ad una distanza dal fronte che dipenderà dal comportamento deformativo del cavo, tale distanza sarà comunque inferiore ai 15 ϕ .

Qualora le operazioni di scavo vengano interrotte per un tempo di circa 24 ore, è necessario porre in opera uno strato di spritz-beton di 10 cm al fronte. Se il fermo delle lavorazioni risultasse superiore a 48 h (festività o altro) il ciclo delle lavorazioni dovrà necessariamente terminare con la sagomatura del fronte a forma concava e la posa in opera delle centine e dello spritz-beton a ridosso del fronte stesso.

11.1.4 Sezione tipo B1

La sezione tipo B1, in fase costruttiva è costituita da:

- priverivestimento composto da centine 2IPN220 con passo $p = 1.20$ m e da uno strato di 30 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata o fibrorinforzato;
- n° 14-13 bulloni radiali ad ancoraggio continuo, $L = 5.50 - 6.50$ m, passo longitudinale 1.20 m, passo trasversale 2.00 m. Tali bulloni saranno in acciaio $\phi 24$ mm FeB 44K ad ancoraggio continuo cementati mediante iniezioni cementizie o resina epossidica;
- impermeabilizzazione tipo "0" costituita da tessuto non tessuto e manto in pvc;
- rivestimento definitivo in cls semplice dello spessore di 110 cm in arco rovescio e di 100 cm in calotta.

Campo di applicazione

Per quanto concerne il campo di applicazione si veda la tabella riepilogativa riportata alla fine del paragrafo.

Fasi esecutive

Si possono considerare le seguenti fasi costruttive:

FASE 1: scavo

Esecuzione scavo di avanzamento con sfondi di lunghezza massima pari a 1.20 m compreso il disaggio, eseguendo lo scavo a piena sezione e sagomando il fronte a forma concava ad ogni

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 161 di 220

sfondo parziale. Al termine dello sfondo e prima di porre in opera gli interventi di prima fase va eseguito un accurato disaggio di tutti i blocchi instabili.

FASE 2: posa in opera delle centine e dello spritz-beton

Al termine di ogni singolo sfondo verrà messo in opera il rivestimento di 1a fase costituito da centine metalliche 2IPN220 passo 1.20m e da uno strato di spritz-beton di spessore 30 cm, armato con rete elettrosaldata ($\varnothing 6$ 15x15) o fibrorinforzato. Le centine appena posate dovranno essere collegate alle altre attraverso le apposite catene.

FASE 3: perforazione e posa in opera dei bulloni

In corrispondenza dei calestrelli presenti tra i due profilati IPN220 verranno eseguite le perforazioni necessarie per la messa in opera dei bulloni radiali a cementazione continua. I bulloni saranno installati con passo trasversale pari a 2.00m e passo longitudinale pari ad 1.20m. L'iniezione dei bulloni dovrà avvenire entro mezzo diametro dal fronte di scavo. Successivamente all'iniezione verrà eseguito lo strato di completamento di spritz-beton sino a raggiungere lo spessore di 30 cm.

FASE 4: getto di murette e arco rovescio

Il getto delle murette dovrà essere effettuato entro una distanza di $9\varnothing$ dal fronte di scavo. Il getto dell'arco rovescio dovrà avvenire entro $12\varnothing$ dal fronte di scavo o entro $9\varnothing$ nel caso di getto contemporaneo alle murette; in particolari contesti geomeccanici tale distanza potrà essere portata a $15\varnothing$.

FASE 5: impermeabilizzazione

La posa in opera dell'impermeabilizzazione sarà eseguita prima del getto del rivestimento definitivo.

FASE 6: getto del rivestimento definitivo

Il getto del rivestimento definitivo sarà eseguito ad una distanza dal fronte che dipenderà dal comportamento deformativo del cavo, tale distanza sarà comunque inferiore ai $15\varnothing$.

Qualora le operazioni di scavo vengano interrotte per un tempo di circa 24 ore, è necessario porre in opera uno strato di spritz-beton di 10 cm al fronte, opportunamente sagomato a forma concava. Se il fermo delle lavorazioni risulta superiore a 48 h (festività o altro) il ciclo delle lavorazioni dovrà necessariamente terminare con la posa delle centine e dello spritz-beton a ridosso del fronte stesso, la sagomatura a forma concava del fronte e la realizzazione di uno strato spritz-beton armato sp. 10 cm. In relazione al comportamento deformativo del fronte e del cavo l'arco rovescio e le murette (eventualmente la calotta) dovranno essere opportunamente avvicinate al fronte.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 162 di 220

11.1.5 Sezione tipo B2

La sezione tipo B2, in fase costruttiva è costituita da:

- preconsolidamento del fronte realizzato mediante la posa in opera di n° 75 tubi in VTR, $L \geq 24$ m, sovrapp. ≥ 12 m;
- prinvestimento composto da uno spessore di 30 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata o fibrorinforzato e centine HEB240 con passo $p = 1.00$ m;
- impermeabilizzazione tipo "0" costituita da tessuto non tessuto e manto in pvc;
- rivestimento definitivo in cls dello spessore di 110 cm in arco rovescio e di 100 cm in calotta. Il getto dell'arco rovescio, delle murette e del rivestimento definitivo di calotta sarà eseguito ad una distanza dal fronte che dipenderà dal comportamento deformativo del cavo.
- eventuali drenaggi in avanzamento, in caso di presenza d'acqua;

Campo di applicazione

Per quanto concerne il campo di applicazione si veda la tabella riepilogativa riportata alla fine del paragrafo.

Fasi esecutive

Si possono considerare le seguenti fasi costruttive:

FASE 1: esecuzione del preconsolidamento del fronte.

Dal fronte di scavo, sagomato a forma concava con freccia di circa 1.5 m, si realizza il preconsolidamento del fronte mediante la posa di n° 75 tubi in VTR cementati, aventi lunghezza minima di 24.00 m e sovrapposizione ≥ 12 m. Le fasi costruttive sono le seguenti:

- esecuzione sul fronte dello strato di spritz-beton fibrorinforzato o armato con rete elettrosaldata, avente spessore di 10 cm;
- perforazione eseguita a secco $\varnothing \geq 100$ mm;
- posa dell'elemento strutturale in VTR, munito dell'opportuna attrezzatura per la cementazione ed esecuzione di cianfrinatura a boccaforo;
- esecuzione della cementazione mediante malte a ritiro controllato ogni 4÷5 fori.

Le sequenze operative andranno adattate alle caratteristiche dell'ammasso ma dovranno comunque essere tali da garantire l'inghisaggio dell'elemento strutturale al terreno mediante il completo riempimento dell'intercapedine tra elemento e pareti del foro.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 163 di 220

La fase di cementazione potrà avvenire di massima ogni 4-5 elementi già posati e comunque il prima possibile per evitare possibili franamenti del foro con conseguente perdita di efficacia dell'intervento. Il riempimento del foro avverrà dal fondo verso il paramento del fronte.

FASE 2: esecuzione eventuali drenaggi in avanzamento

In caso di presenza d'acqua dovranno essere eseguiti drenaggi in avanzamento.

FASE 3: esecuzione scavo

Esecuzione scavo di avanzamento a piena sezione per campi pari a 12 m (preconsolidamento del nucleo $L \geq 24m$ sovrapposizione $s \geq 12m$), per singoli sfondi di lunghezza massima pari a 1.00m, sagomando il fronte a forma concava ad ogni sfondo parziale ed eseguendo uno strato di spritz-beton armato di 5cm su ognuno di tali fronti.

FASE 5: posa in opera del rivestimento di prima fase

Al termine di ogni singolo sfondo verrà messo in opera il rivestimento di 1a fase costituito da centine metalliche HEB240 passo 1.00m e da uno strato di spritz-beton di spessore 30 cm, armato con rete elettrosaldata ($\varnothing 6$ 15x15) o fibrorinforzato. Le centine appena posate dovranno essere collegate alle altre attraverso le apposite catene.

FASE 6: getto arco rovescio e murette

Il getto dell'arco rovescio e delle murette dovrà avvenire entro $3\varnothing$ dal fronte nel caso di un loro getto contemporaneo, o rispettivamente entro $3\varnothing$ e $5\varnothing$ nel caso di getto differito. Le misure di estrusione del fronte e di convergenza del cavo potranno indicare:

- la necessità di effettuare tale getto entro distanze più restrittive (al limite realizzando il campo di avanzamento in due fasi distinte, alternandole al getto dell'arco rovescio);
- la lunghezza dei campioni di arco rovescio da realizzare;
- la necessità di realizzare il consolidamento del fronte del successivo campo di avanzamento prima del getto di arco rovescio e murette.

FASE 7: impermeabilizzazione

Posa in opera dell'impermeabilizzazione, eseguita prima del getto del rivestimento definitivo di calotta.

FASE 8: getto rivestimento definitivo

Il getto del rivestimento definitivo di calotta seguirà il fronte ad una distanza non superiore a $9 \varnothing$. Anche in questo caso in funzione dell'andamento delle misure di convergenza si potranno

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 164 di 220

eventualmente stabilire distanze ancora più restrittive (cioè inferiori) entro cui eseguire il getto del rivestimento definitivo.

Qualora le operazioni di scavo vengano interrotte per un periodo prossimo alle 24 ore, è necessario porre in opera al fronte uno strato di spritz-beton armato di spessore pari a 10 cm; se il fermo delle lavorazioni risulta superiore a 48 h (festività o fermi di qualsiasi natura) il ciclo delle lavorazioni dovrà necessariamente terminare con il consolidamento del fronte appena eseguito, previa sagomatura a forma concava ed esecuzione dello strato di spritz-beton armato $sp=10$ cm, e con l'arco rovescio e le murette (eventualmente la calotta) portati a ridosso del fronte stesso.

11.1.6 Sezione tipo B2V

La sezione tipo B2V, in fase costruttiva è costituita da:

- preconsolidamento del fronte realizzato mediante la posa in opera di n° 85 tubi in VTR, $L \geq 24$ m, sovrapp. ≥ 12 m;
- una coronella di n°39 tubi valvolati e iniettati (1 VLV/m) in acciaio $\varnothing 88.9$ Sp. 10 mm $L \geq 15.00$ m, sovrapposizione minima $s \geq 3.00$ m;
- priverestimento composto da uno spessore di 30 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata o fibrorinforzato e centine HEB240 con passo $p = 1.00$ m;
- impermeabilizzazione tipo "0" costituita da tessuto non tessuto e manto in pvc;
- rivestimento definitivo in cls semplice dello spessore di 110 cm in arco rovescio, spessore minimo in calotta di 60 cm, massimo di 120 cm.
- eventuali drenaggi in avanzamento, in caso di presenza d'acqua;

Campo di applicazione

Per quanto concerne il campo di applicazione si veda la tabella riepilogativa riportata alla fine del paragrafo.

Fasi esecutive

Si possono considerare le seguenti fasi costruttive:

FASE 1: esecuzione del preconsolidamento del fronte.

Dal fronte di scavo, sagomato a forma concava con freccia di circa 1.5 m, si realizza il preconsolidamento del fronte mediante la posa di n° 85 tubi in VTR cementati, aventi lunghezza minima di 24.00 m e sovrapposizione ≥ 12 m. Le fasi costruttive sono le seguenti:

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collocamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 165 di 220

- esecuzione sul fronte dello strato di spritz-beton fibrorinforzato o armato con rete elettrosaldata, avente spessore di 10 cm;
- perforazione eseguita a secco $\varnothing \geq 100$ mm;
- posa dell'elemento strutturale in VTR, munito dell'opportuna attrezzatura per la cementazione ed esecuzione di cianfrinatura a boccaforo;
- esecuzione della cementazione mediante malte a ritiro controllato ogni 4÷5 fori.

Le sequenze operative andranno adattate alle caratteristiche dell'ammasso ma dovranno comunque essere tali da garantire l'inghisaggio dell'elemento strutturale al terreno mediante il completo riempimento dell'intercapedine tra elemento e pareti del foro.

La fase di cementazione potrà avvenire di massima ogni 4-5 elementi già posati e comunque il prima possibile per evitare possibili franamenti del foro con conseguente perdita di efficacia dell'intervento. Il riempimento del foro avverrà dal fondo verso il paramento del fronte.

FASE 2: posa in opera e cementazione dei tubi metallici al contorno

Perforazione e posa in opera di n°39 tubi valvolati e iniettati (1 VLV/m) \varnothing 88.9 dello spessore di 10 mm L \geq 15.00 m secondo le geometrie di progetto; la sovrapposizione tra una serie di tubi e la successiva sarà pari a 3.00 m.

Le fasi costruttive sono le seguenti :

- perforazione eseguita a secco $\varphi \geq 130$ mm;
- inserimento del tubo in acciaio valvolato;
- formazione della guaina al contorno dell'elemento valvolati;
- iniezione in pressione di miscela cementizia a ritiro controllato, valvola per valvola.

La sequenza operativa sopra descritta andrà adattata alle caratteristiche dell'ammasso, ma dovrà in ogni caso garantire l'inghisaggio del tubo in acciaio al terreno mediante il completo riempimento dell'intercapedine con le pareti del foro. In linea generale, si dovrà avere cura di non perforare fori adiacenti, ma di lasciare almeno 3-4 fori di distanza tra perforazioni successive, procedendo alla immediata posa in opera del tubo di armatura. La fase di cementazione potrà avvenire di massima ogni 4-5 perforazioni armate e comunque il prima possibile per evitare possibili franamenti del foro, con conseguente perdita di efficacia dell'intervento. Di norma una volta realizzata la cementazione del tubo, si dovrà eseguire l'iniezione dalle singole valvole, con modalità da definire compiutamente in funzione delle reali situazioni riscontrate.

In condizioni geomeccaniche che lo consentano sarà possibile evitare l'iniezione selettiva e considerare l'intervento completo con la sola iniezione di cementazione, tale decisione dovrà essere a cura del progettista in funzione delle caratteristiche geomeccaniche dell'ammasso riscontrate.

Le caratteristiche delle miscele impiegate, sono riportate nell'elaborato grafico "Scavi e consolidamenti – Sezione tipo B2V".

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>CODIV Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>
	<p>A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC</p> <p>Foglio 166 di 220</p>

FASE 3: esecuzione eventuali drenaggi in avanzamento

In caso di presenza d'acqua dovranno essere eseguiti drenaggi in avanzamento.

FASE 4: esecuzione scavo

Esecuzione scavo di avanzamento a piena sezione per campi pari a 12 m (preconsolidamento del nucleo $L \geq 24\text{m}$ sovrapposizione $s \geq 12\text{m}$), per singoli sfondi di lunghezza massima pari a 1.00m, sagomando il fronte a forma concava ad ogni sfondo parziale ed eseguendo uno strato di spritz-beton armato di 5cm su ognuno di tali fronti.

FASE 5: posa in opera del rivestimento di prima fase

Al termine di ogni singolo sfondo verrà messo in opera il rivestimento di 1a fase costituito da centine metalliche HEB240 passo 1.00m e da uno strato di spritz-beton di spessore 30 cm, armato con rete elettrosaldata ($\varnothing 6$ 15x15) o fibrorinforzato. Le centine appena posate dovranno essere collegate alle altre attraverso le apposite catene.

FASE 6: getto arco rovescio e murette

Il getto dell'arco rovescio e delle murette dovrà avvenire entro $3\varnothing$ dal fronte nel caso di un loro getto contemporaneo, o rispettivamente entro $3\varnothing$ e $5\varnothing$ nel caso di getto differito. Le misure di estrusione del fronte e di convergenza del cavo potranno indicare:

- la necessità di effettuare tale getto entro distanze più restrittive (al limite realizzando il campo di avanzamento in due fasi distinte, alternandole al getto dell'arco rovescio);
- la lunghezza dei campioni di arco rovescio da realizzare;
- la necessità di realizzare il consolidamento del fronte del successivo campo di avanzamento prima del getto di arco rovescio e murette.

FASE 7: impermeabilizzazione

Posa in opera dell'impermeabilizzazione, eseguita prima del getto del rivestimento definitivo di calotta.

FASE 8: getto rivestimento definitivo

Il getto del rivestimento definitivo di calotta seguirà il fronte ad una distanza non superiore a $9\varnothing$. Anche in questo caso in funzione dell'andamento delle misure di convergenza si potranno eventualmente stabilire distanze ancora più restrittive (cioè inferiori) entro cui eseguire il getto del rivestimento definitivo.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 167 di 220

Qualora le operazioni di scavo vengano interrotte per un periodo prossimo alle 24 ore, è necessario porre in opera al fronte uno strato di spritz-beton armato di spessore pari a 10 cm; se il fermo delle lavorazioni risulta superiore a 48 h (festività o fermi di qualsiasi natura) il ciclo delle lavorazioni dovrà necessariamente terminare con il consolidamento del fronte appena eseguito, previa sagomatura a forma concava ed esecuzione dello strato di spritz-beton armato $sp=10$ cm, e con l'arco rovescio e le murette (eventualmente la calotta) portati a ridosso del fronte stesso.

11.1.7 Sezione tipo B4

La sezione tipo B4 è costituita da:

- preconsolidamento del fronte realizzato mediante la posa in opera di n° 75 tubi in VTR, lunghezza ≥ 24 m, sovrapp. ≥ 12 m, cementati;
- n° 14-13 bulloni radiali ad ancoraggio continuo $\varnothing 28$ mm FeB 44K, lunghezza 5.50 – 6.50 m, passo trasversale 2.00 m, passo longitudinale 1.00m, cementati mediante iniezioni cementizie o resina epossidica;
- priverstimento composto da uno strato di 30 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata o fibrorinforzato e centine 2IPN240 con passo $p = 1.00$;
- impermeabilizzazione tipo "0" costituita da tessuto non tessuto e un manto in pvc;
- rivestimento definitivo in cls dello spessore di 110 cm in arco rovescio e di 100 cm in calotta. Il getto dell'arco rovescio, delle murette e del rivestimento definitivo di calotta sarà eseguito ad una distanza dal fronte che dipenderà dal comportamento deformativo del cavo.

Campo di applicazione

Per quanto concerne il campo di applicazione si veda la tabella riepilogativa riportata alla fine del paragrafo.

Interventi previsti

Si possono considerare le seguenti fasi costruttive:

FASE 1: esecuzione del preconsolidamento del fronte.

Dal fronte di scavo, sagomato a forma concava, si realizza il preconsolidamento del fronte mediante la posa di 75 tubi in VTR cementati, aventi sovrapposizione ≥ 12 m. Le fasi costruttive sono le seguenti:

- esecuzione sul fronte dello strato di spritz-beton fibrorinforzato o armato con rete elettrosaldata, avente spessore di 10 cm;

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 168 di 220

- perforazione eseguita a secco $\varnothing \geq 100$ mm;
- posa del tubo in VTR ad aderenza migliorata, munito dell'opportuna attrezzatura per la cementazione ed esecuzione di cianfrinatura a boccaforo;
- esecuzione della cementazione mediante miscele cementizie a ritiro controllato ogni 4+5 fori;

Le sequenze operative andranno adattate alle caratteristiche dell'ammasso ma dovranno comunque essere tali da garantire l'inghisaggio dell'elemento strutturale mediante il completo riempimento dell'intercapedine tra elemento e pareti del foro, nonché delle parti costituenti l'elemento strutturale.

La fase di cementazione potrà avvenire di massima ogni 4-5 elementi già posati e comunque il prima possibile per evitare possibili franamenti del foro con conseguente perdita di efficacia dell'intervento. Le caratteristiche della miscela da impiegare sono riportate nella tabella materiali riportate nel relativo elaborato grafico.

FASE 2: esecuzione di eventuali drenaggi

Esecuzione di eventuali drenaggi in avanzamento, in caso di presenza d'acqua, il cui numero, le posizioni e le relative inclinazioni saranno definite in dettaglio in corso d'opera in funzione della situazione effettivamente riscontrata. Nel caso debbano essere eseguiti, al termine degli interventi di preconsolidamento descritti nella fase 1, si prevede l'uso di drenaggi costituiti da n° max 4 tubi in PVC microfessurati per 20 m a partire da fondo foro e "ciechi" per 10 m verso bocca foro, del diametro $\varnothing \approx 60$ mm spessore 4 mm e protezione in geotessile, messi in opera all'interno di un foro con diametro $\varnothing \geq 100$ mm. Dopo la posa in opera del tubo in PVC, si dovranno adottare opportuni accorgimenti per isolare il tratto microfessurato da quello cieco (sacco otturatore, cementazione), ad evitare dannose percolazioni dell'acqua raccolta in avanzamento all'interno del nucleo consolidato.

FASE 3: esecuzione scavo

Esecuzione scavo di avanzamento a piena sezione per campi pari a 12 m (preconsolidamento del nucleo $L \geq 24$ m sovrapposizione $s \geq 12$ m), per singoli sfondi di lunghezza massima pari a 1.00m, sagomando il fronte a forma concava ad ogni sfondo parziale ed eseguendo uno strato di spritz-beton armato di 5cm su ognuno di tali fronti.

FASE 4: posa in opera del rivestimento di prima fase

Al termine di ogni singolo sfondo verrà messo in opera il rivestimento di 1a fase costituito da centine metalliche 2IPN240 passo 1.00 m e da uno strato di spritz-beton, armato con rete elettrosaldata ($\varnothing 6$ 15x15) o fibrorinforzato, di spessore 30 cm. Le centine appena posate dovranno essere collegate alle altre attraverso le apposite catene.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 169 di 220

FASE 5: perforazione e posa in opera dei bulloni

In corrispondenza dei calestrelli presenti tra i due profilati IPN240 verranno eseguite le perforazioni necessarie per la messa in opera dei bulloni radiali a cementazione continua. I bulloni saranno installati con passo trasversale pari a 2.00m e passo longitudinale pari ad 1.00m. L'iniezione dei bulloni dovrà avvenire entro mezzo diametro dal fronte di scavo. Successivamente all'iniezione verrà eseguito lo strato di completamento di spritz-beton sino a raggiungere lo spessore di 30 cm.

FASE 6: getto arco rovescio e murette

Il getto dell'arco rovescio e delle murette dovrà avvenire entro 3Ø dal fronte nel caso di un loro getto contemporaneo, o rispettivamente entro 5Ø e 3Ø nel caso di getto differito. Le misure di estrusione del fronte e di convergenza del cavo potranno indicare:

- la necessità di effettuare tale getto entro distanze più restrittive (al limite realizzando il campo di avanzamento in due fasi distinte, alternandole al getto dell'arco rovescio);
- la lunghezza dei campioni di arco rovescio da realizzare;
- la necessità di realizzare il consolidamento del fronte del successivo campo di avanzamento prima del getto di arco rovescio e murette.

FASE 7: impermeabilizzazione

Posa in opera dell'impermeabilizzazione, eseguita prima del getto del rivestimento definitivo.

FASE 8: getto rivestimento definitivo

Tale operazione seguirà il fronte ad una distanza non superiore a 9 Ø. Anche in questo caso in funzione dell'andamento delle misure di convergenza si potranno eventualmente stabilire distanze ancora più restrittive (cioè inferiori) entro cui eseguire il getto del rivestimento definitivo.

Qualora le operazioni di scavo vengano interrotte per un periodo prossimo alle 24 ore, è necessario porre in opera al fronte, sagomato a forma concava, uno strato di spritz-beton di spessore pari a 10 cm: Se il fermo delle lavorazioni risulta superiore a 48 h (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 a ridosso del fronte stesso. In relazione al comportamento deformativo del fronte e del cavo, arco rovescio e murette dovranno essere opportunamente avvicinate al fronte.

11.1.8 Sezione tipo C2

La sezione tipo C2 è costituita da:

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 170 di 220

- un preconsolidamento del fronte realizzato mediante la posa in opera di n° 75 tubi in VTR, L \geq 24.00 m sovrapp. \geq 12 m, cementati.
- un preconsolidamento al contorno della futura sezione di scavo mediante iniezioni cementizie in pressione, realizzate mediante 70 tubi in VTR L \geq 24.00 m, sovrapp. \geq 12 m, valvolati con 1 vlv/m;
- eventuali drenaggi in avanzamento, in caso di presenza d'acqua;
- eventuale preconsolidamento al piede delle centine mediante 6+6 tubi in VTR, L \geq 24.00 m, sovrapp. \geq 12 m (da non eseguirsi nel caso della sezione tipo con puntone);
- un priverstimento composto da centine HEB240 con passo p = 1.00m e da uno strato di 30 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata o fibrorinforzato;
- impermeabilizzazione tipo "0" costituita da tessuto non tessuto e un manto in pvc;
- rivestimento definitivo in cls armato dello spessore di 110 cm in arco rovescio e dello spessore di 100 cm in calotta.

Campo d'applicazione

Per quanto concerne il campo di applicazione si veda la tabella riepilogativa riportata alla fine del paragrafo.

Fasi esecutive

Si possono considerare le seguenti fasi costruttive:

FASE 1: esecuzione del preconsolidamento del fronte.

Dal fronte di scavo, sagomato a forma concava con freccia di circa 1.5 m, si realizza il preconsolidamento del fronte mediante la posa di 75 tubi in VTR cementati, aventi lunghezza minima di 24.00 m e sovrapposizione s \geq 12 m. Le fasi costruttive sono le seguenti:

- esecuzione sul fronte dello strato di spritz-beton fibrorinforzato o armato con rete elettrosaldata, avente spessore di 10 cm;
- perforazione eseguita a secco $\varnothing \geq 100$ mm;
- posa dell'elemento strutturale in VTR ad aderenza migliorata, munito dell'opportuna attrezzatura per la cementazione ed esecuzione di cianfrinatura a boccaforo;
- esecuzione della cementazione mediante miscele cementizie a ritiro controllato ogni 4+5 fori;

Le sequenze operative andranno adattate alle caratteristiche dell'ammasso ma dovranno comunque essere tali da garantire l'inghisaggio dell'elemento strutturale al terreno mediante il completo riempimento dell'intercapedine tra elemento e pareti del foro.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 171 di 220

La fase di cementazione potrà avvenire di massima ogni 4-5 elementi già posati e comunque il prima possibile per evitare possibili franamenti del foro con conseguente perdita di efficacia dell'intervento.

FASE 2: consolidamento al contorno ed al piede della centina

Dal fronte di scavo, si realizza un arco di terreno consolidato mediante iniezioni cementizie al contorno della futura sezione di scavo ed eventualmente in prossimità del piede della centina (il consolidamento al piede non verrà eseguito in presenza di sezione con puntone), attraverso perforazioni inclinate rispetto all'orizzontale secondo quanto indicato negli elaborati di progetto.

Le modalità esecutive risultano:

- perforazione eseguita a secco $\phi \geq 100\text{mm}$;
- inserimento del tubo in VTR ad elevata resistenza allo scoppio ($p > 7\text{MPa}$), valvolato con 1 valv./m per iniezioni in pressione; tali tubi potranno essere anche in resina poliestere rinforzata con fibre di vetro;
- formazione della "guaina" al contorno del tubo ogni 4÷5 fori mediante cementazione con miscela ricca in bentonite le cui caratteristiche di massima sono riportate nel relativo elaborato grafico;
- iniezione in pressione, valvola per valvola, di una miscela cementizia le cui caratteristiche di massima, da definire compiutamente in corso d'opera, sono riportate nel relativo elaborato grafico.

Le sequenze operative andranno adattate alle caratteristiche dell'ammasso ma dovranno comunque essere tali da garantire l'inghisaggio dell'elemento strutturale al terreno mediante il completo riempimento dell'intercapedine tra elemento e pareti del foro.

La fase di cementazione o formazione della guaina potrà avvenire di massima ogni 4-5 elementi già posati e comunque il prima possibile per evitare possibili franamenti del foro con conseguente perdita di efficacia dell'intervento.

L'iniezione della guaina avverrà dal fondo verso il paramento del fronte: analogamente avverrà per l'iniezione in pressione dalle singole valvole.

Il numero delle valvole a metro lineare utilizzate per la realizzazione delle iniezioni in pressione al contorno della sezione di scavo potrà variare in funzione delle caratteristiche dell'ammasso e dei risultati dei consolidamenti precedenti riscontrati in corso d'opera.

In corso d'opera si potrà valutare la possibilità di variare la metodologia di perforazione indicata nelle fasi 1 e 2 (a secco) utilizzando un opportuno fluido di perforazione (miscela cementizia, acqua additivata con agente schiumogeno, ...), in funzione delle caratteristiche dell'ammasso e previa esecuzione di adeguate prove in sito, atte a garantire:

- ai fini del consolidamento del terreno, caratteristiche funzionali e di resistenza non inferiori a quanto fornito seguendo le attuali prescrizioni;

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 172 di 220

- l'assenza di problemi connessi alla "sensibilità" dei terreni interessati dalle perforazioni (minerali rigonfianti, frazioni argillose attive);
- condizioni di inghisaggio analoghe a quelle ottenute con la perforazione a secco.

FASE 3: esecuzione di eventuali drenaggi (eventuali)

Esecuzione di eventuali drenaggi in avanzamento, in caso di presenza d'acqua, il cui numero, le posizioni e le relative inclinazioni saranno definite in corso d'opera in funzione della situazione effettivamente riscontrata. Nel caso debbano essere eseguiti, al termine degli interventi di preconsolidamento descritti nella fase 2, si prevede l'uso di drenaggi costituiti da n° max 6 tubi in PVC microfessurati per 20 m a partire da fondo foro e "ciechi" per 10 m verso bocca foro, del diametro $\varnothing \approx 60$ mm spessore 4 mm e protezione in geotessile, messi in opera all'interno di un foro con diametro $\varnothing \geq 100$ mm. Dopo la posa in opera del tubo in PVC, si dovranno adottare opportuni accorgimenti per isolare il tratto microfessurato da quello cieco (sacco otturatore, cementazione), ad evitare dannose percolazioni dell'acqua raccolta in avanzamento all'interno del nucleo consolidato.

Il numero, le posizioni e le relative inclinazioni saranno definite in dettaglio in corso d'opera in funzione della situazione effettivamente riscontrata.

FASE 4: esecuzione scavo

Esecuzione scavo di avanzamento a piena sezione per campi di lunghezza massima di 12 m (lunghezza consolidamenti contorno ≥ 24.00 m, sovrapposizione ≥ 12 m; lunghezza consolidamenti fronte ≥ 24.00 m, sovrapposizione ≥ 12 m), per singoli sfondi di lunghezza massima pari a 1.00m, sagomando il fronte a forma concava ad ogni sfondo parziale ed eseguendo uno strato di spritz-beton armato di 5cm su ognuno di tali fronti.

FASE 5: posa in opera del rivestimento di prima fase

Al termine di ogni singolo sfondo verrà messo in opera il rivestimento di 1a fase costituito da centine metalliche HEB240 passo 1.00 m e da uno strato di spritz-beton, di spessore pari a 30 cm, armato con rete elettrosaldata ($\varnothing 6$ 15x15) o fibrorinforzato. Le centine appena posate dovranno essere collegate alle altre attraverso le apposite catene.

FASE 6: getto arco rovescio e murette

Il getto dell'arco rovescio e delle murette dovrà avvenire entro $3\varnothing$ dal fronte. Le misure di estrusione del fronte e di convergenza del cavo potranno indicare:

- la necessità di effettuare tale getto entro distanze più restrittive (al limite realizzando il campo di avanzamento in due fasi distinte, alternandole al getto dell'arco rovescio);
- la lunghezza dei campioni di arco rovescio da realizzare;
- la possibilità di realizzare il consolidamento del fronte del successivo campo di avanzamento prima del getto di arco rovescio e murette.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC	Foglio 173 di 220

FASE 7: impermeabilizzazione

La posa in opera dell'impermeabilizzazione sarà eseguita prima del getto del rivestimento definitivo.

FASE 8: getto rivestimento definitivo

Tale operazione seguirà il fronte ad una distanza non superiore a 5 \emptyset . Anche in questo caso in funzione dell'andamento delle misure di convergenza si potranno eventualmente stabilire distanze ancora più restrittive (cioè inferiori) entro cui eseguire il getto del rivestimento definitivo.

Qualora le operazioni di scavo vengano interrotte per un periodo prossimo alle 24 ore, è necessario porre in opera al fronte uno strato di spritz-beton di spessore pari a 10 cm, con lo scopo di evitare che il materiale al contatto con l'atmosfera subisca deterioramenti; se il fermo delle lavorazioni risulta superiore a 48 h (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 portati a ridosso del fronte stesso.

11.1.9 Sezione tipo C4

La sezione tipo C4, in fase costruttiva è costituita da:

- preconsolidamento del fronte realizzato mediante la posa in opera di n° 85 tubi in VTR $L \geq 24.00$ m, sovrapp. ≥ 12 m, cementati con miscele cementizie a ritiro controllato;
- preconsolidamento al contorno della futura sezione di scavo mediante n° 85 tubi in VTR, $L \geq 24.00$ m, sovrapp. ≥ 12 m cementati con miscele cementizie a ritiro controllato;
- eventuale preconsolidamento al piede delle centine mediante 6+6 tubi in VTR, $L \geq 24.00$ m, sovrapp. ≥ 12 m, da eseguirsi qualora non venga utilizzato il puntone in arco rovescio;
- eventuali drenaggi in avanzamento, in caso di presenza d'acqua;
- priverestimento composto da centine HEB240 passo $p = 1.00$ m e da uno strato di 30 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata o fibrorinforzato;
- impermeabilizzazione tipo "0" costituita da tessuto non tessuto e manto in pvc;
- arco rovescio in cls semplice dello spessore di 110 cm, rivestimento definitivo dello spessore di 100 cm in calotta.

Campo di applicazione

Per quanto concerne il campo di applicazione si veda la tabella riepilogativa riportata alla fine del paragrafo.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 174 di 220

Interventi previsti

Si possono considerare le seguenti fasi costruttive:

FASE 1: esecuzione del preconsolidamento del fronte

Dal fronte di scavo, sagomato a forma concava con freccia di circa 1.5 m, si realizza il preconsolidamento del fronte mediante la posa di n° 85 tubi in VTR cementati con miscela a ritiro controllato, aventi lunghezza minima di 24.00 m e sovrapposizione ≥ 12 m. Le fasi costruttive sono le seguenti:

- esecuzione sul fronte dello strato di spritz-beton fibrorinforzato o armato con rete elettrosaldata, avente spessore di 10 cm;
- perforazione eseguita a secco $\varnothing \geq 100$ mm;
- posa dell'elemento strutturale in VTR, munito dell'opportuna attrezzatura per la cementazione ed esecuzione di cianfrinatura a boccaforo;
- esecuzione della cementazione mediante miscele cementizie a ritiro controllato ogni 4+5 fori;

Le sequenze operative andranno adattate alle caratteristiche dell'ammasso ma dovranno comunque essere tali da garantire l'inghisaggio dell'elemento strutturale al terreno mediante il completo riempimento dell'intercapedine tra elemento e pareti del foro.

La fase di cementazione potrà avvenire di massima ogni 4-5 elementi già posati e comunque il prima possibile per evitare possibili franamenti del foro con conseguente perdita di efficacia dell'intervento. Il riempimento del foro avverrà dal fondo verso il paramento del fronte.

Le caratteristiche della miscela da impiegare sono riportate nella tabella materiali del relativo elaborato grafico.

FASE 2: consolidamento al contorno della sezione

Dal fronte di scavo, si realizza un arco di terreno consolidato mediante la posa in opera di n° 85 tubi in VTR cementati, aventi lunghezza minima di 24.00 m e sovrapposizione ≥ 12 m. al contorno della futura sezione di scavo ed eventualmente in prossimità del piede della centina (il consolidamento al piede non verrà eseguito in presenza di sezione con puntone), attraverso perforazioni inclinate rispetto all'orizzontale secondo quanto indicato negli elaborati di progetto.

FASE 3: esecuzione drenaggi in avanzamento (eventuali)

L'esecuzione di drenaggi al contorno della sezione, secondo il numero e le geometrie indicate in progetto, avverrà al termine degli interventi di preconsolidamento descritti nella fase 2.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 175 di 220

FASE 4: esecuzione scavo

Esecuzione scavo di avanzamento a piena sezione per una lunghezza massima di 12 m (consolidamenti L = 24.00m, sovrapposizione ≥ 12 m), per singoli sfondi max. di 1.00 m, sagomando il fronte a forma concava anche ad ogni sfondo parziale ed eseguendo uno strato di spritz-beton armato, sp.5 cm, su ognuno di tali fronti.

FASE 5: posa in opera del rivestimento di prima fase

Al termine di ogni singolo sfondo verrà messo in opera il rivestimento di 1a fase costituito da centine metalliche HEB240 passo 1.00 m (più puntone per la sezione tipo C4sb con puntone) e da uno strato di spritz-beton, di spessore pari a 30 cm, armato o fibrorinforzato. Le centine appena posate dovranno essere collegate alle altre attraverso le apposite catene.

FASE 6: getto arco rovescio e murette

Il getto dell'arco rovescio e delle murette dovrà avvenire entro $3\emptyset$ dal fronte. Le misure di estrusione del fronte e di convergenza del cavo potranno indicare:

- la necessità di effettuare tale getto entro distanze più restrittive (al limite realizzando il campo di avanzamento in due fasi distinte, alternandole al getto dell'arco rovescio);
- la lunghezza dei campioni di arco rovescio da realizzare;
- la possibilità di realizzare il consolidamento del fronte del successivo campo di avanzamento prima del getto di arco rovescio e murette.

FASE 7: impermeabilizzazione

Posa in opera dell'impermeabilizzazione, eseguita prima del getto del rivestimento definitivo.

FASE 8: getto rivestimento definitivo

Tale operazione seguirà il fronte ad una distanza non superiore a $5 \emptyset$. Anche in questo caso in funzione dell'andamento delle misure di convergenza si potranno eventualmente stabilire distanze ancora più restrittive (cioè inferiori) entro cui eseguire il getto del rivestimento definitivo.

Qualora le operazioni di scavo vengano interrotte per un periodo prossimo alle 24 ore, è necessario porre in opera al fronte, sagomato a forma concava, uno strato di spritz-beton armato di spessore pari a 10 cm, con lo scopo di evitare che il materiale al contatto con l'atmosfera subisca deterioramenti. Se il fermo delle lavorazioni risulta superiore a 48 h (festività o fermi di qualsiasi natura) il ciclo delle lavorazioni dovrà necessariamente terminare con il consolidamento del fronte appena eseguito (eventualmente incrementato), 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

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 176 di 220

rovescio e le murette portati 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.

La sequenza operativa di perforazione, inserimento del tubo o dell'elemento strutturale in VTR e cementazione indicata precedentemente, andrà adattata alle caratteristiche dell'ammasso, prevedendo comunque l'inserimento del tubo o dell'elemento strutturale in VTR e la successiva cementazione massimo ogni 5 perforazioni realizzate, garantendo comunque il completo riempimento del foro e l'inghisaggio del tubo o dell'elemento strutturale. In corso d'opera si potrà comunque valutare la possibilità di variare la metodologia di perforazione indicata (a secco) utilizzando un opportuno fluido di perforazione (miscele cementizie, acqua additivata con agenti schiumogeni, etc) in funzione delle caratteristiche dell'ammasso e previa esecuzione di adeguate prove in sito, atte a garantire:

- caratteristiche di resistenza e funzionali ai fini del consolidamento del terreno non inferiori a quanto fornito seguendo le attuali prescrizioni;
- l'assenza di problemi connessi alla "sensibilità" dei terreni interessati dalle perforazioni (minerali rigonfianti, frazioni argillose attive, etc)
- condizioni di inghisaggio analoghe a quelle ottenute con la perforazione a secco.

11.2 SEZIONI CUNICOLO DI SFOLLAMENTO

11.2.1 Sezione tipo B0L

La sezione tipo B0L, in fase costruttiva è costituita da:

- Prerivestimento composto da uno spessore di 20 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata o fibrorinforzato e centine costituite da profilati 2IPN160 passo $p = 1.4$ m, controventate tra loro;
- impermeabilizzazione tipo "0" costituita da tessuto non tessuto e manto in pvc;
- rivestimento definitivo in cls semplice dello spessore di 80 cm in arco rovescio e di 60 cm in chiave calotta.

Campo di applicazione

Per quanto concerne il campo di applicazione si veda la tabella riepilogativa riportata alla fine del paragrafo.

Fasi esecutive

Si possono considerare le seguenti fasi costruttive:

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 177 di 220

FASE 1: scavo

Esecuzione scavo di avanzamento con sfondi di lunghezza massima pari a 4.20 m compreso il disaggio, eseguendo lo scavo a piena sezione e sagomando il fronte a forma concava anche ad ogni sfondo parziale. Al termine dello sfondo e prima di porre in opera gli interventi di prima fase va eseguito un accurato disaggio di tutti i blocchi instabili.

FASE 2: posa in opera delle centine e dello spritz-beton

Al termine di ogni singolo sfondo verrà messo in opera il rivestimento di 1a fase costituito da centine metalliche 2IPN160 passo 1.40m e da uno strato di spritz-beton di spessore 20 cm, armato con rete elettrosaldata ($\phi 6$ 15x15) o fibrorinforzato. Le centine appena posate dovranno essere collegate alle altre attraverso le apposite catene.

FASE 3: getto di murette e arco rovescio

Il getto delle murette dovrà essere effettuato entro una distanza di 9ϕ dal fronte di scavo. Il getto dell'arco rovescio dovrà avvenire entro 12ϕ dal fronte di scavo o entro 9ϕ nel caso di getto contemporaneo alle murette; in particolari contesti geomeccanici tale distanza potrà essere portata a 15ϕ .

FASE 4: impermeabilizzazione

La posa in opera dell'impermeabilizzazione sarà eseguita prima del getto del rivestimento definitivo.

FASE 5: getto del rivestimento definitivo

Il getto del rivestimento definitivo sarà eseguito ad una distanza dal fronte che dipenderà dal comportamento deformativo del cavo, tale distanza sarà comunque inferiore ai 15ϕ .

11.2.2 Sezioni tipo B0

La sezione tipo B0, in fase costruttiva è costituita da:

- Prerivestimento composto da uno spessore di 25 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata o fibrorinforzato e centine costituite da profilati HEB180 passo $p = 1.2$ m, controventate tra loro;
- impermeabilizzazione tipo "0" costituita da tessuto non tessuto e manto in pvc;
- rivestimento definitivo in cls semplice dello spessore di 100 cm in arco rovescio e di 70 cm in calotta.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 178 di 220

Campo di applicazione

Per quanto concerne il campo di applicazione si veda la tabella riepilogativa riportata alla fine del paragrafo.

Fasi esecutive

Si possono considerare le seguenti fasi costruttive:

FASE 1: scavo

Esecuzione scavo di avanzamento con sfondi di lunghezza massima pari a 3.60 m compreso il disaggio, eseguendo lo scavo a piena sezione e sagomando il fronte a forma concava ad ogni sfondo parziale. Al termine dello sfondo e prima di porre in opera gli interventi di prima fase va eseguito un accurato disaggio di tutti i blocchi instabili.

FASE 2: posa in opera delle centine e dello spritz-beton

Al termine di ogni singolo sfondo verrà messo in opera il rivestimento di 1a fase costituito da centine metalliche HEB180 passo 1.20m e da uno strato di spritz-beton di spessore 25 cm, armato con rete elettrosaldata ($\varnothing 6$ 15x15) o fibrorinforzato. Le centine appena posate dovranno essere collegate alle altre attraverso le apposite catene.

FASE 3: getto di murette e arco rovescio

Il getto delle murette dovrà essere effettuato entro una distanza di $9\varnothing$ dal fronte di scavo. Il getto dell'arco rovescio dovrà avvenire entro $12\varnothing$ dal fronte di scavo o entro $9\varnothing$ nel caso di getto contemporaneo alle murette; in particolari contesti geomeccanici tale distanza potrà essere portata a $15\varnothing$.

FASE 4: impermeabilizzazione

La posa in opera dell'impermeabilizzazione sarà eseguita prima del getto del rivestimento definitivo.

FASE 5: getto del rivestimento definitivo

Il getto del rivestimento definitivo sarà eseguito ad una distanza dal fronte che dipenderà dal comportamento deformativo del cavo, tale distanza sarà comunque inferiore ai $15\varnothing$.

Qualora le operazioni di scavo vengano interrotte per un tempo di circa 24 ore, è necessario porre in opera uno strato di spritz-beton di 10 cm al fronte. Se il fermo delle lavorazioni risultasse superiore a 48 h (festività o altro) il ciclo delle lavorazioni dovrà necessariamente terminare con la sagomatura del fronte a forma concava e la posa in opera delle centine e dello spritz-beton a ridosso del fronte stesso.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 179 di 220

11.2.3 Sezione tipo B0V

La sezione tipo B0V, in fase costruttiva è costituita da:

- Prerivestimento composto da uno spessore di 20 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata o fibrorinforzato e centine costituite da 2 profilati IPN160 passo $p = 1.2$ m, controventate tra loro;
- una coronella di n°27 tubi in acciaio $\varnothing 88.9$ Sp. 10mm, $L \geq 15.00$ m, sovrapposizione $s \geq 3.0$ m, semplicemente cementati;
- impermeabilizzazione tipo "0";
- rivestimento definitivo in cls semplice dello spessore di 100 cm in arco rovescio, spessore minimo in calotta di 50 cm, massimo di 120 cm.

Campo di applicazione

Per quanto concerne il campo di applicazione si veda la tabella riepilogativa riportata alla fine del paragrafo.

Fasi esecutive

Si possono considerare le seguenti fasi costruttive:

FASE 1: posa in opera e cementazione dei tubi metallici al contorno

Perforazione e posa in opera di n°27 tubi metallici $\varnothing 88.9$ dello spessore di 10 mm $L \geq 15.00$ m, sovrapposizione $s \geq 3.0$ m, secondo le geometrie di progetto; le fasi costruttive sono le seguenti:

- perforazione eseguita a secco $\varphi \geq 130$ mm,
- inserimento del tubo in acciaio,
- cementazione dell'elemento.

FASE 2: scavo

Esecuzione scavo di avanzamento con sfondi di lunghezza massima pari a 2.40 m compreso il disaggio, eseguendo lo scavo a piena sezione e sagomando il fronte a forma concava. Al termine dello sfondo e prima di porre in opera gli interventi di prima fase va eseguito un accurato disaggio di tutti i blocchi instabili.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 180 di 220

FASE 3: posa in opera delle centine e dello spritz-beton

Al termine di ogni singolo sfondo verrà messo in opera il rivestimento di 1a fase costituito da centine metalliche 2IPN160 passo 1.20m e da uno strato di spritz-beton di spessore 20 cm, armato con rete elettrosaldata ($\varnothing 6$ 15x15) o fibrorinforzato. Le centine appena posate dovranno essere collegate alle altre attraverso le apposite catene.

FASE 4: getto di murette e arco rovescio

Il getto delle murette dovrà essere effettuato entro una distanza di $9\varnothing$ dal fronte di scavo. Il getto dell'arco rovescio dovrà avvenire entro $12\varnothing$ dal fronte di scavo o entro $9\varnothing$ nel caso di getto contemporaneo alle murette; in particolari contesti geomeccanici tale distanza potrà essere portata a $15\varnothing$.

FASE 5: impermeabilizzazione

La posa in opera dell'impermeabilizzazione sarà eseguita prima del getto del rivestimento definitivo.

FASE 6: getto del rivestimento definitivo

Il getto del rivestimento definitivo sarà eseguito ad una distanza dal fronte che dipenderà dal comportamento deformativo del cavo, tale distanza sarà comunque inferiore ai $15\varnothing$.

Qualora le operazioni di scavo vengano interrotte per un tempo di circa 24 ore, è necessario porre in opera uno strato di spritz-beton di 10 cm al fronte. Se il fermo delle lavorazioni risultasse superiore a 48 h (festività o altro) il ciclo delle lavorazioni dovrà necessariamente terminare con la sagomatura del fronte a forma concava e la posa in opera delle centine e dello spritz-beton a ridosso del fronte stesso.

11.2.4 Sezione tipo B1

La sezione tipo B1, in fase costruttiva è costituita da:

- priverivestimento composto da centine 2IPN220 con passo $p = 1.20$ m e da uno strato di 30 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata o fibrorinforzato;
- n° 10-11 bulloni radiali ad ancoraggio continuo, $L = 5.50 - 6.50$ m, passo longitudinale 1.20 m, passo trasversale 2.00 m. Tali bulloni saranno in acciaio $\varnothing 24$ mm FeB 44K ad ancoraggio continuo cementati mediante iniezioni cementizie o resina epossidica;
- impermeabilizzazione tipo "0" costituita da tessuto non tessuto e manto in pvc;
- rivestimento definitivo in cls semplice dello spessore di 100 cm in arco rovescio e di 80 cm in calotta.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 181 di 220

Campo di applicazione

Per quanto concerne il campo di applicazione si veda la tabella riepilogativa riportata alla fine del paragrafo.

Fasi esecutive

Si possono considerare le seguenti fasi costruttive:

FASE 1: scavo

Esecuzione scavo di avanzamento con sfondi di lunghezza massima pari a 1.20 m compreso il disaggio, eseguendo lo scavo a piena sezione e sagomando il fronte a forma concava ad ogni sfondo parziale. Al termine dello sfondo e prima di porre in opera gli interventi di prima fase va eseguito un accurato disaggio di tutti i blocchi instabili.

FASE 2: posa in opera delle centine e dello spritz-beton

Al termine di ogni singolo sfondo verrà messo in opera il rivestimento di 1a fase costituito da centine metalliche 2IPN220 passo 1.20m e da uno strato di spritz-beton di spessore 30 cm, armato con rete elettrosaldata ($\varnothing 6$ 15x15) o fibrorinforzato. Le centine appena posate dovranno essere collegate alle altre attraverso le apposite catene.

FASE 3: perforazione e posa in opera dei bulloni

In corrispondenza dei calestrelli presenti tra i due profilati IPN220 verranno eseguite le perforazioni necessarie per la messa in opera dei bulloni radiali a cementazione continua. I bulloni saranno installati con passo trasversale pari a 2.00m e passo longitudinale pari ad 1.20m. L'iniezione dei bulloni dovrà avvenire entro mezzo diametro dal fronte di scavo. Successivamente all'iniezione verrà eseguito lo strato di completamento di spritz-beton sino a raggiungere lo spessore di 30 cm.

FASE 4: getto di murette e arco rovescio

Il getto delle murette dovrà essere effettuato entro una distanza di $9\varnothing$ dal fronte di scavo. Il getto dell'arco rovescio dovrà avvenire entro $12\varnothing$ dal fronte di scavo o entro $9\varnothing$ nel caso di getto contemporaneo alle murette; in particolari contesti geomeccanici tale distanza potrà essere portata a $15\varnothing$.

FASE 5: impermeabilizzazione

La posa in opera dell'impermeabilizzazione sarà eseguita prima del getto del rivestimento definitivo.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 182 di 220

FASE 6: getto del rivestimento definitivo

Il getto del rivestimento definitivo sarà eseguito ad una distanza dal fronte che dipenderà dal comportamento deformativo del cavo, tale distanza sarà comunque inferiore ai 15 ϕ .

Qualora le operazioni di scavo vengano interrotte per un tempo di circa 24 ore, è necessario porre in opera uno strato di spritz-beton di 10 cm al fronte, opportunamente sagomato a forma concava. Se il fermo delle lavorazioni risulta superiore a 48 h (festività o altro) il ciclo delle lavorazioni dovrà necessariamente terminare con la posa delle centine e dello spritz-beton a ridosso del fronte stesso, la sagomatura a forma concava del fronte e la realizzazione di uno strato spritz-beton armato sp. 10 cm. In relazione al comportamento deformativo del fronte e del cavo l'arco rovescio e le murette (eventualmente la calotta) dovranno essere opportunamente avvicinate al fronte.

11.2.5 Sezione tipo B2

La sezione tipo B2, in fase costruttiva è costituita da:

- preconsolidamento del fronte realizzato mediante la posa in opera di n° 60 tubi in VTR, L \geq 24 m, sovrapp. \geq 12 m;
- priverstimento composto da uno spessore di 30 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata o fibrorinforzato e centine HEB200 con passo p = 1.00 m;
- impermeabilizzazione tipo "0" costituita da tessuto non tessuto e manto in pvc;
- rivestimento definitivo in cls dello spessore di 100 cm in arco rovescio e di 80 cm in calotta. Il getto dell'arco rovescio, delle murette e del rivestimento definitivo di calotta sarà eseguito ad una distanza dal fronte che dipenderà dal comportamento deformativo del cavo.
- eventuali drenaggi in avanzamento, in caso di presenza d'acqua;

Campo di applicazione

Per quanto concerne il campo di applicazione si veda la tabella riepilogativa riportata alla fine del paragrafo.

Fasi esecutive

Si possono considerare le seguenti fasi costruttive:

FASE 1: esecuzione del preconsolidamento del fronte.

Dal fronte di scavo, sagomato a forma concava con freccia di circa 1.5 m, si realizza il preconsolidamento del fronte mediante la posa di n° 60 tubi in VTR cementati, aventi lunghezza minima di 24.00 m e sovrapposizione \geq 12 m. Le fasi costruttive sono le seguenti:

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 183 di 220

- esecuzione sul fronte dello strato di spritz-beton fibrorinforzato o armato con rete elettrosaldata, avente spessore di 10 cm;
- perforazione eseguita a secco $\varnothing \geq 100$ mm;
- posa dell'elemento strutturale in VTR, munito dell'opportuna attrezzatura per la cementazione ed esecuzione di cianfrinatura a boccaforo;
- esecuzione della cementazione mediante malte a ritiro controllato ogni 4÷5 fori.

Le sequenze operative andranno adattate alle caratteristiche dell'ammasso ma dovranno comunque essere tali da garantire l'inghisaggio dell'elemento strutturale al terreno mediante il completo riempimento dell'intercapedine tra elemento e pareti del foro.

La fase di cementazione potrà avvenire di massima ogni 4-5 elementi già posati e comunque il prima possibile per evitare possibili franamenti del foro con conseguente perdita di efficacia dell'intervento. Il riempimento del foro avverrà dal fondo verso il paramento del fronte.

FASE 2: esecuzione eventuali drenaggi in avanzamento

In caso di presenza d'acqua dovranno essere eseguiti drenaggi in avanzamento.

FASE 3: esecuzione scavo

Esecuzione scavo di avanzamento a piena sezione per campi pari a 12 m (preconsolidamento del nucleo $L \geq 24$ m sovrapposizione $s \geq 12$ m), per singoli sfondi di lunghezza massima pari a 1.00m, sagomando il fronte a forma concava ad ogni sfondo parziale ed eseguendo uno strato di spritz-beton armato di 5cm su ognuno di tali fronti.

FASE 5: posa in opera del rivestimento di prima fase

Al termine di ogni singolo sfondo verrà messo in opera il rivestimento di 1a fase costituito da centine metalliche HEB200 passo 1.00m e da uno strato di spritz-beton di spessore 30 cm, armato con rete elettrosaldata ($\varnothing 6$ 15x15) o fibrorinforzato. Le centine appena posate dovranno essere collegate alle altre attraverso le apposite catene.

FASE 6: getto arco rovescio e murette

Il getto dell'arco rovescio e delle murette dovrà avvenire entro $3\varnothing$ dal fronte nel caso di un loro getto contemporaneo, o rispettivamente entro $3\varnothing$ e $5\varnothing$ nel caso di getto differito. Le misure di estrusione del fronte e di convergenza del cavo potranno indicare:

- la necessità di effettuare tale getto entro distanze più restrittive (al limite realizzando il campo di avanzamento in due fasi distinte, alternandole al getto dell'arco rovescio);
- la lunghezza dei campioni di arco rovescio da realizzare;

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 184 di 220

- la necessità di realizzare il consolidamento del fronte del successivo campo di avanzamento prima del getto di arco rovescio e murette.

FASE 7: impermeabilizzazione

Posa in opera dell'impermeabilizzazione, eseguita prima del getto del rivestimento definitivo di calotta.

FASE 8: getto rivestimento definitivo

Il getto del rivestimento definitivo di calotta seguirà il fronte ad una distanza non superiore a $9 \varnothing$. Anche in questo caso in funzione dell'andamento delle misure di convergenza si potranno eventualmente stabilire distanze ancora più restrittive (cioè inferiori) entro cui eseguire il getto del rivestimento definitivo.

Qualora le operazioni di scavo vengano interrotte per un periodo prossimo alle 24 ore, è necessario porre in opera al fronte uno strato di spritz-beton armato di spessore pari a 10 cm; se il fermo delle lavorazioni risulta superiore a 48 h (festività o fermi di qualsiasi natura) il ciclo delle lavorazioni dovrà necessariamente terminare con il consolidamento del fronte appena eseguito, previa sagomatura a forma concava ed esecuzione dello strato di spritz-beton armato $sp=10$ cm, e con l'arco rovescio e le murette (eventualmente la calotta) portati a ridosso del fronte stesso.

11.2.6 Sezione tipo B2V

La sezione tipo B2V, in fase costruttiva è costituita da:

- preconsolidamento del fronte realizzato mediante la posa in opera di n° 60 tubi in VTR, $L \geq 24$ m, sovrapp. ≥ 12 m;
- una coronella di n°27 tubi valvolati e iniettati (1 VLV/m) in acciaio $\varnothing 88.9$ Sp. 10 mm $L \geq 15.00$ m, sovrapposizione minima $s \geq 3.00$ m;
- priverimento composto da uno spessore di 20 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata o fibrorinforzato e centine 2IPN160 con passo $p = 1.20$ m;
- impermeabilizzazione tipo "0" costituita da tessuto non tessuto e manto in pvc;
- rivestimento definitivo in cls semplice dello spessore di 100 cm in arco rovescio, spessore minimo in calotta di 50 cm, massimo di 120 cm.
- eventuali drenaggi in avanzamento, in caso di presenza d'acqua;

Campo di applicazione

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 185 di 220

Per quanto concerne il campo di applicazione si veda la tabella riepilogativa riportata alla fine del paragrafo.

Fasi esecutive

Si possono considerare le seguenti fasi costruttive:

FASE 1: esecuzione del preconsolidamento del fronte.

Dal fronte di scavo, sagomato a forma concava con freccia di circa 1.5 m, si realizza il preconsolidamento del fronte mediante la posa di n° 60 tubi in VTR cementati, aventi lunghezza minima di 24.00 m e sovrapposizione ≥ 12 m. Le fasi costruttive sono le seguenti:

- esecuzione sul fronte dello strato di spritz-beton fibrorinforzato o armato con rete elettrosaldata, avente spessore di 10 cm;
- perforazione eseguita a secco $\varnothing \geq 100$ mm;
- posa dell'elemento strutturale in VTR, munito dell'opportuna attrezzatura per la cementazione ed esecuzione di cianfrinatura a boccaforo;
- esecuzione della cementazione mediante malte a ritiro controllato ogni 4÷5 fori.

Le sequenze operative andranno adattate alle caratteristiche dell'ammasso ma dovranno comunque essere tali da garantire l'inghisaggio dell'elemento strutturale al terreno mediante il completo riempimento dell'intercapedine tra elemento e pareti del foro.

La fase di cementazione potrà avvenire di massima ogni 4-5 elementi già posati e comunque il prima possibile per evitare possibili franamenti del foro con conseguente perdita di efficacia dell'intervento. Il riempimento del foro avverrà dal fondo verso il paramento del fronte.

FASE 2: posa in opera e cementazione dei tubi metallici al contorno

Perforazione e posa in opera di n°27 tubi valvolati e iniettati (1 VLV/m) $\varnothing 88.9$ dello spessore di 10 mm L ≥ 15.00 m secondo le geometrie di progetto; la sovrapposizione tra una serie di tubi e la successiva sarà pari a 3.00 m.

Le fasi costruttive sono le seguenti :

- perforazione eseguita a secco $\varphi \geq 130$ mm;
- inserimento del tubo in acciaio valvolato;
- formazione della guaina al contorno dell'elemento valvolati;
- iniezione in pressione di miscela cementizia a ritiro controllato, valvola per valvola.

La sequenza operativa sopra descritta andrà adattata alle caratteristiche dell'ammasso, ma dovrà in ogni caso garantire l'inghisaggio del tubo in acciaio al terreno mediante il completo riempimento dell'intercapedine con le pareti del foro. In linea generale, si dovrà avere cura di non perforare fori

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 186 di 220

adiacenti, ma di lasciare almeno 3-4 fori di distanza tra perforazioni successive, procedendo alla immediata posa in opera del tubo di armatura. La fase di cementazione potrà avvenire di massima ogni 4-5 perforazioni armate e comunque il prima possibile per evitare possibili franamenti del foro, con conseguente perdita di efficacia dell'intervento. Di norma una volta realizzata la cementazione del tubo, si dovrà eseguire l'iniezione dalle singole valvole, con modalità da definire compiutamente in funzione delle reali situazioni riscontrate.

In condizioni geomeccaniche che lo consentano sarà possibile evitare l'iniezione selettiva e considerare l'intervento completo con la sola iniezione di cementazione, tale decisione dovrà essere a cura del progettista in funzione delle caratteristiche geomeccaniche dell'ammasso riscontrate.

Le caratteristiche delle miscele impiegate, sono riportate nell'elaborato grafico "Scavi e consolidamenti – Sezione tipo B2V".

FASE 3: esecuzione eventuali drenaggi in avanzamento

In caso di presenza d'acqua dovranno essere eseguiti drenaggi in avanzamento.

FASE 4: esecuzione scavo

Esecuzione scavo di avanzamento a piena sezione per campi pari a 12 m (preconsolidamento del nucleo $L \geq 24m$ sovrapposizione $s \geq 12m$), per singoli sfondi di lunghezza massima pari a 1.20m, sagomando il fronte a forma concava ad ogni sfondo parziale ed eseguendo uno strato di spritz-beton armato di 5cm su ognuno di tali fronti.

FASE 5: posa in opera del rivestimento di prima fase

Al termine di ogni singolo sfondo verrà messo in opera il rivestimento di 1a fase costituito da centine metalliche 2IPN160 passo 1.20m e da uno strato di spritz-beton di spessore 20 cm, armato con rete elettrosaldata ($\varnothing 6$ 15x15) o fibrorinforzato. Le centine appena posate dovranno essere collegate alle altre attraverso le apposite catene.

FASE 6: getto arco rovescio e murette

Il getto dell'arco rovescio e delle murette dovrà avvenire entro $3\varnothing$ dal fronte nel caso di un loro getto contemporaneo, o rispettivamente entro $3\varnothing$ e $5\varnothing$ nel caso di getto differito. Le misure di estrusione del fronte e di convergenza del cavo potranno indicare:

- la necessità di effettuare tale getto entro distanze più restrittive (al limite realizzando il campo di avanzamento in due fasi distinte, alternandole al getto dell'arco rovescio);
- la lunghezza dei campioni di arco rovescio da realizzare;

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 187 di 220

- la necessità di realizzare il consolidamento del fronte del successivo campo di avanzamento prima del getto di arco rovescio e murette.

FASE 7: impermeabilizzazione

Posa in opera dell'impermeabilizzazione, eseguita prima del getto del rivestimento definitivo di calotta.

FASE 8: getto rivestimento definitivo

Il getto del rivestimento definitivo di calotta seguirà il fronte ad una distanza non superiore a $9 \varnothing$. Anche in questo caso in funzione dell'andamento delle misure di convergenza si potranno eventualmente stabilire distanze ancora più restrittive (cioè inferiori) entro cui eseguire il getto del rivestimento definitivo.

Qualora le operazioni di scavo vengano interrotte per un periodo prossimo alle 24 ore, è necessario porre in opera al fronte uno strato di spritz-beton armato di spessore pari a 10 cm; se il fermo delle lavorazioni risulta superiore a 48 h (festività o fermi di qualsiasi natura) il ciclo delle lavorazioni dovrà necessariamente terminare con il consolidamento del fronte appena eseguito, previa sagomatura a forma concava ed esecuzione dello strato di spritz-beton armato $sp=10$ cm, e con l'arco rovescio e le murette (eventualmente la calotta) portati a ridosso del fronte stesso.

11.2.7 Sezione tipo B4

La sezione tipo B4 è costituita da:

- preconsolidamento del fronte realizzato mediante la posa in opera di n° 60 tubi in VTR, lunghezza ≥ 24 m, sovrapp. ≥ 12 m, cementati;
- n° 10-11 bulloni radiali ad ancoraggio continuo $\varnothing 28$ mm FeB 44K, lunghezza 5.50 – 6.50 m, passo trasversale 2.00 m, passo longitudinale 1.00m, cementati mediante iniezioni cementizie o resina epossidica;
- priverestimento composto da uno strato di 30 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata o fibrorinforzato e centine 2IPN240 con passo $p = 1.00$;
- impermeabilizzazione tipo "0" costituita da tessuto non tessuto e un manto in pvc;
- rivestimento definitivo in cls dello spessore di 100 cm in arco rovescio e di 80 cm in calotta. Il getto dell'arco rovescio, delle murette e del rivestimento definitivo di calotta sarà eseguito ad una distanza dal fronte che dipenderà dal comportamento deformativo del cavo.

Campo di applicazione

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 188 di 220

Per quanto concerne il campo di applicazione si veda la tabella riepilogativa riportata alla fine del paragrafo.

Interventi previsti

Si possono considerare le seguenti fasi costruttive:

FASE 1: esecuzione del preconsolidamento del fronte.

Dal fronte di scavo, sagomato a forma concava, si realizza il preconsolidamento del fronte mediante la posa di 60 tubi in VTR cementati, aventi sovrapposizione ≥ 12 m. Le fasi costruttive sono le seguenti:

- esecuzione sul fronte dello strato di spritz-beton fibrorinforzato o armato con rete elettrosaldata, avente spessore di 10 cm;
- perforazione eseguita a secco $\varnothing \geq 100$ mm;
- posa del tubo in VTR ad aderenza migliorata, munito dell'opportuna attrezzatura per la cementazione ed esecuzione di cianfrinatura a boccaforo;
- esecuzione della cementazione mediante miscele cementizie a ritiro controllato ogni 4+5 fori;

Le sequenze operative andranno adattate alle caratteristiche dell'ammasso ma dovranno comunque essere tali da garantire l'inghisaggio dell'elemento strutturale mediante il completo riempimento dell'intercapedine tra elemento e pareti del foro, nonché delle parti costituenti l'elemento strutturale.

La fase di cementazione potrà avvenire di massima ogni 4-5 elementi già posati e comunque il prima possibile per evitare possibili franamenti del foro con conseguente perdita di efficacia dell'intervento. Le caratteristiche della miscela da impiegare sono riportate nella tabella materiali riportate nel relativo elaborato grafico.

FASE 2: esecuzione di eventuali drenaggi

Esecuzione di eventuali drenaggi in avanzamento, in caso di presenza d'acqua, il cui numero, le posizioni e le relative inclinazioni saranno definite in dettaglio in corso d'opera in funzione della situazione effettivamente riscontrata. Nel caso debbano essere eseguiti, al termine degli interventi di preconsolidamento descritti nella fase 1, si prevede l'uso di drenaggi costituiti da n° max 4 tubi in PVC microfessurati per 20 m a partire da fondo foro e "ciechi" per 10 m verso bocca foro, del diametro $\varnothing \approx 60$ mm spessore 4 mm e protezione in geotessile, messi in opera all'interno di un foro con diametro $\varnothing \geq 100$ mm. Dopo la posa in opera del tubo in PVC, si dovranno adottare opportuni accorgimenti per isolare il tratto microfessurato da quello cieco (sacco otturatore, cementazione), ad evitare dannose percolazioni dell'acqua raccolta in avanzamento all'interno del nucleo consolidato.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 189 di 220

FASE 3: esecuzione scavo

Esecuzione scavo di avanzamento a piena sezione per campi pari a 12 m (preconsolidamento del nucleo $L \geq 24m$ sovrapposizione $s \geq 12m$), per singoli sfondi di lunghezza massima pari a 1.00m, sagomando il fronte a forma concava ad ogni sfondo parziale ed eseguendo uno strato di spritz-beton armato di 5cm su ognuno di tali fronti.

FASE 4: posa in opera del rivestimento di prima fase

Al termine di ogni singolo sfondo verrà messo in opera il rivestimento di 1a fase costituito da centine metalliche 2IPN240 passo 1.00 m e da uno strato di spritz-beton, armato con rete elettrosaldata ($\phi 6$ 15x15) o fibrorinforzato, di spessore 30 cm. Le centine appena posate dovranno essere collegate alle altre attraverso le apposite catene.

FASE 5: perforazione e posa in opera dei bulloni

In corrispondenza dei calestrelli presenti tra i due profilati IPN240 verranno eseguite le perforazioni necessarie per la messa in opera dei bulloni radiali a cementazione continua. I bulloni saranno installati con passo trasversale pari a 2.00m e passo longitudinale pari ad 1.00m. L'iniezione dei bulloni dovrà avvenire entro mezzo diametro dal fronte di scavo. Successivamente all'iniezione verrà eseguito lo strato di completamento di spritz-beton sino a raggiungere lo spessore di 30 cm.

FASE 6: getto arco rovescio e murette

Il getto dell'arco rovescio e delle murette dovrà avvenire entro 3ϕ dal fronte nel caso di un loro getto contemporaneo, o rispettivamente entro 5ϕ e 3ϕ nel caso di getto differito. Le misure di estrusione del fronte e di convergenza del cavo potranno indicare:

- la necessità di effettuare tale getto entro distanze più restrittive (al limite realizzando il campo di avanzamento in due fasi distinte, alternandole al getto dell'arco rovescio);
- la lunghezza dei campioni di arco rovescio da realizzare;
- la necessità di realizzare il consolidamento del fronte del successivo campo di avanzamento prima del getto di arco rovescio e murette.

FASE 7: impermeabilizzazione

Posa in opera dell'impermeabilizzazione, eseguita prima del getto del rivestimento definitivo.

FASE 8: getto rivestimento definitivo

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 190 di 220

Tale operazione seguirà il fronte ad una distanza non superiore a $9 \varnothing$. Anche in questo caso in funzione dell'andamento delle misure di convergenza si potranno eventualmente stabilire distanze ancora più restrittive (cioè inferiori) entro cui eseguire il getto del rivestimento definitivo.

Qualora le operazioni di scavo vengano interrotte per un periodo prossimo alle 24 ore, è necessario porre in opera al fronte, sagomato a forma concava, uno strato di spritz-beton di spessore pari a 10 cm: Se il fermo delle lavorazioni risulta superiore a 48 h (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 a ridosso del fronte stesso. In relazione al comportamento deformativo del fronte e del cavo, arco rovescio e murette dovranno essere opportunamente avvicinate al fronte.

11.2.8 Sezione tipo C2

La sezione tipo C2 è costituita da:

- un preconsolidamento del fronte realizzato mediante la posa in opera di n°55 tubi in VTR, $L \geq 24.00$ m sovrapp. ≥ 12 m, cementati.
- un preconsolidamento al contorno della futura sezione di scavo mediante iniezioni cementizie in pressione, realizzate mediante 55 tubi in VTR $L \geq 24.00$ m, sovrapp. ≥ 12 m, valvolati con 1 vlv/m;
- eventuali drenaggi in avanzamento, in caso di presenza d'acqua;
- eventuale preconsolidamento al piede delle centine mediante 6+6 tubi in VTR, $L \geq 24.00$ m, sovrapp. ≥ 12 m;
- un priverestimento composto da centine HEB240 con passo $p = 1.00$ m e da uno strato di 30 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata o fibrorinforzato;
- impermeabilizzazione tipo "0" costituita da tessuto non tessuto e un manto in pvc;
- rivestimento definitivo in cls armato dello spessore di 100 cm in arco rovescio e dello spessore di 90 cm in calotta.

Campo d'applicazione

Per quanto concerne il campo di applicazione si veda la tabella riepilogativa riportata alla fine del paragrafo.

Fasi esecutive

Si possono considerare le seguenti fasi costruttive:

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 191 di 220

FASE 1: esecuzione del preconsolidamento del fronte.

Dal fronte di scavo, sagomato a forma concava con freccia di circa 1.5 m, si realizza il preconsolidamento del fronte mediante la posa di 55 tubi in VTR cementati, aventi lunghezza minima di 24.00 m e sovrapposizione $s \geq 12$ m. Le fasi costruttive sono le seguenti:

- esecuzione sul fronte dello strato di spritz-beton fibrorinforzato o armato con rete elettrosaldata, avente spessore di 10 cm;
- perforazione eseguita a secco $\varnothing \geq 100$ mm;
- posa dell'elemento strutturale in VTR ad aderenza migliorata, munito dell'opportuna attrezzatura per la cementazione ed esecuzione di cianfrinatura a boccaforo;
- esecuzione della cementazione mediante miscele cementizie a ritiro controllato ogni 4÷5 fori;

Le sequenze operative andranno adattate alle caratteristiche dell'ammasso ma dovranno comunque essere tali da garantire l'inghisaggio dell'elemento strutturale al terreno mediante il completo riempimento dell'intercapedine tra elemento e pareti del foro.

La fase di cementazione potrà avvenire di massima ogni 4-5 elementi già posati e comunque il prima possibile per evitare possibili franamenti del foro con conseguente perdita di efficacia dell'intervento.

FASE 2: consolidamento al contorno ed al piede della centina

Dal fronte di scavo, si realizza un arco di terreno consolidato mediante iniezioni cementizie al contorno della futura sezione di scavo ed eventualmente in prossimità del piede della centina (il consolidamento al piede non verrà eseguito in presenza di sezione con puntone), attraverso perforazioni inclinate rispetto all'orizzontale secondo quanto indicato negli elaborati di progetto.

Le modalità esecutive risultano:

- perforazione eseguita a secco $\varnothing \geq 100$ mm;
- inserimento del tubo in VTR ad elevata resistenza allo scoppio ($p > 7$ MPa), valvolato con 1 valv./m per iniezioni in pressione; tali tubi potranno essere anche in resina poliestere rinforzata con fibre di vetro;
- formazione della "guaina" al contorno del tubo ogni 4÷5 fori mediante cementazione con miscela ricca in bentonite le cui caratteristiche di massima sono riportate nel relativo elaborato grafico;
- iniezione in pressione, valvola per valvola, di una miscela cementizia le cui caratteristiche di massima, da definire compiutamente in corso d'opera, sono riportate nel relativo elaborato grafico.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 192 di 220

Le sequenze operative andranno adattate alle caratteristiche dell'ammasso ma dovranno comunque essere tali da garantire l'inghisaggio dell'elemento strutturale al terreno mediante il completo riempimento dell'intercapedine tra elemento e pareti del foro.

La fase di cementazione o formazione della guaina potrà avvenire di massima ogni 4-5 elementi già posati e comunque il prima possibile per evitare possibili franamenti del foro con conseguente perdita di efficacia dell'intervento.

L'iniezione della guaina avverrà dal fondo verso il paramento del fronte: analogamente avverrà per l'iniezione in pressione dalle singole valvole.

Il numero delle valvole a metro lineare utilizzate per la realizzazione delle iniezioni in pressione al contorno della sezione di scavo potrà variare in funzione delle caratteristiche dell'ammasso e dei risultati dei consolidamenti precedenti riscontrati in corso d'opera.

In corso d'opera si potrà valutare la possibilità di variare la metodologia di perforazione indicata nelle fasi 1 e 2 (a secco) utilizzando un opportuno fluido di perforazione (miscela cementizia, acqua additivata con agente schiumogeno, ...), in funzione delle caratteristiche dell'ammasso e previa esecuzione di adeguate prove in sito, atte a garantire:

- ai fini del consolidamento del terreno, caratteristiche funzionali e di resistenza non inferiori a quanto fornito seguendo le attuali prescrizioni;
- l'assenza di problemi connessi alla "sensibilità" dei terreni interessati dalle perforazioni (minerali rigonfianti, frazioni argillose attive);
- condizioni di inghisaggio analoghe a quelle ottenute con la perforazione a secco.

FASE 3: esecuzione di eventuali drenaggi (eventuali)

Esecuzione di eventuali drenaggi in avanzamento, in caso di presenza d'acqua, il cui numero, le posizioni e le relative inclinazioni saranno definite in corso d'opera in funzione della situazione effettivamente riscontrata. Nel caso debbano essere eseguiti, al termine degli interventi di preconsolidamento descritti nella fase 2, si prevede l'uso di drenaggi costituiti da n° max 6 tubi in PVC microfessurati per 20 m a partire da fondo foro e "ciechi" per 10 m verso bocca foro, del diametro $\varnothing \approx 60$ mm spessore 4 mm e protezione in geotessile, messi in opera all'interno di un foro con diametro $\varnothing \geq 100$ mm. Dopo la posa in opera del tubo in PVC, si dovranno adottare opportuni accorgimenti per isolare il tratto microfessurato da quello cieco (sacco otturatore, cementazione), ad evitare dannose percolazioni dell'acqua raccolta in avanzamento all'interno del nucleo consolidato.

Il numero, le posizioni e le relative inclinazioni saranno definite in dettaglio in corso d'opera in funzione della situazione effettivamente riscontrata.

FASE 4: esecuzione scavo

Esecuzione scavo di avanzamento a piena sezione per campi di lunghezza massima di 12 m (lunghezza consolidamenti contorno ≥ 24.00 m, sovrapposizione ≥ 12 m; lunghezza consolidamenti

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 193 di 220

fronte ≥ 24.00 m, sovrapposizione ≥ 12 m), per singoli sfondi di lunghezza massima pari a 1.00m, sagomando il fronte a forma concava ad ogni sfondo parziale ed eseguendo uno strato di spritz-beton armato di 5cm su ognuno di tali fronti.

FASE 5: posa in opera del rivestimento di prima fase

Al termine di ogni singolo sfondo verrà messo in opera il rivestimento di 1a fase costituito da centine metalliche HEB240 passo 1.00 m e da uno strato di spritz-beton, di spessore pari a 30 cm, armato con rete elettrosaldada ($\varnothing 6$ 15x15) o fibrorinforzato. Le centine appena posate dovranno essere collegate alle altre attraverso le apposite catene.

FASE 6: getto arco rovescio e murette

Il getto dell'arco rovescio e delle murette dovrà avvenire entro $3\varnothing$ dal fronte. Le misure di estrusione del fronte e di convergenza del cavo potranno indicare:

- la necessità di effettuare tale getto entro distanze più restrittive (al limite realizzando il campo di avanzamento in due fasi distinte, alternandole al getto dell'arco rovescio);
- la lunghezza dei campioni di arco rovescio da realizzare;
- la possibilità di realizzare il consolidamento del fronte del successivo campo di avanzamento prima del getto di arco rovescio e murette.

FASE 7: impermeabilizzazione

La posa in opera dell'impermeabilizzazione sarà eseguita prima del getto del rivestimento definitivo.

FASE 8: getto rivestimento definitivo

Tale operazione seguirà il fronte ad una distanza non superiore a $5\varnothing$. Anche in questo caso in funzione dell'andamento delle misure di convergenza si potranno eventualmente stabilire distanze ancora più restrittive (cioè inferiori) entro cui eseguire il getto del rivestimento definitivo.

Qualora le operazioni di scavo vengano interrotte per un periodo prossimo alle 24 ore, è necessario porre in opera al fronte uno strato di spritz-beton di spessore pari a 10 cm, con lo scopo di evitare che il materiale al contatto con l'atmosfera subisca deterioramenti; se il fermo delle lavorazioni risulta superiore a 48 h (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 portati a ridosso del fronte stesso.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 194 di 220

11.2.9 Sezione tipo C4

La sezione tipo C4, in fase costruttiva è costituita da:

- preconsolidamento del fronte realizzato mediante la posa in opera di n° 70 tubi in VTR $L \geq 24.00$ m, sovrapp. ≥ 12 m, cementati con miscele cementizie a ritiro controllato;
- preconsolidamento al contorno della futura sezione di scavo mediante n° 69 tubi in VTR, $L \geq 24.00$ m, sovrapp. ≥ 12 m cementati con miscele cementizie a ritiro controllato;
- eventuale preconsolidamento al piede delle centine mediante 6+6 tubi in VTR, $L \geq 24.00$ m, sovrapp. ≥ 12 m, da eseguirsi qualora non venga utilizzato il puntone in arco rovescio;
- eventuali drenaggi in avanzamento, in caso di presenza d'acqua;
- priverestimento composto da centine HEB240 passo $p = 1.00$ m e da uno strato di 30 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata o fibrorinforzato;
- impermeabilizzazione tipo "0" costituita da tessuto non tessuto e manto in pvc;
- arco rovescio in cls semplice dello spessore di 110 cm, rivestimento definitivo dello spessore di 100 cm in calotta.

Campo di applicazione

Per quanto concerne il campo di applicazione si veda la tabella riepilogativa riportata alla fine del paragrafo.

Interventi previsti

Si possono considerare le seguenti fasi costruttive:

FASE 1: esecuzione del preconsolidamento del fronte

Dal fronte di scavo, sagomato a forma concava con freccia di circa 1.5 m, si realizza il preconsolidamento del fronte mediante la posa di n° 70 tubi in VTR cementati con miscele a ritiro controllato, aventi lunghezza minima di 24.00 m e sovrapposizione ≥ 12 m. Le fasi costruttive sono le seguenti:

- esecuzione sul fronte dello strato di spritz-beton fibrorinforzato o armato con rete elettrosaldata, avente spessore di 10 cm;
- perforazione eseguita a secco $\varnothing \geq 100$ mm;
- posa dell'elemento strutturale in VTR, munito dell'opportuna attrezzatura per la cementazione ed esecuzione di cianfrinatura a boccaforo;
- esecuzione della cementazione mediante miscele cementizie a ritiro controllato ogni 4÷5 fori;

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC	Foglio 195 di 220

Le sequenze operative andranno adattate alle caratteristiche dell'ammasso ma dovranno comunque essere tali da garantire l'inghisaggio dell'elemento strutturale al terreno mediante il completo riempimento dell'intercapedine tra elemento e pareti del foro.

La fase di cementazione potrà avvenire di massima ogni 4-5 elementi già posati e comunque il prima possibile per evitare possibili franamenti del foro con conseguente perdita di efficacia dell'intervento. Il riempimento del foro avverrà dal fondo verso il paramento del fronte.

Le caratteristiche della miscela da impiegare sono riportate nella tabella materiali del relativo elaborato grafico.

FASE 2: consolidamento al contorno della sezione

Dal fronte di scavo, si realizza un arco di terreno consolidato mediante la posa in opera di n° 69 tubi in VTR cementati, aventi lunghezza minima di 24.00 m e sovrapposizione ≥ 12 m. al contorno della futura sezione di scavo ed eventualmente in prossimità del piede della centina (il consolidamento al piede non verrà eseguito in presenza di sezione con puntone), attraverso perforazioni inclinate rispetto all'orizzontale secondo quanto indicato negli elaborati di progetto.

FASE 3: esecuzione drenaggi in avanzamento (eventuali)

L'esecuzione di drenaggi al contorno della sezione, secondo il numero e le geometrie indicate in progetto, avverrà al termine degli interventi di preconsolidamento descritti nella fase 2.

FASE 4: esecuzione scavo

Esecuzione scavo di avanzamento a piena sezione per una lunghezza massima di 12 m (consolidamenti L = 24.00m, sovrapposizione ≥ 12 m), per singoli sfondi max. di 1.00 m, sagomando il fronte a forma concava anche ad ogni sfondo parziale ed eseguendo uno strato di spritz-beton armato, sp.5 cm, su ognuno di tali fronti.

FASE 5: posa in opera del rivestimento di prima fase

Al termine di ogni singolo sfondo verrà messo in opera il rivestimento di 1a fase costituito da centine metalliche HEB240 passo 1.00 m (più puntone per la sezione tipo C4sb con puntone) e da uno strato di spritz-beton, di spessore pari a 30 cm, armato o fibrorinforzato. Le centine appena posate dovranno essere collegate alle altre attraverso le apposite catene.

FASE 6: getto arco rovescio e murette

Il getto dell'arco rovescio e delle murette dovrà avvenire entro $3\emptyset$ dal fronte. Le misure di estrusione del fronte e di convergenza del cavo potranno indicare:

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 196 di 220

- la necessità di effettuare tale getto entro distanze più restrittive (al limite realizzando il campo di avanzamento in due fasi distinte, alternandole al getto dell'arco rovescio);
- la lunghezza dei campioni di arco rovescio da realizzare;
- la possibilità di realizzare il consolidamento del fronte del successivo campo di avanzamento prima del getto di arco rovescio e murette.

FASE 7: impermeabilizzazione

Posa in opera dell'impermeabilizzazione, eseguita prima del getto del rivestimento definitivo.

FASE 8: getto rivestimento definitivo

Tale operazione seguirà il fronte ad una distanza non superiore a 5 \emptyset . Anche in questo caso in funzione dell'andamento delle misure di convergenza si potranno eventualmente stabilire distanze ancora più restrittive (cioè inferiori) entro cui eseguire il getto del rivestimento definitivo.

Qualora le operazioni di scavo vengano interrotte per un periodo prossimo alle 24 ore, è necessario porre in opera al fronte, sagomato a forma concava, uno strato di spritz-beton armato di spessore pari a 10 cm, con lo scopo di evitare che il materiale al contatto con l'atmosfera subisca deterioramenti. Se il fermo delle lavorazioni risulta superiore a 48 h (festività o fermi di qualsiasi natura) il ciclo delle lavorazioni dovrà necessariamente terminare con il consolidamento del fronte appena eseguito (eventualmente incrementato), 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 portati 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.

La sequenza operativa di perforazione, inserimento del tubo o dell'elemento strutturale in VTR e cementazione indicata precedentemente, andrà adattata alle caratteristiche dell'ammasso, prevedendo comunque l'inserimento del tubo o dell'elemento strutturale in VTR e la successiva cementazione massimo ogni 5 perforazioni realizzate, garantendo comunque il completo riempimento del foro e l'inghisaggio del tubo o dell'elemento strutturale. In corso d'opera si potrà comunque valutare la possibilità di variare la metodologia di perforazione indicata (a secco) utilizzando un opportuno fluido di perforazione (miscele cementizie, acqua additivata con agenti schiumogeni, etc) in funzione delle caratteristiche dell'ammasso e previa esecuzione di adeguate prove in sito, atte a garantire:

- caratteristiche di resistenza e funzionali ai fini del consolidamento del terreno non inferiori a quanto fornito seguendo le attuali prescrizioni;
- l'assenza di problemi connessi alla "sensibilità" dei terreni interessati dalle perforazioni (minerali rigonfianti, frazioni argillose attive, etc)

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 197 di 220

- condizioni di inghisaggio analoghe a quelle ottenute con la perforazione a secco.

11.3 CAMPI DI APPLICAZIONE E VARIABILITA' DELLE SEZIONI TIPO

Si riportano nel seguito delle tabelle contenenti i campi di applicazione, gli spostamenti attesi e la variabilità prevista per ogni sezione tipo. Come riportato nella relazione tecnica, geotecnica e di calcolo della galleria Valico (cfr. A301 00 D CV RO GN000X 008 B), la variabilità minima/massima degli interventi di consolidamento di ciascuna sezione tipo è stata definita partendo dalle considerazioni ricavate da una modellazione tridimensionale del fronte di scavo.

I valori attesi delle convergenze medie e degli spostamenti massimi delle mire si discostano dai risultati emersi in sede di calcolo in quanto nella pratica è necessario tenere conto dell'importanza di fattori difficilmente schematizzabili e modellabili numericamente, quali anisotropie nel comportamento deformativo del cavo, condizioni geomeccaniche particolari e localizzate, fasi esecutive e cadenze d'avanzamento. Per questi motivi il range delle convergenze e degli spostamenti delle mire attesi può essere più elevato di quelli calcolati numericamente, come indicato in tabella.

In funzione delle caratteristiche d'ammasso e degli spostamenti registrati in corso d'opera sarà compito del progettista operare sulla variabilità di ciascuna sezione tipo di modo da garantire la sicurezza dell'opera nel breve e nel lungo termine.

Per quanto concerne i dettagli di tale variabilità si vedano le tabelle allegate alla presente relazione. Nella tabella relativa alle Argilliti a Palombini sono rappresentati i parametri caratteristici dei gruppi geomeccanici 1, 2 e 3; l'utilizzo degli interventi previsti per le singole sezioni tipo sarà funzione di tali "parametri caratteristici" e dei risultati delle misure riscontrate in corso d'opera (convergenze ed estrusioni).

Per quanto concerne le sezioni tipo "B2" e "B4" la variabilità degli interventi al fronte è funzione anche delle coperture presenti (a meno di zone con particolari problematiche: faglia, basse coperture, etc.): in presenza di coperture inferiori i 300m verrà utilizzata la variabilità minima, per coperture comprese tra i 300 ed i 400m verrà applicata la variabilità media, mentre per coperture superiori i 400m verrà utilizzata la variabilità massima.

Per maggiori dettagli sul campo d'applicazione di ciascuna sezione tipo si rimanda alla fase successiva di progettazione esecutiva.

GALLERIA FERMATA AREA DI SICUREZZA – ARGILLITI A PALOMBINI

		GRUPPI GEOMECCANICI			
		1	2	3	
SEZIONI	H < 300 m	B0L	B1 - B2	B4	C2 - C4
	H < 500 m	B0 - B0V	B1 - B2	B4	C2 - C4
PARAMETRI CARATTERISTICI	C [Mpa]	1.6 - 1.3	1.2 - 1.1	1.0 - 0.9	0.7-0.65
	φ [°]	36 - 34	35 - 33	32 - 30	29-28
	E [Gpa]	5.4	2.1	1.7	1.2
	σ _c [Mpa]	1.3	0.3	0.2	0.1
	GSI	44.0	39.0	34.0	28.0
	RQD	>50%	35-50%	20-35%	<20%
	Foliazione	Regolarment e spaziata	Fittamente spaziata	Fittamente spaziata	Intensa
	Struttura	Piegata fino alla mesoscala	Piegata fino alla microscala	Piegata fino alla microscala	Non riconoscibile (ammasso destrutturato)
	Giunti	Privi di alterazione	Da poco alterati ad alterati	Alterati	Molto alterati
	% Palombini	>50%	<50%	<20%	<10%
	Stato Palombini	Poco fratturati e poco alterati	Da fratturati a molto fratturati e/o localmente alterati	Molto fratturati e alterati	Intensamente fratturati ed alterati
Comportamento Fronte	B	B	B	C	
DEFORMAZIONI	Spostamento singola mira o convergenza diametrale Soglia attenzione [cm]	4 - 6	6 - 8	8 - 9	10 - 12
	Spostamento singola mira o convergenza diametrale Soglia allarme [cm]	6 - 8	8 - 10	9 - 10	< 15
	Estrusioni cumulative Soglia attenzione [cm]	-	<5	<7	<10
	Estrusioni cumulative Soglia allarme [cm]	-	< 8	< 10	< 15
B0L	Passo centine [m]	1.4 ----- 1.2 ----- 1.0			
	Puntone	-			
	Spessore Sb [cm]	20 ----- 25			
	Distanza max getto murette	12p ----- 9p ----- 6p			
	Distanza max getto a.r.	15p ----- 12p ----- 9p			
Distanza max getto calotta	18p ----- 15p ----- 12p				
B0 - B0V	Passo centine [m]	1.2 ----- 1.0 ----- 0.8			
	Puntone	Eventuale B0V			
	Spessore Sb [cm]	25 ----- 30 ----- 35			
	Distanza max getto murette	12p ----- 9p ----- 6p			
	Distanza max getto a.r.	15p ----- 12p ----- 9p			
Distanza max getto calotta	18p ----- 15p ----- 12p				
B1	Passo centine [m]		1.4 ----- 1.2 ----- 1.0		
	Puntone		-		
	Spessore Sb [cm]		25 ----- 30 ----- 35		
	Distanza max getto murette		12p ----- 9p ----- 6p		
	Distanza max getto a.r.		15p ----- 12p ----- 9p		
	Distanza max getto calotta		18p ----- 15p ----- 12p		
	Lunghezza bulloni acciaio [m]		5.5 ----- 6 ----- 6.5		
Passo trasversale [m]		2.5 ----- 2 ----- 1.5			

CAMPO D'APPLICAZIONE *

B2	Passo centine [m]	1.2 ----- 1.0 ----- 0.8		
	Puntone	Eventuale		
	Spessore Sb [cm]	25 ----- 30 ----- 35		
	Consolidamento VTR fronte	55 ----- 75 ----- 95		
	Lunghezza sovr. VTR [m]	6 ----- 9 ----- 12		
	Distanza max getto murette	4q ----- 3p ----- 2p		
	Distanza max getto a.r.	6p ----- 5q ----- 3p		
Distanza max getto calotta	11q ----- 9p ----- 7q			
B2V	Passo centine [m]	1.2 ----- 1.0 ----- 0.8		
	Puntone	Eventuale		
	Spessore Sb [cm]	25 ----- 30 ----- 35		
	Consolidamento VTR fronte	60 ----- 85 ----- 105		
	Lunghezza sovr. VTR [m]	3 ----- 6 ----- 12		
	Distanza max getto murette	4q ----- 3p ----- 2p		
	Distanza max getto a.r.	6p ----- 5q ----- 3p		
Distanza max getto calotta	11q ----- 9p ----- 7q			
B4	Passo centine [m]	1.2 ----- 1.0 ----- 0.8		
	Puntone	Eventuale		
	Spessore Sb [cm]	25 ----- 30 ----- 35		
	Consolidamento VTR fronte	55 ----- 75 ----- 95		
	Lunghezza sovr. VTR [m]	6 ----- 9 ----- 12		
	Distanza max getto murette	4q ----- 3p ----- 2p		
	Distanza max getto a.r.	6p ----- 5q ----- 3p		
	Distanza max getto calotta	10q ----- 9p ----- 7q		
	Lunghezza bulloni acciaio [m]	5.5 ----- 6 ----- 6.5		
	Passo trasversale [m]	2.5 ----- 2 ----- 1.5		
C3	Passo centine [m]	1.2 ----- 1.0 ----- 0.8		
	Puntone	Eventuale		
	Spessore Sb [cm]	25 ----- 30 ----- 35		
	Consolidamento VTR fronte	55 ----- 75 ----- 95		
	Lunghezza sovr. VTR [m]	6 ----- 9 ----- 12		
	Consolidamento contorno	55 ----- 70 ----- 85		
	Distanza max getto murette	3p ----- 1.5q		
	Distanza max getto a.r.	3p ----- 1.5q		
Distanza max getto calotta	9q ----- 5p			
C4	Passo centine [m]	1.2 ----- 1.0 ----- 0.8		
	Puntone	Eventuale		
	Spessore Sb [cm]	25 ----- 30 ----- 35		
	Consolidamento VTR fronte	60 ----- 85 ----- 105		
	Lunghezza sovr. VTR [m]	6 ----- 9 ----- 12		
	Consolidamento contorno	60 ----- 70 ----- 85		
	Distanza max getto murette	3p ----- 1.5q		
	Distanza max getto a.r.	3p ----- 1.5q		
Distanza max getto calotta	9q ----- 5p			

* = I parametri geomecchanici sono stati ricavati tramite correlazioni empiriche (Hoek & Brown) e sono stati tirati in funzione delle coperture presenti

** = Per distanza massima si intende la distanza limite, misurata a partire dal fronte di scavo, entro cui eseguire i getti di rivestimento definitivo

*** = Qualora si rivelassero imprevisti geologici (K_D>1, fenomeni di squeezing, etc.) è previsto l'impiego di sezioni dotate di sovrassessori e/o armature

**** = Su tutte le sezioni tipo i drenaggi in avanzamento sono da ritenersi eventuali

GALLERIA CUNICOLO DI SFOLLAMENTO – ARGILLITI A PALOMBINI

		GRUPPI GEOMECCANICI			
		1	2	3	
SEZIONI	H < 300 m	B0L	B1 - B2	B4	C2 - C4
	H < 500 m	B0 - B0V	B1 - B2	B4	C2 - C4
PARAMETRI CARATTERISTICI	C [Mpa]	1.6 - 1.3	1.2 - 1.1	1.0 - 0.9	0.7-0.65
	φ [°]	36 - 34	35 - 33	32 - 30	29-28
	E [Gpa]	5.4	2.1	1.7	1.2
	σ _c [Mpa]	1.3	0.3	0.2	0.1
	GSI	44.0	39.0	34.0	28.0
	RQD	>50%	35-50%	20-35%	<20%
	Foliazione	Regolarment e spaziata	Fittamente spaziata	Fittamente spaziata	Intensa
	Struttura	Piegata fino alla mesoscala	Piegata fino alla microscala	Piegata fino alla microscala	Non riconoscibile (ammasso destrutturato)
	Giunti	Privi di alterazione	Da poco alterati ad alterati	Alterati	Molto alterati
	% Palombini	>50%	<50%	<20%	<10%
	Stato Palombini	Poco fratturati e poco alterati	Da fratturati a molto fratturati e/o localmente alterati	Molto fratturati e alterati	Intensamente fratturati ed alterati
Comportamento Fronte	B	B	B	C	
DEFORMAZIONI	Spostamento singola mira o convergenza diametrale Soglia attenzione [cm]	4 - 6	6 - 8	8 - 9	10 - 12
	Spostamento singola mira o convergenza diametrale Soglia allarme [cm]	6 - 8	8 - 10	9 - 10	< 15
	Estrusioni cumulative Soglia attenzione [cm]	-	<5	<7	<10
	Estrusioni cumulative Soglia allarme [cm]	-	< 8	< 10	< 15
B0L	Passo centine [m]	1.5 1.4 1.2			
	Puntone	-			
	Spessore Sb [cm]	15 20			
	Distanza max getto murette	12φ ---- 9φ ---- 6φ			
	Distanza max getto a.r.	15φ ---- 12φ ---- 9φ			
Distanza max getto calotta	18φ ---- 15φ ---- 12φ				
B0 - B0V	Passo centine [m]	1.4 1.2 1.0			
	Puntone	-			
	Spessore Sb [cm]	20 25 30			
	Distanza max getto murette	12φ ---- 9φ ---- 6φ			
	Distanza max getto a.r.	15φ ---- 12φ ---- 9φ			
Distanza max getto calotta	18φ ---- 15φ ---- 12φ				
B1	Passo centine [m]		1.4 1.2 1.0		
	Puntone		-		
	Spessore Sb [cm]		25 30 35		
	Distanza max getto murette		12φ ---- 9φ ---- 6φ		
	Distanza max getto a.r.		15φ ---- 12φ ---- 9φ		
	Distanza max getto calotta		18φ ---- 15φ ---- 12φ		
	Lunghezza bulloni acciaio [m]		5.5 ---- 6 ---- 6.5		
Passo trasversale [m]		2.5 ---- 2 ---- 1.5			

CAMPO D'APPLICAZIONE *

B2	Passo centine [m]		1.2 ----- 1.0 ----- 0.8		
	Puntone		-		
	Spessore Sb [cm]		25 ----- 30 ----- 35		
	Consolidamento VTR fronte		40 ----- 60 ----- 80		
	Lunghezza sovr. VTR [m]		6 ----- 9 ----- 12		
	Distanza max getto murette		4q ----- 3p ----- 2p		
	Distanza max getto a.r.		6q ----- 5p ----- 3p		
Distanza max getto calotta		11q ----- 9p ----- 7p			
B2V	Passo centine [m]		1.4 ----- 1.2 ----- 1.0		
	Puntone		-		
	Spessore Sb [cm]		20 ----- 25 ----- 30		
	Consolidamento VTR fronte		40 ----- 60 ----- 80		
	Lunghezza sovr. VTR [m]		6 ----- 9 ----- 12		
	Distanza max getto murette		4q ----- 3p ----- 2p		
	Distanza max getto a.r.		6q ----- 5p ----- 3p		
Distanza max getto calotta		11q ----- 9p ----- 7p			
B4	Passo centine [m]		1.2 ----- 1.0 ----- 0.8		
	Puntone		-		
	Spessore Sb [cm]		25 ----- 30 ----- 35		
	Consolidamento VTR fronte		40 ----- 60 ----- 80		
	Lunghezza sovr. VTR [m]		6 ----- 9 ----- 12		
	Distanza max getto murette		4q ----- 3p ----- 2p		
	Distanza max getto a.r.		6q ----- 5p ----- 3p		
	Distanza max getto calotta		10q ----- 9p ----- 7p		
	Lunghezza bulloni acciaio [m]		5.5 ----- 6 ----- 6.5		
	Passo trasversale [m]		1.5 ----- 2 ----- 2.5		
C3	Passo centine [m]		1.2 ----- 1.0 ----- 0.8		
	Puntone		-		
	Spessore Sb [cm]		25 ----- 30 ----- 35		
	Consolidamento VTR fronte		40 ----- 55 ----- 80		
	Lunghezza sovr. VTR [m]		6 ----- 9 ----- 12		
	Consolidamento contorno		40 ----- 55 ----- 70		
	Distanza max getto murette		3p ----- 1.5q		
	Distanza max getto a.r.		3p ----- 1.5q		
Distanza max getto calotta		9q ----- 5p			
C4	Passo centine [m]		1.2 ----- 1.0 ----- 0.8		
	Puntone		Eventuale		
	Spessore Sb [cm]		25 ----- 30 ----- 35		
	Consolidamento VTR fronte		55 ----- 70 ----- 90		
	Lunghezza sovr. VTR [m]		6 ----- 9 ----- 12		
	Consolidamento contorno		55 ----- 69 ----- 85		
	Distanza max getto murette		3p ----- 1.5q		
	Distanza max getto a.r.		3p ----- 1.5q		
Distanza max getto calotta		9q ----- 5p			

* = I parametri geomecchanici sono stati ricavati tramite correlazioni empiriche (Hoek & Brown) e sono stati tirati in funzione delle coperture presenti

** = Per distanza massima si intende la distanza limite, misurata a partire dal fronte di scavo, entro cui eseguire i getti di rivestimento definitivo

*** = Qualora si rivelassero imprevisti geologici (K_D>1, fenomeni di squeezing, etc.) è previsto l'impiego di sezioni dotate di sovrassessori e/o armature

**** = Su tutte le sezioni tipo i drenaggi in avanzamento sono da ritenersi eventuali

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 202 di 220

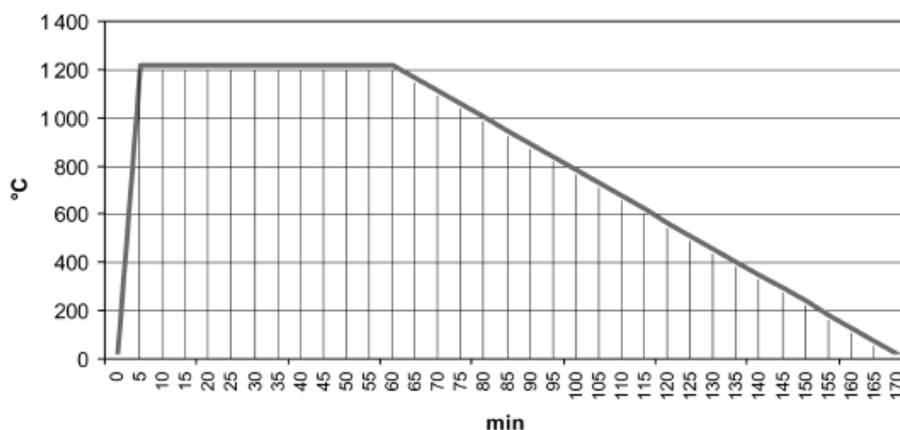
12. VERIFICHE AL FUOCO

Secondo quanto richiesto dall'Allegato 7 all'Atto Integrativo – Prescrizioni Tecniche per la Progettazione dell'Infrastruttura – le opere ferroviarie sono soggette alle norme STI (Specifiche Tecniche per Interoperabilità). In particolare dette norme STI prevedono, per la verifica la fuoco, le presenti prescrizioni: (Confr. P.to 4.2.2.3.della citata norma)

“La presente specifica si applica a tutte le gallerie, indipendentemente dalla loro lunghezza.

L'integrità della struttura deve mantenersi, in caso di incendio, per un periodo sufficientemente lungo per consentire l'autosoccorso e l'evacuazione dei passeggeri e del personale e l'intervento delle squadre di soccorso senza il rischio di crollo strutturale.

Deve essere valutato il comportamento in caso di incendio della superficie finita della galleria, sia essa costituita da roccia o rivestita in calcestruzzo. Essa deve resistere alla temperatura dell'incendio per un determinato periodo di tempo. La figura che segue contiene la «curva di incendio (variazione della temperatura nel tempo durante un incendio)» specificata (curva EUREKA). Tale curva deve essere utilizzata unicamente per la progettazione di strutture in calcestruzzo.»



Di seguito saranno analizzati gli aspetti generali di verifica progettuale per l'ottemperanza a dette norme.

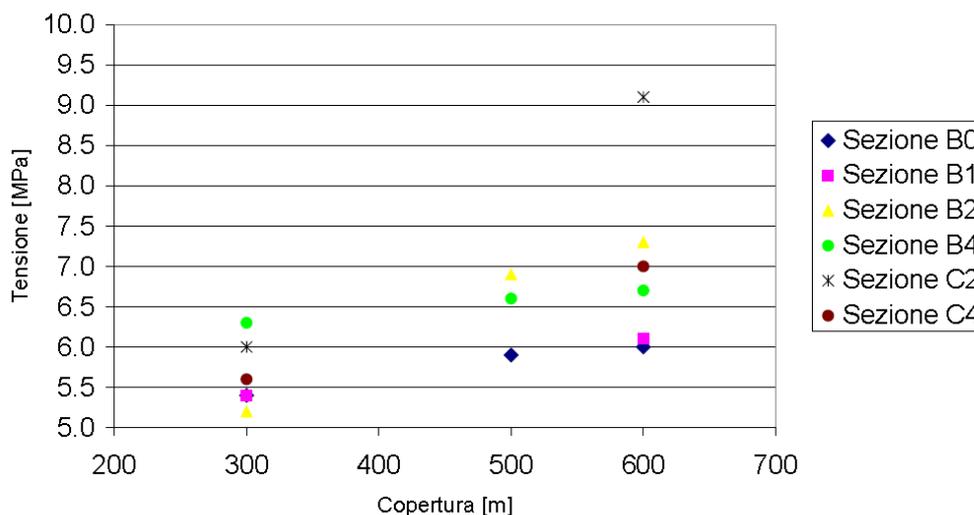
Le strutture che necessitano di specifica protezione al fuoco per quanto riguarda le opere inerenti alla tratta AV/AC Milano- Genova sono:

1. Gallerie naturali -a singolo o doppio binario- scavate con metodi tradizionali e rivestite in c.a. o cls gettato in opera;
2. Gallerie artificiali policentriche costituite da strutture in c.a.gettato in opera;

3. Gallerie scavate con fresa rivestite mediante conci prefabbricati di spessore pari a **40cm** (Galleria Serravalle e Valico Nord)

Le ipotesi progettuali delle strutture verificate in sede di PD seguono gli standard imposti dalle norme UNI ENV 1992. In base a tali standard, le strutture di cui ai punti 1-2, tenuto conto degli elevati spessori strutturali e delle conseguenti riserve statiche (verifiche effettuate a Freddo), non risultano soggette a particolari condizioni di rischio se non quelle derivanti da fenomeni di spalling (ved.par.12.4)

Stato tensionale nel riv. definitivo

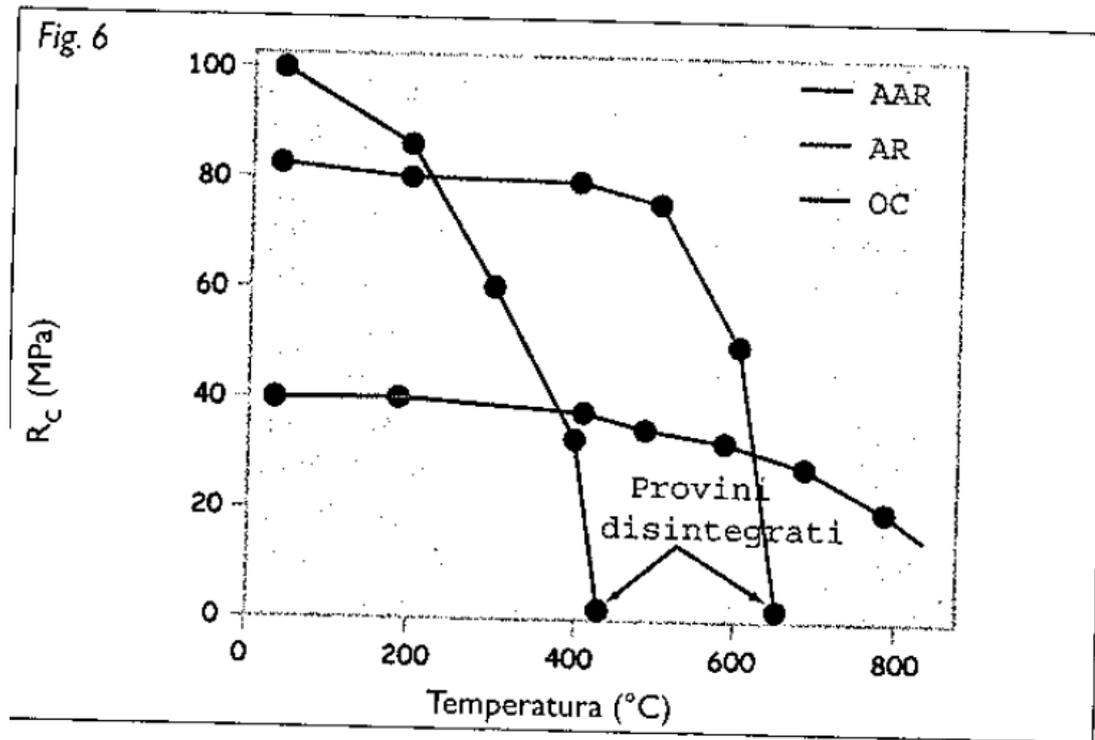


Essendo infatti i livelli tensionali dei rivestimenti definitivi generalmente inferiori a 7.5 Mpa, la diminuzione delle caratteristiche strutturali del calcestruzzo e dell'acciaio in seguito all'esposizione, per un tempo determinato, al fuoco delle sezioni resistenti non comporterebbe problemi di natura statica. Inoltre si deve considerare come pur se si dovesse presentare l'insufficienza di singole sezioni, sia comunque possibile individuare uno schema staticamente ammissibile attraverso la considerazione di opportune cerniere plastiche, che si formeranno ed evolveranno in modo da condizionare una redistribuzione delle sollecitazioni di momento flettente sull'arco della calotta staticamente ammissibile tale da consentire l'equilibrio nelle condizioni di verifica. In questi casi il vero problema consiste nel forte danneggiamento irreversibile che la struttura può subire durante l'incendio, senza peraltro che si verifichino crolli generalizzati e totali del rivestimento. Ciò corrisponde a quanto verificatosi in occasione dei più noti casi di incendi in galleria avvenuti negli ultimi anni. Pertanto, qualora formalmente non fossero soddisfatte alcune verifiche di singole sezioni resistenti dei rivestimenti, sarebbe comunque possibile considerare che le strutture al tempo $t = 120$ minuti, siano in grado di assumere una configurazione danneggiata di equilibrio sufficiente a

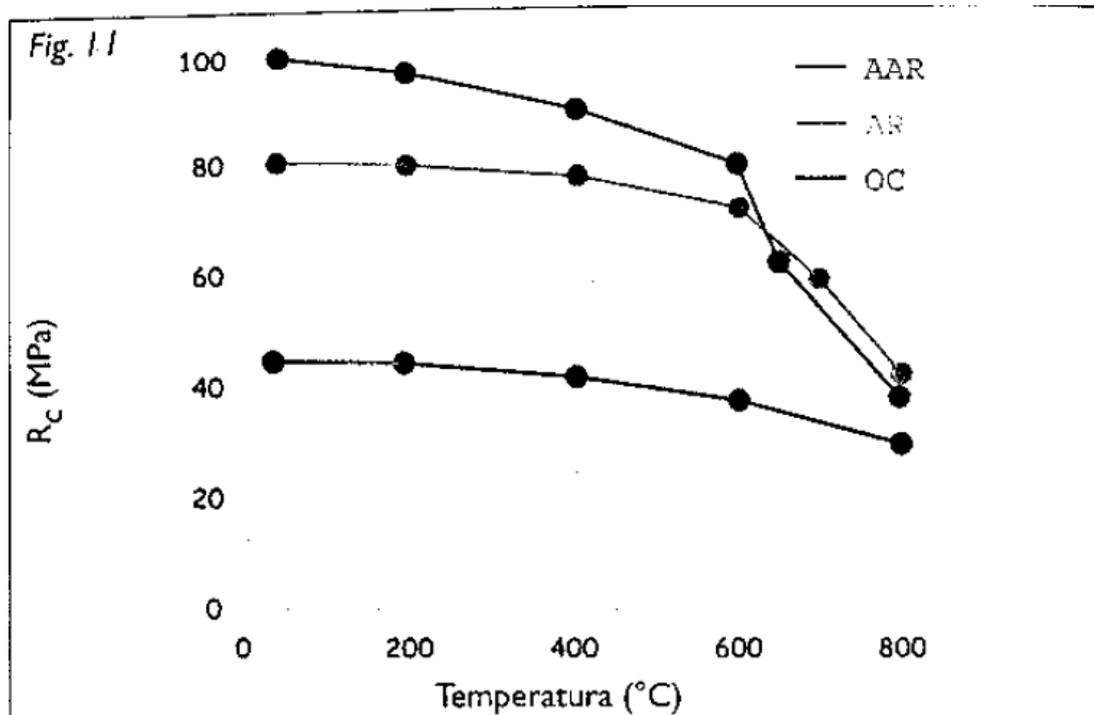
impedire la crisi generalizzata del rivestimento. Ciò avviene con una situazione di danneggiamento locale tanto più estesa quanto maggiore è l'insufficienza mostrata nelle verifiche iniziali.

Tali considerazioni possono considerarsi valide nel caso in cui i fenomeni di spalling risultino limitati. Tenuto conto dell'importanza strategica dell'opera, al fine di garantire l'opportuna resistenza a tali fenomeni, ritardandone l'insorgenza e limitandone gli effetti, si prescrive l'adozione di 2Kg/mc di fibre in polipropilene ai getti di rivestimento definitivo di tutte le gallerie naturali limitatamente alla calotta ai piedritti ed alle murette.

Si precisa inoltre, che, in relazione al minore grado di compattezza e densità del calcestruzzo gettato in opera, l'efficacia delle fibre risulta significativa. Infatti come si evidenzia dai grafici di seguito (cfr. M. Collepari – "Il Nuovo Calcestruzzo – Seconda edizione") l'aggiunta di fibre in polipropilene garantisce al crescere della temperatura una diminuzione poco accentuata delle resistenze del calcestruzzo.



CLS in assenza di fibre



CLS con fibre in polipropilene

Per quanto riguarda le strutture relative al p.to 3, invece, le verifiche effettuate con metodi tabellari impongono una distanza nominale dall'asse della barra di acciaio più vicina alla superficie esposta al fuoco pari a 5 cm. Anche in questo caso, tenuto conto dell'importanza strategica dell'opera, si dovranno considerare gli effetti legati ai fenomeni di "spalling" (vedi par. 12.4), per prevenire e ritardare i quali si è prevista analogo adozione di 2 kg/mc di fibre in polipropilene.

Sotto tali condizioni tutte le strutture risultano quindi adeguatamente protette per un tempo di esposizione pari a 120min.

Le norme UNI prevedono una serie di modalità di calcolo ben definite e di comprovata efficacia (metodo dell'ISOTERMA 500°), standardizzate su assunzioni di una curva d'incendio leggermente diversa da quella richiesta dalle norme STI; in questa sede saranno esclusivamente verificate che le condizioni di stress termico previste in sede di PD siano pressoché simili a quelle richieste dall'adeguamento normativo secondo le norme STI e che gli interventi previsti siano adeguati.

Tale primo approccio progettuale è da ritenersi esclusivamente di prima battuta; durante la fase di Progettazione Esecutiva delle opere tali argomenti saranno dettagliatamente verificati e saranno affrontati tutti gli aspetti mediante modellazioni numeriche adeguate alla fase progettuale e che colgano tutti gli effetti indotti dallo stress termico, primari e secondari ovvero la riduzione delle sezioni di verifica nonché delle tensioni indotte dal delta termico (superficie esposta al fuoco e superficie rivolta verso il terreno) ed in ultimo l'interazione terreno-struttura ovvero quali possono

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 206 di 220

essere le ridistribuzioni tensionali dell'ammasso roccioso al variare della riduzione della capacità portante delle strutture di galleria e del tempo di esposizione al fuoco. Riteniamo che tali verifiche di dettaglio siano specifiche di una fase progettuale di dettaglio

La norma UNI risulta essere molto dettagliata nella definizione delle procedure di verifica di resistenza al fuoco; la norma definisce la resistenza al fuoco come "la misura dell'attitudine degli elementi costruttivi a conservare la propria funzionalità per un tempo prestabilito e con condizioni di esposizione al fuoco prefissate".

I requisiti si distinguono in :

- **R:** Conservazione della capacità portante;
- **E:** Capacità di tenuta;
- **I:** Capacità di isolamento;

La conservazione della capacità portante (R) corrisponde al mantenimento della funzione statica degli elementi strutturali, ossia la capacità di resistere per un tempo prestabilito alle azioni combinate dei carichi di esercizio e della temperatura.

Le capacità di tenuta ed isolamento (E ed I) sono requisiti richiesti per garantire la capacità di separazione (compartimentazione), impedendo sia il passaggio di fiamma e gas attraverso le superfici divisorie (tenuta), che il passaggio di calore sulla superficie non esposta direttamente al fuoco (isolamento).

La resistenza al fuoco degli elementi costruttivi può essere valutata sperimentalmente in appositi forni di prova o, in alternativa, per quel che riguarda la capacità portante (R), attraverso uno strumento di calcolo analitico fornito dalla norma stessa. La verifica al fuoco mediante il metodo analitico si effettua valutando la risposta strutturale nelle condizioni di temperatura previste dall'incendio "standard" e sotto l'azione dei carichi di progetto, per il tempo di resistenza al fuoco corrispondente al tempo d'esposizione in cui viene raggiunto lo stato limite di collasso.

12.1 METODI DI VERIFICA NORMA (UNI ENV 1992)

Secondo quanto indicato nella norma UNI ENV 1992, la resistenza al fuoco di una struttura di calcestruzzo (armato) viene determinata per mezzo di uno dei seguenti metodi:

- Analisi della struttura nel suo insieme
- Analisi di parti della struttura
- Analisi dell'elemento strutturale

Per la verifica dei requisiti di resistenza all'incendio normalizzato è sufficiente l'analisi dell'elemento strutturale.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 207 di 220

La valutazione della resistenza al fuoco, limitatamente alla capacità portante di elementi strutturali in calcestruzzo armato normale o precompresso sottoposti ad un incendio "normalizzato", viene effettuata mediante:

- dati tabellari;
- metodo semplificato di calcolo;
- metodi di calcolo generali.

Il metodo tabellare consiste nella semplice individuazione delle dimensioni trasversali della sezione e della distanza dall'asse della barra di armatura. In certi casi possono essere anche richieste semplici individuazioni del livello di carico e di particolarità costruttive addizionali. I valori tabellari possono essere modificati quando lo stato di tensione reale nell'acciaio e la temperatura sono noti con maggiore accuratezza.

Il metodo semplificato di calcolo consiste, in primo luogo, nel determinare la mappatura termica della sezione, nel determinare la sezione trasversale ridotta di conglomerato, nel rivalutare la resistenza e il modulo elastico a breve termine del calcestruzzo e dell'acciaio e quindi nel calcolare la capacità portante ultima della struttura considerando la sezione ridotta secondo la ENV 1992-1-1, e nel confrontare la capacità con relativa combinazione di azioni.

Nei metodi di calcolo generali, infine, vengono valutati, anche su modelli differenti, lo sviluppo e la distribuzione della temperatura nella membratura strutturale (risposta termica) ed il comportamento meccanico della struttura o di una parte di questa (risposta meccanica).

12.2 VERIFICA DELLA CAPACITÀ PORTANTE (UNI ENV 1992-1-2)

Nell'ambito della progettazione definitiva delle opere facenti parte della tratta AV/AC Milano-Genova, per la verifica al fuoco è stato adottato il metodo tabellare codificato dalla norma UNI.

I prospetti contenenti tali dati sono stati realizzati su una base empirica confermata dall'esperienza e dalla valutazione teorica delle prove.

Questi dati sono derivati da assunzioni prudenziali approssimate per gli elementi strutturali più comuni.

Come indicato al punto 4.2.2 della UNI ENV 1992-1-2, i requisiti per la funzione di separazione (criteri "E" ed "I") possono essere considerati soddisfatti quando lo spessore minimo delle pareti o solette è in accordo con i valori tabellari contenuti nel prospetto 4.2.

Nel caso in esame

<i>Resistenza all'incendio standard</i>	<i>Spessore minimo (mm)</i>
EI 120	120

Essendo ovunque lo spessore delle strutture nettamente maggiore di 120mm, la verifica risulta abbondantemente soddisfatta.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 208 di 220

Le tabelle adottate nella verifica degli elementi sono:

Prospetto 4.3 Pareti portanti di calcestruzzo armato

Prospetto 4.9 Solette non nervate di calcestruzzo armato ordinario e precompresso

Il primo prospetto è stato utilizzato per gli elementi presso-inflessi con riferimento ai valori riferiti ad una parete esposta su una sola faccia ed assumendo il parametro μ_f che tiene conto delle combinazioni di carico in caso di incendio per quanto attiene la resistenza a compressione e, per quanto possibile, della flessione, compresi gli effetti del second'ordine, pari a 0.7 (si veda punto 4.2.3 della norma). Per gli elementi prevalentemente inflessi è stato invece impiegato il secondo prospetto.

Nei casi in esame, si ha

Elementi presso-inflessi

<i>Resistenza all'incendio standard</i>	<i>Spessore minimo (mm)</i>	<i>Distanza nominale a dall'asse della barra (mm)</i>
REI 120	160	35

Elementi inflessi

<i>Resistenza all'incendio standard</i>	<i>Spessore minimo (mm)</i>	<i>Distanza nominale a dall'asse della barra (mm)</i>
REI 120	200	35

Come è possibile dedurre dai documenti progettuali le dimensioni minime degli elementi strutturali superano sempre il minimo previsto dalla norma ed il distanza nominale dall'asse della barra utilizzato nelle verifiche risulta pari o superiore a 5 cm;

In sede di P.E., al momento dello studio di dettaglio delle armature e della loro schematizzazione grafica, saranno garantiti gli spessori minimi di protezione al fuoco per ogni singolo elemento di rinforzo in acciaio.

In tale ambito, se necessario, saranno anche svolte le relative verifiche strutturali.

A titolo dimostrativo circa l'equivalenza -in termini di effetti- delle due curve di fuoco (norme STI ed UNI) di seguito vengono illustrate una serie di analisi di confronto.

Le analisi dimostrano come il metodo di verifica utilizzato in sede di progetto definitivo sia conforme alle richieste nella nuova normativa europea con curva tempo-temperatura EUREKA.

Durante la fase di progettazione esecutiva, per ottemperare formalmente alle richieste STI saranno comunque condotte le verifiche secondo le curve EUREKA.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Meloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC

Foglio
209 di 220

12.3 VERIFICA DI RESISTENZA IN CASO DI INCENDIO – CONFRONTO FRA COMPORAMENTO AL FUOCO SECONDO **NORME UNI** E **NORME STI**

Commento [f1]: Va modificato in questo caso non abbiamo utilizzato il Testo Unico. I contenuti rimangono uguali?

La verifica strutturale di resistenza al fuoco è stata effettuata in accordo con la vigente normativa italiana, verificando che:

$$Ed,fi < Rd,t,fi$$

dove

Ed,fi = effetto di calcolo delle azioni in situazione di incendio;

Rd,t,fi = resistenza di calcolo in situazione di incendio per la specifica durata t.

Il metodo scelto è quello dell'isoterma 500°C, applicabile per un'esposizione all'incendio normalizzato: tale metodo consiste in una riduzione generale della sezione trasversale rispetto a una zona danneggiata dal calore; lo spessore del calcestruzzo danneggiato si pone uguale alla profondità media dell'isoterma dei 500°C e questa porzione di calcestruzzo si presuppone non contribuisca alla capacità portante, mentre la restante sezione trasversale mantiene i suoi valori di resistenza e modulo di elasticità iniziali.

La normativa Italiana vigente fornisce mappature termiche calcolate per specifici elementi strutturali, quali lastre, travi e pilastri.

In particolare, per la classe REI 120, la profondità dell'isoterma 500°C è mediamente pari a 4 cm (si vedano i risultati su lastre e travi) e tale valore si ritiene sufficientemente conservativo.

Nell'ambito della verifica al fuoco facenti parte della tratta AV/AC Milano- Genova secondo le norma STI che prevedono una curva del fuoco differente da quella utilizzata dalla norma Italiana.

A tal proposito sono stati confrontati i risultati dell'applicazione della norma Italiana con le nuove disposizioni adottate dalla normativa comunitaria in merito alle gallerie ferroviarie.

L'analisi termica è stata svolta impostando la curva temperatura-tempo ottenute dalle prove EUREKA ed adottate con Decisione Della Commissione Europea del 20 dicembre 2007.

Si riportano di seguito i parametri fisici adottati per l'analisi termica e la curva EUREKA introdotta nel software di analisi per punti come da tabella analoga a quanto formulato ed adottato dalla normativa tedesca RABT-ZTV(train).

Dati per analisi del transitorio termico e verifica capacità p... ✕

Scambio di calore con l'ambiente

$$H_{net,d} = \alpha_f c \cdot (T_g - T_m)^{**n} + e \cdot res \cdot B \cdot (T_{Ag}^{**4} - T_{Am}^{**4})$$

Lato esposto

e res remiss. risultante (irraggiamento)
 alfa c coeff. scambio (convezione)
 exp n esponente

Lato non esposto

e res remiss. risultante (irraggiamento)
 alfa c coeff. scambio (convezione)
 exp n esponente

B costante di Stefan-Boltzmann

Ta temperatura assoluta

Max iter. Tolleranza

per elementi di contorno
 per la matrice sistema

DT intervallo di calcolo [minuti]

Unità di misura SI: [daN,m,J,W,C]; Sezioni scalate in automatico

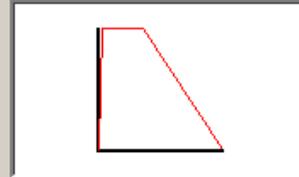
Curve relative al conglomerato

Temperatura gas (t) ISO834

Conducibilità cls (T)

Calore specifico cls (T)

Massa cls (T)



Verif. 7.5.3

Valori di default per verifiche

Classe tempo di esposizione R
 Gc,fi coeff. di sicurezza calcestruzzo
 Gs,fi coeff. di sicurezza acciaio
 temperatura staffe mediata
 Gw,fi coeff. di sicurezza legno

OK

Esci

Curva tempo-temp... ✕

n.	t [min]	Temperatura
<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="20.0"/>
<input type="text" value="2"/>	<input type="text" value="5.0"/>	<input type="text" value="1200.0"/>
<input type="text" value="3"/>	<input type="text" value="60.0"/>	<input type="text" value="1200.0"/>
<input type="text" value="4"/>	<input type="text" value="170.0"/>	<input type="text" value="20.0"/>

OK

Annulla

Analisi della resistenza al fuoco della sezione

Lato	Tratto	Stato	Tratto	Stato	Tratto	Stato	Prot...
Lat...	100	Esposto	0	Non...	0	Non...	0
Lat...	50	Adiabatico	0	Non...	0	Non...	0
Lat...	100	Adiabatico	0	Non...	0	Non...	0
Lat...	50	Adiabatico	0	Non...	0	Non...	0



Dati per analisi transitorio

Dimensione lato mesh [cm]: 2.0

N. nodi: 1326

N. elementi: 1250

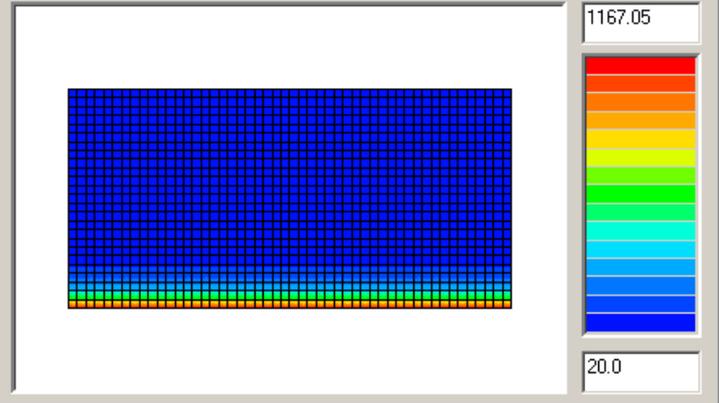
Avanzate...

Aggiorna

Analisi termica

Usa per verifica

[t=60] Rettangolare: b=100.00 h =50.00



1167.05

20.0

Esposizione: 60 minuti

Cls. gamfi: 1.2 Capacità %: 93 90 [°]

Acc. gamfi: 1 T max: 233.818 329.875 [°°]

[*] Rispett. compressione e trazione [°°] Rispett. longitudinale e staffa

OK

Esci

La temperatura massima viene raggiunta per un tempo di esposizione pari a 60 minuti, con isoterma di 500 °C alla profondità di circa 4 cm dalla superficie esposta al fuoco.

Le armature tese raggiungono una temperatura pari a 336,5 °C (profondità 5 cm dalla superficie esposta al fuoco).

Coerentemente con il diagramma temperatura-tempo adottato le temperature poi decrescono per tempi di esposizione superiori a 60 minuti. L'analisi semplificata che si è scelto di adottare viene comunque condotta al momento in cui si raggiungono le temperature massime indotte dalla curva EUREKA implementata nel software.

Analisi della resistenza al fuoco della sezione

Lato	Tratto	Stato	Tratto	Stato	Tratto	Stato	Prot...
Lat...	100	Esposto	0	Non...	0	Non...	0
Lat...	50	Adiabatico	0	Non...	0	Non...	0
Lat...	100	Adiabatico	0	Non...	0	Non...	0
Lat...	50	Adiabatico	0	Non...	0	Non...	0



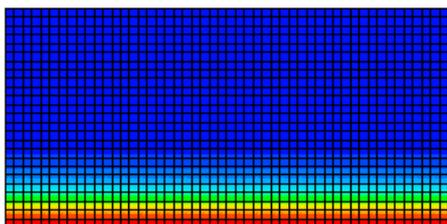
Dati per analisi transitorio

Dimensione lato mesh [cm]: 2.0

N. nodi: 1326

N. elementi: 1250

[t=120] Rettangolare: b=100.00 h =50.00



580.15

20.0

Avanzate...
Aggiorna
Analisi termica
Usa per verifica

Esposizione: 120 minuti

Cls. gamfi: 1.2 Capacità %: 95 88 [*]

Acc. gamfi: 1 T max: 336.54 412.395 [**]

[*] Rispett. compressione e trazione [**] Rispett. longitudinale e staffa

OK
Esci

Le analisi dimostrano come il metodo dell'isoterma a 500°C sia conforme alle richieste nella nuova normativa europea con curva tempo-temperatura EUREKA.

Si ritiene, pertanto, che le analisi svolte dimostrino che il metodo dell'isoterma a 500°C fornisca dei risultati assolutamente in linea con le richieste STI.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC Foglio 213 di 220

12.4 FENOMENI DI SPALLING

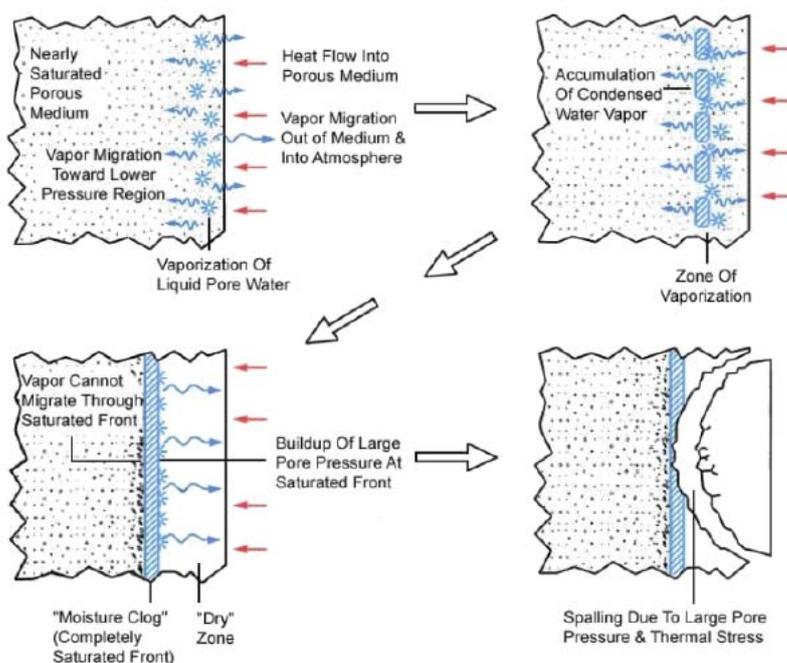
Come già evidenziato nei paragrafi precedenti, seppur la verifica al fuoco risulti soddisfatta si ritiene, tenuto conto dell'importanza strategica dell'opera, di dover tener conto anche degli effetti legati ai fenomeni di "spalling".

Lo spalling consiste in un danneggiamento localizzato del calcestruzzo, con riduzione della sezione resistente, dovuto alla compresenza di alta temperatura e trasferimento di massa di vapore all'interno del materiale, che concentrandosi, può innalzare la pressione fino alla rottura e distacco di parte della struttura.

L'eventuale distacco degli strati superficiali del calcestruzzo espone inoltre il cuore del materiale alle temperature del fuoco, aumentando la velocità di trasmissione del calore alle armature che possono quindi danneggiarsi aumentando i rischi per persone e soccorritori.

Tale fenomeno di "distacco" è principalmente legato a:

1. acqua di legame chimico (cambio di stato liquido-vapore con superamento della resistenza a trazione del cls);
2. salto termico differenziale fra porzione di rivestimento esposta al fuoco e parte interna (auto tensioni).



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC	Foglio 214 di 220

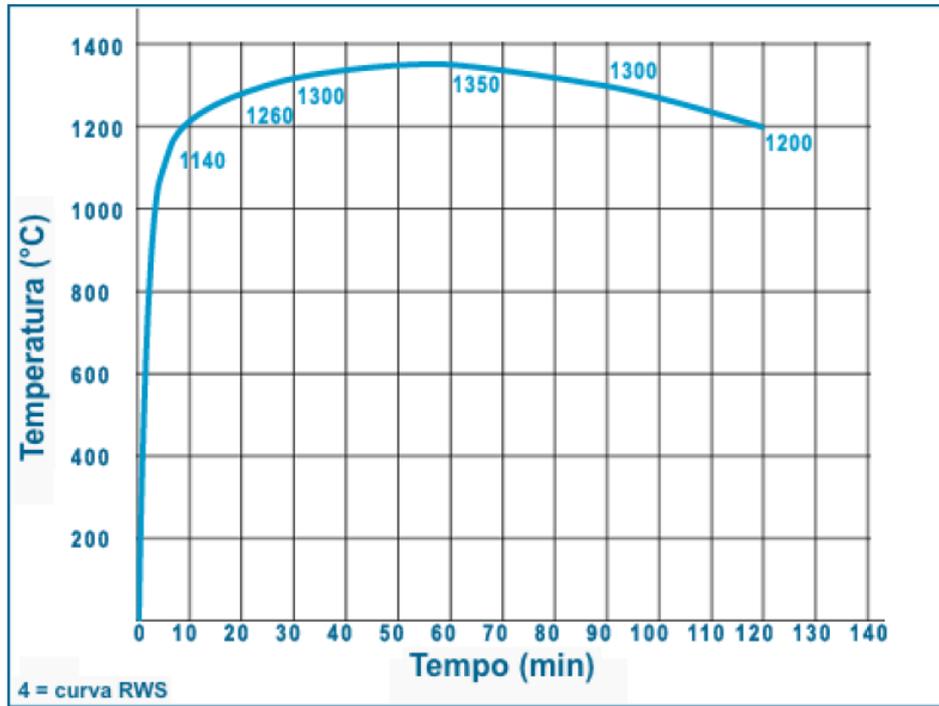
L'utilizzo delle fibre in polipropilene per la salvaguardia delle strutture dai fenomeni di "spalling"

L'utilizzo in fibre in polipropilene permette di ridurre drasticamente il fenomeno di spalling; infatti, raggiunta la temperatura di 360° lo scioglimento delle fibre creerà dei vuoti per che permetteranno l'uscita del vapore acqueo; test e studi dimostrano l'efficacia del sistema ed inoltre forniscono le quantità ottimali di fibre da utilizzare per massimizzare l'efficacia del sistema di protezione.

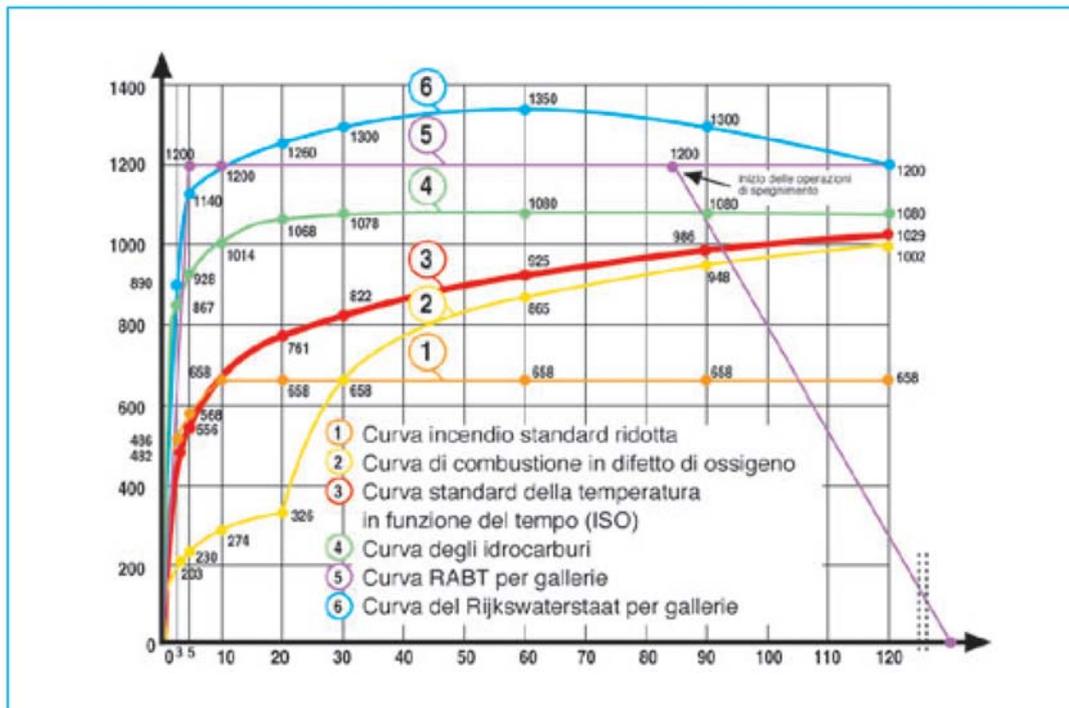
L'efficacia del sistema stata provata con diversi test utilizzando le "curve di fuoco" più gravose (combustione da idrocarburi / cellulosa); all'interno di questi test ricade anche la prova con la curva EUREKA, comunque meno gravosa di altre curve testate.

In particolare la curva RWS, adottata in Italia con la norma UNI 11076/2003 "Modalità di prova per la valutazione del comportamento di protettivi applicati a soffitti di opere sotterranee, in condizioni di incendio", è riconosciuta come una delle curve più rappresentative all'interno dei tunnel (anche richiesta dal DM 28.10.2005 Sicurezza Nelle Gallerie Ferroviarie)

Quasi tutti i paesi che utilizzano la curva RWS, compresa l'Italia, hanno deciso di limitare il programma termico a due ore, in quanto si presume che dopo tale tempo i soccorritori siano in grado di avvicinarsi alla fonte di fuoco e cominciare la loro opera di spegnimento. I recenti casi di incendi di grandi dimensioni, ed in particolare quello del Monte Bianco, hanno dimostrato che le temperature all'interno delle gallerie sono troppo alte per consentire un intervento di soccorso anche dopo molte ore e quindi alcune nazioni hanno pensato di estendere la curva RWS fino a 180 minuti (Austria e Svizzera).



Le curve testate sono di seguito riportate:



La ricerca ha dimostrato che l'introduzione di una quantità variabile di fibre (fra 2 e 5 kg/mc) aiuti a ridurre drasticamente il fenomeno dello spalling; la variabilità del contenuto in fibre è funzione della tipologia di mix di cls utilizzato e del suo grado di permeabilità. Nel caso in esame si ritiene adeguato l'utilizzo di almeno 2 kg/mc di fibre in polipropilene; gli studi hanno anche dimostrato l'inefficacia delle fibre in acciaio nei confronti del fenomeno di spalling se utilizzate in assenza di fibre in polipropilene.

Fibre in polipropilene – caratteristiche fisiche

La fibra monofilamento viene ottenuta dal polipropilene vergine. Essa è destinata ad essere incorporata alla matrice cementizia (calcestruzzo, malta, ecc....) al fine di costituire un materiale omogeneo in grado di contrastare il ritiro plastico e di essere per il calcestruzzo elemento di protezione passiva al fuoco.

**CARATTERISTICHE TECNICHE DELLA FIBRA**

• Materiale:	Polipropilene vergine
• Peso specifico:	0,91g/cm ³
• Temperatura di fusione:	160°C
• Resistenza a trazione:	400-500 Nmm ²
• Allung.to a rottura:	>20%
• Colore:	bianco trasparente
• Lunghezza:	6-12 mm nominali
• Sezione:	circolare
• Modulo di Young:	3500-3900 MPa
• Spessore nominale:	18 μm

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- UNI EN 14845-2:2007 - Metodi di prova delle fibre per calcestruzzo - parte 2: effetti sul calcestruzzo
- EN 14889-2: 2006 - Metodi di prova delle fibre per calcestruzzo—parte 2: fibre in polimero - definizioni, specifiche e conformità
- CNR – DT 204/2006 – Istruzioni per la progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Strutture di Calcestruzzo Fibrorinforzato.
- ISO 834-Fire resistance tests-Elements of building construction

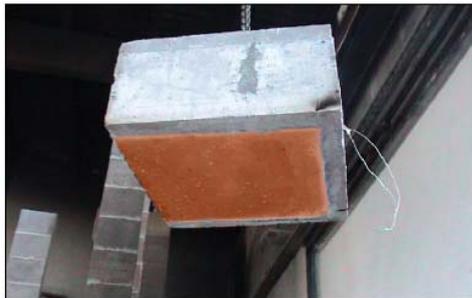
12.5 APPENDICE : TEST E STUDI

- Austrian Federal Ministry of Transport, Innovation & Technology
- Austrian High Speed Train Public Company

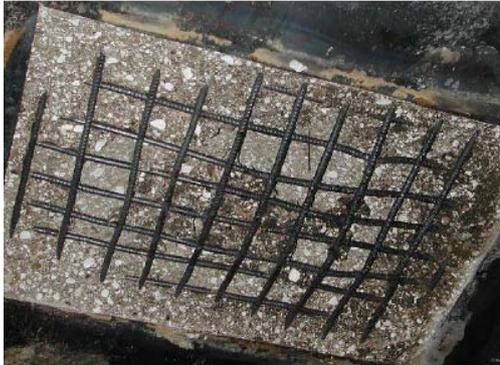
Project duration: 2000 – 2004



Plain concrete
60-70 mm hot spalling



2 kg/m³ PP fiber RC
0 mm



Plain concrete
250/320 mm spalling depth



3 kg/m³ PP fiber RC
0/10 mm



Plain concrete

340 mm spalling depth
(RABT fire curve)2 kg/m³ PP fiber RC

15 mm

Progetti di riferimento

- Kentish Town Cable Tunnel, London, UK
- Schlossberg Tunnel, Graz, Austria
- North Downs Tunnel, CTRL 410 Kent, UK
- Airside Tunnel, Heathrow Airport, Terminal 5, London, UK
- Stratford Tunnel. CTRL Contract 220 / 240. London, UK
- SWOT Tunnel, Heathrow Airport, London, UK
- Swancombe Dock Tunnel CTRL 320, UK
- Bindermichel Tunnel, Linz, Austria
- St. Johns to Elstree Cable Tunnel, London, UK
- De Westerschelde Tunnel, Holland
- Pistentunnel, Flughafen, Austria
- Channel Tunnel Rail Link Contract 103, UK
- U2 / U5 Tunnel, Vienna, Austria
- Dartford Cable Tunnel, UK
- Penchala Tunnel, Kuala Lumpur, Malaysia
- Weehawken Tunnel, New York, USA
- Strassentunnel S1 Rannersdorf, Vienna, Austria
- Mersey Kingsway Cross Passages, Liverpool, UK
- Umfahrung Enns, HL, Austria
- Lainzer Tunnel LT22 / LT24, Vienna, Austria
- Malmö City Tunnel, Sweden
- Hallandsas Tunnel, Sweden
- Petelinje Tunnel, Blagovica, Slovenija
- Ostrava Tunnel, Czech Republic
- Lower Lea Valley, UK
- Dublin Port Tunnel, Ireland
- City Tunnel Leipzig

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>A301-00-D-CV-RG-GN00-0X-002_E00.DOC</p>	<p>Foglio 220 di 220</p>

Reference

- [1] Both, C., Haar, P.W. van de., Tan, G.L., Wolsink, G.M., 1999, “Passive fire protection measures for concrete tunnels”, Fire security in hazardous enclosed spaces, 8 & 9 November 1999, Vernon, France.
- [2] Both, C., Graaf, J.G. van der, Wolsink, G.M., 1999, “Fibrous concrete, safe and cost effective tunnels”, Tunnel fire and safety – Int. conference 2&3 December 1999, Rotterdam, The Netherlands
- [3] Nishida A et al, Schneider U. and Diederichs U. “ Study on the properties of high strength concrete with short polypropylene fiber for spalling concrete.”
Proceedings of the International Conference on Concrete Under Severe Conditions (CONSEC '95) Sapporo Japan June 1995 pp1141-1150
- [4] T. Lennon and N. Clayton, “Fire tests on high grade concrete with polypropylene fibres” 5th International Symposium on the Utilisation of High Strength/High Performance Concrete, Savdejord, Norway, June 1999