

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 ESECUTIVO**

**GALLERIA NATURALE DI VALICO  
GALLERIA A SINGOLO BINARIO  
Tratta 2 – WBS GN14F, GN14J, GN15G, GN15J  
Relazione tecnica e linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo**

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE DEI LAVORI
Consorzio <b>Cociv</b> Ing. N. Meistro	

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
I G 5 1	0 4	E	C V	R O	G N 0 0 0 0	0 0 4	A

Progettazione :								
Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integratore	Data	IL PROGETTISTA
A00	Emissione	COCIV	25/05/2017	DI SALVO	25/05/2017	A. Mancarella	25/05/2017	  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci Dott. Ing. Aldo Mancarella Ordine Ingegneri Prov. TO n. 6271 R

n. Elab.:	File: IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00
-----------	---------------------------------------



GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00	Foglio 3 di 155

## INDICE

INDICE.....		3
1. INTRODUZIONE.....		7
2. NORMATIVE E RACCOMANDAZIONI.....		8
2.1 RACCOMANDAZIONI .....		10
3. MATERIALI IMPIEGATI.....		11
3.1 Gallerie naturali.....		11
3.1.1 Consolidamenti e rivestimenti provvisori.....		11
3.1.2 Rivestimenti definitivi .....		13
3.1.3 Valori di verifica.....		13
4. INQUADRAMENTO GENERALE.....		14
4.1 Inquadramento dell'opera .....		14
4.1.1 Caratteristiche generali .....		14
4.2 Inquadramento geologico-geomorfologico .....		16
4.2.1 Metabasalti del M. Figogna.....		19
4.2.2 Metasedimenti silicei della Madonna della Guardia.....		20
4.2.3 Argille a Palombini del Passo della Bocchetta aP, AGI, AGF (Cretaceo inf.).....		20
4.2.4 Unità tettonometamorfica Gazzo – Isoverde .....		22
4.2.5 Gessi del Rio Riasso (“Gessi, anidriti e carnirole” nella cartografia PE).....		23
4.2.6 Unità tettonometamorfica Cravasco-Voltaggio .....		24
4.2.7 Condizioni geologiche attese in corrispondenza dell'opera .....		25
4.2.8 Principali elementi di incertezza geologica .....		27
4.3 Inquadramento idrogeologico .....		29
4.3.1 Complessi idrogeologici e permeabilità .....		29
4.3.2 Condizioni idrogeologiche attese in corrispondenza dell'opera .....		31
4.4 Inquadramento Geotecnico .....		39
4.4.1 Parametri ed ipotesi di calcolo.....		40
5. PREVISIONI SUL COMPORTAMENTO DEGLI AMMASSI ROCCIOSI E CRITERI DI CALCOLO .....		41
5.1 Calcolo e determinazione delle categorie di comportamento allo scavo.....		42
6. LINEE GUIDA PER L'APPLICAZIONE DELLE SEZIONI TIPO.....		44
6.1 Definizione delle caratteristiche geologiche-geomeccaniche dell'ammasso .....		46
6.2 Risposta deformativa del fronte e del cavo.....		48
6.3 Fasi esecutive e cadenze di avanzamento .....		49
6.4 Procedura di applicazione delle sezioni tipo e delle relative variabilità .....		49

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00	Foglio 4 di 155

<b>7.</b>	<b>DESCRIZIONE DELLE SEZIONI TIPO DI SCAVO E DELLE FASI COSTRUTTIVE</b>	<b>52</b>
7.1	Sezioni tipo B0Lsb .....	52
7.2	Sezioni tipo B0V/sb .....	53
7.3	Sezioni tipo B0/1sb .....	56
7.4	Sezioni tipo B0/2sb .....	57
7.5	Sezione tipo B1sb .....	59
7.6	Sezione tipo B2/1sb .....	61
7.7	Sezione tipo B2/2sb/ B2/2 con puntone .....	64
7.8	Sezioni tipo B2Vsb .....	67
7.9	Sezione tipo B4/1sb .....	69
7.10	Sezione tipo B4/2sb .....	72
7.11	Sezione tipo C2sb / C2sb con puntone.....	75
7.12	Sezione tipo C4sb / C4sb con puntone.....	79
7.13	Sezioni tipo B0sb - r .....	82
7.14	Sezioni tipo B0Vsb - r.....	84
7.15	Sezione tipo B2sb-r.....	87
7.16	Sezione tipo C1sb-r .....	89
7.17	Sezione tipo C2sb-r .....	93
7.18	Pre-spritz al fronte e contorno durante la fase di scavo – Funzione e sua applicazione .....	96
<b>8.</b>	<b>ANALISI DEL RISCHIO .....</b>	<b>97</b>
8.1	Analisi dei rischi lungo il tracciato della Galleria di Valico – Tratta 2 .....	98
8.1.1	Criticità idrogeologica tra le PK 10+100 e 10+300 circa binario pari .....	101
8.2	Soglie di attenzione e allarme .....	102
8.3	Sezioni tipo e criticità in corrispondenza dell'opera .....	103
8.4	Applicazione e variabilità.....	107
8.4.1	Sezione tipo B0Lsb .....	107
8.4.2	Sezione tipo B0Vsb.....	108
8.4.3	Sezione tipo B0/1sb .....	109
8.4.1	Sezione tipo B0/2sb .....	110
8.4.2	Sezione tipo B1sb .....	111
8.4.3	Sezione tipo B2/1sb .....	112
8.4.1	Sezione tipo B2/2sb/ B2/2sb con puntone .....	114
8.4.2	Messa in opera del puntone in arco rovescio .....	115
8.4.3	Sezione tipo B2Vsb.....	117
8.4.4	Sezione tipo B4/1sb .....	118
8.4.5	Sezione tipo B4/2sb .....	119

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00 <span style="float: right;">Foglio 5 di 155</span>

8.4.6	Sezione tipo C4sb / C4sb con puntone.....	121
8.4.7	Messa in opera del puntone in arco rovescio .....	123
8.4.8	Sezione tipo C2sb / C2sb con puntone.....	124
8.4.9	Messa in opera del puntone in arco rovescio .....	126
8.4.10	Sezione tipo B0sb-r.....	127
8.4.11	Sezione tipo B0Vsb-r .....	128
8.4.12	Sezione tipo B2sb-r.....	128
8.4.13	Sezione tipo C2sb-r .....	129
8.4.14	Sezione tipo C1sb-r .....	131
9.	<b>TECNOLOGIE ALTERNATIVE E PRESCRIZIONI .....</b>	<b>132</b>
9.1	Campo prova iniezioni al contorno.....	132
9.1.1	Controlli preliminari .....	134
9.1.2	Controlli durante il campo prova .....	135
9.1.3	Controlli finali .....	136
9.1.4	Esame del consolidamento.....	137
9.2	Tecnologie alternative di perforazione .....	137
9.3	Tecnologie alternative per l'armatura dello spritz-beton .....	137
9.4	Armatura del rivestimento definitivo.....	138
9.5	Distanze di getto dei rivestimenti definitivi .....	139
9.6	Caratteristiche minime di resistenza del calcestruzzo in relazione alle fasi operative.....	140
9.7	Tecniche di consolidamento dei fronti di scavo .....	141
9.8	Soglie d'attenzione e d'allarme .....	141
9.9	Criticità .....	141
10.	<b>ALLEGATO 1 – SCHEMI SEZIONI DEFORMABILI .....</b>	<b>142</b>
10.1	SQUEEZING DI GRADO MEDIO .....	142
10.2	SQUEEZING DI GRADO ELEVATO - Sezione con Arco rovescio ribassato.....	148
10.3	SCHEMA DI GIUNZIONE .....	154

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00

Foglio  
6 di 155

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00</p>	<p>Foglio 7 di 155</p>

## 1. INTRODUZIONE

Finalità della presente Relazione è fornire i chiarimenti atti a dimostrare la rispondenza del progetto alle finalità dell'intervento e fornire indicazioni circa l'applicazione delle sezioni tipo e delle relative variabilità previste nella galleria ferroviaria di Valico a singolo binario - Tratta 2.

A tale scopo verrà fornito un inquadramento delle opere nel contesto territoriale ed una descrizione delle stesse, i dati ed i requisiti di base nel rispetto dei quali è stata sviluppata la progettazione, le caratteristiche prestazionali e descrittive dei materiali prescelti, le ipotesi progettuali adottate per il suo dimensionamento e le principali caratteristiche geometriche e dimensionali. Verranno inoltre dettagliati i criteri di scelta che il progettista adotterà in corso d'opera per l'applicazione e la gestione delle sezioni tipo previste in sede di progettazione esecutiva.

La relazione è articolata nei seguenti punti principali:

- Inquadramento generale dell'opera: il lavoro comprende la localizzazione geografica dell'opera, l'individuazione delle eventuali interferenze con manufatti preesistenti presenti lungo il tracciato e l'inquadramento geologico e geotecnico generale dell'area;
- Individuazione del comportamento allo scavo e criteri di calcolo: il lavoro riassume la metodologia di calcolo utilizzata e la filosofia di dimensionamento degli interventi di consolidamento e sostegno;
- Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo: verranno fornite indicazioni circa l'applicazione delle sezioni tipo e delle relative variabilità previste, la tecnica di scavo adottata e criteri di scelta, le fasi costruttive e i criteri di calcolo;

Per quanto concerne gli aspetti relativi alla cantierizzazione, le analisi sulla riutilizzabilità dei materiali provenienti dagli scavi, i tempi di realizzazione delle opere, il monitoraggio geotecnico e ambientale in corso d'opera, le opere civili per la sicurezza in esercizio e i programmi di manutenzione delle opere si rimanda alle relazioni specifiche.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00</p> <p style="text-align: right;">Foglio 8 di 155</p>

## 2. NORMATIVE E RACCOMANDAZIONI

Per il calcolo e per le verifiche delle opere strutturali si è fatto riferimento alle seguenti norme:

**- Legge 5/11/1971 n. 1086**

Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica.

**- Legge n° 64 del 2 febbraio 1974**

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

**- Circolare Ministero Lavori Pubblici n. 11951 del 14/2/1974**

Legge 5 novembre 1971, n. 1086. Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica. Istruzioni per l'applicazione.

**- Circolare Ministero Lavori Pubblici n. 20049 del 9/1/1980**

Legge 5 novembre 1971 n. 1086 - Istruzioni relative ai controlli sul conglomerato cementizio adoperato per le strutture in cemento armato.

**- Istruzioni C.N.R. 10012-81**

Azioni sulle costruzioni.

**- Decreto Ministero Lavori Pubblici 11/3/1988**

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

**- Circolare Ministero Lavori Pubblici n. 30483 del 24/9/1988**

Legge 2 febbraio 1974 art. 1-D.M. 11 marzo 1988. Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. Istruzioni per l'applicazione.

**- Nota Ministero Lavori Pubblici n. 183 del 13/4/1989**

D.M. 11.3.88. Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, la progettazione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

**- Decreto Ministero Lavori Pubblici 14/02/1992**

Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

**- Circolare Ministero Lavori Pubblici 24/06/1993 n. 406/STC**

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00 <span style="float: right;">Foglio 9 di 155</span>

Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche di cui al D. M. 14/02/1992.

**- Decreto Ministero Lavori Pubblici 9/01/1996**

Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche.

**- Decreto Ministero Lavori Pubblici 16/01/1996**

Norme tecniche relative ai "Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi".

**- Decreto Ministero Lavori Pubblici 16/01/1996**

Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche

**- Circolare Ministero Lavori Pubblici 15/10/1996 n. 252**

Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche di cui al D. M. 9/01/96.

**- Circolare Ministero Lavori Pubblici 4/07/1996 n. 156AA.GG/STC**

Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi" di cui al decreto ministeriale 16 gennaio 1996.

**- Circolare Ministero Lavori Pubblici 10/04/1997 n. 65/AA./GG.**

Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche" di cui al D. M. 16/01/96.

**- Decreto Ministero Lavori Pubblici 5/08/1999**

Modificazioni al decreto ministeriale 9 gennaio 1996 contenente norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

**- D.P.R. 6 Giugno 2001, n°380**

Testo unico delle disposizioni legislative e regolamenti in materia edilizia

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00</p>	<p>Foglio 10 di 155</p>

## 2.1 RACCOMANDAZIONI

### - **Eurocodice 1 UNI-EN-1991**

Criteri generali di progettazione strutturale

### - **Eurocodice 2 UNI-EN-1992**

Progettazione delle strutture in calcestruzzo

### - **Eurocodice 3 UNI-EN-1993**

Progettazione delle strutture in acciaio

### - **Eurocodice 4 UNI-EN-1994**

Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo

### - **Eurocodice 7 UNI-EN-1997**

Progettazione Geotecnica

### - **Eurocodice 8 UNI-EN-1998**

Progettazione delle strutture per la resistenza sismica

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00 <span style="float: right;">Foglio 11 di 155</span>

### 3. MATERIALI IMPIEGATI

#### 3.1 Gallerie naturali

##### 3.1.1 Consolidamenti e rivestimenti provvisori

Spritz beton fibrorinforzato	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Resistenza media su carote <math>h/\phi = 1</math> a 48 ore <math>\geq 13</math> MPa, a 28 gg <math>\geq 25/30^*</math> MPa</li> <li>- dosaggio per fibre in acciaio <math>\geq 30</math> kg/m<sup>3</sup></li> </ul> <p>* 30MPa per sezioni tipo C2 sb - C4sb – C2r sb – C1sb-r C2 e C4</p>
Acciaio per centine, piastre e collegamenti:	S275
Acciaio per catene	S275
Acciaio per armatura e rete elettrosaldata:	B450 C
Acciaio bulloni ad ancoraggio continuo	B450 C
Drenaggi	Tubi microfessurati in PVC <ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>\phi_{est} &gt; 60</math> mm, sp. 5 mm</li> <li>- Resistenza alla trazione 4.5 MPa, perforo 80 mm rivestiti con TNT</li> <li>- I primi 10m da boccaforo devono essere ciechi</li> </ul>
Impermeabilizzazione in PVC	<ul style="list-style-type: none"> <li>- teli sp. 2+/-0.5 mm,</li> <li>- Resistenza a trazione <math>\geq 15</math> MPa</li> <li>- Allungamento a rottura <math>\geq 250\%</math></li> <li>- Resistenza alla lacerazione <math>\geq 100</math>N/mm</li> <li>- Resistenza alla giunzione <math>\geq 10.5</math> MPa</li> <li>- Stabilità al calore = 70°C</li> <li>- Flessibilità a freddo = -30°C</li> <li>- Resistenza alle soluzioni acide alcaline = +/-20% max allungamento</li> <li>- Comportamento al fuoco B2</li> <li>- Resistenza alla pressione dell'acqua a 1 MPa per 10 ore : impermeabile</li> </ul>

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00 <span style="float: right;">Foglio 12 di 155</span>

Tubi in VTR (caratteristiche del composito)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diametro esterno = 60 mm ad aderenza migliorata</li> <li>- Diametro di perforazione = 100-120 mm</li> <li>- Spessore medio = 10 mm</li> <li>- Densità <math>\geq 1.8</math> t/mc</li> <li>- Res. a trazione <math>\geq 600</math> MPa</li> <li>- Res. a taglio <math>\geq 100</math> MPa</li> <li>- Modulo elastico <math>\geq 30000</math> MPa</li> <li>- Contenuto in vetro <math>\geq 50</math> %</li> <li>- Resistenza a flessione <math>\geq 600</math> MPa</li> <li>- Resistenza allo scoppio <math>\geq 8</math> MPa</li> <li>- Perforazione eseguita a secco</li> </ul>
Miscele cementizie per cementazione a bassa pressione	Cemento 42.5R <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rapporto a/c = 0.5-0.7</li> <li>- Fluidificante = 4 % di peso sul cemento</li> <li>- Resistenza a compressione a 48 ore <math>&gt; 5</math> MPa</li> </ul>
Iniezioni di guaina	Cemento R32.5 – R42.5 <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rapporto a/c <math>\approx 1.5-2</math></li> <li>- Bentonite <math>\approx 5-8</math> % sul peso di cemento</li> <li>- Densità <math>\approx 1.3</math> t/m<sup>3</sup></li> <li>- Rendimento volumetrico <math>\geq 95</math> %</li> <li>- Viscosità Marsh (ugello 4.7 mm) 30-35 sec.</li> </ul>
Iniezione di consolidamento	Cemento R42.5 <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cemento a finezza di macinazione non inferiore a 4500 cm/g Blaine</li> <li>- Rapporto a/c <math>\approx 0.4-0.7</math></li> <li>- Bentonite <math>&lt; 2</math> %</li> <li>- Additivo fluidificante (Flowcable o simili) <math>\approx 4</math> % di peso del cemento</li> <li>- Viscosità Marsh (ugello 4.7 mm) 35-45 sec.</li> <li>- Densità <math>\approx 1.8</math> t/m<sup>3</sup></li> <li>- Rendimento volumetrico <math>&gt; 95</math> %</li> </ul>

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00 <span style="float: right;">Foglio 13 di 155</span>

Parametri minimi del terreno consolidato	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Resistenza a compressione 48h &gt; 1.0 MPa</li> <li>- Resistenza a compressione 7gg &gt; 1.5 MPa</li> <li>- R.Q.D. 48h &gt; 50%</li> <li>- R.Q.D. 7gg &gt; 70%</li> </ul>
--	--

### 3.1.2 Rivestimenti definitivi

Acciaio per armatura:	B450 C
Calcestruzzo strutturale calotta e piedritti	C25/30, Tipo CEM III-V, XC2, S4
Calcestruzzo strutturale arco rovescio	C25/30, Tipo CEM III-V, XC2, S3
Magrone di pulizia di sottofondo	Rm ≥ 15 MPa, Tipo CEM I-V

Per le sezioni non armate la classe di esposizione del calcestruzzo è X0. Si precisa invece che qualora durante gli scavi si incontrassero acque aggressive sarà necessario utilizzare un calcestruzzo di classe XA2.

### 3.1.3 Valori di verifica

Le verifiche strutturali sono condotte mediante il metodo delle tensioni ammissibili; nel seguito si indicano i valori di resistenza di progetto per i vari materiali.

Acciaio S275	$\sigma_{amm} = 190 \text{ MPa}$
Acciaio tubi S355	$\sigma_{amm} = 240 \text{ MPa}$
Acciaio B450 C	$\sigma_{amm} = 160 \text{ MPa (*)}$
Calcestruzzo proiettato $f_{cm} \geq 25 \text{ Mpa}$	$\sigma_{amm} = 25/1.3 = 19.2 \text{ MPa(**)}$
Calcestruzzo proiettato $f_{cm} \geq 30 \text{ Mpa}$	$\sigma_{amm} = 30/1.3 = 23.1 \text{ MPa(**)}$
Calcestruzzo strutturale armato $R_{ck} 30 \text{ Mpa}$	$\sigma_{amm} = 9.75 \text{ Mpa}$ $\tau_{c0} = 0.60 \text{ Mpa}$ $\tau_{c1} = 1.80 \text{ Mpa}$
Calcestruzzo strutturale non armato $R_{ck} 30 \text{ Mpa}$	$\sigma_{amm} = 7.5 \text{ Mpa}$ $\tau_{c0} = 0.60 \text{ Mpa}$

(\*) In condizioni sismiche o in condizioni di esercizio con verifica a fessurazione  $\sigma_{amm} = 255 \text{ Mpa}$

(\*\*) Le verifiche tengono conto delle diverse fasi di maturazione dello spritz beton

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00 <table border="1" data-bbox="1356 224 1476 318"> <tr> <td>Foglio 14 di 155</td> </tr> </table>	Foglio 14 di 155
Foglio 14 di 155		

## 4. INQUADRAMENTO GENERALE

### 4.1 Inquadramento dell'opera

#### 4.1.1 Caratteristiche generali

L'opera in oggetto rientra nella realizzazione della Linea AV/AC Milano- Genova III Valico ed in particolare della galleria di Valico-tratta 2.

Come descritto in precedenza, la tratta in oggetto consta di due canne ed è composta da più WBS, per una lunghezza totale considerando i due binari di circa 9.5 km. Si riportano per chiarezza le progressive relative ad ogni WBS ed il profilo longitudinale dei due binari. Si rimanda per ulteriori approfondimenti alle tavole dei profili geomeccanici.

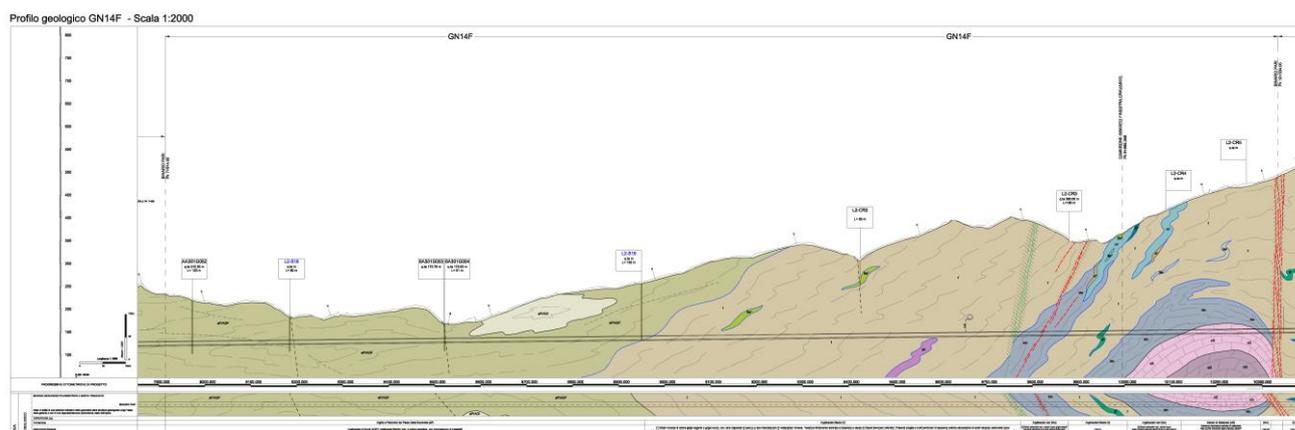
#### Binario pari:

- GN14F da pk 7+914.00 a 10+334.00
- GN14J da pk 10+334.00 a 12+673.50

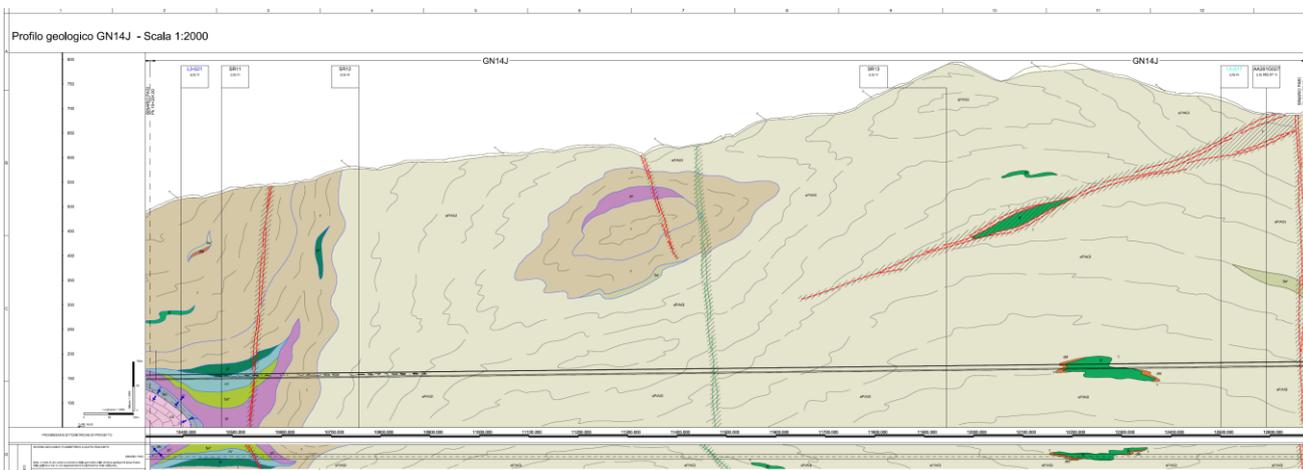
#### Binario dispari:

- GN15G da pk 7+924.03 a 10+334.05
- GN15J da pk 10+334.05 a 12+683.53

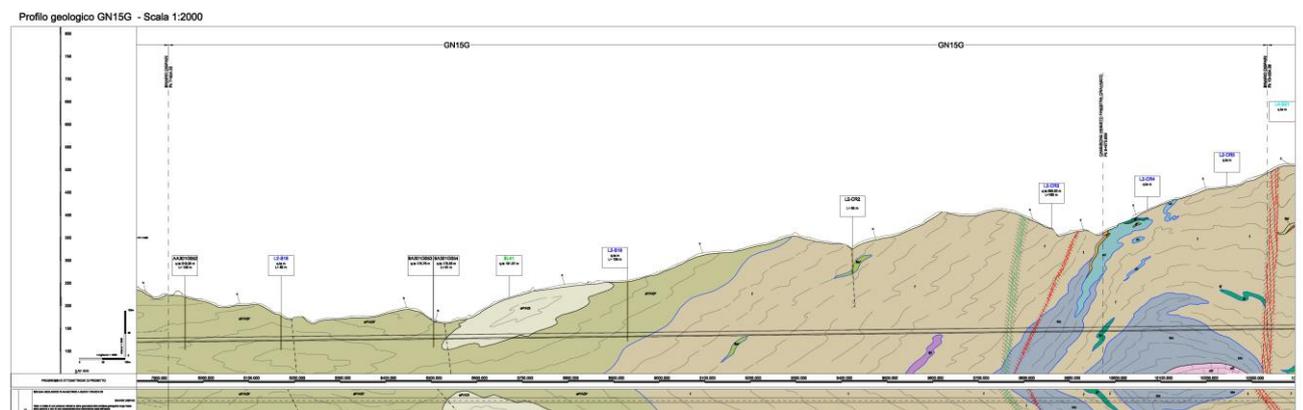
Si precisa che alla PK 9+995.388 del binario pari e alla PK 9+973.659 del binario dispari la linea si innesta con la Finestra Cravasco: per i tratti di lunghezza 100m a cavallo delle PK indicate si faccia riferimento alle WBS relative all'innesto Cravasco (GN14G e GN15H).



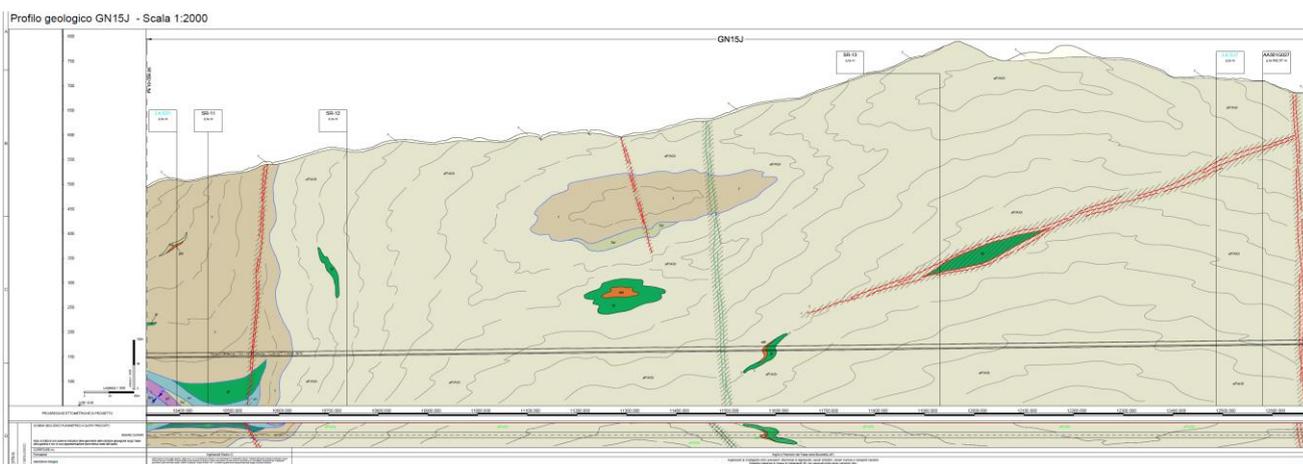
**Figura 4-1. Stralcio del profilo longitudinale – binario pari GN14F**



**Figura 4-2. Stralcio del profilo longitudinale – binario pari GN14J**



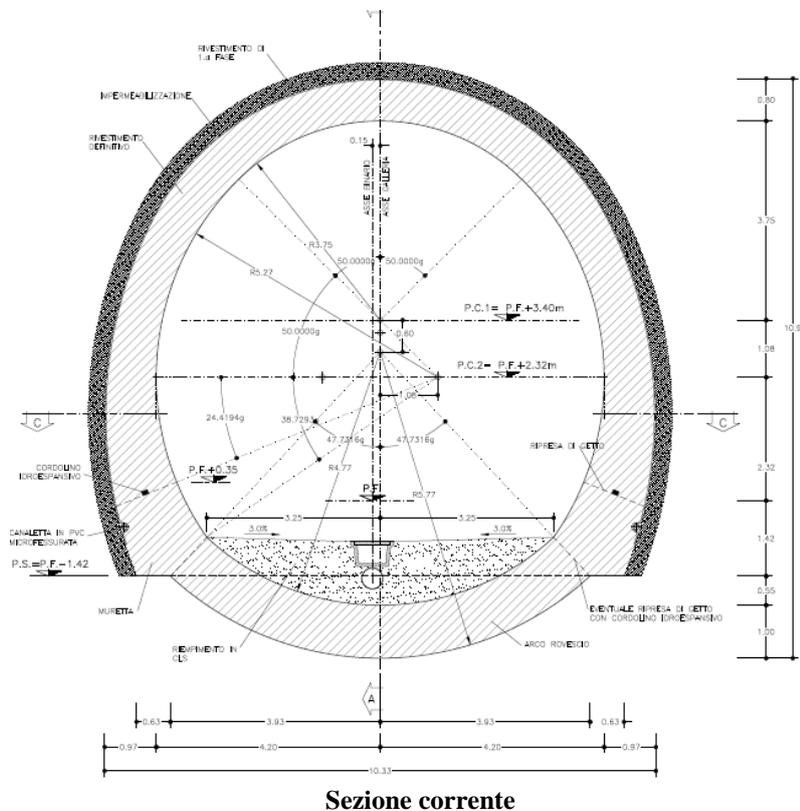
**Figura 4-3. Stralcio del profilo longitudinale – binario dispari tratto GN15G**



**Figura 4-4. Stralcio del profilo longitudinale – binario dispari tratto GN15J**

Il tratto di galleria in esame presenta quindi una lunghezza di circa 4750m per canna, con coperture massime di circa 600m. La sezione corrente adottata, per consentire il traffico ferroviario, è caratterizzata da un raggio interno in chiave calotta di 3.75m e da una larghezza massima misurata in intradosso pari a 8.40m. La sagoma esterna presenta invece geometria variabile in funzione della sezione tipo.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00	Foglio 16 di 155



## 4.2 Inquadramento geologico-geomorfologico

L'area di studio si colloca nella zona di giustapposizione tra i domini orogenici alpino e appenninico (Figura 4-5), nota in letteratura come "nodo collisionale ligure" (Laubscher et al., 1992).

Nell'area del Foglio Genova è possibile distinguere, da W verso E, tre settori caratterizzati dall'associazione di unità di crosta oceanica e di mantello, unità di margine continentale e unità costituite da flysch (Figura 4-5):

1. le **unità tettonometamorfiche Voltri e Palmaro-Caffarella** ("*Gruppo di Voltri*" auct.)
2. la **Zona Sestri-Voltaggio**
3. Il **dominio dei Flysch Appenninici**

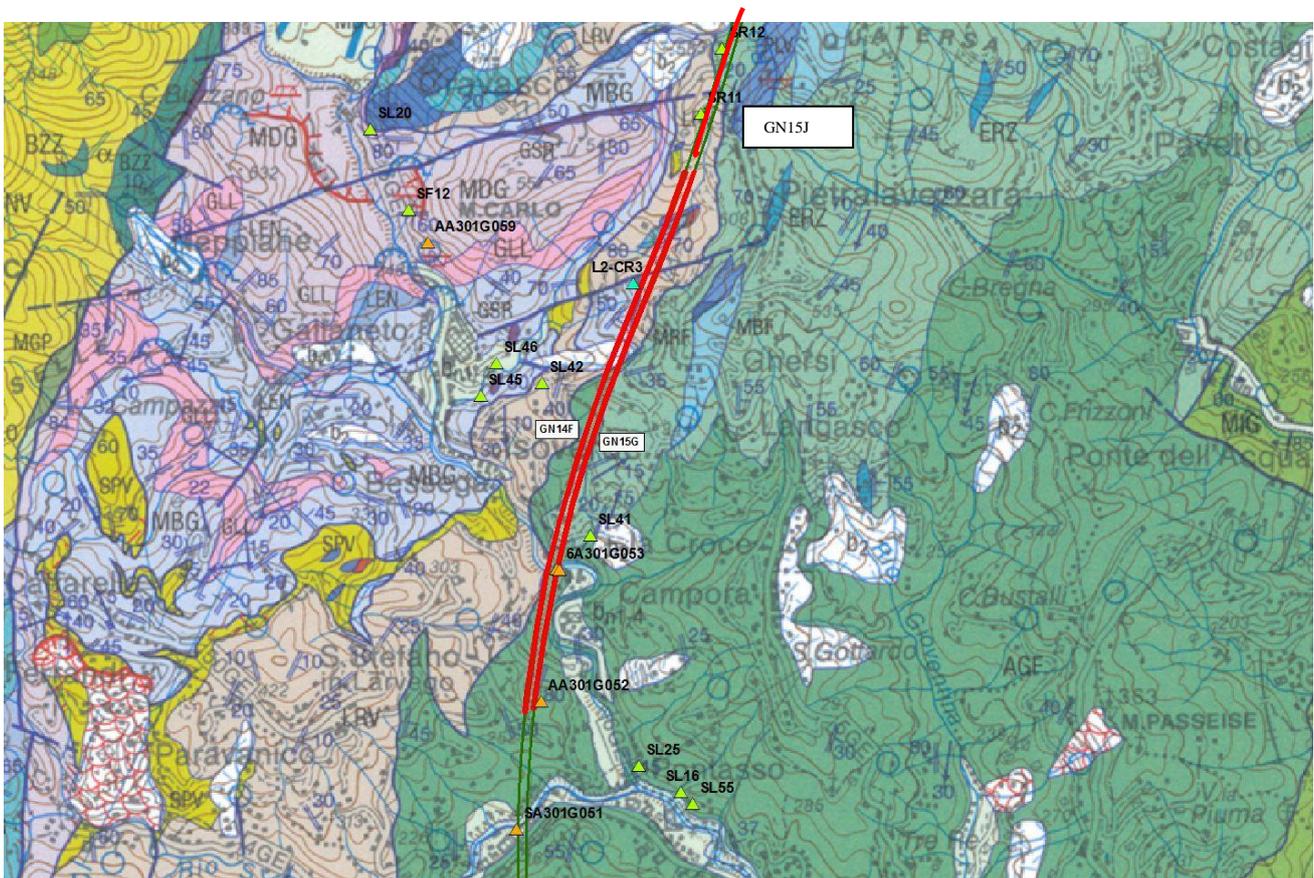
Il tracciato della linea AC/AV Milano-Genova si sviluppa, tra il territorio ligure e quello piemontese, a cavallo delle unità tettonometamorfiche Palmaro-Caffarella e Sestri-Voltaggio. A scala locale, il territorio in cui si colloca il sito di intervento è ubicato nell'areale di affioramento della ZSV e più precisamente entro la formazione delle "Argille a Palombini del Passo della Bocchetta" (aP), dell'unità tettonometamorfica Figogna e nella zona milonitica di contatto con le unità tettonometamorfiche Gazzo-Isoverde e Cravasco-Voltaggio.

Si riportano di seguito lo stralcio geologico dell'area in esame attraversata dal tracciato, ed una breve descrizione geologica delle unità interessate dallo scavo; oltre alle unità interferenti con lo scavo della galleria, sono evidenti altre unità geologiche riportate nella relazione geologica, a cui si rimanda per maggiori dettagli.



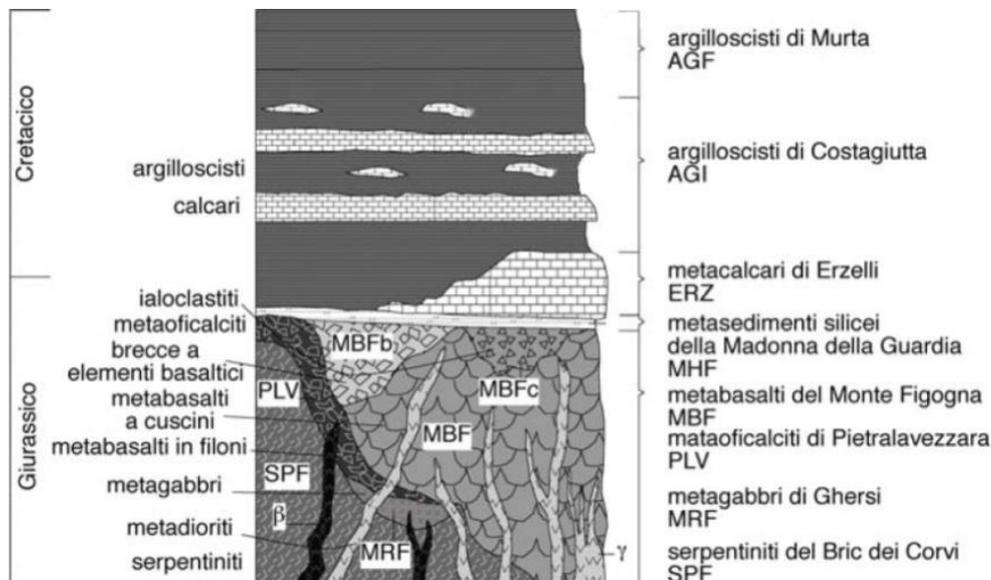
- 1 DEPOSITI TARDO- E POST-OROGENICI  
 Successione del Bacino Terziario Piemontese, depositi pliocenici e quaternari
  - 2 UNITÀ TETTONICA ANTOLA  
 Unità costituita da flysch, non metamorfica
  - 3 UNITÀ TETTONICA RONCO  
 Unità costituita da flysch, a metamorfismo di anchizona
  - 4 UNITÀ TETTONICA MONTANESI  
 Unità costituita da flysch, a metamorfismo di anchizona
  - 5 UNITÀ TETTONICA MIGNANEGO  
 Unità costituita da flysch, a metamorfismo di anchizona
  - 6 UNITÀ TETTONOMETAMORFICA FIGOGNA  
 Unità di crosta oceanica, a metamorfismo in facies pumpellyite-actinolite
  - 7 UNITÀ TETTONOMETAMORFICA CRAVASCO - VOLTAGGIO  
 Unità di crosta oceanica, a metamorfismo in facies Scisti Blu (albite, clorite, Na-anfibolo, Na-prosseno, lawsonite, pumpellyite, epidoto), con retrocessione moderata
  - 8 UNITÀ TETTONOMETAMORFICA GAZZO - ISOVERDE  
 Unità di margine continentale, a sovrainpronta metamorfica di alta pressione
  - 9 UNITÀ TETTONOMETAMORFICA PALMARO - CAFFARELLA  
 Unità di crosta oceanica, a metamorfismo in facies Scisti Blu (giadeite, Na-anfibolo, lawsonite), con retrocessione in facies Scisti Verdi più o meno pervasiva
  - 10 UNITÀ TETTONOMETAMORFICA VOLTRI  
 Unità di crosta oceanica e di mantello, a metamorfismo in facies Scisti Blu con eclogiti e riequilibratura in facies Scisti Verdi spesso pervasiva
  - 11 UNITÀ TETTONOMETAMORFICA ANGASSINO - TERMA  
 Unità di margine continentale, a sovrainpronta metamorfica di alta pressione
  - 12 UNITÀ TETTONOMETAMORFICA ARENZANO  
 Costituita da un Complesso di margine continentale, monometamorfico, a sovrainpronta metamorfica alpina da alta pressione a Scisti Verdi e da un Complesso di margine continentale, polimetamorfico, a metamorfismo pre-alpino in facies Anfibolitica e sovrainpronta metamorfica alpina da alta pressione a Scisti Verdi
- Limite stratigrafico     
 — Contatto tettonico     
 — Faglia     
 —|— Traccia di sezione geologica

**Figura 4-5 - Schema tettonico dell'area interessata dal progetto (tratto dal foglio CARG "Genova"); è riportata la tratta del tracciato di linea, per la parte inclusa nel taglio cartografico.**



**Figura 4-6. Stralcio della carta geologica relativa alle WBS in esame e ubicazione indagini**

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00 <span style="float: right;">Foglio 19 di 155</span>



**Figura 4-7 – Schema dei rapporti stratigrafici tra le varie formazioni che costituiscono l'unità tettonometamorfica Figogna (Capponi et al., 2008).**

#### 4.2.1 Metabasalti del M. Figogna

##### *B', Malm? (MBF nella cartografia CARG)*

Si tratta di metabasalti massivi e a pillow, con orizzonti di breccie basaltiche a tessitura fluidale, più raramente in filoni massicci a tessitura doleritica e con locali filoni decimetrico-metrici di metadioriti. I metabasalti si presentano poco deformati; un accenno di scistosità è più evidente dove si osserva lo stiramento dei pillow, che raramente è accentuato.

Nelle parti centrali della formazione si osservano breccie basaltiche non deformate, con matrice a tessitura fluidale evidenziata da tessiture vacuolari primarie preservate. Presso la cresta spartiacque del M. Figogna sono osservabili facies ialoclastitiche vere e proprie. Più a S, nella cava di Borzoli, ubicata nella parte bassa in asse alla struttura, sono presenti orizzonti di oficalci, interessati da campi di fratture tensionali suturate da calcite.

I metabasalti, relativamente indisturbati da Borzoli al M. Figogna, sono interessati, nel settore occidentale, da numerose faglie transpressive dirette N-S e a vergenza W, che delineano dei duplex della sequenza serpentiniti-metabasalti. Queste strutture sono associate a tessiture cataclastiche, soprattutto nelle serpentiniti, che nella sequenza serpentinite/basalto sembrano agire da orizzonte plastico, assorbendo la maggior parte della deformazione. A ridosso del limite occidentale dell'unità si osservano nuovamente scaglie dei termini bacinali sedimentari, pinzate tra le metabasiti e le unità Cravasco-Voltaggio e Gazzo. A nord del M. Figogna i metabasalti affiorano in lembi allungati e discontinui di origine tettonica, all'interno della formazione degli argilloscisti di Costagiutta, dove sono frequentemente associati a lembi di metasedimenti silicei (§ 4.2.2), metacalcari e metaoficalciti.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00	Foglio 20 di 155

#### 4.2.2 *Metasedimenti silicei della Madonna della Guardia*

*dM, Malm? (MHF nella cartografia CARG)*

Formano lembi sottilissimi e discontinui, sempre in associazione con i basalti nella caratteristica posizione stratigrafica che questi depositi conservano nelle successioni ofiolitifere. Possono essere rappresentati da scisti silicei, rossi o più raramente verdi e da ftniti zonate con sporadici livelli radiolaritici, oppure da scisti quarzosi rosso-rosati, fittamente foliati e con giunti. Il loro spessore medio non supera di solito i pochi metri (Marini, 1998). Localmente sono intercalati a peliti grigie e possono presentare livelli inquinati da prodotti vulcanoclastici (zona ad ovest del M. Figogna; Cortesogno & Haccard, 1984). Differiscono dai diaspri appartenenti alle serie Liguridi, in quanto queste ultime mostrano caratteri marcatamente propri di radiolariti e selci.

#### 4.2.3 *Argille a Palombini del Passo della Bocchetta aP, AGI, AGF (Cretaceo inf.)*

L'unità Figogna include le seguenti formazioni:

- Argille a Palombini del Passo della Bocchetta (aP) (suddivise nella cartografia CARG nelle due sottunità degli "argiloscisti di Murta, AGF" e degli "argiloscisti di Costagiutta, AGI");
- Metacalcari di Erzelli;
- Metasedimenti silicei della Madonna della Guardia;
- Metabasalti del M. Figogna;
- Serpentiniti del Bric dei Corvi (zona di deformazione di Scarpino).

L'unità delle "Argille a Palombini del Passo della Bocchetta", descritta come un complesso litostratigrafico unico dagli autori pre-CARG e dal Progetto Definitivo, è stata successivamente suddivisa nel foglio CARG Genova in due sottunità (cfr. Figura 4-7):

- argiloscisti di Costagiutta (codice CARG: AGI);
- argiloscisti di Murta (codice CARG: AGF).

Per coerenza con il Progetto Definitivo e per evitare eccessive confusioni, si è scelto di mantenere la terminologia e il codice pre-CARG (aP), indicando, dove possibile, l'attribuzione dei litotipi affioranti all'una o all'altra delle due sottunità CARG sopra citate e distinguendo cartograficamente, sempre ove possibile, le due litofacies principali.

Dal punto di vista litostratigrafico, la sottunità degli **argiloscisti di Costagiutta** è costituita da alternanze di argiloscisti e di calcari cristallini ("Palombini" auct.), metapeliti scistose grigio-nerastre, più o meno siltose, metasiltiti e metaareniti in strati centimetrici, con intercalazioni di metacalcilutiti siltose più o meno marnose, di colore grigio o grigio-bruno in strati e banchi, più frequenti alla base della successione. I cosiddetti "Palombini" sono rappresentati da calcari cristallini comprendenti calcari micritici silicei, di colore grigio scuro tendente al grigio azzurro, a tessitura massiva, più raramente stratificata, calcari arenacei e meno frequenti calcari marnosi, che formano strati e banchi di potenza variabile da pochi cm a 1.5-2 m.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00 <span style="float: right;">Foglio 21 di 155</span>

Le giaciture individuate sono frequentemente la media di una stratificazione disturbata da serie di pieghe più o meno frammentate; la scistosità descrive frequentemente pieghe a ginocchio con cerniere più o meno acute e pieghe serrate, a scala da centimetrica a pluridecametrica. Gli argilloscisti di Costagiutta affiorano diffusamente a E della dorsale del M. Figogna e, in misura minore, sul suo lato occidentale, dove sono in contatto tettonico con le unità Gazzo e Cravasco-Voltaggio. Nel settore meridionale del Foglio Genova affiorano soprattutto lungo il T. Chiaravagna e sono segnalati in scavi di fondazione e sondaggi; nel settore settentrionale si estendono diffusamente oltre il confine regionale, da Pietralavezzara a Fraconalto (AL).

Gli **Argilloscisti di Murta** a differenza dei precedenti sono privi dei caratteristici interstrati calcarei, i “Palombini” auct. che hanno dato il nome all’intera formazione. Sono rappresentati da un’alternanza di argilloscisti filladici color grigio scuro e grigio argenteo (Figura 4-9), a patina sericitica, con intercalazioni di sottili straterelli calcarei, di metasiltiti e di metaareniti fini, color grigio chiaro, nocciola in alterazione, con laminazioni piano-parallele localmente convolute. Gli strati hanno generalmente spessore da centimetrico a decimetrico; sono presenti orizzonti con strati fino a 30 cm di argilliti e metasiltiti.

L’unità affiora in una fascia allungata N-S, da Sampierdarena a Campomorone e oltre, in territorio piemontese, separando verso est gli argilloscisti di Costagiutta dall’unità flyschoidi di Mignanego (dominio dei Flysch Appenninici). L’età presunta è cretacea.

Le giaciture della stratificazione sono vergenti ad E presso il contatto con il Flysch di Mignanego, mentre nella direzione opposta (verso W) le giaciture sono raramente significative, poiché la stratificazione è disturbata da fitte sequenze di pieghe strizzate alla macroscale con assi orientati circa NNE-SSW.



**Figura 4-8 – Stralcio del profilo geologico BB’ attraverso la Val Polcevera e la dorsale del M. Figogna; il profilo si colloca in corrispondenza della pk 4+764 (binario pari).**

### Le Argille a Palombini nell’area di studio

Nel settore oggetto di studio affiorano, in superficie, i litotipi della formazione delle “Argille a Palombini del Passo della Bocchetta” (aP); secondo quanto riportato nel Foglio CARG “Genova”, il settore interessato dallo scavo della WBS in oggetto ricade a cavallo di due aree in cui affiorano sia

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00 <table border="1" data-bbox="1364 224 1476 315"> <tr> <td>Foglio 22 di 155</td> </tr> </table>	Foglio 22 di 155
Foglio 22 di 155		

l'unità degli Argilloscisti di Murta (AGF), sia l'unità degli Argilloscisti di Costagiutta (AGI), strutturalmente soprastante.

In sintesi, le due litofacies si differenziano per la presenza (Argilloscisti di Costagiutta, AGI) o l'assenza (Argilloscisti di Murta, AGF) di livelli di calcari micritici silicei a grana fine ("Palombini").

Per quanto riguarda una più dettagliata descrizione delle caratteristiche per ogni WBS della formazione si rimanda alle specifiche relazioni.



**Figura 4-9 – Argilloscisti in sponda destra del Rio Trasta, a sud dell'area di intervento.**

#### 4.2.4 Unità tettonometamorfica Gazzo – Isoverde

L'Unità Gazzo–Isoverde è costituita da un nucleo di dolomie di età norica (Dolomie del M.Gazzo), equivalenti alla Dolomia Principale del sudalpino, con al tetto lembi preservati di unità bacinali a sedimentazione mista carbonatica/silicoclastica (Serie di Gallaneto-Lencisa e meta-argilliti di Bessega). Nel seguito si darà descrizione delle formazioni che maggiormente potrebbero interessare l'opera. Descrizioni più dettagliate su tutte le altre formazioni possono essere reperite nelle relazioni geologiche di riferimento.

##### Dolomie del monte Gazzo (dG nella cartografia di PE)

Dolomie e calcari dolomitici, di colore da grigio chiaro a nerastro, ricristallizzati, spesso saccaroidi. Tessitura grossolanamente stratificata, con spessore degli strati variabile in media tra 0.5 e 2 m, ma con banchi potenti fino a 10 m ca., costituiti da strati decimetrici rinsaldati. Sono frequenti le intercalazioni di metapeliti e di calcari marnosi giallastri. La stratificazione non è sempre facilmente riconoscibile anche a causa della deformazione tettonica. Verso l'alto stratigrafico sono presenti

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00	Foglio 23 di 155

filoni sedimentari e brecce intraformazionali ad intraclasti dolomitici scuri fino a nerastri. Raramente sono conservate strutture sedimentarie (tappeti algali, oospariti, intramicrospariti e fossili). La porzione superiore della serie è costituita da dolomicriti nerastre e facies di breccia.

I sistemi di fratture presenti sono sede di frequenti fenomeni carsici, associati a condotti di dimensioni metriche, impostati lungo le discontinuità e particolarmente sviluppati nel settore centro-meridionale dell'unità. Il sistema carsico della Dolomia del Gazzo costituiva un acquifero significativo, che presumibilmente è stato modificato dalla perforazione del tunnel ferroviario di Borzoli, diretto al porto di Voltri. Tuttavia sul versante della Val Chiaravagna vi sono sorgenti ancora attive. Sono inoltre presenti diverse cavità carsiche oggetto di esplorazione, segnalate nel database "Gestionale Speleologico Ligure" (<http://www.catastogrotte.net>).

#### 4.2.5 Gessi del Rio Riasso ("Gessi, anidriti e carniole" nella cartografia PE)

##### *GSR, Norico (gc nella cartografia di PE)*

Si tratta di gessi saccaroidi associati a calcari vacuolari, brecce dolomitiche e anidriti, osservabili solo in alcuni limitatissimi affioramenti lungo il Rio Riasso e tra Cravasco e Isoverde.

Le note illustrative del foglio Genova riportano non meglio precisate "fonti storiche" da cui risulta che i gessi siano stati oggetto di coltivazione in sottosuolo nell'area tra Cravasco e il Passo della Bocchetta; nella zona di Isoverde sono riportati problemi di instabilità, a causa sia di fenomeni di dissoluzione, sia del probabile collasso di gallerie realizzate all'epoca della coltivazione.

Non sono noti in superficie affioramenti di anidriti, la cui presenza in profondità è però attestata da alcuni carotaggi profondi realizzati nell'area. È probabile che le anidriti esposte in superficie si siano idratate in gesso, mentre in profondità esse si siano mantenute inalterate.

L'associazione di questi litotipi suggerisce un ambiente costiero di transizione, con locali emersioni. La posizione stratigrafica di questa formazione è ambigua: per alcuni autori alla base della successione stratigrafica triassico-liassica, per altri al *top* delle dolomie e calcari dolomitici e al *bottom* dei Calcari di Gallaneto. Al *top* delle dolomie e dei calcari dolomitici sarebbe stato riconosciuto, nell'evoluzione del bacino deposizionale, un progressivo avvicinamento a condizioni evaporitiche. Le note illustrative del CARG propendono per questa seconda interpretazione.

##### *Calcari di Gallaneto (cG nella cartografia di PE)*

Metacalcari grigi più o meno micacei, alternati a scisti pelitici e marnosi; verso l'alto stratigrafico si rinvengono calcari cristallini puri. La stratificazione è generalmente ben riconoscibile, mentre lo sviluppo del clivaggio è poco pervasivo. Lo spessore degli strati varia da decimetrico a metrico.

##### *Argilloscisti neri (Mn nella cartografia di PE)*

Meta-argilliti scistose grigio-scure e nere, più o meno siltose, organizzate in strati di spessore da centimetrico a decimetrico, con intercalazioni di calcari cristallini in strati da millimetrici a

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00	Foglio 24 di 155

centimetrici. A tale unità sono state attribuite anche facies chiaramente scistose, a basso tenore in carbonati, organizzate in strati centimetrici talora filladici di colore bruno-grigiastro, che affiorano in modo discontinuo in sinistra idrografica della Val Bianchetta.

Le meta-argilliti di Bessega sono interpretate come depositi bacinali distali, disposti al tetto della successione Norica.

#### 4.2.6 Unità tettonometamorfica Cravasco-Voltaggio

L'unità tettonometamorfica Cravasco-Voltaggio affiora con maggiore continuità a nord di Pietralavezzara, mentre verso sud essa si chiude lateralmente, restando compresa tra le unità tettonometamorfiche Figogna e Gazzo-Isoverde. Le linee strutturali che delimitano l'unità a tetto e a letto immergono verso ENE con una giacitura che delinea una struttura regionale "a fiore", tipica di zone di taglio transpressive; in posizione intermedia tra le due unità si rileva un piano di possibile sovrascorrimento che porta a contatto gli scisti filladici di Larvego con le serpentiniti di Case Bardane. Nel seguito si darà descrizione delle formazioni che maggiormente potrebbero interessare l'opera. Descrizioni più dettagliate su tutte le altre formazioni possono essere reperite nelle relazioni geologiche di riferimento.

##### Argilloscisti filladici (f nella cartografia di PE)

Scisti filladici grigio-verdastri, fittamente laminati, con scistosità a spaziatura da millimetrica a centimetrica e superfici untuose al tatto e di aspetto sericeo, che in alterazione prendono un colore nocciola. Locali livelli di metasiltiti e metaareniti bruno scuro di spessore centimetrico e lenti di silice microcristallina biancastra, di spessore centimetrico. La scistosità principale descrive localmente pieghe da aperte a serrate.

Le filladi sono caratterizzate da diverse generazioni di scistosità, con fasce tettonizzate piuttosto ampie; gli affioramenti, a causa dell'alterazione, risultano di estensione ridotta, mascherati da una coltre detritica di alterazione piuttosto continua.

##### Calcari di Voltaggio (cV nella cartografia di PE)

La formazione dei calcari di Voltaggio, nota anche con il termine di "calcaires pointillés" (Cortesogno & Haccard, 1979), affiora in forma di sottili scaglie essenzialmente a N di Cravasco; è costituita da calcari cristallini grigi, spesso a grana grossa, con livelli sottili ricchi in fillosilicati, che presentano almeno due scistosità sovrapposte (Marini, 1998). Generalmente questi litotipi presentano un'abbondante frazione quarzosa e micacea, indicante un'origine detritica.

Verso la parte basale della sequenza, al contatto con un orizzonte di diaspri, si possono incontrare alcuni metri di calcari cristallini bianchi, ricchi in quarzo microcristallino. Il limite stratigrafico inferiore è determinato dai diaspri o, in loro assenza, direttamente dall'unità basaltica di Cravasco; il limite stratigrafico superiore è rappresentato dal passaggio graduale agli scisti filladici.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00	Foglio 25 di 155

L'ambiente di deposizione delle originarie sequenze calcareo-silicee e calcareo-marnose era presumibilmente di tipo pelagico. I calcari di Voltaggio presentano inoltre una spiccata analogia di facies con i calcari a Calpionella dell'Appennino settentrionale (Cortesogno & Haccard, 1984).

*Serpentiniti di case Bardane (Se" nella cartografia di PE)*

Si tratta di serpentiniti a crisotilo e antigorite con frequenti relitti mineralogici e tessiturali di lherzolite.

Le serpentiniti, di colore da verdastro a grigio-verde chiaro, hanno tessitura da scistosa e intensamente laminata, con sviluppo di piani di clivaggio pervasivi, a spaziatura submillimetrica, con superficie liscia o untuosa al tatto; la tessitura può localmente divenire cataclastica, fino a ultracataclastica, in particolare in corrispondenza della zona di deformazione tettonica di Timone, un importante piano di taglio duttile-fragile che fa parte del più esteso sistema di deformazione della linea Sestri-Voltaggio.

All'interno delle serpentiniti si riconoscono pieghe disarmoniche a scala da centimetrica a plurimetrica, riferibili a pieghe di trascinamento di una foliazione preesistente, sviluppatasi nell'ambito di zone di taglio. Le facies deformate (brecce, cataclasiti, ultracataclasiti e gouge) possono avvolgere litoni di forma amigdalare, meno deformati ma comunque intensamente fratturati e brecciati, da centimetrici a metrici. Localmente si osservano fasce brecciate con litoni allungati metrici o plurimetrici, circondati da zone di taglio cataclastico da decimetriche a metriche, percentualmente subordinate, che definiscono un pattern anastomosato.

Sono spesso presenti minerali asbestiformi visibili ad occhio nudo, concentrati lungo piani di frattura o in vene estensionali.

*4.2.7 Condizioni geologiche attese in corrispondenza dell'opera*

Il tratto di galleria considerato si sviluppa all'interno della formazione delle Argille a Palombini del P.so della Bocchetta (aP) ed all'interno della fascia milonitica di Isoverde, che coinvolge anche litotipi appartenenti alle unità tettonometamorfiche Cravasco-Voltaggio e Gazzo-Isoverde, quest'ultima in particolare nella zona a cavallo tra le WBS GN14F e GN14J per il binario pari e GN15G e GN15J per il binario dispari.

Le Argille a Palombini del P.so della Bocchetta (aP), sono costituite da argilloscisti, localmente con interstrati calcarei o calcareo-marnosi, riferibili alle due litofacies di Murta (AGF, senza interstrati calcarei) e Costagiutta (AGI, con interstrati calcarei o "Palombini").

Quali siano gli esatti rapporti geometrici e stratigrafici tra queste due litofacies alla quota del tunnel può essere definito solo a livello ipotetico: è presumibile che per gran parte predomini in galleria la litofacies a Palombini (AGI), con subordinati settori a prevalenti argilloscisti non carbonatici (AGF) e, localmente, con la possibile presenza di masse di metavulcaniti basaltiche di dimensioni da pluridecametriche a pluriettometriche. Ai metabasalti possono essere associati livelli di scisti silicei varicolori, che in genere indicano al posizione del top stratigrafico.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00 <table border="1" data-bbox="1369 230 1474 315"> <tr> <td>Foglio 26 di 155</td> </tr> </table>	Foglio 26 di 155
Foglio 26 di 155		

All'interno della fascia milonitica di Isoverde saranno attraversati prevalentemente livelli riferibili agli argilloscisti filladici (f), in facies milonitica, consistenti in scisti micacei di colore grigio-argenteo o grigio scuro, con vene trasposte di quarzo e rare intercalazioni di meta-calcarei micacei a tessitura fortemente laminata e trasposta a causa di intensi fenomeni milonitici. La presenza di bancate con minor deformazione milonitica è possibile; in questo caso la scistosità, pur risultando meno pervasiva, presenta una partizione meno fitta. All'interno di questa fascia di deformazione duttile sarà possibile intersecare anche livelli milonitici derivanti da argilloscisti neri (Mn), costituiti da scisti carbonatici neri e calcari impuri grigio-nerastri fortemente laminati. Questi litotipi sono stati individuati nella parte terminale del sondaggio L2-CR3, eseguito all'incirca sulla verticale del binario pari e proiettato lungo il tracciato alla pk 9+900 circa.

Sono inoltre presenti, per le WBS GN14J e GN15J, ma non è da escludere che si possano incontrare anche nelle GN14F e GN15G, livelli a presumibile geometria lenticolare e potenza metrica o decametrica derivanti da altri litotipi a composizione basaltica, serpentinitica, calcarea o evaporitica, con tessitura più o meno laminata. Alcune di queste scaglie tettoniche, costituite in prevalenza da anidriti, metabasalti, calcari cristallini e serpentiniti sono state attraversate dai sondaggi SR11 (pk 10+480) ed SR12 (pk 10+750) eseguiti in fase di progetto definitivo a partire all'incirca dalla verticale del binario pari con inclinati rispetto alla verticale in direzione circa E-SE.

La presenza e posizione di altri corpi litologici di questo tipo all'interno della fascia milonitica lungo le WBS in questione è indeterminabile in assenza di ulteriori indagini dirette.

La zona finale della WBS GN14F per il binario pari (e GN15G per il binario dispari), sarà probabilmente interessata per un'estensione ettometrica dagli argilloscisti neri (Mn), consistenti in scisti carbonatici neri, calcari impuri grigio-nerastri passanti lateralmente a scisti calcarei fortemente foliati di colore grigio scuro-argenteo. Le bancate maggiormente carbonatiche non superano in genere il metro di spessore e solo localmente esse sono presenti in quantità consistente, mentre più sovente prevalgono gli scisti. All'interno della successione si intersecheranno anche livelli milonitici, con tessitura fortemente foliata e più fissili delle facies non milonitiche. Inoltre, nella tratta terminale della WBS GN14F, oltre alla presenza degli argilloscisti neri descritti, dai risultati emersi dai sondaggi eseguiti per il progetto esecutivo (CR3 – CR4 – CR5) si prevede l'attraversamento, per una tratta di lunghezza pari a circa 170m circa, dei Calcari di Gallaneto (cG). I Calcari di Gallaneto (cG), sono costituiti da meta-calcarei grigi e scisti carbonatici grigio-argentei, passanti localmente a bancate con prevalenti calcari cristallini grigio chiari di aspetto tegulare. Localmente, presso il contatto con gli argilloscisti neri (Mn), possono essere presenti anche bancate di calcari scuri, di potenza da pluri-metrica a decametrica, con scistosità meno marcata e quindi più massicci e con elevata densità di vene carbonatiche.

Lo scavo della galleria verrà realizzato in un ammasso roccioso caratterizzato da una discreta omogeneità litologica ma da una forte anisotropia strutturale, quest'ultima dovuta sia alla presenza delle intercalazioni di strati calcarei, sia alla foliazione metamorfica pervasiva, con spaziatura da submillimetrica a centimetrica, sia infine alle frequenti variazioni di giacitura della foliazione, riscontrabili a tutte le scale.

Al di fuori delle zone di faglia, gli argilloscisti saranno quindi abbastanza omogenei, se considerati alla scala dell'intero sviluppo dell'opera, ma strutturalmente eterogenei alla scala del fronte di scavo:

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00	Foglio 27 di 155

il motivo geometrico dominante lungo lo sviluppo dell'opera sarà la presenza di pieghe aperte e disarmoniche, da centimetriche a pluridecametriche, con vergenza prevalente verso W o WSW, probabilmente associate a piccoli piani di taglio cataclastico, immergenti verso E-ENE, con cinematismo prevalentemente inverso, sviluppati parallelamente al piano assiale delle pieghe e più frequenti in zona di cerniera e di fianco inverso.

All'interno di eventuali lenti tettoniche di metabasalti, è prevedibile una situazione di maggiore omogeneità tessiturale e strutturale, anche in presenza di facies di breccie basaltiche; ai bordi delle masse di metabasalto, è invece prevedibile che si possano concentrare deformazioni di taglio, anche legate al contrasto di competenza con gli argilloscisti incassanti, che potrebbero essere associate a un netto peggioramento delle caratteristiche geomeccaniche dell'ammasso.

Nel settore d'indagine non è stata direttamente riscontrata la presenza di faglie in affioramento, soprattutto per l'estesa copertura di detrito, suolo e vegetazione, che limitano fortemente la percentuale di affioramento. Ciononostante, come evidenziato dai profili geomeccanici delle singole WBS, è previsto l'attraversamento in zone di faglia principali (osservate direttamente nei sondaggi o desumibili dalla cartografia CARG) che costituiscono tratte di criticità per lo scavo, come evidenziato nel capitolo di analisi del rischio per le singole WBS; questo aspetto risulta particolarmente evidente nelle WBS GN14F e WBS GN15G mentre nelle WBS GN14J e WBS GN15J si riscontra perlopiù la presenza di zone di faglia minori. A livello locale infatti (alla scala del fronte di scavo), saranno molto probabilmente presenti diversi piccoli piani di taglio a basso-medio angolo, inoltre, saranno probabilmente incontrate diverse faglie subverticali minori, con spessore della zona di deformazione cataclastica inferiore a 1 m e con damage zone estesa per 1-2 m al massimo ai due lati del piano principale. La posizione di questo insieme di strutture però non è determinabile con precisione.

Il grado di fratturazione al di fuori delle zone di faglia può variare da medio a basso, con sviluppo di fratture più nette all'interno di livelli più compatti e di clivaggi di fratturazione pervasivi nei livelli più fillosilicatici.

Per quanto riguarda la valutazione qualitativa del grado di stabilità del fronte di scavo, sono state stimate condizioni di stabilità a breve-medio termine, al di fuori delle zone di faglia; condizioni di instabilità localizzata, con possibili splaccamenti, localizzati principalmente in calotta o sul paramento sinistro (considerando una direzione di avanzamento verso N), potranno verificarsi nel caso che la foliazione intersechi l'asse tunnel con direzione ad esso subparallela, immersione prevalente verso W e inclinazione a medio-basso angolo (20-50° dall'orizzontale).

#### 4.2.8 Principali elementi di incertezza geologica

Il principale elemento d'incertezza geologica lungo il tracciato è costituito dalla difficoltà di posizionare il contatto litologico tra gli argilloscisti neri (Mn) e gli argilloscisti filladici (f), con inglobate scaglie tettoniche di varia natura tra cui metabasalti, serpentiniti, calcari cristallini e anidriti.

In questo settore non è possibile escludere che il limite tra gli argilloscisti "Mn" e gli argilloscisti "f" si posizioni in un punto diverso rispetto a quanto ipotizzato nel profilo ed intersechi quindi la galleria a

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00 <table border="1" data-bbox="1369 232 1476 315"> <tr> <td>Foglio 28 di 155</td> </tr> </table>	Foglio 28 di 155
Foglio 28 di 155		

progressive differenti. Peraltro, uno spostamento del limite degli argilloscisti Mn implicherebbe anche un analogo spostamento del limite tra questi argilloscisti ed i sottostanti calcari di Gallaneto (cG) e Dolomie del Monte Gazzo (dG), che potrebbero anche arrivare ad intersecare e/o lambire la galleria. Tali incertezze potrebbero avere risvolti idrogeologici piuttosto rilevanti, dal momento che i calcari di Gallaneto ed in particolare le Dolomie sottostanti sono un potenziale acquifero di tipo carsico.

Ulteriore elemento di incertezza geologica risulta costituito dalla difficoltà di collocare il contatto successivo tra gli argilloscisti "Mn" e i calcari di Gallaneto "cG", con particolare riferimento alla WBS GN14F in cui la presenza della formazione è evidenziata nel profilo geologico di progetto.

Le incertezze sulla posizione di questi limiti sono principalmente connesse con le difficoltà di proiezione in profondità dei dati giaciture di superficie.

Anche l'interpretazione delle geometrie del contatto tra la successione non milonitica, costituita da argilloscisti Mn + calcari cG + dolomie dG (per brevità definita nel seguito *successione Mn-dG*) e gli argilloscisti milonitici f è piuttosto problematica. In superficie, in prossimità del contatto tra la *successione Mn-dG* e gli argilloscisti milonitici, la prima presenta spesso un'immersione ad alto angolo (70-80°) verso SE e, localmente, un rovesciamento verso NW. Tuttavia, man mano che dal contatto ci si sposta verso SE all'interno del dominio di affioramento degli argilloscisti, le giaciture della foliazione milonitica presentano per lo più immersioni a medio o a basso angolo verso SE, talora rovesciate verso NW per effetto di pieghe D3. In ogni caso, in quest'ultimo settore, all'interno degli argilloscisti milonitici prevalgono di gran lunga le immersioni a medio angolo verso SE.

In presenza di tali dati di superficie sono possibili due diverse interpretazioni:

1. tra la *successione Mn-dG* e gli argilloscisti milonitici f esiste una discordanza angolare; la *successione Mn-dG* immerge ad alto angolo verso SE, mentre la foliazione degli argilloscisti vi termina contro con un angolo inferiore (immersione a medio angolo verso SE). Questa discordanza angolare può essere interpretata come una struttura S-C a grande scala, che si sviluppa, spesso, ove vi sia un forte contrasto reologico tra rocce più rigide (*successione Mn-dG*) e rocce più plastiche (argilloscisti milonitici f). Secondo questa interpretazione, che è quella utilizzata per la ricostruzione del profilo geologico, gli argilloscisti Mn interessano la parte finale della WBS GN14F per il binario pari (GN15G per il binario dispari), mentre i sottostanti calcari di Gallaneto (cG) non raggiungono la sezione di scavo, arrivando ad alcuni metri sotto l'arco rovescio poco prima dell'estremità sud della tratta d'opera in questione.
2. Non esistono discordanze angolari tra la *successione Mn-dG* e gli argilloscisti milonitici f. Le diverse giaciture osservate sul terreno nei vari punti di osservazione sono semplicemente da riferire ad effetti di piegamento che determinano variazioni locali in superficie; in questo contesto però, la *successione Mn-dG*, al di sotto degli argilloscisti milonitici f, dovrebbe presentare giaciture a medio angolo man mano che si procede verso est (quindi verso il tracciato della galleria di linea) e quindi giaciture meno inclinate di quanto osservabile in superficie. In questa ipotesi, gli argilloscisti Mn e anche i calcari di Gallaneto intersecano il cavo della galleria per una tratta di lunghezza superiore rispetto al caso precedente (intersezione dei calcari di Gallaneto per una lunghezza di circa 170m nella WBS GN14F,

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00	Foglio 29 di 155

mentre nella WBS GN15G i calcari rimangono al di sotto della quota della galleria); in questa seconda ipotesi non è escluso che anche le Dolomie del Monte Gazzo dG possano arrivare a lambire l'arco rovescio della galleria.

Le due ipotesi hanno la medesima probabilità di accadimento. Sul profilo geologico di progetto si è scelto di presentare la seconda ipotesi mettendo però in evidenza mediante punti interrogativi e frecce tutte le incertezze esistenti.

### 4.3 Inquadramento idrogeologico

#### 4.3.1 Complessi idrogeologici e permeabilità

La zona interessata dal progetto della linea del III Valico è stata suddivisa, su base litologica, in diversi *complessi idrogeologici* a permeabilità differente, distinguendo lungo l'asse delle gallerie settori con comportamento idrogeologico omogeneo.

La caratterizzazione dettagliata dei vari complessi idrogeologici intercettati dal tracciato dell'opera è contenuta nella Relazione Idrogeologica Generale del Progetto Esecutivo (elaborato IG51-00-E-CV-RO-GE-00-0-2-001-A00) e nelle tavole idrogeologiche allegate.

Nel presente rapporto verrà fornita una sintesi dei dati principali utili alla descrizione del comportamento idrogeologico delle formazioni attraversate, mentre per i dettagli si rimanda alla lettura della suddetta relazione idrogeologica generale.

I sistemi di flusso idrico sotterraneo possono svilupparsi all'interno di un solo complesso idrogeologico, quando questo è limitato lateralmente da complessi meno permeabili, oppure possono attraversare più complessi permeabili adiacenti.

La formazione delle "Argille a Palombini del Passo della Bocchetta" (aP) corrisponde, insieme agli argilloscisti filladici (f) ed agli argilloscisti neri (Mn) ed ad altre unità litostratigrafiche costituenti scaglie tettoniche all'interno delle zone milonitiche, al complesso idrogeologico 15, mentre i "Metabasalti del M. Figogna" corrispondono al complesso idrogeologico 17. I Calcari di Gallaneto appartengono al complesso idrogeologico 16, mentre le Dolomie del Monte Gazzo costituiscono il complesso idrogeologico 19 ed i Gessi ed Anidriti del Rio Riasso formano il complesso 20.

I test idraulici disponibili sull'intera area di progetto indicano per i complessi idrogeologici sopra elencati, i seguenti valori di conducibilità idraulica:

#### Complesso 15 (aP, dM, d", f, Mn, Se")

1E-07 ÷ 1E-08 m/s

1E-05 ÷ 1E-07 m/s nell'ammasso detensionato (da 5 a 20 m dalla superficie)

1E-06 ÷ 1E-07 m/s in zona di faglia a profondità < 100 m

1E-07 ÷ 1E-09 m/s in zona di faglia a profondità > 100 m

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00 Foglio 30 di 155

Le prove idrauliche eseguite in zone di faglia mostrano valori dispersi; i valori più elevati riguardano le zone di danneggiamento, mentre le zone di nucleo possono anche avere un effetto compartimentante, per la presenza di prodotti di frizione con granulometria fine (gouge di faglia). In ogni caso, la permeabilità all'interno delle zone di faglia non differisce di molto rispetto a quella dell'ammasso in normale stato di fratturazione.

I sistemi di flusso idrico sotterraneo negli argilloscisti sono sviluppati prevalentemente in corrispondenza di zone intensamente fratturate; negli argilloscisti sono quindi generalmente prevedibili condizioni di umidità e solo localmente stillicidi da deboli a diffusi, in particolare nelle zone a debole copertura, considerato anche che nel settore interessato dallo scavo non è presente un bacino idrogeologico significativo.

#### Complesso 16 (cE, cV, cG, eN, MyI)

1E-07 ÷ 1E-08 m/s con possibili incrementi fino a 1E-06 m/s e riduzioni fino a 1E-09 m/s  
 fino a 1E-05 m/s in zona di faglia

La composizione carbonatica è dominante, pur con presenza di interstrati a composizione fillosilicatica prevalente, quindi la permeabilità principale è per fratturazione.

Non esistono test idraulici realizzati direttamente all'interno del complesso; in base alle osservazioni di terreno, si può ragionevolmente ipotizzare una permeabilità bassa in condizioni di fratturazione normali, con incrementi anche consistenti in zona di faglia, soprattutto nella damage zone. I piani di faglia principali possono localmente avere un effetto compartimentante, se contengono materiale fine di frizione (gouge argilloso), tuttavia tale ha rilevanza solo locale.

Sono possibili fenomeni di dissoluzione del carbonato non trascurabili, con sviluppo di reticoli microcarsici o di condotti carsici con apertura centimetrico-decimetrica. L'eventuale carsismo potrebbe essere parzialmente compartimentato dagli interstrati fillosilicatici, poco o non soggetti a dissoluzione, con sviluppo di flussi su più livelli separati.

#### Complesso 17 (B', B'', mG)

1E-06 ÷ 1E-07 m/s, fino a 1E-08 m/s  
 1E-04 - 1E-07 m/s (stima) in zona di faglia

I litotipi di questo complesso hanno un comportamento più fragile rispetto alla maggior parte degli altri complessi, con discontinuità più persistenti e pervasive; la conducibilità media è quindi maggiore che negli altri complessi. I valori di conducibilità più bassi sono correlabili a scarsa fratturazione e/o alla chiusura delle discontinuità.

Le faglie sono mediamente caratterizzate da un'ampia zona di danneggiamento in cui la permeabilità è più elevata; la zona di nucleo generalmente non è caratterizzata da rocce di faglia a grana fine e quindi presenta permeabilità analoghe alla damage zone. Fenomeni di compartimentazione lungo la faglia, pur non potendo essere esclusi, sono poco probabili.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00 <table border="1" data-bbox="1369 230 1476 315"> <tr> <td>Foglio 31 di 155</td> </tr> </table>	Foglio 31 di 155
Foglio 31 di 155		

### Complesso 19 (dG)

1E-06 m/s

1E-04 ÷ 1E-07 m/s in zona di faglia

Le Dolomie del Monte Gazzo costituiscono uno dei complessi idrogeologici più rilevanti dell'area, con circolazioni sotterranee molto attive, legate soprattutto alla presenza di cavità carsiche, tra cui anche alcune grotte. A parte i fenomeni carsici, le dolomie hanno un comportamento fragile e una densità di fratturazione più elevata rispetto alle formazioni adiacenti.

Le prove idrauliche disponibili non riguardano l'ammasso carsificato e riflettono quindi condizioni legate alla sola presenza di fratture. Anche per le zone di faglia non esistono ad oggi test idraulici. Le osservazioni di superficie indicano la presenza di zone di deformazione fragile molto fratturate e permeabili, senza effetti di compartimentazione.

Gli elementi idraulici di maggior rilievo sono costituiti dai condotti carsici, che possono avere uno sviluppo considerevole e piuttosto casuale. Le aperture dei condotti possono variare da pochi centimetri ai metri e possono inoltre essere alimentati anche da una rete secondaria microcarsica che si sviluppa principalmente lungo il reticolo di fratture con pareti parzialmente beanti o corrose.

### Complesso 20 (qc)

1E-08 ÷ 1E-09 m/s

I litotipi di questo complesso presentano un comportamento plastico quando sottoposti a deformazione. Inoltre sono soggetti a frequenti e pervasivi fenomeni di deformazione che tendono a sigillare i giunti che si sviluppano lungo le zone di faglia.

La permeabilità media è da bassa a molto bassa, tuttavia i litotipi evaporitici sono potenzialmente soggetti a dissoluzione chimica. È possibile che in corrispondenza dei principali corpi di gessi, anidriti e carniole, si sviluppino orizzonti di dissoluzione, con presenza di materiale residuale che dal punto di vista idrogeologico presenta delle caratteristiche simili a quelle di un mezzo poroso. Il fenomeno è discontinuo e probabilmente non interessa tutti i corpi di rocce evaporitiche presenti nell'ammasso. Sarà comunque opportuno tenere in considerazione il fatto che localmente possano esistere fasce di materiale a permeabilità anche molto elevata.

#### *4.3.2 Condizioni idrogeologiche attese in corrispondenza dell'opera*

Gli argilloscisti attraversati sono caratterizzati da permeabilità per fratturazione da bassa a molto bassa e non costituiscono quindi un acquifero significativo, salvo possibili condizioni di maggiore permeabilità legate alla presenza delle zone di faglia. In base ai dati idrogeologici raccolti durante lo scavo delle finestre Castagnola e Vallemme, già scavate all'interno della formazione degli Argilloscisti (aP), risulta che le tratte scavate hanno incontrato un ammasso roccioso, costituito da argilloscisti con intercalazioni di "palombini", sostanzialmente impermeabile. Ad eccezione delle zone di imbocco, più permeabili e con stillicidi più o meno diffusi (portate medie di 0.5 l/s per 10 m di galleria), la restante parte delle due gallerie non ha messo in evidenza significative venute d'acqua, ad esclusione di alcune piccole manifestazioni idriche nei tratti con maggiore densità di

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00	Foglio 32 di 155

intercalazioni di “palombini” fratturati; le venute risultano comunque di entità molto modesta e di durata limitata nel tempo.

Nella galleria in esame quindi, negli argilloscisti della formazione aP con o senza “palombini”, si attendono in assenza di faglie, condizioni generalizzate di umidità e solo localmente stillicidi da deboli a diffusi, in particolare nelle zone con debole copertura, dove gli scisti sono alterati e maggiormente permeabili.

La permeabilità all’interno delle zone di faglia non differisce di molto rispetto a quella dell’ammasso in normale stato di fratturazione, poiché la tessitura fortemente scistosa e la dominante componente fillosilicatica degli argilloscisti prevengono lo sviluppo di larghe fasce di fratturazione, accomodando parte della deformazione attraverso scorrimenti intra-scistosità.

I piani di faglia, associati allo sviluppo di prodotti di frizione a forte componente argillosa (gouge) possono addirittura svolgere un’azione di compartimentazione dell’acquifero, piuttosto che rappresentare canali a maggiore conduttività, data la bassa permeabilità delle rocce di faglia argillose. Le fasce idraulicamente più trasmissive, legate alle faglie, sono quindi limitate a uno spessore di pochi metri di roccia intensamente fratturata (*damage zone*), ai lati dei piani di taglio principali.

Nel complesso quindi, durante lo scavo del tratto della galleria di linea in oggetto, potranno essere incontrate condizioni idrogeologiche di due tipi: i) ammasso roccioso in normali condizioni di fratturazione (con eventuali zone di faglia minori) e ii) zone di faglia minori.

Nel primo caso non si attendono problematiche particolari dal punto di vista idrogeologico, considerata la bassa permeabilità dei litotipi attraversati; le condizioni idrogeologiche saranno analoghe a quelle incontrate nello scavo della finestra Val Lemme, con umidità e deboli stillicidi.

Alle zone di faglia potranno essere associate venute d’acqua di debole entità (stillicidi concentrati e/o piccole venute puntuali) in rapido esaurimento nel tempo, ma con carico idraulico che, almeno nella fase iniziale, potrà anche essere elevato.

Dagli approfondimenti di superficie svolti durante il Progetto Esecutivo e dall’analisi dei sondaggi eseguiti nell’area in oggetto, è stata rilevata la presenza all’interno degli argilloscisti di lenti di dimensioni da metriche a decametriche di metabasalti del M. Figogna. È stata quindi ipotizzata la presenza di lenti anche a quota galleria, pur se di collocazione incerta. I metabasalti sono caratterizzati da una permeabilità più elevata rispetto agli argilloscisti, legata al più intenso grado di fratturazione.

Nel complesso è quindi ipotizzabile, durante lo scavo del tratto di galleria in oggetto, la presenza per brevi tratti di litotipi a maggiore permeabilità (metabasalti), che potranno dare luogo a venute d’acqua di modesta entità, in rapido esaurimento, trattandosi di masse di metabasalto di dimensioni limitate, annegate in un mezzo a bassa permeabilità rappresentato dagli argilloscisti e nella maggior parte dei casi non in comunicazione idraulica con la superficie; una volta drenato il mezzo fratturato a permeabilità più elevata, le portate in galleria torneranno a essere condizionate essenzialmente dalla permeabilità del litotipo dominante, cioè gli argilloscisti.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00
	Foglio 33 di 155

L'interpretazione dei dati dei sondaggi CR4 e CR5 ha permesso inoltre di ipotizzare l'attraversamento di una tratta lungo circa 170 m all'interno dei Calcari di Gallaneto, caratterizzati da un grado di permeabilità decisamente più alto rispetto a quello dei circostanti argilloscisti. Localmente ed in particolare nei pressi delle faglie, i Calcari di Gallaneto presentano una debole carsificazione e possono quindi essere sede di circolazione idrica più sostenuta. In tale tratta è stato pertanto stimato un possibile afflusso idrico durante lo scavo più consistente rispetto a quanto stimato nei settori in cui verranno attraversati gli argilloscisti.

### Carico idraulico

Il carico idraulico in regime imperturbato è valutato in base alle indicazioni fornite dai piezometri collocati in diversi sondaggi posti lungo l'asse di linea nell'unità delle Argille a Palombini e attrezzati con cella Casagrande, che indicano un livello di falda in roccia, oscillante tra 2-3 m e 10-15 m dal p.c. (escludendo i valori estremi), a seconda della posizione del foro e delle variazioni stagionali.

Ciò premesso, si può stimare che il carico idraulico imperturbato, riferito alla quota del piano del ferro, sia variabile da pochi metri nelle zone a basse coperture presenti nella tratta iniziale, fino a raggiungere valori prossimi a 500 m nella parte terminale. Si fa notare che un carico idraulico elevato non implica necessariamente la presenza di venute cospicue; è possibile avere un carico idraulico elevatissimo in presenza di semplici stillicidi, così come un carico idraulico molto basso in presenza di venute diffuse e abbondanti, poiché non vi è un nesso tra le due grandezze.

### Afflussi in galleria

La portata drenata dalle gallerie è stata valutata effettuando una serie di modelli numerici mediante il programma di calcolo FEFLOW. Per i dettagli della metodologia si rimanda alla Relazione Idrogeologica Generale di progetto; di seguito, vengono illustrate le principali conclusioni.

I risultati ottenuti per il regime transitorio relativamente alla tratta in esame sono riportati nella specifica tabella, allegata allo studio idrogeologico generale (elaborato GE00-IG51-00-E-CV-RO-GE-00-0-2-001-A00), in cui viene valutata la portata in regime transitorio a un giorno dallo scavo.

Con riferimento alle classi di portata indicate nella tabella sottostante e riportate nel profilo geologico-idrogeologico previsionale, gli afflussi idrici stimati per questa tratta, in fase di scavo (regime transitorio), rientrano nella classe 1 con portate comprese tra 0,03 e 0,08 l/s per 10 m di galleria, come condizione dominante connessa allo scavo in argilloscisti. Locali aumenti alla classe 3 saranno attesi in corrispondenza delle faglie (afflussi di 0,45 l/s per 10 m di galleria) e dove lo scavo avverrà nei calcari di Gallaneto (afflussi di 0,55 l/s per 10 m di galleria).

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00 <span style="float: right;">Foglio 34 di 155</span>

classe	da	a	unità di misura
1	0	0.16	
2	0.16	0.4	l/s per 10 m di galleria
3	0.4	2	
4	> 2		

**Tabella 1 – Classi di portata delle venute d’acqua in galleria utilizzate nel profilo geologico-idrogeologico previsionale.**

Tale stima è stata eseguita con un approccio semi-quantitativo basato su un modello idrogeologico concettuale. Per una più dettagliata valutazione della stima degli afflussi idrici in fase di scavo, relativamente alla sola tratta pk 10+100 – pk 10+500 in prossimità dell’innesto con la Finestra Cravasco, si è svolta un’apposita modellazione numerica nel seguito descritta. Si rimanda al rapporto allegato alla relazione idrogeologica generale per maggiori dettagli.

Modellazione numerica della tratta tra la pk 10+100 e 10+500 circa

La modellazione numerica eseguita per il settore Cravasco ha interessato la simulazione in fase di scavo (di breve termine) e in fase di messa in esercizio (di lungo termine) delle due canne della galleria di linea. Le simulazioni sono partite dall’assunzione che, preliminarmente allo scavo delle due tratte di Linea in esame, siano stati terminati i lavori di scavo e di impermeabilizzazione della Finestra Cravasco. Pertanto, le simulazioni realizzate considerano che, dopo gli interventi di impermeabilizzazione della finestra, siano state ripristinate le condizioni di falda ante-operam.

Un’ulteriore assunzione, fedele alle fasistiche previste dal progetto dell’opera nel tratto di interesse, è stata fatta per le condizioni di scavo delle due canne: si è considerato prima lo scavo del binario dispari e, in un secondo momento, quello del binario pari. Pertanto, le simulazioni sono state effettuate assumendo prima il drenaggio lungo la canna dispari e successivamente lungo la canna pari. La simulazione del drenaggio sulle due gallerie di linea è stata effettuata imponendo ai nodi corrispondenti una condizione idraulica di tipo “seepage”, ovvero di carico idraulico con vincolo di sola fuoriuscita del flusso dal modello.

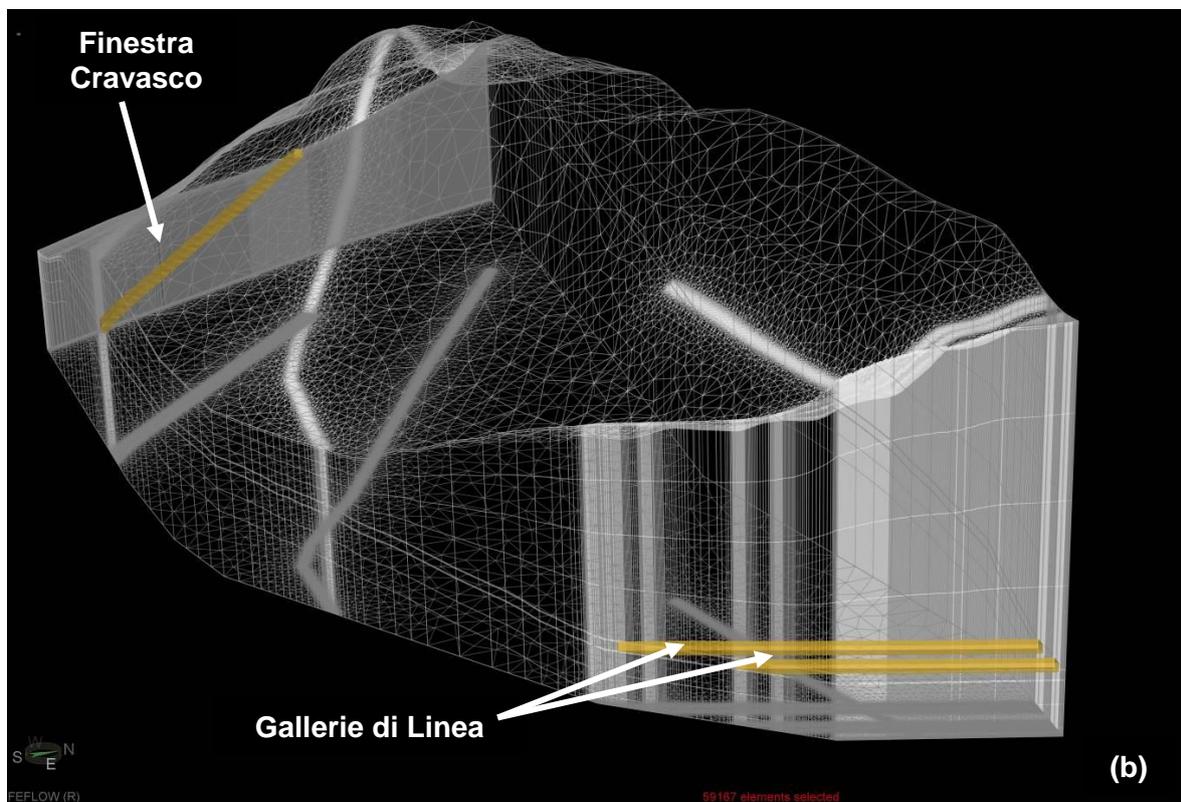
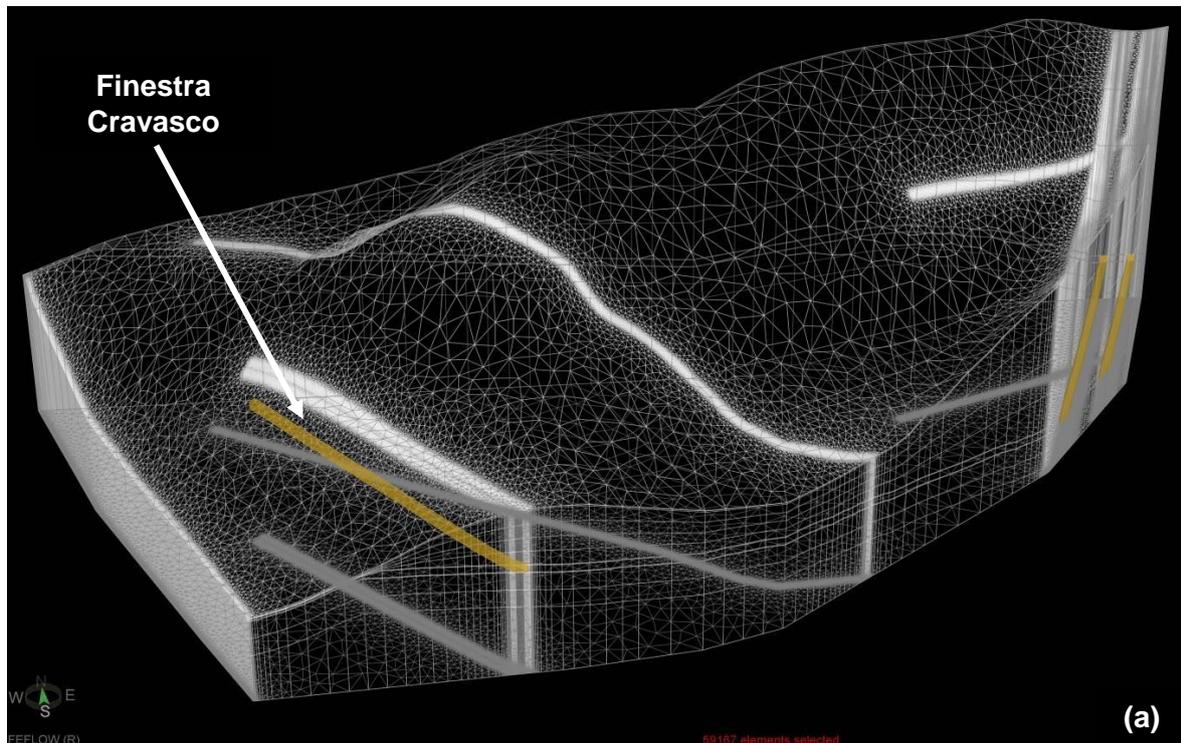
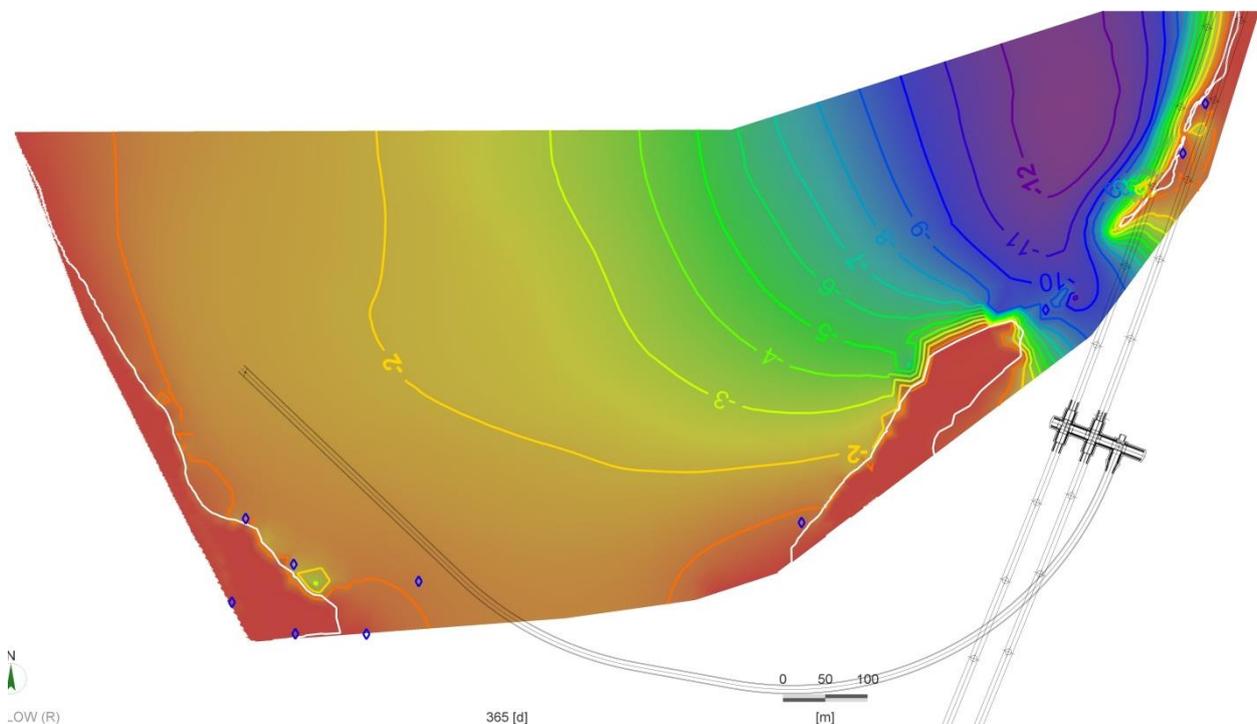


Figura 4-10 Immagine 3D della maglia degli elementi discreti utilizzati per il modello di Cravasco e della Finestra Cravasco e di un tratto circostante delle Gallerie di Linea. Visualizzazione prospettica da Sud a Nord (a), da ESE a WNW.

In una prima fase si mostrano i risultati ottenuti considerando il drenaggio di acqua lungo il tracciato di scavo della sola canna dispari. La previsione di venute d'acqua in periodi diversi dopo lo scavo è la seguente:

Periodo [giorni]	Scenario pessimistico [l/s/10 m]	Scenario ottimistico [l/s/10 m]
10	0.4	0.15
100	0.3	0.04
365	0.3	0.03

In regime stabilizzato (ovvero già dopo circa. 100 giorni), le venute d'acqua previste sono dell'ordine dei 0.03-0.3l/s, con maggiore probabilità che le portate effettive si collochino più vicino al limite inferiore della previsione (in relazione alle conducibilità idrauliche effettive attese).

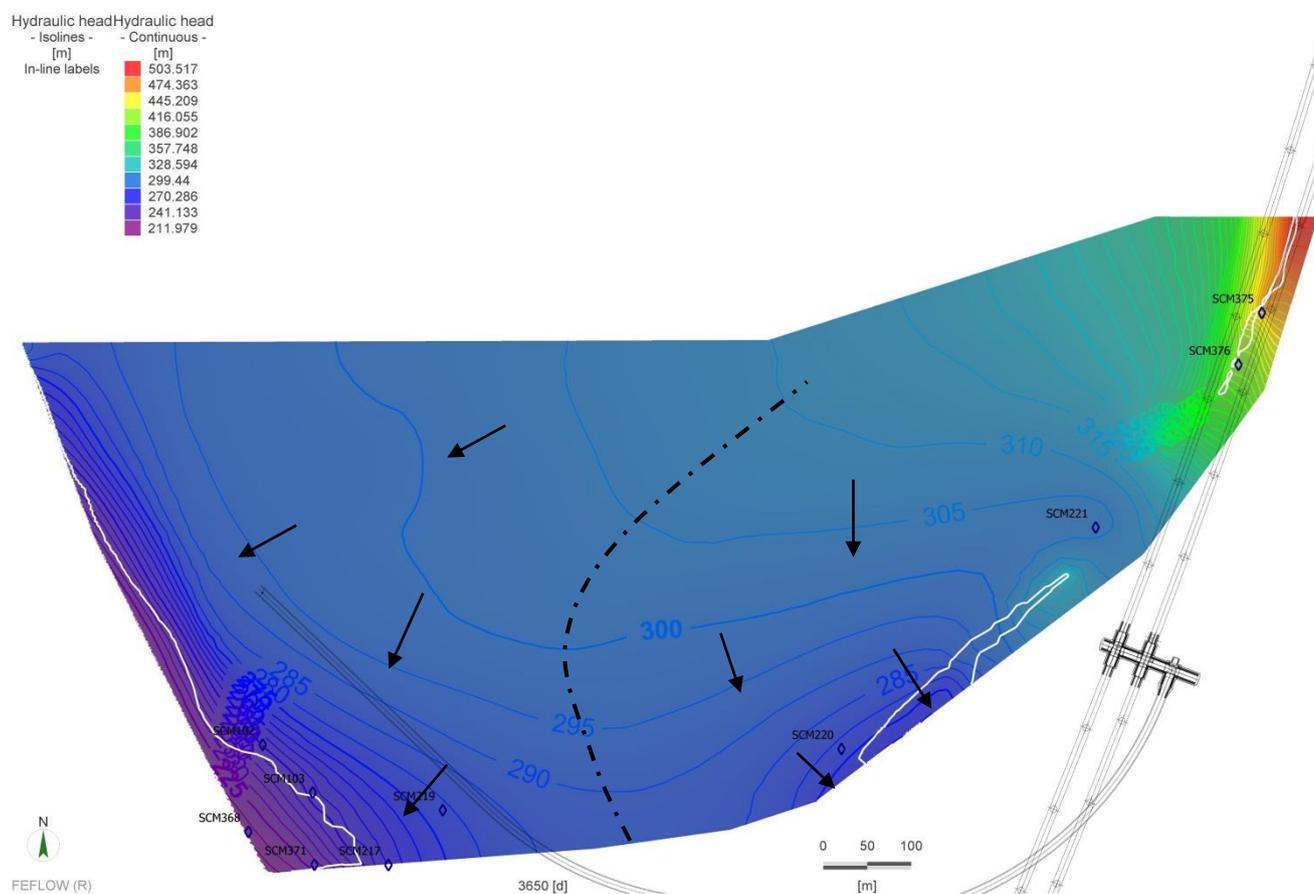


**Figura 4-11 - Visualizzazione delle differenze di carico idraulico tra la situazione iniziale e dopo un anno dallo scavo del binario dispari.**

Si mostrano ora i risultati ottenuti considerando il drenaggio di acqua lungo il tracciato di scavo della canna pari, con la canna dispari già scavata e drenante. Le portate drenate dalla canna in corrispondenza dei calcari di Gallaneto ottenute dalla modellazione sono:

Periodo [giorni]	Scenario pessimistico [l/s/10 m]	Scenario ottimistico [l/s/10 m]
10	1.7	0.5
100	1.1	0.4
365	0.9	0.3
1000	0.9	0.3
3650	0.9	0.3

Dopo circa 1 anno dallo scavo le portate d'acqua in galleria diventano circa costanti (regime stabilizzato), con valori che possono variare tra 0.3 e ca. 1l/s su 10m di tracciato.



**Figura 4-12 - Distribuzione del carico idraulico dopo un anno dallo scavo del binario pari (scenario pessimistico). Il punto-linea nero identifica lo spartiacque idrogeologico che separa sistemi di flusso con diverso recapito.**

Le figure seguenti mostrano la distribuzione dei carichi idraulici dopo 10 anni dallo scavo delle due canne. Come si può evincere, l'aspetto significativo è che il drenaggio delle gallerie non provoca una redistribuzione significativa dei sistemi di flusso già presenti in condizioni naturali. La posizione dello spartiacque idrogeologico che separa il sistema di flusso con recapito nel T. Verde dal sistema con recapito nel R. Rizzolo rimane grosso modo la stessa di quella ottenuta con le simulazioni di flusso naturale. Il drenaggio delle gallerie, quindi, non modifica sostanzialmente la distribuzione dei due sistemi di flusso: tale condizione è stata verificata sia per lo scenario pessimistico che per quello ottimistico.



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00	Foglio 39 di 155

#### 4.4 Inquadramento Geotecnico

La Formazione delle Argilliti a Palombini sarà quella che interagirà maggiormente con l'opera ma, come descritto nell'inquadramento geologico, si potranno incontrare formazioni appartenenti all'Unità Gazzo-Isoverde, come ad esempio gli Argilloscisti neri e i Calcari di Gallaneto ed infine successioni di lenti litoidi appartenenti alla piega di Cravasco-Voltaggio.

Per quanto concerne le *Argilliti a Palombini*, si sono presi a riferimento i dati e le considerazioni già svolte nel corso degli studi precedenti, e 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 del cunicolo esplorativo, 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 petrografica, percentuale di *palombino* relativamente alla matrice argillitica, grado di alterazione

I principali fattori considerati per l'individuazione di tali gruppi sono:

- Criteri litologici (composizione mineralogica e petrografica, percentuale di *palombino* relativamente alla matrice argillitica, grado di alterazione, eventuale presenza di acqua)
- Criteri strutturali (caratteristiche delle strutture di separazione, indice RDQ, intensità della foliazione, intensità della tettonizzazione come ad esempio la presenza di struttura a pieghe fino alla microscala,
- Criteri litomeccanici (con riferimento ad una prima valutazione delle proprietà fisiche, di resistenza e deformabilità).

In sintesi il **Gruppo 3** può essere considerato rappresentativo del comportamento dell'ammasso roccioso delle zone a bassa copertura o in corrispondenza di importanti strutture geologiche (es. faglie, nuclei di pieghe, sovrascorrimenti, ecc.); il **Gruppo 1**, al contrario, può essere considerato rappresentativo delle condizioni migliori d'ammasso roccioso.

Dallo studio dei dati posseduti sull'ammasso roccioso relativo alla *Fascia Milonitica di Isoverde*, si è potuto associare il comportamento della formazione degli Argilloscisti neri a quella delle Argilliti a Palombini, e si è adottata la medesima classificazione in gruppi geo-meccanici elaborata per la formazione degli argilloscisti filladici, con la relativa assunzione dei parametri fisici, meccanici e di deformabilità.

Sono stati individuati inoltre, per i Calcari di Gallaneto e le successioni litoidi della piega di Cravasco-Voltaggio, i parametri più adatti ad una caratterizzazione in conformità con i risultati dei sondaggi ad oggi eseguiti nell'area in esame, combinati con i dati di letteratura e di caratterizzazioni effettuate nella zona di Valico degli stessi materiali o formazioni con comportamento affine.

Si riportano di seguito le caratteristiche geomeccaniche delle formazioni, rimandando alla relazione geotecnica per una descrizione adeguata sui criteri di caratterizzazione.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00 <span style="float: right;">Foglio 40 di 155</span>

#### 4.4.1 Parametri ed ipotesi di calcolo

Si è scelto in fase di progettazione esecutiva di suddividere all'interno delle Argille a Palombini i gruppi geomeccanici 2 e 3 in due ulteriori sottogruppi così da ottenere una maggiore correlazione con quanto richiesto dall'applicabilità delle sezioni tipo. Per un maggiore approfondimento sui parametri si rimanda alla relazione geomeccanica relativa all'opera in oggetto.

I parametri di calcolo utilizzati sono presentati nella seguente tabella assumendo i valori sotto riportati in base al criterio di rottura di Hoek e Brown. Laddove non sarà impiegato direttamente tale modello costitutivo verranno utilizzati i parametri secondo il modello di Mohr Coulomb, ottenuti mediante linearizzazione dei valori di Hoek e Brown alle differenti coperture. In ogni caso i parametri puntuali verranno presentati per le singole analisi.

Formazione	$\gamma$	$\nu$	$E_{op}$	$\sigma_c$	$m_i$	GSI
	[kN/m <sup>3</sup> ]	[-]	[GPa]	[MPa]	[-]	[-]
GR1	27	0,25-0,3	3.0÷7.8	30÷40	15÷20	45÷55
GR2a	27	0,25-0,3	1.5÷2.0	10÷12	20÷25	40÷45
GR2b	27	0,25-0,3	1.0÷1.5		15÷20	35÷40
GR3a	26	0.3	0.6÷1.2	5÷7	19	30÷35
GR3b	26	0.3			19	25÷30

**Tabella 4-2. Argille a Palombini: Range di variabilità delle caratteristiche geomeccaniche**

Per quanto riguarda le caratteristiche attese per le altre formazioni, si faccia riferimento alle considerazioni riportate in relazione geologica e geotecnica, in cui sono stati definiti i parametri riportati nella tabella seguente.

I parametri di calcolo saranno definiti nei paragrafi relativi alle analisi.

Formazione	$\gamma$	$\nu$	$E_{op}$	$\sigma_c$	$m_i$	GSI
	[kN/m <sup>3</sup> ]	[-]	[GPa]	[MPa]	[-]	[-]
Calcari di Gallaneto	26-27	0,25-0,30	3.0-10.0	40-50	8±3	35-45

\*: i valori di  $\sigma_c$ ,  $m_i$ , MR e sono ottenuti da dati di letteratura

**Tabella 4-3. Calcari di Gallaneto: Range di variabilità delle caratteristiche geomeccaniche**

Formazione	$\gamma$	$\nu$	$E_{op}$	$\sigma_c$	$m_i$	GSI
	[kN/m <sup>3</sup> ]	[-]	[GPa]	[MPa]	[-]	[-]
Un_CrVo (ammasso intensamente fratturato)	26	0,25-0,30	0,8÷1,2	10÷20	19	25÷35

\*: i valori di  $m_i$  sono ottenuti da dati di letteratura

**Tabella 4-4. Successione di Cravasco-Voltaggio: Range di variabilità delle caratteristiche geomeccaniche**

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00
	Foglio 41 di 155

## 5. PREVISIONI SUL COMPORTAMENTO DEGLI AMMASSI ROCCIOSI E CRITERI DI CALCOLO

L'apertura di una cavità in un materiale caratterizzato da un campo di tensioni naturali preesistente indisturbato, dovuto essenzialmente a carichi litostatici e a sforzi tettonici, porta ad una generale ridistribuzione degli sforzi, sia in direzione trasversale che longitudinale, con conseguente incremento delle tensioni al contorno della galleria e già oltre il fronte di scavo.

Si genera così un nuovo campo tensionale che tende a far evolvere l'ammasso intorno al cavo verso una nuova situazione di equilibrio diversa da quella naturale, dando luogo a fenomeni deformativi.

Sulla base delle conoscenze dei terreni interessati dalle gallerie, è possibile, elaborando anche le esperienze maturate in lavori analoghi, svolgere delle previsioni sul comportamento dei terreni allo scavo, necessarie alla definizione degli interventi di stabilizzazione e degli schemi di avanzamento.

Queste previsioni sono strettamente connesse con lo studio dello stato tenso-deformativo instauratosi nell'ammasso al contorno della galleria e indotto dalle operazioni di scavo.

La previsione delle modalità di avanzamento in sotterraneo è stata principalmente condotta secondo l'approccio del "Metodo per l'Analisi delle Deformazioni Controllate nelle Rocce e nei Suoli (ADECO-RS)". Sulla base dei dati raccolti in fase di studio geologico e di caratterizzazione geomeccanica degli ammassi da attraversare, sono state effettuate le previsioni di comportamento tenso-deformativo della galleria in assenza di interventi, ed in particolare modo la previsione sul "comportamento deformativo del fronte di scavo", il quale riveste notevole importanza nella definizione delle condizioni di stabilità, a breve e lungo termine, e degli interventi più idonei per garantirle. Il comportamento del fronte è principalmente condizionato da:

- le caratteristiche di resistenza e deformabilità dell'ammasso connesse con le varie strutture geologiche che interessano le gallerie;
- il comportamento del materiale nel breve e lungo termine: rigonfiamento, squeezing, fluage e rilasci tensionali;
- i carichi litostatici corrispondenti alle coperture in gioco;
- la forma e le dimensioni della sezione di scavo;
- lo schema di avanzamento e la tipologia dello scavo.

Il comportamento del fronte di scavo, al quale è legato quello della cavità, può essere sostanzialmente di tre tipi: "stabile", "stabile a breve termine" e "instabile", come di seguito brevemente illustrato.

### Gallerie a fronte stabile (CASO A)

In presenza di fronte di scavo stabile lo stato tensionale al contorno della cavità in prossimità del fronte si mantiene in campo prevalentemente elastico e i fenomeni deformativi osservabili sono di

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00
	Foglio 42 di 155

piccola entità e tendono ad esaurirsi rapidamente. In questo caso anche il comportamento del cavo sarà stabile (rimanendo prevalentemente in campo elastico) e quindi non si rendono necessari interventi preventivi di consolidamento. Saranno sufficienti, nel breve termine, interventi di confinamento delle pareti di scavo, e nel lungo termine, la realizzazione del rivestimento definitivo.

### **Gallerie a fronte stabile a breve termine (CASO B)**

Questa condizione si verifica quando lo stato tensionale indotto dall'apertura della cavità supera le caratteristiche di resistenza meccanica del materiale al fronte, che assume un comportamento di tipo elasto-plastico. I fenomeni deformativi connessi con tale ridistribuzione delle tensioni sono più accentuati che nel caso precedente e producono nell'ammasso roccioso al fronte una decompressione che porta ad una riduzione della resistenza interna. Questa decompressione deve essere opportunamente regimata, nel breve termine, mediante adeguati interventi di preconsolidamento al fronte (e talora al contorno del cavo), in grado di contenere l'ammasso e condurlo verso condizioni di stabilità; diversamente lo stato tenso-deformativo può evolvere verso condizioni di instabilità del cavo. Il rivestimento definitivo costituirà il margine di sicurezza a lungo termine.

### **Gallerie a fronte instabile (CASO C)**

L'instabilità progressiva del fronte di scavo è attribuibile ad una accentuazione dei fenomeni deformativi nel campo plastico, che risultano immediati, più rilevanti e si manifestano prima ancora che avvenga lo scavo, oltre il fronte stesso. Di conseguenza tali deformazioni producono una decompressione più spinta nell'ammasso roccioso al fronte e portano ad un decadimento rapido e progressivo delle caratteristiche meccaniche d'ammasso. Questo tipo di decompressione più accentuata deve essere contenuta prima dell'arrivo del fronte di scavo e richiede pertanto interventi di preconsolidamento sistematici in avanzamento che consentiranno di creare artificialmente l'effetto arco capace di far evolvere la situazione verso configurazioni di equilibrio stabile nel breve termine e, con l'aggiunta del rivestimento definitivo, anche nel lungo termine.

## **5.1 Calcolo e determinazione delle categorie di comportamento allo scavo**

Nella Relazione di Calcolo relativa alla galleria in oggetto è stato determinato il comportamento dell'ammasso allo scavo per le suddivisioni operate sui litotipi precedentemente esaminati, considerando un unico ricoprimento e la variabilità della sezione di scavo.

Nella fase di diagnosi, sulla base degli elementi raccolti nella fase conoscitiva, vengono sviluppate le previsioni sul comportamento deformativo del fronte e del cavo in assenza di interventi, al fine di giungere all'individuazione di tratte a comportamento omogeneo, suddivise nelle tre categorie di comportamento precedentemente descritte.

In fase di terapia, in cui sono stati definiti gli interventi necessari per l'avanzamento nelle diverse classi di comportamento, ad una stessa classe di comportamento possono corrispondere diverse sezioni tipo, adeguate alle caratteristiche geologiche e fisiche di ogni formazione.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00</p>	<p>Foglio 43 di 155</p>

Gli strumenti numerici adottati per la determinazione del comportamento dell'ammasso allo scavo sono stati:

- Analisi di stabilità del fronte (metodi di analisi empirici in forma chiusa);
- Metodo delle Linee Caratteristiche.
- Analisi agli elementi finiti 2D

Si rimanda alla Relazione di Calcolo per la completa definizione delle fasi di diagnosi e terapia e per i risultati in termini numerici delle analisi effettuate per l'opera in esame.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00	Foglio 44 di 155

## 6. LINEE GUIDA PER L'APPLICAZIONE DELLE SEZIONI TIPO

Come illustrato nei precedenti capitoli, il progetto delle gallerie naturali, 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 delle sezioni tipo prevalenti (quelle che appaiono in percentuale maggiore sui profili geomeccanici delle gallerie naturali) in ogni tratta definita omogenea ed eventualmente anche di altre sezioni subordinate alle precedenti e previste lungo la tratta per situazioni differenti dalle precedenti: 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 (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 stessa.

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 quali saranno i criteri che il progettista adotterà in corso d'opera per:

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00</p>	<p>Foglio 45 di 155</p>

1. confermare la sezione tipo più adeguata, tra quelle già previste in una determinata tratta e riportate in chiaro sugli elaborati “profili geomeccanici”;
2. variare quegli interventi che, senza alterare 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, così come da quelli conseguenti alle operazioni di scavo);
3. individuare una diversa sezione tipo, tra quelle previste in quella tratta o comunque previste in progetto 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 seguenti elementi e la messa in atto delle seguenti attività sistematiche:

- 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 inoltre contenere le informazioni geostrutturali e di carattere qualitativo che risultino essere necessarie a completare la descrizione ai fini progettuali e a comprendere il 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. Si valuta il comportamento dell’ammasso precedentemente descritto sottoposto ai reali stati tensionali e all’azione combinata delle operazioni di scavo e di messa in opera degli interventi di stabilizzazione previsti dalla sezione tipo adottata;
- registrazione attraverso osservazioni dirette di tutte le reali fasi di avanzamento tra le quali è opportuno evidenziare: distanza dal fronte di messa in opera dei rivestimenti e la successione delle fasi di consolidamento etc...;
- raccolta dei dati relativi a sezioni di monitoraggio esterne (ad esempio nel sottoattraversamento di edifici).

Nelle presenti linee guida sono descritti alcuni parametri essenziali, riscontrabili al fronte, caratterizzanti l’ammasso per i comportamenti A,B,C.

Per ogni sezione tipo sono state definite delle soglie di “attenzione” ed “allarme” inerenti alle deformazioni del fronte e del cavo, a cui far corrispondere quantità maggiori o minori di interventi (previsti variabili) o il cambio di sezione tipo.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00	Foglio 46 di 155

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

Solo quando saranno osservate situazioni geologiche/geomeccaniche sensibilmente differenti da quelle ipotizzate e deformazioni al di fuori dei campi previsti o non tendenti alla stabilizzazione nel tempo o valori deformativi (entità e/o direzione) anomali, il progettista potrà adottare una sezione diversa da quella prevista, attingendo tra quelle indicate nella tratta in esame sui profili geomeccanici del progetto esecutivo.

Qualora si verifichi il solo superamento della soglia di attenzione, senza il superamento della soglia di allarme, si potranno allora modificare gli interventi di precontenimento e contenimento della sezione tipo prevista in progetto, secondo quanto riportato nella "variabilità sezione tipo" tenendo peraltro conto anche di tutte le altre informazioni derivanti dallo scavo.

La variabilità è anche legata agli stati tensionali, ovvero alle coperture ed alla presenza d'acqua; la stessa sezione tipo, a coperture e/o parametri geomeccanici diversi, potrà avere un'intensità d'interventi di contenimento e pre-contenimento differenziati.

Si sottolinea inoltre che la variabilità risulta anche legata alle misure delle sezioni di monitoraggio esterne, i valori di subsidenza misurati sul piano campagna potranno portare ad una modifica degli interventi di consolidamento.

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

Il caso in cui la situazione riscontrata sia del tutto imprevista, qualora non vi siano analogie possibili lungo il tracciato e qualora la situazione in analisi esuli dalle presenti linee guida, potranno essere applicate sezioni tipo non previste dal presente progetto la cui tipologia dovrà essere concordata con l'ente appaltante.

## 6.1 Definizione delle caratteristiche geologiche-geomeccaniche dell'ammasso

Gli ammassi rocciosi e i terreni incontrati lungo il tracciato sono descritti sulla base delle caratteristiche geologiche e geomeccaniche individuate in progetto.

Per comodità di rappresentazione gli ammassi incontrati lungo il tracciato sono raggruppati in "gruppi geomeccanici". Ciò è legato alla variabilità delle caratteristiche di resistenza e deformabilità di alcune formazioni geologiche. Tale variabilità può essere legata alla stessa natura geologica (cicli di deposizione/erosione) alle coperture in esame, alla presenza o meno di acqua, alla vicinanza di altre formazioni geologiche. In linea generale l'ammasso interessato da uno scavo in sotterraneo

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00	Foglio 47 di 155

può comportarsi in modo differente anche alle stesse coperture in esame. Da qui nasce la necessità di suddividere in gruppi i parametri geotecnici/geomeccanici ove possibile e/o significativo. Ciò consente di ipotizzare un susseguirsi discontinuo di comportamento allo scavo legato ad una serie di fattori difficilmente correlabili tra loro.

A ciascuna formazione sono stati attribuiti, in sede di progetto, campi di variazione dei principali parametri geomeccanici (quali ad es.  $c'$ ,  $\phi'$ ,  $E'$ ); tali campi tengono conto sia delle diverse configurazioni che una formazione può presentare nell'ambito dello stesso gruppo sia delle diverse coperture in esame.

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.

Nel corso dei lavori gli ammassi rocciosi e i terreni verranno descritti sulla base delle caratteristiche litologiche, geostrutturali, geomeccaniche e idrogeologiche che si evidenziano sul fronte alla scala della galleria attraverso rilievi analitici (prove in situ e/o di laboratorio) e rilievi speditivi.

In riguardo alla parametrizzazione dell'ammasso al fronte, ossia per la definizione della sua curva intrinseca, non si farà ricorso a nessun tipo di classificazione ma a valutazioni dirette attraverso determinazioni sperimentali (prove in situ e/o laboratorio) durante i rilievi analitici.

Tali rilievi vengono condotti secondo le frequenze previste dal programma di monitoraggio tramite l'impiego di un'apposita scheda su cui riportare i dati rilevati e gli indici valutati secondo le prescrizioni ISRM, International Society of Rock Mechanics. In particolare, 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 agli imbocchi, in concomitanza dei passaggi stratigrafici e tettonici significativi e comunque secondo le frequenze indicate dal programma di monitoraggio;
- 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.

I rilievi che sono svolti in corso d'opera consentono 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 detensionato evidenzierà valori dei parametri geomeccanici del relativo gruppo prossimi alla curva intrinseca inferiore;
- un ammasso che al contrario si presenta competente evidenzierà valori dei parametri geomeccanici prossimi alla curva intrinseca superiore;
- la presenza di acqua, anche sotto forma di stillicidi ma soprattutto in presenza di litologie ricche di minerali argillosi, si riscontrano valori dei parametri geomeccanici più prossimi alla curva intrinseca inferiore;

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00	Foglio 48 di 155

- 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, quindi diversi andamenti della curva intrinseca;
- in un ammasso 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 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.

## 6.2 Risposta deformativa del fronte e del cavo

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<sup>a</sup> 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 definitivo fornisce indicazioni sul campo dei valori di convergenza diametrale e di estrusione attesi per ogni sezione tipo.

Tali valori, riferiti al diametro e riportati nel progetto, effettivamente misurabili in corso d'opera sono dati da:

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

dove:

$\delta_o$  = deformazione iniziale al fronte e non misurabile in galleria;

$\delta_f$  = deformazione finale lontano dal fronte, a distanze tipicamente superiori a  $2 \varnothing$  o da definirsi sulla base delle esperienze e dati raccolti.

La frequenza con cui procedere al rilievo della risposta deformativa del fronte e del cavo durante gli avanzamenti è indicata nel progetto del monitoraggio e nei profili geomeccanici.

Nel corso dei lavori il rilievo della risposta deformativa del fronte e del cavo viene condotto utilizzando delle apposite schede all'interno delle quali è possibile leggere la risposta deformativa in funzione della distanza del fronte e dei rivestimenti.

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 ma sempre presenti in natura, agiscono sul comportamento del cavo previsto in via teorica nel progetto.

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

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00 <table border="1" data-bbox="1369 232 1474 315"> <tr> <td>Foglio 49 di 155</td> </tr> </table>	Foglio 49 di 155
Foglio 49 di 155		

- 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 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 dove gli stati tensionali sono funzione della morfologia dell'area;
  - c) all'interno di ammassi a struttura caotica, per cui gli stati tensionali possono subire repentine e continue modificazioni in intensità e orientazione;
  - d) qualora il fronte di scavo si presenti "parzializzato" ovvero siano presenti due formazioni di diversa natura e comportamento;
  - e) in presenza di stratificazioni e comunque per coperture confrontabili con il diametro della galleria.

### 6.3 Fasi esecutive e cadenze di avanzamento

Il progetto 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).

Come accennato, nel corso dei lavori il rilievo delle fasi esecutive e delle cadenze di avanzamento viene condotto secondo particolari schede riportanti ogni dettaglio esecutivo. Tale procedura viene effettuata al fine di correlare l'andamento delle deformazioni con le fasi lavorative.

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 o in alcuni casi avvicinando gli interventi di contenimento quali murette e arco rovescio al fronte).

### 6.4 Procedura di applicazione delle sezioni tipo e delle relative variabilità

Il progetto, 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).

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00	Foglio 50 di 155

All'interno di ciascuna tratta, in sede di progetto, 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.

Una volta verificata la rispondenza con le ipotesi di progetto, riguardo alla situazione geologico-geomeccanica e agli 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.

In conformità con i criteri indicati nei paragrafi precedenti verranno raccolti durante gli avanzamenti i dati riguardo alle 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 elaborazione consentirà di confrontare la situazione così riscontrata con quella di progetto e a procedere di conseguenza alla gestione del progetto secondo i punti di seguito indicati.

1. Se le condizioni geologiche e geomeccaniche rilevabili al fronte e la risposta deformativa si mantengono all'interno dei valori previsti, si prosegue con l'applicazione della sezione in corso di esecuzione.
2. Se la risposta deformativa manifesta la tendenza al miglioramento o al raggiungimento della soglia di attenzione del campo ipotizzato, tendenza 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 e/o alla modifica dell'intensità degli interventi mantenendosi nell'ambito dei range di variabilità previsti per la sezione adottata.
3. 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 valuta la possibilità di procedere alla modifica dell'intensità degli interventi nell'ambito degli intervalli di variabilità previsti per quella sezione e di seguito descritti, anche con modeste variazioni dei parametri deformativi (ad esempio in categoria di comportamento B0 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).

I valori e le misure registrate in corso d'opera dovranno essere interpretate globalmente osservando il loro andamento; eventuali oscillazioni anomale delle misure, attribuibili ad un malfunzionamento o ad un incorretto posizionamento dello strumento di misura, dovranno essere escluse.

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 geostrutturali dell'ammasso,
- caratteristiche geomeccaniche e idrogeologiche dell'ammasso,
- stato tensionale agente,

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00	Foglio 51 di 155

- possibili disturbi di natura tettonica

Quando le situazioni geologiche/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 possa essere adottata, si procederà all'adozione di una diversa sezione tipo, non prevista in quella tratta, ma già prevista in progetto in altre gallerie in contesti analoghi.

Nel passaggio da una sezione ad un'altra con differenti limitazioni esecutive si procederà con l'adeguamento, possibilmente in modo graduale, in modo da evitare la perdita della continuità operativa del cantiere. In questa ottica, nell'ambito del progetto costruttivo si adotteranno quei criteri di flessibilità esecutiva che consentano la massima velocità di avanzamento e quindi tali da ridurre al minimo lo sviluppo reologico temporale del processo di detensionamento e rilassamento dell'ammasso al contorno e sul fronte.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00 <table border="1" data-bbox="1356 224 1476 315"> <tr> <td>Foglio 52 di 155</td> </tr> </table>	Foglio 52 di 155
Foglio 52 di 155		

## 7. DESCRIZIONE DELLE SEZIONI TIPO DI SCAVO E DELLE FASI COSTRUTTIVE

Vengono di seguito descritte le sezioni tipo previste per l'avanzamento degli scavi nella galleria naturale di Valico – Tratta 2 con riferimento alla variabilità media. Per quanto concerne la variabilità di ciascuna sezione tipo, nonché il relativo campo di applicazione, si rimanda ai paragrafi successivi.

Verranno inizialmente presentate tutte le sezioni da impiegarsi di tipo a singolo binario, in seguito quelle relative alla sagoma di area sicura.

### 7.1 Sezioni tipo B0Lsb

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

- 3+3 drenaggi in avanzamento lunghezza 30 m sovrapp. 10 m microfessurati per 20 m da fondo foro e ciechi per 10 m verso boccaforo  $\varnothing$  60 mm e sp. 5 mm ( eventuali);
- Prerivestimento composto da uno spessore di 20 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata o fibrorinforzato e centine costituite da due profilati accoppiati di tipo IPN 160 passo  $p = 1.4$  m;
- impermeabilizzazione tipo “0” o “1”. La prima costituita da tessuto non tessuto e manto in pvc, la seconda caratterizzata dalla presenza di pannelli drenanti;
- rivestimento definitivo in cls semplice avente spessore minimo di 80 cm in arco rovescio e 60 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 eventuali drenaggi in avanzamento

In caso di presenza d'acqua dovranno essere eseguiti drenaggi in avanzamento. Si prevede la realizzazione di n° 3+3 drenaggi costituiti da tubi in PVC L = 30 m, microfessurati per 20 m a partire da fondo foro e “ciechi” per 10 m verso bocca foro, del diametro  $\phi \approx 60$ mm spessore 5mm e protezione in TNT.

#### 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 ad ogni

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00 <table border="1" data-bbox="1369 232 1476 315"> <tr> <td>Foglio 53 di 155</td> </tr> </table>	Foglio 53 di 155
Foglio 53 di 155		

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 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 accoppiate di tipo IPN160 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 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;

#### 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.

## 7.2 Sezioni tipo B0V/sb

La sezione tipo B0V/sb, in fase costruttiva è costituita da:

- Una coronella di n°25 tubi metallici Fe510  $\varnothing$  88.9 Sp. 10 mm  $L \geq 15.00$  m, sovrapposizione minima  $s \geq 3.00$  m;
- 3+3 drenaggi in avanzamento  $L=30$ m microfessurati per 20m da fondo foro e ciechi per 10m verso bocca foro, eventuali in presenza d'acqua;
- prerivestimento composto da uno spessore di 30 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata o fibrorinforzato e centine metalliche di tipo HEB 200 con passo  $p = 1.20$  m;

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00	Foglio 54 di 155

- impermeabilizzazione tipo “0” o “1”. La prima costituita da tessuto non tessuto e manto in pvc, la seconda caratterizzata dalla presenza di pannelli drenanti;
- rivestimento definitivo in cls dello spessore di 100 cm in arco rovescio e medio 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

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°25 tubi metallici 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 eseguita a secco  $\varphi = 120-130$  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.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00	Foglio 55 di 155

#### 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  $L \geq 15\text{m}$  sovrapposizione  $s \geq 3\text{m}$ ), per singoli sfondi di lunghezza massima pari a 2,40 m, sagomando il fronte a forma concava ad ogni sfondo.

#### 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 di tipo passo 1.20m e da uno strato di spritz-beton di spessore 25 cm, armato con rete elettrosaldata ( $\emptyset 6 \text{ } 15 \times 15$ ) 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 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.

. 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 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  $15 \emptyset$ . 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.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00 <table border="1" data-bbox="1369 232 1474 315"> <tr> <td>Foglio 56 di 155</td> </tr> </table>	Foglio 56 di 155
Foglio 56 di 155		

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.

### 7.3 Sezioni tipo B0/1sb

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

- 3+3 drenaggi in avanzamento lunghezza 30 m sovrapp. 10 m microfessurati per 20 m da fondo foro e ciechi per 10 m verso boccaforo  $\varnothing$  60 mm e sp. 5 mm (eventuali);
- Prerivestimento composto da uno spessore di 25 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata o fibrorinforzato e centine costituite da profilati tipo HEB 180 passo  $p = 1.2$  m;
- impermeabilizzazione tipo "0" o "1". La prima costituita da tessuto non tessuto e manto in pvc, la seconda caratterizzata dalla presenza di pannelli drenanti;
- rivestimento definitivo in cls semplice avente spessore minimo di 90 cm in arco rovescio e 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: esecuzione eventuali drenaggi in avanzamento

In caso di presenza d'acqua dovranno essere eseguiti drenaggi in avanzamento. Si prevede la realizzazione di n° 3+3 drenaggi costituiti da tubi in PVC  $L = 30$  m, microfessurati per 20 m a partire da fondo foro e "ciechi" per 10 m verso bocca foro, del diametro  $\phi \approx 60$ mm spessore 5mm e protezione in TNT.

#### FASE 2: 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	
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00 <table border="1" data-bbox="1369 230 1476 315"> <tr> <td>Foglio 57 di 155</td> </tr> </table>	Foglio 57 di 155
Foglio 57 di 155		

### 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 1.20m 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 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;

### 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.

## 7.4 Sezioni tipo B0/2sb

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

- 3+3 drenaggi in avanzamento lunghezza 30 m sovrapp. 10 m microfessurati per 20 m da fondo foro e ciechi per 10 m verso boccaforo  $\varnothing 60$  mm e sp. 5 mm (eventuali);
- Prerivestimento composto da uno spessore di 30 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata o fibrorinforzato e centine costituite da profilati tipo HEB 200 passo  $p = 1.2$  m;
- impermeabilizzazione tipo "0" o "1". La prima costituita da tessuto non tessuto e manto in pvc, la seconda caratterizzata dalla presenza di pannelli drenanti;
- rivestimento definitivo in cls semplice avente spessore minimo di 100 cm in arco rovescio e 80 cm in calotta.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00	Foglio 58 di 155

### 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 eventuali drenaggi in avanzamento

In caso di presenza d'acqua dovranno essere eseguiti drenaggi in avanzamento. Si prevede la realizzazione di n° 3+3 drenaggi costituiti da tubi in PVC L = 30 m, microfessurati per 20 m a partire da fondo foro e "ciechi" per 10 m verso bocca foro, del diametro  $\phi \approx 60\text{mm}$  spessore 5mm e protezione in TNT.

#### FASE 2: 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 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 30 cm, armato con rete elettrosaldada ( $\phi 6$  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  $9\phi$  dal fronte di scavo. Il getto dell'arco rovescio dovrà avvenire entro  $12\phi$  dal fronte di scavo o entro  $9\phi$  nel caso di getto contemporaneo alle murette;

#### 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  $15\phi$ .

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00 <table border="1" data-bbox="1356 224 1493 318"> <tr> <td>Foglio 59 di 155</td> </tr> </table>	Foglio 59 di 155
Foglio 59 di 155		

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.

## 7.5 Sezione tipo B1sb

La sezione tipo B1sb, in fase costruttiva è costituita da:

- 3+3 drenaggi in avanzamento lunghezza 30 m sovrapp. 10 m microfessurati per 20 m da fondo foro e ciechi per 10 m verso boccaforo  $\varnothing$  60 mm e sp. 5 mm (eventuali);
- prerivestimento composto da centine metalliche accoppiate tipo IPN220 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,  $L = 6.00$  m, passo longitudinale 1.20 m, passo trasversale 2.00 m. Tali bulloni, dotati di testa ad espansione meccanica, saranno in acciaio  $\varnothing$  24 mm in acciaio B450C ad ancoraggio continuo cementati mediante iniezioni cementizie o resina epossidica;
- impermeabilizzazione tipo "0" o "1". La prima costituita da tessuto non tessuto e manto in pvc, la seconda caratterizzata dalla presenza di pannelli drenanti;
- rivestimento definitivo in cls semplice avente spessore minimo di 100 cm in arco rovescio e 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 eventuali drenaggi in avanzamento

In caso di presenza d'acqua dovranno essere eseguiti drenaggi in avanzamento. Si prevede la realizzazione di n° 3+3 drenaggi costituiti da tubi in PVC  $L = 30$  m, microfessurati per 20 m a partire da fondo foro e "ciechi" per 10 m verso bocca foro, del diametro  $\phi \approx 60$ mm spessore 5mm e protezione in TNT.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00</p>	<p>Foglio 60 di 155</p>

#### FASE 2: 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 3: posa in opera delle centine e dello spritz-beton (prima fase)

Al termine di ogni singolo sfondo verrà messo in opera il rivestimento di 1a fase costituito da centine metalliche accoppiate di tipo IPN 220 passo 1.20m e da uno strato di spritz-beton di spessore 30 cm, armato con rete elettrosaldata ( $\phi 6$  15x15) o fibrorinforzato.

Appena posate le centine metalliche, esse devono essere collegate alle altre attraverso le apposite catene.

#### FASE 4: Posa in opera dei bulloni e completamento spritz-beton

Esecuzione dei bulloni radiali ad ancoraggio continuo ad una distanza massima pari a  $\phi/2$  tra il fronte di scavo e l'ultima raggiera eseguita; i bulloni dovranno essere dotati di testa ad espansione meccanica al fine di permettere la messa in opera durante la fase di cementazione; completamento dello spritz beton sino a raggiungere lo spessore di 30 cm; i bulloni saranno installati con passo trasversale pari a 2.00m e passo longitudinale pari ad 1.20m.

#### FASE 5: getto di murette e arco rovescio

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

#### FASE 6: impermeabilizzazione

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

#### FASE 7: getto del rivestimento definitivo

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

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

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00	Foglio 61 di 155

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.

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.

## 7.6 Sezione tipo B2/1sb

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

- 3+3 drenaggi in avanzamento lunghezza 30 m sovrapp. 10 m microfessurati per 20 m da fondo foro e ciechi per 10 m verso boccaforo  $\varnothing$  60 mm e sp. 5 mm (eventuali) ;
- preconsolidamento del fronte realizzato mediante la posa in opera di n° 60 tubi in VTR,  $L \geq 24$  m, sovrapp.  $\geq 9$  m;
- prerivestimento composto da uno spessore di 30 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata o fibrorinforzato e centine di tipo HEB200 con passo  $p = 1.00$  m;
- impermeabilizzazione tipo "0" o "1". La prima costituita da tessuto non tessuto e manto in pvc, la seconda caratterizzata dalla presenza di pannelli drenanti;
- rivestimento definitivo in cls semplice avente spessore minimo di 100 cm in arco rovescio e 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 eventuali drenaggi in avanzamento

In caso di presenza d'acqua dovranno essere eseguiti drenaggi in avanzamento. Si prevede la realizzazione di n° 3+3 drenaggi costituiti da tubi in PVC  $L = 30$  m, microfessurati per 20 m a partire

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00 <table border="1" data-bbox="1369 230 1476 315"> <tr> <td>Foglio 62 di 155</td> </tr> </table>	Foglio 62 di 155
Foglio 62 di 155		

da fondo foro e “ciechi” per 10 m verso bocca foro, del diametro  $\phi \approx 60\text{mm}$  spessore 5mm e protezione in TNT.

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 2: 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  $\geq 9$  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  $\phi \geq 100$  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 3: esecuzione scavo

Esecuzione scavo di avanzamento a piena sezione per campi pari a 15 m (preconsolidamento del nucleo  $L \geq 24\text{m}$  sovrapposizione  $s \geq 9\text{m}$ ), 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 di tipo HEB 200 passo 1.00m e da uno strato di spritz-beton di spessore 30 cm, armato con rete elettrosaldata o fibrorinforzato. Le centine appena posate dovranno essere collegate alle altre attraverso le apposite catene.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00	Foglio 63 di 155

#### FASE 5: 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 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 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.

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;

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00 <table border="1" data-bbox="1369 230 1476 315"> <tr> <td>Foglio 64 di 155</td> </tr> </table>	Foglio 64 di 155
Foglio 64 di 155		

- 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.

## 7.7 Sezione tipo B2/2sb/ B2/2 con puntone

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

- 3+3 drenaggi in avanzamento lunghezza 30 m sovrapp. 10 m microfessurati per 20 m da fondo foro e ciechi per 10 m verso boccaforo  $\varnothing$  60 mm e sp. 5 mm ( eventuali ) ;
- preconsolidamento del fronte realizzato mediante la posa in opera di n° 70 tubi in VTR,  $L \geq 24$  m, sovrapp.  $\geq 9$  m;
- prerivestimento composto da uno spessore di 30 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata o fibrorinforzato e centine di tipo HEB240 con passo  $p = 1.00$  m;
- impermeabilizzazione tipo "0" o "1". La prima costituita da tessuto non tessuto e manto in pvc, la seconda caratterizzata dalla presenza di pannelli drenanti;
- rivestimento definitivo in cls semplice avente spessore minimo di 100 cm in arco rovescio e 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: esecuzione eventuali drenaggi in avanzamento

In caso di presenza d'acqua dovranno essere eseguiti drenaggi in avanzamento. Si prevede la realizzazione di n° 3+3 drenaggi costituiti da tubi in PVC  $L = 30$  m, microfessurati per 20 m a partire da fondo foro e "ciechi" per 10 m verso bocca foro, del diametro  $\phi \approx 60$ mm spessore 5mm e protezione in TNT.

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 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00	Foglio 65 di 155

FASE 2: 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 minima di 24.00 m e sovrapposizione  $\geq 9$  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 3: esecuzione scavo

Esecuzione scavo di avanzamento a piena sezione per campi pari a 15 m (preconsolidamento del nucleo  $L \geq 24$ m sovrapposizione  $s \geq 9$ 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 di tipo HEB 240 passo 1.00m (eventuale puntone) e da uno strato di spritz-beton di spessore 30 cm, armato con rete elettrosaldata 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  $5\varnothing$  e  $3\varnothing$  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);

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00	Foglio 66 di 155

- 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 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.

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.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00 <table border="1" data-bbox="1356 224 1477 318"> <tr> <td>Foglio 67 di 155</td> </tr> </table>	Foglio 67 di 155
Foglio 67 di 155		

## 7.8 Sezioni tipo B2Vsb

La sezione tipo B2Vsb in fase costruttiva è costituita da:

- Una coronella di n°25 tubi metallici Fe510 Ø 88.9 Sp. 10 mm L ≥ 15.00 m, sovrapposizione minima s ≥ 3.00 m;
- 3+3 drenaggi in avanzamento L=30m microfessurati per 20m da fondo foro e ciechi per 10m verso bocca foro, eventuali in presenza d'acqua;
- prerivestimento composto da uno spessore di 30 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata o fibrorinforzato e centine metalliche di tipo HEB 240 con passo p = 1.00 m;
- impermeabilizzazione tipo "0" o "1". La prima costituita da tessuto non tessuto e manto in pvc, la seconda caratterizzata dalla presenza di pannelli drenanti;
- rivestimento definitivo in cls dello spessore di 100 cm in arco rovescio e medio 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

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°25 tubi metallici 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 eseguita a secco  $\phi = 120-130$  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

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00	Foglio 68 di 155

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.

#### 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  $L \geq 15\text{m}$  sovrapposizione  $s \geq 3\text{m}$ ), per singoli sfondi di lunghezza massima pari a 1.00 m, sagomando il fronte a forma concava ad ogni sfondo.

#### 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 di tipo HEB 240 passo 1.00m (più eventuale puntone) e da uno strato di spritz-beton di spessore 30 cm, armato con rete elettrosaldato ( $\varnothing 6$  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 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.

. 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.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00 <table border="1" data-bbox="1369 230 1476 315"> <tr> <td>Foglio 69 di 155</td> </tr> </table>	Foglio 69 di 155
Foglio 69 di 155		

### 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 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.

## 7.9 Sezione tipo B4/1sb

La sezione tipo B4/1sb è costituita da:

- 3+3 drenaggi in avanzamento lunghezza 30 m sovrapp. 10 m microfessurati per 20 m da fondo foro e ciechi per 10 m verso boccaforo  $\varnothing$  60 mm e sp. 5 mm (eventuali);
- preconsolidamento del fronte realizzato mediante la posa in opera di n° 60 tubi in VTR, lunghezza  $\geq 24$  m, sovrapp.  $\geq 9$  m, cementati;
- n° 10-11 bulloni radiali ad ancoraggio continuo, L = 6.0 m, passo longitudinale 1.00 m, passo trasversale 2.00 m. Tali bulloni, dotati di testa ad espansione meccanica, saranno in acciaio  $\varnothing$  28 mm in acciaio B450C ad ancoraggio continuo cementati mediante iniezioni cementizie o resina epossidica;
- prerivestimento composto da uno strato di 30 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata o fibrorinforzato e centine metalliche accoppiate tipo IPN240 con passo  $p = 1.00$ ;
- impermeabilizzazione tipo "0" o "1". La prima costituita da tessuto non tessuto e manto in pvc, la seconda caratterizzata dalla presenza di pannelli drenanti;
- rivestimento definitivo in cls semplice avente spessore minimo di 100 cm in arco rovescio e 80 cm in calotta.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00	Foglio 70 di 155

### 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 eventuali drenaggi in avanzamento

In caso di presenza d'acqua dovranno essere eseguiti drenaggi in avanzamento. Si prevede la realizzazione di n° 3+3 drenaggi costituiti da tubi in PVC L = 30 m, microfessurati per 20 m a partire da fondo foro e "ciechi" per 10 m verso bocca foro, del diametro  $\phi \approx 60\text{mm}$  spessore 5mm e protezione in TNT.

#### FASE 2: 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 lunghezza minima di 24.00 m e sovrapposizione  $s \geq 9$  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 eseguita a secco  $\phi \geq 100$  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.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00	Foglio 71 di 155

### FASE 3: esecuzione scavo

Esecuzione scavo di avanzamento a piena sezione per campi pari a 15 m (preconsolidamento del nucleo  $L \geq 24\text{m}$  sovrapposizione  $s \geq 9\text{m}$ ), 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 delle centine e dello spritz-beton (prima fase)

Al termine di ogni singolo sfondo verrà messo in opera il rivestimento di 1a fase costituito da centine metalliche accoppiate di tipo IPN 240 passo 1.00m e da uno strato di spritz-beton di spessore 30 cm, armato con rete elettrosaldata o fibrorinforzato. Appena posate le centine metalliche, esse devono essere collegate alle altre attraverso le apposite catene. Lo spritz beton di prima posa deve essere armato con rete elettrosaldata ( $\varnothing 6 \text{ } 15 \times 15$ ) o fibrorinforzato.

### FASE 5: Posa in opera dei bulloni e completamento spritz-beton

Esecuzione dei bulloni radiali ad ancoraggio continuo ad una distanza massima pari a  $\Phi/2$  tra il fronte di scavo e l'ultima raggiera eseguita; i bulloni dovranno essere dotati di testa ad espansione meccanica al fine di permettere la messa in opera durante la fase di cementazione; completamento dello spritz beton sino a raggiungere lo spessore di 30 cm; i bulloni saranno installati con passo trasversale pari a 2.00m e passo longitudinale pari ad 1.00m

### 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:

- 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.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00	Foglio 72 di 155

## 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 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.

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.

## 7.10 Sezione tipo B4/2sb

La sezione tipo B4/2sb è costituita da:

- 3+3 drenaggi in avanzamento lunghezza 30 m sovrapp. 10 m microfessurati per 20 m da fondo foro e ciechi per 10 m verso boccaforo  $\varnothing$  60 mm e sp. 5 mm (eventuali);
- preconsolidamento del fronte realizzato mediante la posa in opera di n° 70 tubi in VTR, lunghezza  $\geq 24$  m, sovrapp.  $\geq 9$  m, cementati;
- n° 10-11 bulloni radiali ad ancoraggio continuo, L = 8.0 m, passo longitudinale 1.00 m, passo trasversale 2.00 m. Tali bulloni, dotati di testa ad espansione meccanica, saranno in acciaio

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00 <table border="1" data-bbox="1369 230 1476 315"> <tr> <td>Foglio 73 di 155</td> </tr> </table>	Foglio 73 di 155
Foglio 73 di 155		

∅ 28 mm in acciaio B450C ad ancoraggio continuo cementati mediante iniezioni cementizie o resina epossidica;

- prerivestimento composto da uno strato di 30 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata o fibrorinforzato e centine metalliche accoppiate tipo IPN240 con passo  $p = 1.00$ ;
- impermeabilizzazione tipo "0" o "1". La prima costituita da tessuto non tessuto e manto in pvc, la seconda caratterizzata dalla presenza di pannelli drenanti;
- rivestimento definitivo in cls semplice avente spessore minimo di 100 cm in arco rovescio e 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 eventuali drenaggi in avanzamento

In caso di presenza d'acqua dovranno essere eseguiti drenaggi in avanzamento. Si prevede la realizzazione di n° 3+3 drenaggi costituiti da tubi in PVC L = 30 m, microfessurati per 20 m a partire da fondo foro e "ciechi" per 10 m verso bocca foro, del diametro  $\phi \approx 60\text{mm}$  spessore 5mm e protezione in TNT.

FASE 2: esecuzione del preconsolidamento del fronte.

Dal fronte di scavo, sagomato a forma concava, si realizza il preconsolidamento del fronte mediante la posa di 70 tubi in VTR cementati, aventi lunghezza minima di 24.00 m e sovrapposizione  $s \geq 9$  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  $\phi \geq 100$  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;

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00	Foglio 74 di 155

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 3: esecuzione scavo

Esecuzione scavo di avanzamento a piena sezione per campi pari a 15 m (preconsolidamento del nucleo  $L \geq 24m$  sovrapposizione  $s \geq 9m$ ), 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 delle centine e dello spritz-beton (prima fase)

Al termine di ogni singolo sfondo verrà messo in opera il rivestimento di 1a fase costituito da centine metalliche accoppiate di tipo IPN 240 passo 1.00m e da uno strato di spritz-beton di spessore 30 cm, armato con rete elettrosaldata o fibrorinforzato. Appena posate le centine metalliche, esse devono essere collegate alle altre attraverso le apposite catene. Lo spritz beton di prima posa deve essere armato con rete elettrosaldata ( $\emptyset 6$  15x15) o fibrorinforzato.

#### FASE 5: Posa in opera dei bulloni e completamento spritz-beton

Esecuzione dei bulloni radiali ad ancoraggio continuo ad una distanza massima pari a  $\Phi/2$  tra il fronte di scavo e l'ultima raggiera eseguita; i bulloni dovranno essere dotati di testa ad espansione meccanica al fine di permettere la messa in opera durante la fase di cementazione; completamento dello spritz beton sino a raggiungere lo spessore di 30 cm; i bulloni saranno installati con passo trasversale pari a 2.00m e passo longitudinale pari ad 1.00m

#### 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;

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00	Foglio 75 di 155

- 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  $9 \varnothing$ . 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.

La sequenza operativa di perforazione, nque 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.

### 7.11 Sezione tipo C2sb / C2sb con puntone

Interventi previsti

La sezione tipo C2sb, eventualmente dotata di puntone è costituita da:

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00	Foglio 76 di 155

- 3+3 drenaggi in avanzamento lunghezza 30 m sovrapp. 10 m microfessurati per 20 m da fondo foro e ciechi per 10 m verso boccaforo Ø 60 mm e sp. 5 mm ( eventuali);
- prerivestimento composto da uno strato di 30 cm di spritz-beton, fibrorinforzato o armato con rete elettrosaldada, e centine metalliche tipo HEB 240, a passo 1 m;
- preconsolidamento al contorno realizzato mediante 55 tubi in VTR valvolati,  $L \geq 24$  m, sovrapp.  $\geq 9.0$  m;
- preconsolidamento al piede centina realizzato con 6 + 6 tubi in VTR valvolati  $L \geq 24$  m, sovrapp.  $\geq 9.0$  m ; in presenza di puntone non si eseguirà questo intervento;
- preconsolidamento del fronte realizzato mediante la posa in opera di n° 55 tubi in VTR cementati in foro con miscele cementizie ,  $L \geq 24$  m, sovrapp.  $\geq 9$  m;
- impermeabilizzazione tipo "0" o "1". La prima costituita da tessuto non tessuto e manto in pvc, la seconda caratterizzata dalla presenza di pannelli drenanti;
- rivestimento definitivo in cls semplice avente spessore minimo di 100 cm in arco rovescio e 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: esecuzione eventuali drenaggi in avanzamento

In caso di presenza d'acqua dovranno essere eseguiti drenaggi in avanzamento. Si prevede la realizzazione di n° 3+3 drenaggi costituiti da tubi in PVC  $L = 30$  m, microfessurati per 20 m a partire da fondo foro e "ciechi" per 10 m verso bocca foro, del diametro  $\phi \approx 60$ mm spessore 5mm e protezione in TNT.

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 2: esecuzione del preconsolidamento al 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 in opera di 55 tubi in VTR, aventi lunghezza minima di 24.00 m e sovrapposizione  $\geq 9.00$  m.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00	Foglio 77 di 155

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;
- inserimento del tubo in VTR;
- 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 3: preconsolidamento al contorno del cavo

Dal fronte di scavo, si realizza un arco di terreno consolidato mediante la posa in opera di n° 55 tubi in VTR valvolati, aventi lunghezza minima di 24.00 m e sovrapposizione  $\geq 9$  m al contorno della futura sezione di scavo ed eventualmente si realizzano gli interventi previsti 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.

Esecuzione del preconsolidamento al contorno con le seguenti modalità:

- perforazione eseguita a secco  $\varnothing \geq 100$  mm;
- inserimento del tubo valvolato;
- formazione della "guaina" al contorno dell'elemento valvolato, ogni 4-5 fori.
- Iniezioni in pressione, valvola per valvola

FASE 4: esecuzione scavo

Esecuzione scavo di avanzamento a piena sezione per una lunghezza massima di 15.00 m (consolidamenti  $L=24.00$  m, sovr. = 9.00 m), per singoli sfondi max. di 1.0 m, sagomando il fronte a forma concava anche ad ogni sfondo parziale ed eseguendo lo spritz-beton fibrorinforzato, sp.5 cm, anche su ognuno di tali fronti.

FASE 5: posa in opera del rivestimento di prima fase

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00	Foglio 78 di 155

Al termine di ogni singolo sfondo verrà messo in opera il rivestimento di 1ª fase costituito da centine metalliche HEB 240 passo 1.00 m (più eventuale puntone) e da uno strato di spritz-beton, di spessore pari a 30 cm fibrorinforzato. Le centine appena posate dovranno essere collegate alle altre attraverso le apposite catene.

#### FASE 6: getto di murette e arco rovescio

Il getto dell'arco rovescio e delle murette dovrà avvenire entro  $3\emptyset$  dal fronte di scavo nel caso di getto contemporaneo, o rispettivamente entro  $5\emptyset$  e  $3\emptyset$  nel caso di getto differito. Tale operazione dovrà essere eseguita in seguito al preconsolidamento al contorno e al fronte del successivo campo di avanzamento. In funzione della risposta deformativa del cavo si potrà valutare:

- la necessità di effettuare tale getto entro distanze più o meno 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 eseguire;
- la necessità di realizzare il consolidamento del fronte del successivo campo di avanzamento dopo del getto dell'arco rovescio e delle murette.

#### FASE 7: impermeabilizzazione

Posa in opera dell'impermeabilizzazione, eseguita prima del getto del rivestimento definitivo, secondo le caratteristiche della sezione di impermeabilizzazione e drenaggio prevista.

#### FASE 8: getto del rivestimento definitivo

Il getto del rivestimento definitivo di calotta dovrà avvenire entro  $9\emptyset$  dal fronte di scavo.

La distanza di getto dovrà essere regolata in funzione della risposta deformativa del cavo e sarà comunque inferiore a  $9\emptyset$  dal fronte.

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

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00	Foglio 79 di 155

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.

## 7.12 Sezione tipo C4sb / C4sb con puntone

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

- 3+3 drenaggi in avanzamento lunghezza 30 m sovrapp. 10 m microfessurati per 20 m da fondo foro e ciechi per 10 m verso boccaforo  $\varnothing$  60 mm e sp. 5 mm ( eventuali ) ;
- preconsolidamento del fronte realizzato mediante la posa in opera di n° 70 tubi in VTR  $L \geq 24.00$  m, sovrapp.  $\geq 9$  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.  $\geq 9$  m cementati con miscele cementizie a ritiro controllato;
- preconsolidamento al piede centina realizzato con 6 + 6 tubi in VTR valvolati  $L \geq 24$  m, sovrapp.  $\geq 9.0$  m ; in presenza di puntone non si eseguirà questo intervento;
- prerivestimento composto da centine HEB240 passo  $p = 1.00$  m e da uno strato di 30 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldato o fibrorinforzato;
- impermeabilizzazione tipo "0" o "1". La prima costituita da tessuto non tessuto e manto in pvc, la seconda caratterizzata dalla presenza di pannelli drenanti;
- rivestimento definitivo in cls semplice avente spessore minimo di 100 cm in arco rovescio e 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

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00	Foglio 80 di 155

Si possono considerare le seguenti fasi costruttive:

#### FASE 1: esecuzione eventuali drenaggi in avanzamento

In caso di presenza d'acqua dovranno essere eseguiti drenaggi in avanzamento. Si prevede la realizzazione di n° 3+3 drenaggi costituiti da tubi in PVC L = 30 m, microfessurati per 20 m a partire da fondo foro e "ciechi" per 10 m verso bocca foro, del diametro  $\phi \approx 60\text{mm}$  spessore 5mm e protezione in TNT.

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 2: 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  $\geq 9$  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  $\phi \geq 100$  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 3: consolidamento al contorno della sezione e del piede centina (eventuale)

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 minima di 24.00 m e sovrapposizione  $\geq 9$  m al contorno della futura sezione di scavo ed eventualmente si realizzano gli interventi previsti in prossimità del

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00</p>	<p>Foglio 81 di 155</p>

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.

Esecuzione del preconsolidamento al contorno con le seguenti modalità:

- perforazione eseguita a secco  $\varnothing \geq 100$  mm;
- inserimento del tubo valvolato;
- formazione della "guaina" al contorno dell'elemento valvolato, ogni 4-5 fori.
- Iniezioni in pressione, valvola per valvola

FASE 4: esecuzione scavo

Esecuzione scavo di avanzamento a piena sezione per una lunghezza massima di 15 m (consolidamenti L = 24.00m, sovrapposizione  $\geq 9$  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  $3\varnothing$  dal fronte nel caso di 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:

- 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.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00	Foglio 82 di 155

### 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.

### 7.13 Sezioni tipo B0sb - r

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

- 3+3 drenaggi in avanzamento lunghezza 30 m sovrapp. 10 m microfessurati per 20 m da fondo foro e ciechi per 10 m verso boccaforo  $\varnothing$  60 mm e sp. 5 mm (eventuali);
- Prerivestimento composto da uno spessore di 20 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata o fibrorinforzato e centine costituite da due profilati metallici accoppiati di tipo IPN 160 passo  $p = 1.4$  m;
- impermeabilizzazione tipo "0" o "1" o "2"

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00 <table border="1" data-bbox="1369 232 1476 315"> <tr> <td>Foglio 83 di 155</td> </tr> </table>	Foglio 83 di 155
Foglio 83 di 155		

- rivestimento definitivo in cls semplice avente spessore minimo di 100 cm in arco rovescio e 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 eventuali drenaggi in avanzamento

In caso di presenza d'acqua dovranno essere eseguiti drenaggi in avanzamento. Si prevede la realizzazione di n° 3+3 drenaggi costituiti da tubi in PVC L = 30 m, microfessurati per 20 m a partire da fondo foro e "ciechi" per 10 m verso bocca foro, del diametro  $\phi \approx 60\text{mm}$  spessore 5mm e protezione in TNT.

#### 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 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 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 accoppiate IPN160 passo 1.20m e da uno strato di spritz-beton di spessore 20 cm, armato con rete elettrosaldata ( $\phi 6 15 \times 15$ ) 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  $5\phi$  dal fronte di scavo. Il getto dell'arco rovescio dovrà avvenire entro  $9\phi$  dal fronte di scavo o entro  $5\phi$  nel caso di getto contemporaneo alle murette;

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 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00	Foglio 84 di 155

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

#### 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  $12\phi$ .

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.

### 7.14 Sezioni tipo B0Vsb - r

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

- Una coronella di n°25 tubi metallici Fe510  $\phi$  88.9 Sp. 10 mm  $L \geq 15.00$  m, sovrapposizione minima  $s \geq 3.00$  m;
- 3+3 drenaggi in avanzamento  $L=30$ m microfessurati per 20m da fondo foro e ciechi per 10m verso bocca foro, eventuali in presenza d'acqua;
- prerinvestimento composto da uno spessore di 20 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata o fibrorinforzato e centine metalliche accoppiate di tipo IPN 160 con passo  $p = 1.20$  m;
- impermeabilizzazione tipo "0" o "1" o "2"
- rivestimento definitivo in cls dello spessore di 100 cm in arco rovescio e medio 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

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

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00	Foglio 85 di 155

### 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°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 eseguita a secco  $\varphi = 120-130$  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.

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 Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00 <table border="1" data-bbox="1369 232 1476 315"> <tr> <td>Foglio 86 di 155</td> </tr> </table>	Foglio 86 di 155
Foglio 86 di 155		

Esecuzione scavo di avanzamento a piena sezione per campi pari a 12 m (preconsolidamento del nucleo  $L \geq 15\text{m}$  sovrapposizione  $s \geq 3\text{m}$ ), per singoli sfondi di lunghezza massima pari a 3.60m, sagomando il fronte a forma concava ad ogni sfondo.

#### 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 accoppiate di tipo IPN 160 passo 1.20m e da uno strato di spritz-beton di spessore 20 cm, armato con rete elettrosaldata ( $\emptyset 6$  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 dovrà essere effettuato entro una distanza di  $5\emptyset$  dal fronte di scavo. Il getto dell'arco rovescio dovrà avvenire entro  $9\emptyset$  dal fronte di scavo o entro  $5\emptyset$  nel caso di getto contemporaneo alle murette;

- 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  $12 \emptyset$ . 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 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.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00 <table border="1" data-bbox="1369 232 1476 315"> <tr> <td>Foglio 87 di 155</td> </tr> </table>	Foglio 87 di 155
Foglio 87 di 155		

## 7.15 Sezione tipo B2sb-r

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

- 3+3 drenaggi in avanzamento lunghezza 30 m sovrapp. 10 m microfessurati per 20 m da fondo foro e ciechi per 10 m verso boccaforo  $\varnothing$  60 mm e sp. 5 mm ( eventuali ) ;
- preconsolidamento del fronte realizzato mediante la posa in opera di n° 45 tubi in VTR,  $L \geq 24$  m, sovrapp.  $\geq 9$  m;
- prerivestimento composto da uno spessore di 25 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata o fibrorinforzato e centine metalliche accoppiate di tipo IPN180 con passo  $p = 1.20$  m;
- impermeabilizzazione tipo "0" o "1" o "2"
- rivestimento definitivo in cls semplice avente spessore minimo di 100 cm in arco rovescio e 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: esecuzione eventuali drenaggi in avanzamento

In caso di presenza d'acqua dovranno essere eseguiti drenaggi in avanzamento. Si prevede la realizzazione di n° 3+3 drenaggi costituiti da tubi in PVC  $L = 30$  m, microfessurati per 20 m a partire da fondo foro e "ciechi" per 10 m verso bocca foro, del diametro  $\phi \approx 60$ mm spessore 5mm e protezione in TNT.

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 2: 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 minima di 24.00 m e sovrapposizione  $\geq 9$  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 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00	Foglio 88 di 155

- 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 3: esecuzione scavo

Esecuzione scavo di avanzamento a piena sezione per campi pari a 15 m (preconsolidamento del nucleo  $L \geq 24$ m sovrapposizione  $s \geq 9$ m), 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 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 accoppiate di tipo IPN180 passo 1.20m e da uno strato di spritz-beton di spessore 25 cm, armato con rete elettrosaldata 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  $5\varnothing$  e  $3\varnothing$  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.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00	Foglio 89 di 155

#### 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 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.

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.

### 7.16 Sezione tipo C1sb-r

Interventi previsti

La sezione tipo C1sb-r è costituita da:

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00	Foglio 90 di 155

- 3+3 drenaggi in avanzamento lunghezza 30 m sovrapp. 10 m microfessurati per 20 m da fondo foro e ciechi per 10 m verso boccaforo  $\varnothing$  60 mm e sp. 5 mm ( eventuali ) ;
- prerivestimento composto da uno strato di 25 cm di spritz-beton, fibrorinforzato o armato con rete elettrosaldada, e centine metalliche tipo HEB 180, a passo 1 m ;
- preconsolidamento al contorno realizzato mediante 61 interventi jet - grouting,  $L \geq 18$  m, sovrapp.  $\geq 6.0$  m ;
- preconsolidamento del fronte realizzato mediante la posa in opera di n° 40 tubi in VTR cementati in foro con miscele cementizie ,  $L \geq 24$  m, sovrapp.  $\geq 9$  m ;
- impermeabilizzazione tipo "0" o "1" o "2"
- rivestimento definitivo in cls semplice avente spessore minimo di 100 cm in arco rovescio e 85 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 eventuali drenaggi in avanzamento

In caso di presenza d'acqua dovranno essere eseguiti drenaggi in avanzamento. Si prevede la realizzazione di n° 3+3 drenaggi costituiti da tubi in PVC  $L = 30$  m, microfessurati per 20 m a partire da fondo foro e "ciechi" per 10 m verso bocca foro, del diametro  $\phi \approx 60$ mm spessore 5mm e protezione in TNT.

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 2: esecuzione del preconsolidamento al 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 in opera di 40 tubi in VTR, aventi lunghezza minima di 24.00 m e sovrapposizione  $\geq 9.00$  m.

Le fasi costruttive sono le seguenti:

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00</p>	<p>Foglio 91 di 155</p>

- 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;
- inserimento del tubo in VTR;
- 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 3: preconsolidamento al contorno del cavo

Dal fronte di scavo, si realizza un arco di terreno consolidato mediante n° 61 interventi jet - grouting, aventi lunghezza minima di 18.00 m e sovrapposizione  $\geq 6$  m al contorno della futura sezione di scavo.

#### FASE 4: esecuzione scavo

Esecuzione scavo di avanzamento a piena sezione per una lunghezza massima di 15.00 m (consolidamenti L=24.00 m, sovr. = 9.00 m), per singoli sfondi max. di 1.0 m, sagomando il fronte a forma concava anche ad ogni sfondo parziale ed eseguendo lo spritz-beton fibrorinforzato, sp.5 cm, anche 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 HEB 180 passo 1.00 m e da uno strato di spritz-beton, di spessore pari a 25 cm fibrorinforzato. Le centine appena posate dovranno essere collegate alle altre attraverso le apposite catene.

#### FASE 6: getto di murette e arco rovescio

Il getto dell'arco rovescio e delle murette dovrà avvenire entro  $3\varnothing$  dal fronte di scavo nel caso di getto contemporaneo, o rispettivamente entro  $5\varnothing$  e  $3\varnothing$  nel caso di getto differito. Tale operazione dovrà essere eseguita in seguito al preconsolidamento al contorno e al fronte del successivo campo di avanzamento. In funzione della risposta deformativa del cavo si potrà valutare:

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00	Foglio 92 di 155

- la necessità di effettuare tale getto entro distanze più o meno 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 eseguire;
- la necessità di realizzare il consolidamento del fronte del successivo campo di avanzamento dopo del getto dell'arco rovescio e delle murette.

#### FASE 7: impermeabilizzazione

Posa in opera dell'impermeabilizzazione, eseguita prima del getto del rivestimento definitivo, secondo le caratteristiche della sezione di impermeabilizzazione e drenaggio prevista.

#### FASE 8: getto del rivestimento definitivo

Il getto del rivestimento definitivo di calotta dovrà avvenire entro  $9\emptyset$  dal fronte di scavo.

La distanza di getto dovrà essere regolata in funzione della risposta deformativa del cavo e sarà comunque inferiore a  $9\emptyset$  dal fronte.

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 Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00 <table border="1" data-bbox="1356 224 1477 318"> <tr> <td>Foglio 93 di 155</td> </tr> </table>	Foglio 93 di 155
Foglio 93 di 155		

- condizioni di inghisaggio analoghe a quelle ottenute con la perforazione a secco.

## 7.17 Sezione tipo C2sb-r

Interventi previsti

La sezione tipo C2sb-r è costituita da:

- 3+3 drenaggi in avanzamento lunghezza 30 m sovrapp. 10 m microfessurati per 20 m da fondo foro e ciechi per 10 m verso boccaforo  $\varnothing$  60 mm e sp. 5 mm ( eventuali ) ;
- prerivestimento composto da uno strato di 25 cm di spritz-beton, fibrorinforzato o armato con rete elettrosaldata, e centine metalliche accoppiate tipo IPN 200, a passo 1 m;
- preconsolidamento al contorno realizzato mediante 40 tubi in VTR valvolati,  $L \geq 24$  m, sovrapp.  $\geq 9.0$  m ;
- preconsolidamento al piede centina mediante 6+6 tubi in VTR valvolati,  $L \geq 24$  m, sovrapp.  $\geq 9.0$  m ;
- preconsolidamento del fronte realizzato mediante la posa in opera di n° 40 tubi in VTR cementati in foro con miscele cementizie ,  $L \geq 24$  m, sovrapp.  $\geq 9$  m ;
- impermeabilizzazione tipo "0" o "1" o "2"
- rivestimento definitivo in cls semplice avente spessore minimo di 100 cm in arco rovescio e 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: esecuzione eventuali drenaggi in avanzamento

In caso di presenza d'acqua dovranno essere eseguiti drenaggi in avanzamento. Si prevede la realizzazione di n° 3+3 drenaggi costituiti da tubi in PVC  $L = 30$  m, microfessurati per 20 m a partire da fondo foro e "ciechi" per 10 m verso bocca foro, del diametro  $\phi \approx 60$ mm spessore 5mm e protezione in TNT.

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	
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00 <table border="1" data-bbox="1369 232 1476 315"> <tr> <td>Foglio 94 di 155</td> </tr> </table>	Foglio 94 di 155
Foglio 94 di 155		

## FASE 2: esecuzione del preconsolidamento al 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 in opera di 40 tubi in VTR, aventi lunghezza minima di 24.00 m e sovrapposizione  $\geq 9.00$  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;
- inserimento del tubo in VTR;
- 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 3: preconsolidamento al contorno del cavo

Dal fronte di scavo, si realizza un arco di terreno consolidato mediante la posa in opera di n° 40 tubi in VTR cementati, aventi lunghezza minima di 24.00 m e sovrapposizione  $\geq 9$  m al contorno della futura sezione di scavo ed eventualmente si realizzano gli interventi previsti in prossimità del piede della centina. Il consolidamento al piede non verrà eseguito attraverso la posa in opera di n° 6 + 6 tubi in VTR cementati, aventi lunghezza minima di 24.00 m e sovrapposizione  $\geq 9$  m.

Esecuzione del preconsolidamento al contorno con le seguenti modalità:

- perforazione eseguita a secco  $\varnothing \geq 100$  mm;
- inserimento del tubo valvolato;
- formazione della "guaina" al contorno dell'elemento valvolato, ogni 4-5 fori.
- Iniezioni in pressione, valvola per valvola

## FASE 4: esecuzione scavo

Esecuzione scavo di avanzamento a piena sezione per una lunghezza massima di 15.00 m (consolidamenti L=24.00 m, sovr. = 9.00 m), per singoli sfondi max. di 1.0 m, sagomando il fronte a

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00	Foglio 95 di 155

forma concava anche ad ogni sfondo parziale ed eseguendo lo spritz-beton fibrorinforzato, sp.5 cm, anche 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 accoppiate IPN 200 passo 1.00 m e da uno strato di spritz-beton, di spessore pari a 25 cm fibrorinforzato. Le centine appena posate dovranno essere collegate alle altre attraverso le apposite catene.

#### FASE 6: getto di murette e arco rovescio

Il getto dell'arco rovescio e delle murette dovrà avvenire entro  $3\emptyset$  dal fronte di scavo nel caso di getto contemporaneo, o rispettivamente entro  $5\emptyset$  e  $3\emptyset$  nel caso di getto differito. Tale operazione dovrà essere eseguita in seguito al preconsolidamento al contorno e al fronte del successivo campo di avanzamento. In funzione della risposta deformativa del cavo si potrà valutare:

- la necessità di effettuare tale getto entro distanze più o meno 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 eseguire;
- la necessità di realizzare il consolidamento del fronte del successivo campo di avanzamento dopo del getto dell'arco rovescio e delle murette.

#### FASE 7: impermeabilizzazione

Posa in opera dell'impermeabilizzazione, eseguita prima del getto del rivestimento definitivo, secondo le caratteristiche della sezione di impermeabilizzazione e drenaggio prevista.

#### FASE 8: getto del rivestimento definitivo

Il getto del rivestimento definitivo di calotta dovrà avvenire entro  $9\emptyset$  dal fronte di scavo.

La distanza di getto dovrà essere regolata in funzione della risposta deformativa del cavo e sarà comunque inferiore a  $9\emptyset$  dal fronte.

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

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00	Foglio 96 di 155

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.

### **7.18 Pre-spritz al fronte e contorno durante la fase di scavo – Funzione e sua applicazione**

Per tutte le sezioni tipo di scavo, al termine dello sfondo e prima di porre in opera gli interventi di prima fase dovrà essere eseguito un accurato disaggio di tutte le porzioni instabili e si dovrà procedere alla posa in opera dello spritz beton di protezione fibrorinforzato sulle superfici fresche di scavo (fronte e contorno del cavo).

L'applicazione dello spritz beton fibrorinforzato di protezione ad ogni sfondo è deputato a svolgere la funzione di protezione del fronte e del contorno dall'umidità dell'aria e di trattenuta del materiale minuto (non ha funzione strutturale e quindi non è dimensionabile lo spessore).

L'applicazione dello strato di pre-spritz è da porsi a carico dell'impresa esecutrice dei lavori. Il pre-spritz, ove possibile, potrà essere inglobato e far parte integrante del priverimento progettuale.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00 <table border="1" data-bbox="1356 224 1477 318"> <tr> <td>Foglio 97 di 155</td> </tr> </table>	Foglio 97 di 155
Foglio 97 di 155		

## 8. ANALISI DEL RISCHIO

I profili geologico – geomeccanici longitudinali di previsione individuano una serie di rischi intraformazionali dell’ammasso 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. Si faccia riferimento al paragrafo 4.2.7 per quanto concerne le condizioni geologiche attese lungo lo sviluppo del tracciato.

Considerando le litologie presenti, le condizioni geostrukturali, le condizioni idrauliche, il possibile comportamento dell’ammasso allo scavo e le condizioni al contorno, sono state prese in esame le seguenti tipologie di problematiche, così come sono indicate nell’analisi del rischio riportata nei profili geologico – geomeccanici di previsione:

### rischi collegati alle caratteristiche dell’ammasso

1. instabilità del fronte e/o del cavo per la presenza di zone tettonizzate
2. instabilità del fronte e/o del cavo in presenza di basse coperture
3. Presenza di trovanti
4. Fenomeni di “swelling”/”squeezing”
5. Anisotropia dell’ammasso e stress tettonici
6. Deformazioni d’ammasso
7. Fenomeni di subsidenza e interferenza con altre strutture

### rischi collegati alla presenza d’acqua

1. Carico Idraulico
2. Venute d’acqua concentrate
3. Fenomeni carsici
4. Presenza di acque aggressive
5. Fenomeni di dissoluzione

Nel seguito saranno presentati i principali tipi di rischi valutati per l’opera in esame.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00
	Foglio 98 di 155

## 8.1 Analisi dei rischi lungo il tracciato della Galleria di Valico – Tratta 2

La galleria naturale in oggetto si sviluppa prevalentemente nella Formazione delle Argilliti a Palombini, caratterizzabile, da un punto di vista geologico, come scisti di colore grigio scuro-nero, con possibili intercalazioni di calcari detritici ad interstrati argillitici. Sarà possibile incontrare durante gli scavi altre formazioni quali: Calcari di Gallaneto e la Successione di Cravasco- Voltaggio (Serpentiniti, Calcari di Voltaggio ecc).

La presenza di zone di faglia caratterizzate da materiale tettonizzato e le alte coperture presenti sono le cause principali dei rischi per lo scavo della Galleria di Valico. Si riportano nel seguito le faglie principali previste lungo lo sviluppo dei due binari

### Binario pari

Nel settore d'indagine non è stata direttamente riscontrata la presenza di faglie in affioramento, soprattutto per l'estesa copertura di detrito, suolo e vegetazione, che limitano fortemente la percentuale di affioramento. Tuttavia alcune faglie principali sono state considerate nel modello geologico in quanto osservate direttamente nei sondaggi o desumibili dalla cartografia CARG.

Il profilo interpretativo riporta alcune faglie significative di spessore da plurimetrico a decametrico che intercettano l'asse del binario in esame nel tratto afferente alle WBS GN14F e GN14J:

- pk 9+760: faglia desunta dalla cartografia CARG;
- pk 9+820: faglia individuata dal sondaggio L2-CR3.
- pk 10+320 – termine WBS: faglia individuata dal sondaggio L2-CR5, con spessore reale di circa 10-15 m e lunghezza di intersezione in asse alla galleria di circa 20 m. Cinematismo trascorrente sinistro ipotizzato in base ai dati del sondaggio.

### Binario dispari

Nel settore d'indagine non è stata direttamente riscontrata la presenza di faglie in affioramento, soprattutto per l'estesa copertura di detrito, suolo e vegetazione, che limitano fortemente la percentuale di affioramento.

Il profilo interpretativo allegato riporta alcune faglie significative di spessore da plurimetrico a decametrico che intercettano l'asse del binario in esame nel tratto afferente alle WBS GN15G e GN15J:

- pk 9+770: faglia desunta dalla cartografia CARG;
- pk 9+820: faglia individuata dal sondaggio L2-CR3.
- pk 10+325 – termine WBS: faglia individuata dal sondaggio L2-CR5, con spessore reale di circa 10-15 m e lunghezza di intersezione in asse alla galleria di circa 20 m. Cinematismo trascorrente sinistro ipotizzato in base ai dati del sondaggio.

Si riassumono per punti le criticità specifiche previste per la tratta in esame:

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00	Foglio 99 di 155

Instabilità del fronte e/o del cavo: fenomeni di instabilità del fronte e/o del cavo della galleria dipendono sostanzialmente dalla presenza di tratte del tracciato caratterizzate da parametri geomeccanici scadenti, come nelle zone di faglia e nei contesti tettonizzati. Tali condizioni si verificano in corrispondenza delle faglie principali, precedentemente indicate e descritte per entrambi i binari; in tali contesti le analisi compiute hanno evidenziato un comportamento di tipo “C”, ovvero instabile, e sono quindi stati previsti specifici interventi di consolidamento.

Carico idraulico: in base a quanto riportato nell’inquadramento idrogeologico ed evidenziato nel profilo geomeccanico, per le coperture in esame dato la messa in opera di un opportuno sistema di drenaggio al contorno non si ritiene in linea generale possa essere presente un carico idraulico agente sui rivestimenti definitivi. Menzione a parte va fatta per la specifica condizione idrogeologica presente tra le PK 10+100 e 10+300 circa del binario pari (WBS GN14F), situazione che verrà analizzata nel dettaglio al paragrafo 8.1.1

Venute d’acqua concentrate: Per quanto riguarda l’assetto idrogeologico, si prevede la possibilità di venute d’acqua concentrate nelle zone di faglia e in corrispondenza di ammassi tettonizzati che, se non adeguatamente gestite possono portare anche a fenomeni di instabilità diffusa del cavo. Si rimanda al par. 4.3.2 per maggiori dettagli riguardanti le condizioni idrogeologiche attese lungo lo sviluppo del tracciato.

Stress tettonici: sono possibili elevati stress di natura tettonica che possono portare spinte orizzontali maggiori delle verticali, in particolar modo nelle Argilliti a Palombini e nella zona di passaggio formazionale denominata Successione di Cravasco-Voltaggio. Per poter contrastare tale eventualità sono state previste sezioni tipo dotate di bullonature radiali per le zone in cui si incontrano le Argille a Palombini mentre saranno necessari interventi di consolidamento più pesanti nelle zone piega tettonica (Successione di Cravasco-Voltaggio – vedi criticità “Fenomeni di squeezing”).

Deformazioni d’ammasso: in virtù delle alte coperture presenti potranno verificarsi deformazioni del cavo di entità non trascurabile, per i quali sarà necessario provvedere oltre ai corretti interventi da applicarsi (corretta scelta della sezione tipo) anche sovrascavi. Per sezioni di tipo C2sb, C4sb, B2/2sb e C2sb-r (singolo binario) è stata inoltre prevista la possibilità di impiegare un puntone in arco rovescio col fine di limitare le deformazioni del cavo prima della posa dei rivestimenti definitivi.

Presenza di acque aggressive: nella zona di piega tettonica (Successione di Cravasco-Voltaggio) si prevede la possibilità di incontrare durante gli scavi acque aggressive che potrebbero danneggiare, in fase definitiva, i rivestimenti definitivi delle gallerie. Laddove le analisi chimiche delle acque indicassero la possibilità di un attacco chimico sarà necessario prevedere pertanto un’adeguata protezione degli elementi strutturali, impiegando rivestimenti in calcestruzzo aventi classe di esposizione adeguata.

Fenomeni di squeezing: per la formazione delle Argille a Palombini o in tutte le zone tettonizzate e con elevati stress tettonici potrebbe verificarsi, in funzione delle coperture, l’attivazione di fenomeni di squeezing (di grado medio ed elevato).

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00	Foglio 100 di 155

Per affrontare tali condizioni sarà possibile l'utilizzo delle sezioni tipo B4/1, B4/2, C2sb e C4sb con l'ausilio di centine a giunti deformabili (con eventuale puntone di arco rovescio), prevedendo sovra-scavi radiali (al livello del piano dei centri del tunnel) variabili da 20 cm (squeezing di grado medio) fino a 40 cm (squeezing di grado elevato). (confr. schemi allegati)

In tali situazioni i rivestimenti definitivi dovranno essere armati con le stesse modalità previste per gli attraversamenti delle zone di faglia.

Nel caso di utilizzo di sezioni B4/1 e B4/2 con centine a giunti deformabili sarà necessario che la bullonatura radiale permetta lo scorrimento delle stesse centine; sarà quindi opportuno eseguire la bullonatura all'interno dello spritz beton fra centine contigue e l'utilizzo di profilati singoli (tipo HEB o equivalenti) di pari caratteristiche inerziali previste dal progetto dei pre-rivestimenti delle omologhe sezioni.

In tal caso sarà anche opportuno l'utilizzo di bulloni autoperforanti con caratteristiche minime di resistenza pari a quelle previste per le bullonature di progetto. Le lunghezze di dette bullonature potranno arrivare fino a 12 metri con una variabilità sul numero e lunghezza pari al 30%. Questa variabilità andrà a sostituirsi a quella prevista per le omologhe sezioni tipo in condizioni standard.

I profili geomeccanici, nella sezione dedicata al "rischio", riportano la localizzazione delle possibili zone con "medio ed elevato grado di squeezing"; in tali zone è possibile prevedere l'utilizzo del sistema a centine con giunti deformabili che dovrà essere adattato alla sezione tipo in uso nella tratta.

Nelle zone con "elevato grado di squeezing" è prevedibile che l'intera tratta possa essere interessata dal fenomeno mentre per le zone con "medio grado di squeezing" è prevedibile ipotizzare un rischio di applicazione di sezioni dotate di centine con giunti deformabili pari al 10%.

Tenuto conto della vicinanza delle opere all'allineamento tettonico della Sestri/Voltaggio, non si esclude la possibilità di incontrare zone con elevati stress tettonici, non perfettamente definibili in sede di indagine, ove sarà opportuno l'utilizzo del sistema a centine con giunti deformabili.

Nei casi di squeezing "elevato" sarà possibile la modifica della sagoma dell'arco rovescio in modo da migliorare l'efficienza della sezione tipo in termini di risposta strutturale.

Si rammenta che all'interno dei "profili geomeccanici di progetto" nella sezione "extrascavi" sono riportati i valori di extrascavo radiale previsto per compensare le deformazioni dei prerivestimenti in assenza di fenomeni di squeezing; nei casi di fenomeni di creep dovrà essere valutato un opportuno "incremento di extrascavo" tale da garantire gli spessori finali minimi di rivestimento definitivo.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00	Foglio 101 di 155

### 8.1.1 Criticità idrogeologica tra le PK 10+100 e 10+300 circa binario pari

Come descritto nell'inquadramento geologico sulla base dell'interpretazione dei dati dei sondaggi eseguiti per il progetto esecutivo (CR3 – CR4 – CR5) si prevede che la parte terminale della WBS GN14F sarà interessata sia dagli argilloscisti neri (Mn), sia, per una tratta della lunghezza di circa 170 m, dai Calcari di Gallaneto (cG).

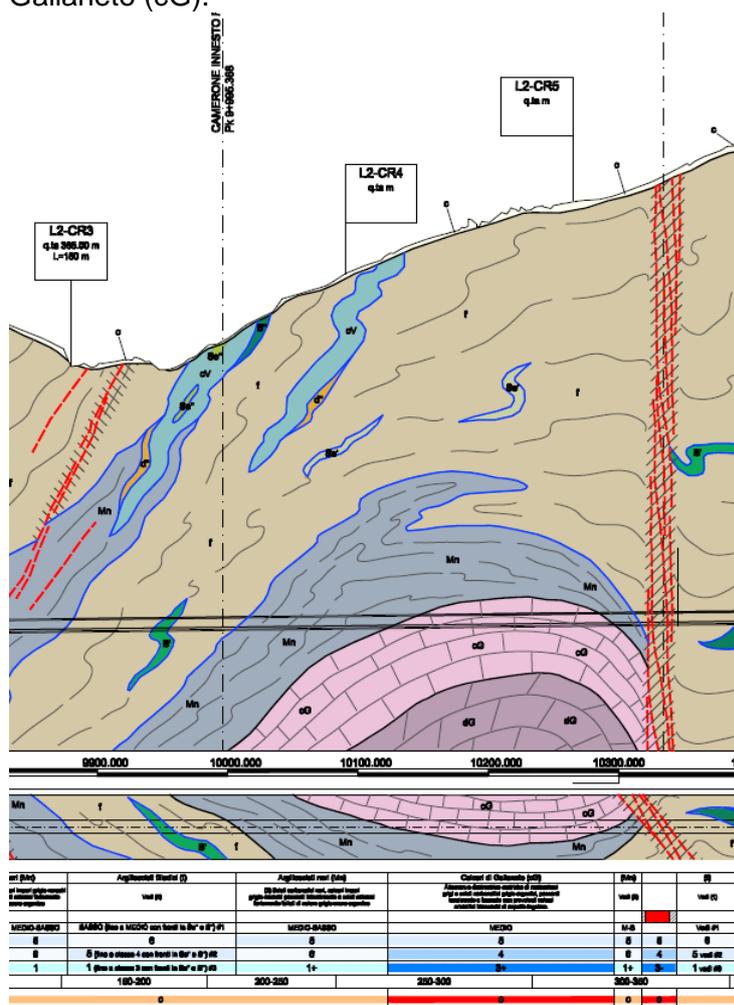


Figura 8-1. Stralcio del profilo longitudinale – tratto di interesse binario pari

Tale tratta è caratterizzata da un grado di permeabilità decisamente più alto rispetto a quella dei circostanti argilloscisti. Localmente ed in particolare nei pressi delle faglie, i Calcari di Gallaneto presentano una debole “carsificazione” diventando sede di circolazione idrica più sostenuta. In tale tratta è stato pertanto stimato un possibile afflusso idrico durante lo scavo più consistente rispetto a quanto stimato nei settori attraversati dagli argilloscisti.

La valutazione degli afflussi idrici in fase di scavo e stabilizzati, relativamente alla tratta in oggetto, è stata effettuata mediante modellazioni numeriche specifiche a cui si rimanda per maggiori dettagli (cfr. Relazione idrogeologica generale).

In accordo con le fasi esecutive previste il modello numerico prevede come assunzione di base prima lo scavo del binario dispari e, in un secondo momento, il binario pari. Questa scelta è

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00 <span style="float: right;">Foglio 102 di 155</span>

giustificata dal fatto che la tratta del binario dispari è quella che presenta minori problematiche connesse al drenaggio delle acque, in quanto interamente localizzata negli argilloscisti. Una volta scavato, da questa galleria sarà possibile effettuare una serie di indagini esplorative atte a verificare le condizioni idrauliche lungo il binario pari (es. sondaggi direzionati attrezzati a piezometro e/o interventi di drenaggio, come dettagliato nei paragrafi successivi).

Per la canna dispari la previsione di venute d'acqua in periodi diversi dopo lo scavo è la seguente:

Periodo [giorni]	Scenario pessimistico [l/s/10 m]	Scenario ottimistico [l/s/10 m]
10	0.4	0.15
100	0.3	0.04
365	0.3	0.03

Per la canna pari la previsione di venute d'acqua in periodi diversi dopo lo scavo è la seguente:

Periodo [giorni]	Scenario pessimistico [l/s/10 m]	Scenario ottimistico [l/s/10 m]
10	1.7	0.5
100	1.1	0.4
365	0.9	0.3
1000	0.9	0.3
3650	0.9	0.3

## 8.2 Soglie di attenzione e allarme

Si riportano in tabella per ciascuna sezione tipo le soglie di attenzione e di allarme da impiegare durante il monitoraggio dell'opera in esame

GALLERIA VALICO SINGOLO BINARIO - SOGLIE DI ATTENZIONE E ALLARME					
CARATT. GALLERIA		SOGLIA ATTENZIONE	SOGLIA ALLARME	SOGLIA ATTENZIONE	SOGLIA ALLARME
FORMAZIONE	SEZ.TIPO	CONV. DIAMETRALE (cm)	CONV. DIAMETRALE (cm)	ESTRUSIONE (cm)	ESTRUSIONE (cm)
Ap – GR1	B0/1sb- B0/2sb	6-8	8-10	-	-
Ap – GR2a	B1sb - B2/1sb - B2/2sb- B2Vsb	6-8	8-10	<5	<8
Ap – GR2b	B4/1sb-B4/2sb	8-9	9-10	<7	<10

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00 <span style="float: right;">Foglio 103 di 155</span>

Ap – GR3a	C4sb	10-12	<15	<10	<15
Ap – GR3b	C2sb	10-12	<15	<10	<15
cG - Compatto	B0sb-r- B0Vsb-r	4-6	6-8	-	-
cG Fratturato	B2sbr	6-8	8-10	<5	<8
cG- CV molto fratturati	C2sb-r-C1sb-r	10-12	<15	<10	<15

Come indicato nel profilo geomeccanico, è necessario prevedere extra-scavi durante l'avanzamento al fine di ridurre eventuali sottospessori dovuti alle convergenze attese.

### 8.3 Sezioni tipo e criticità in corrispondenza dell'opera

Come mostrato in relazione di calcolo e come dettagliato nel capitolo precedente, la tratta in esame presenta le seguenti principali criticità:

- Ampio range di coperture all'interno delle Argilliti a Palombini (30 m – 600 m)
- Differenti comportamenti d'ammasso in funzione del gruppo di Argillite a Palombini incontrato (zone di faglia)
- Improvvisi cambi di contesto geologico e formazionale (Argilloscisti – Unità Gazzo-Isoverde – Unità Cravasco-Voltaggio)
- Attraversamento del lineamento tettonico di Sestri-Voltaggio
- Possibili problematiche idrogeologiche relative alla formazione dei Calcari di Gallaneto
- Interferenza con lo scavo della Finestra Cravasco
- Possibili interferenze superficiali
- Possibili fenomeni di squeezing elevato associati a comportamenti visco-plastici di ammasso

Per la formazione delle Argillite a Palombini e più in generale degli argilloscisti, laddove si individua un comportamento del fronte di tipo "stabile a breve termine" (gruppo geomeccanico 1 e 2), è prevista l'adozione di sezioni tipo B; per la tratta in esame l'avanzamento sarà condotto per le sezioni a singolo binario mediante le sezioni tipo B0V/sb, B0/1sb, B0/2sb, B1sb, B2Vsb, B2/1sb, B2/2sb, B4/1sb, B4/2sb a seconda del contesto geomeccanico di riferimento manifestato localmente dell'ammasso e dalla copertura.

Le sezioni di tipo B1 e B4, come meglio dettagliato nel seguito, prevedono la realizzazione di bullonatura radiale, al fine di contrastare situazioni di scavo caratterizzate da elevati stress tettonici orizzontali. Le bullonature, in funzione dei contesti deformativi e di ammasso (chiusura foro di perforazione) potranno essere realizzate mediante bulloni autoperforanti di pari caratteristiche o superiori di quanto previsto nelle sezioni tipo di progetto.

In corrispondenza delle tratte in cui l'ammasso mostra proprietà geomeccaniche scadenti (gruppo geomeccanico 3), normalmente associate a zone particolarmente tettonizzate o alterate, o alle

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00
	Foglio 104 di 155

massime coperture anche in presenza di ammasso assimilabile al gruppo geomeccanico 2, si prevede la sistematica realizzazione di interventi di preconsolidamento sia del fronte che del contorno del cavo mediante l'applicazione di sezioni di avanzamento tipo C2 o C4. In tali zone, infatti, 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 microscala.

Nell'area di Setri-Voltaggio, tra le PK 9+700 e 10+700 circa, le gallerie attraversano le unità geologiche di Cravasco-Voltaggio e di Gazzo-Isoverde (Calcari di Gallaneto, Calcari di Voltaggio, Serpentiniti, Basalti ecc).

In particolare la tratta attraversa una zona di contatto intraformazionale tra gli argilloscisti, l'Unità di Gazzo-Isoverde e la piega tettonica di Cravasco-Voltaggio. Sebbene le caratteristiche meccaniche dei materiali che compongono queste unità siano da medie a medio-alte, la zona è geologicamente e tettonicamente particolarmente caotica; lo scavo sarà pertanto caratterizzato da fronti misti, rapidi passaggi intraformazionali, discontinuità e zone di faglia, nonché forti anisotropie nel comportamento d'ammasso. Inoltre, con particolare riferimento alla tratta scavata nei calcari di Gallaneto, si prevede la presenza di afflussi idrici in galleria mediamente elevati, come descritto nei paragrafi precedenti.

In questi contesti inoltre è probabile che lo scavo possa attraversare formazioni a carattere gessoso anidritico, con conseguente possibile presenza di acque aggressive: si prevede in questo caso l'adozione di un adeguata tipologia di calcestruzzo (XA2) come previsto dal Capitolato, qualora le analisi chimiche delle acque di ammasso evidenziassero la necessità di utilizzare calcestruzzi resistenti ai solfati.

Si applicheranno le sezioni B0r, B0Vr, B2r per le zone con comportamento del tipo "stabile a breve termine". Nello specifico si adotterà la B0-r nei casi in cui lo scavo avvenga pienamente nella formazione lapidea, in presenza quindi di fronti omogenei e parametri geomeccanici elevati, e la B0V-r qualora ci si attenda l'eventualità di possibili distacchi in calotta. La B2-r si adotterà laddove si riscontrino fronti misti, zone di passaggi intraformazionali, con caratteristiche meccaniche medie delle formazioni lapidee.

Verranno invece adottate le sezioni tipo C1r (da applicarsi unicamente laddove la tipologia di ammasso presenti caratteristiche granulometriche tali da rendere possibile la realizzazione di una coronella in jet-grouting) e C2r per la zona della piega tettonica di Cravasco-Voltaggio e dei calcari di Gallaneto dove sono previsti improvvisi passaggi intraformazionali e fronti misti anche in calotta, nonché zone di faglia e di materiale anche molto fratturato. In questa zona è quindi atteso un comportamento "instabile". In particolare la sezione C1r è indicata nei profili geomeccanici solo per la zona di possibile contatto con i calcari di Gallaneto.

Come riportato nel paragrafo precedente in tali contesti può essere necessario il ricorso a sezioni con giunti deformabili e relativi extra scavi.

Tale tratta è caratterizzata da un grado di permeabilità decisamente più alto rispetto a quello dei circostanti argilloscisti, come ampiamente descritto in precedenza.

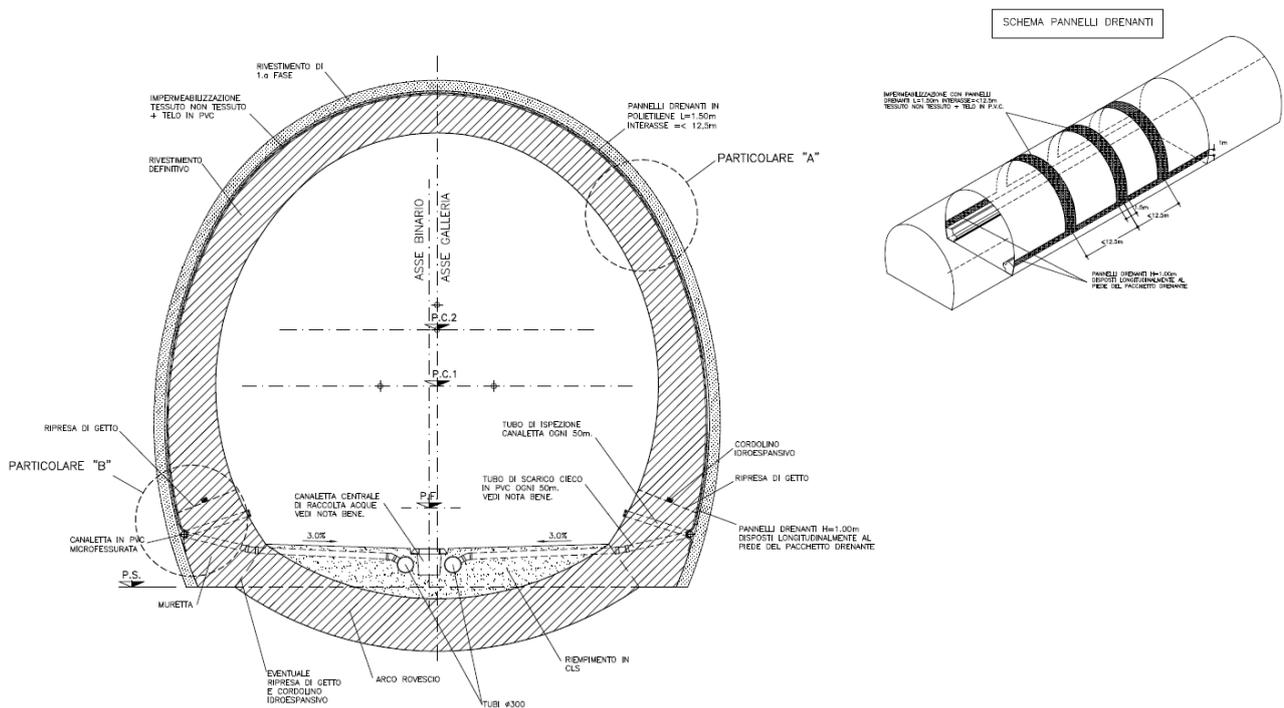
GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Foglio 105 di 155
IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00		

In fase di scavo la gestione di tale criticità è affrontata con i seguenti principali accorgimenti progettuali:

- Si prescrive la realizzazione in prima fase dello scavo della galleria binario dispari (GN15G-GN15J): questa scelta è giustificata dal fatto che la tratta del binario dispari è quella che presenta minori problematiche connesse al drenaggio delle acque, in quanto interamente localizzata negli argilloscisti. Una volta scavato, da questa galleria sarà possibile effettuare una serie di indagini esplorative atte a verificare le condizioni idrauliche lungo il binario pari (es. sondaggi direzionati attrezzati a piezometro e/o interventi di drenaggio radiale localizzato).
- Scavo del binario pari (GN14F-GN14J) con esecuzione sistematica di drenaggi in avanzamento, in relazione anche delle evidenze ottenute durante la realizzazione della canna adiacente.

In fase di esercizio, al fine di garantire le condizioni ipotizzate al contorno, ovvero l'abbattimento delle sovrappressioni idrauliche sul rivestimento definitivo, si rende necessaria l'adozione della sezione di impermeabilizzazione Tipo 1.

IMPERMEABILIZZAZIONE E DRENAGGIO  
SEZIONE TRASVERSALE



Tale sezione, mediante l'utilizzo di un sistema drenante al contorno costituito da pannelli drenanti in polietilene, consente adeguati margini di sicurezza in merito alla capacità del sistema drenante.

Le canalette in PVC laterali risultano dimensionate per una portata massima di circa 8l/s per un totale di 16l/s, valore ricavato tramite la formula di Chezy e dettagliato di seguito.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00 <span style="float: right;">Foglio 106 di 155</span>

**Formula di Chezy con coefficiente scabrezza di Gauckler-Strickler**

**D**  m  
**w**  %  
**i**  m/m  
**k**   
**Q**  m<sup>3</sup>/s

$$v = k R^{2/3} i^{1/2}$$

**Legenda**

- D** = Diametro interno del canale circolare - (es. 0.25)
- w** = Livello percentuale di riempimento nel canale - (es. 50)
- i** = Pendenza del canale - (es. 0.005)
- Q** = Portata nella condotta
- k** = Coefficiente di scabrezza - Vedi tabella:

Tabella coefficienti scabrezza di Gauckler-Strickler	
Tubi Pe, PVC, PRFV	k = 120
Tubi nuovi gres o ghisa rivestita	k = 100
Tubi in servizio con lievi incrostazioni o cemento ord.	k = 80
Tubi in servizio corrente con incrostaz. e depositi	k = 60
Canali con ciottoli e ghiaia sul fondo	k = 40

Le cifre decimali devono essere separate dal punto e non dalla virgola.  
Prima del punto occorre sempre digitare una cifra (ad es: 0.2).

Considerando un valore cautelativo massimo in esercizio di 1.7l/s ogni 10m di galleria, come ricavabile dai risultati della modellazione numerica, il sistema risulta adeguatamente dimensionato, prevedendo uno scarico ogni 50m (1.7l/s/10m\*5 = 8.5l/s < 16l/s).

In caso di locali venute d'acqua di maggiore entità sarà necessario, pur mantenendo valida la sezione drenante al contorno, aumentare il numero complessivo di scarichi, portando questi ultimi a 25m di passo longitudinale.

Nelle zone dove sono presenti basse coperture e interferenze con le opere superficiali, le analisi mostrano l'idoneità anche delle sezioni più leggere, come riportato nel profilo geomeccanico. La scelta della sezione più idonea verrà fatta anche tenendo presente i risultati del monitoraggio in avanzamento e di superficie.

Infine, la Galleria di Valico nella tratta considerata presenta un'interferenza con il tracciato della Finestra Cravasco. In particolare il Binario Pari della Galleria di valico sottopassa la Finestra di accesso alla PK 9+650circa, mentre il Binario Dispari presenta tale interferenza alla PK 9+700circa. Su entrambe le canne, grazie allo studio del tracciato della Finestra, si è mantenuto un franco altimetrico di circa 20 metri tra le due opere. La costruzione della galleria di linea è stata prevista in una fase successiva alla realizzazione della Finestra, per cui si dovrà provvedere a limitare il più possibile gli effetti tenso-deformativi indotti sulla pre-esistenza dallo scavo dai due binari della Galleria di Valico. A tal fine si è prescritto l'impiego di sezioni tipo consolidate nel tratto interferente, limitando in tal modo le deformazioni del cavo ed i volumi persi. Si precisa che nella progettazione della Finestra Cravasco tale interferenza è stata valutata e si è adottata un'apposita armatura dei rivestimenti definitivi al fine di assorbire gli incrementi tensionali indotti.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00 <span style="float: right;">Foglio 107 di 155</span>

## 8.4 Applicazione e variabilità

### 8.4.1 Sezione tipo B0Lsb

#### Campo di applicazione

La sezione di tipo B0Lsb si applica nella formazione delle Argilliti a Palombini per le sezioni a singolo binario fino a 300m di copertura, qualora l'ammasso risulti caratterizzato da valori di resistenza e deformabilità attribuibili al gruppo geomeccanico 1 della formazione (parametri prossimi al limite superiore del range stabilito).

L'ammasso presenta discrete proprietà geomeccaniche. L'RQD è maggiore del 50-60%; si individua chiaramente la foliazione regolarmente spaziata ma la struttura non è intensamente piegata fino alla microscala. Le superfici dei giunti non sono alterate e la circolazione idrica è scarsa o assente. La presenza dei palombini può superare il 50% fino a condizionare il comportamento generale dell'ammasso; gli strati calcarei sono però poco fratturati e poco alterati.

In queste condizioni il fronte di scavo si presenta stabile a breve termine e l'avanzamento con mezzi meccanici può risultare difficoltoso (possibile impiego di esplosivo). La risposta deformativa del cavo evolve verso convergenze che si attestano sui valori minimi registrati (< 5 cm).

#### Variabilità

FORMAZIONE		ARGILLITI A PALOMBINI (GRI)														
SEZIONE TIPO		B0Lsb														
		GRUPPO 1			GRUPPO 2a			GRUPPO 2b			GRUPPO 3a			GRUPPO 3b		
COPERTURA	H < 300 M	100%			NP			NP			NP			NP		
	-	-			-			-			-			-		
	-	-			-			-			-			-		
PARAMETRI CARATTERISTICI	$\sigma_{cr}$ (MPa)	30-40			10-12			10-12			5-7			5-7		
	GSI	45-55			40-45			35-40			30-35			25-30		
	$m_i$	15-20			20-25			15-20			19			19		
	E' (GPa)	3-7.8			1.5-2			1-1.5			0.6-1.2			0.6-1.2		
		MIN.	MEDI	MAX.	MIN.	MEDI	MAX.	MIN.	MEDI	MAX.				MIN.	MEDI	MAX.
B0Lsb	CENTINE (ZIFN)	160	160	160												
	PASSO CENTINE (M)	1.5	1.4	1.2												
	SPESSORE SB (CM)	15	20	20												
	DISTANZA MAX GETTO MURETTE	120	90	60												
	DISTANZA MAX GETTO A.R.	150	120	90												
DISTANZA MAX GETTO CALOTTA	180	150	120													

La variabilità della sezione è descritta in tabella.

Qualora, in corrispondenza delle tratte ove si prevede l'applicazione della sezione tipo B0Lsb dai rilievi geostrutturali del fronte di scavo risultasse un ammasso caratterizzato da valori di GSI maggiori di 50, associati alla presenza di condizioni di ammasso generali poco fratturato e giunti con alterazione assente, è possibile variare l'intensità degli interventi posizionandosi nella zona inferiore della fascia di variabilità prevista (vedi Tabella), prevedendo l'aumento del passo centine a 1.50m. In tali contesti la condizione di ammasso può essere localmente migliorato dalla presenza di Palombini non alterati ed estremamente compatti.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00 <span style="float: right;">Foglio 108 di 155</span>

Nel caso opposto, cioè con un ammasso maggiormente allentato e fratturato, in situazioni che tendono ad abbassare i valori dei parametri geomeccanici verso la parte inferiore della fascia intrinseca e in corrispondenza di alte percentuali di Palombini alterati ci si posizionerà nella zona superiore della fascia di variabilità prevista. In tali contesti dovranno essere previsti interventi di supporto di prima fase di maggiore rigidità (aumento delle centine e del rivestimento in spritz beton) al fine di limitare l'estensione della fascia plastica.

### 8.4.2 Sezione tipo B0Vsb

#### Campo di applicazione

La sezione tronco conica di tipo B0Vsb si applica nella formazione delle Argilliti a Palombini indipendentemente dalle coperture, qualora l'ammasso risulti caratterizzato da valori di resistenza e deformabilità attribuibili al gruppo geomeccanico 1 (parametri prossimi al limite superiore del range stabilito).

Si procede all'applicazione di questa specifica sezione qualora si verifichi la presenza di materiale più alterato in corrispondenza della calotta e sia necessario prevenire la caduta di materiale mediante la messa in opera della coronella di infilaggi.

#### Variabilità

FORMAZIONE		ARGILLITI A PALOMBINI (GRI)														
SEZIONE TIPO		B0Vsb														
		GRUPPO 1			GRUPPO 2a			GRUPPO 2b			GRUPPO 3a			GRUPPO 3b		
COPERTURA	-	-			-			-			-			-		
	300 < H < 500 m	100%			NP			NP			NP			NP		
PARAMETRI CARATTERISTICI	$\sigma_{cr}$ (MPa)	30-40			10-12			10-12			5-7			5-7		
	GSI	45-55			40-45			35-40			30-35			25-30		
	m	15-20			20-25			15-20			19			19		
	E' (GPa)	3-7.8			1.5-2			1-1.5			0.6-1.2			0.6-1.2		
B0Vsb	CENTINE (HEB)	MIN.	MEDI	MAX.	MIN.	MEDI	MAX.	MIN.	MEDI	MAX.				MIN.	MEDI	MAX.
	PASSO CENTINE (M)	200	200	200												
	SPESORE SB (CM)	1,5	1,2	1,0												
	DISTANZA MAX GETTO MURETTE	25	30	35												
	DISTANZA MAX GETTO A.R.	120	90	60												
	DISTANZA MAX GETTO CALOTTA	150	120	90												
		180	150	120												

La variabilità della sezione è descritta in tabella.

Qualora, in corrispondenza delle tratte ove si prevede l'applicazione della sezione tipo B0Vsb dai rilievi geostrutturali del fronte di scavo risultasse un ammasso caratterizzato da valori di GSI maggiori di 50, associati alla presenza di condizioni di ammasso generali poco fratturato e giunti con alterazione assente, è possibile variare l'intensità degli interventi posizionandosi nella zona inferiore della fascia di variabilità prevista (vedi Tabella), prevedendo l'aumento del passo centine a 1.40m. In tali contesti la condizione di ammasso può essere localmente migliorato dalla presenza di Palombini non alterati ed estremamente compatti.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00 <span style="float: right;">Foglio 109 di 155</span>

Nel caso opposto, cioè con un ammasso maggiormente allentato e fratturato, in situazioni che tendono ad abbassare i valori dei parametri geomeccanici verso la parte inferiore della fascia intrinseca e in corrispondenza di alte percentuali di Palombini alterati ci si posizionerà nella zona superiore della fascia di variabilità prevista. In tali contesti dovranno essere previsti interventi di supporto di prima fase di maggiore rigidità (aumento delle centine e del rivestimento in spritz beton) al fine di limitare l'estensione della fascia plastica.

### 8.4.3 Sezione tipo B0/1sb

#### Campo di applicazione

La sezione di tipo B0/1sb si applica nella formazione delle Argilliti a Palombini con coperture comprese tra i 300m e i 500m qualora l'ammasso risulti caratterizzato da valori di resistenza e deformabilità attribuibili al gruppo geomeccanico 1 della formazione (parametri prossimi al limite superiore del range stabilito).

#### Variabilità

FORMAZIONE		ARGILLITI A PALOMBINI (GRI)														
SEZIONE TIPO		B0/1sb														
		GRUPPO 1			GRUPPO 2A			GRUPPO 2B			GRUPPO 3A			GRUPPO 3B		
COPERTURA	-	-			-			-			-			-		
	300 < H < 500 m	100%			NP			NP			NP			NP		
PARAMETRI CARATTERISTICI	$\sigma_{cr}$ (MPa)	30-40			10-12			10-12			5-7			5-7		
	GSI	45-55			40-45			35-40			30-35			25-30		
	$m_i$	15-20			20-25			15-20			19			19		
	E' (GPa)	3-7.8			1.5-2			1-1.5			0.6-1.2			0.6-1.2		
		MIN.	MEDI	MAX.	MIN.	MEDI	MAX.	MIN.	MEDI	MAX.				MIN.	MEDI	MAX.
B0/1sb	CENTINE (HEB)	180	180	180												
	PASSO CENTINE (M)	1.4	1.2	1.0												
	SPESSORE SB (CM)	20	25	30												
	DISTANZA MAX GETTO MURETTE	120	90	60												
	DISTANZA MAX GETTO A.R.	150	120	90												
DISTANZA MAX GETTO CALOTTA	180	150	120													

La variabilità della sezione è descritta in tabella.

Qualora, in corrispondenza delle tratte ove si prevede l'applicazione della sezione tipo B0/1sb dai rilievi geostrutturali del fronte di scavo risultasse un ammasso caratterizzato da valori di GSI maggiori di 50, associati alla presenza di condizioni di ammasso generali poco fratturato e giunti con alterazione assente, è possibile variare l'intensità degli interventi posizionandosi nella zona inferiore della fascia di variabilità prevista (vedi Tabella), prevedendo l'aumento del passo centine a 1.40m. In tali contesti la condizione di ammasso può essere localmente migliorato dalla presenza di Palombini non alterati ed estremamente compatti.

Nel caso opposto, cioè con un ammasso maggiormente allentato e fratturato, in situazioni che tendono ad abbassare i valori dei parametri geomeccanici verso la parte inferiore della fascia

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00 <span style="float: right;">Foglio 110 di 155</span>

intrinseca e in corrispondenza di alte percentuali di Palombini alterati ci si posizionerà nella zona superiore della fascia di variabilità prevista. In tali contesti dovranno essere previsti interventi di supporto di prima fase di maggiore rigidità (aumento delle centine e del rivestimento in spritz beton) al fine di limitare l'estensione della fascia plastica.

#### 8.4.1 Sezione tipo B0/2sb

##### Campo di applicazione

La sezione di tipo B0/2sb si applica nelle formazioni delle Argilliti a Palombini con coperture comprese tra i 500 e i 600m nei medesimi contesti geomeccanici indicati per la sezione B0/1sb.

##### Variabilità

FORMAZIONE		ARGILLITI A PALOMBINI (GR)														
SEZIONE TIPO		B0/2														
		GRUPPO I			GRUPPO 2a			GRUPPO 2b			GRUPPO 3a			GRUPPO 3b		
COPERTURA	-	-			-			-			-			-		
	H > 500 M	100%			NP			NP			NP			NP		
PARAMETRI CARATTERISTICI	$f_{cr}$ (MPa)	30-40			10-12			10-12			5-7			5-7		
	GSI	45-55			40-45			35-40			30-35			25-30		
	m	15-20			20-25			15-20			19			19		
	E' (GPa)	3-7,8			1,5-2			1-1,5			0,6-1,2			0,6-1,2		
		MIN.	MEDI	MAX.	MIN.	MEDI	MAX.	MIN.	MEDI	MAX.	MIN.	MEDI	MAX.	MIN.	MEDI	MAX.
B0/2	CENTINE (HEB)	200	200	200												
	PASSO CENTINE (M)	1,4	1,2	1,0												
	SPESORE SB (CM)	25	30	35												
	DISTANZA MAX GETTO MURETTE	120	90	60												
	DISTANZA MAX GETTO A.R.	150	120	90												
DISTANZA MAX GETTO CALOTTA	180	150	120													

La variabilità della sezione è descritta in tabella.

Qualora, in corrispondenza delle tratte ove si prevede l'applicazione della sezione tipo B0/2sb dai rilievi geostrutturali del fronte di scavo risultasse un ammasso caratterizzato da valori di GSI maggiori di 50, associati alla presenza di condizioni di ammasso generali poco fratturato e giunti con alterazione assente, è possibile variare l'intensità degli interventi posizionandosi nella zona inferiore della fascia di variabilità prevista (vedi Tabella), prevedendo l'aumento del passo centine a 1.40m. In tali contesti la condizione di ammasso può essere localmente migliorato dalla presenza di Palombini non alterati ed estremamente compatti.

Nel caso opposto, cioè con un ammasso maggiormente allentato e fratturato, in situazioni che tendono ad abbassare i valori dei parametri geomeccanici verso la parte inferiore della fascia intrinseca e in corrispondenza di alte percentuali di Palombini alterati ci si posizionerà nella zona superiore della fascia di variabilità prevista. In tali contesti dovranno essere previsti interventi di supporto di prima fase di maggiore rigidità (aumento delle centine e del rivestimento in spritz beton) al fine di limitare l'estensione della fascia plastica.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00
	Foglio 111 di 155

## 8.4.2 Sezione tipo B1sb

### Campo di applicazione

La sezione di tipo B1 si applica nella formazione delle Argilliti a Palombini, indipendentemente dalle coperture, qualora l'ammasso risulti caratterizzato da valori di resistenza e deformabilità attribuibili alle fasce meno alterate rientranti nel gruppo geomeccanico 2 della formazione (ammasso caratterizzato da parametri prossimi al limite superiore del range stabilito).

L'ammasso mostra, in tale contesto, proprietà geomeccaniche da medie a scadenti. L'RQD è variabile tra il 35% e il 50%; si individua ancora chiaramente la foliazione regolarmente e fittamente spaziata ma con struttura più intensamente piegata, fino alla microscala. Le superfici dei giunti sono poco alterate e la circolazione idrica è scarsa. I palombini, quando presenti (non oltre il 50%), risultano mediamente fratturati ma scarsamente o localmente alterati.

In queste condizioni il fronte di scavo si presenta stabile a breve termine. L'avanzamento avviene regolarmente con mezzi meccanici. La risposta deformativa del cavo evolve verso convergenze che si attestano sui valori medi registrati (5-8 cm), eccezion fatta per le massime coperture previste dove le deformazioni valutate risultano più elevate.

I probabili stress tettonici in tali contesti possono essere efficacemente contrastati dall'installazione di bulloni radiali a cementazione continua.

### Variabilità

FORMAZIONE		ARGILLITI A PALOMBINI (GR2a)														
SEZIONE TIPO		B1sb														
		GRUPPO 1			GRUPPO 2a			GRUPPO 2b			GRUPPO 3a			GRUPPO 3b		
COPERTURA	H < 300 m	NP			100%			NP			NP			NP		
	300 < H < 500 m	NP			100%			NP			NP			NP		
	H > 500 m	NP			100%			NP			NP			NP		
PARAMETRI CARATTERISTICI	$\sigma_{ci}$ (MPa)	30-40		10-12		10-12		5-7		5-7		5-7		5-7		
	GSI	45-55		40-45		35-40		30-35		25-30		25-30		25-30		
	m	15-20		20-25		15-20		19		19		19		19		
	E' (GPa)	3-7.8		1.5-2		1-1.5		0.6-1.2		0.6-1.2		0.6-1.2		0.6-1.2		
		MIN.	MEDI	MAX.	MIN.	MEDI	MAX.	MIN.	MEDI	MAX.	MIN.	MEDI	MAX.	MIN.	MEDI	MAX.
B1sb	CENTINE (ZIPN)				220	220	220									
	PASSO CENTINE (M)				1,4	1,2	1									
	SPESORE SB (CM)				25	30	35									
	BULLONATURE DIAMETRO (MM)				24	24	24									
	LUNGHEZZA BULLONI (M)				5,5	6	6,5									
	MAGLIA (M X M)				1,4 X 2,5	1,2 X 2,0	1,0 X 1,5									
	DISTANZA INSTALLAZIONE BULLONATURE				0,5Ø	0,5Ø	0,5Ø									
	DISTANZA MAX GETTO MURETTE				12Ø	9Ø	6Ø									
DISTANZA MAX GETTO A.R.				15Ø	12Ø	9Ø										
DISTANZA MAX GETTO CALOTTA				18Ø	15Ø	12Ø										

La variabilità della sezione è descritta in tabella.

Se la risposta deformativa del fronte e del cavo evidenzia valori prossimi ai minimi previsti e l'ammasso si presenta poco alterato con presenza consistente di Palombini poco fratturati, è

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00	Foglio 112 di 155

possibile variare l'intensità degli interventi posizionandosi nella zona inferiore del range di variabilità previsto. Sarà infatti probabile, in tali contesti, la riduzione della fascia plastica al contorno con conseguente diminuzione dei carichi sui rivestimenti di prima fase e definitivi.

Qualora si verificasse il caso opposto al precedente, in modo particolare se contemporaneamente si verifica la presenza di materiale alterato e coperture elevate, ci si posizionerà nella zona superiore del range di variabilità previsto. Tali contesti sono correlati alla presenza di Palombini alterati, anche in percentuale consistente, e le superfici dei giunti sono alterate. Il GSI associato alla formazione è prossimo ai valori minimi del gruppo 2A (40).

#### 8.4.3 Sezione tipo B2/1sb

##### Campo di applicazione

La sezione di tipo B2/1sb si applica nella formazione delle Argilliti a Palombini fino a 500m di copertura qualora l'ammasso risulti caratterizzato da valori di resistenza e deformabilità attribuibili alle fasce mediamente alterate del gruppo geomeccanico 2 della formazione. Nel dettaglio tale sezione può considerarsi applicabile come transizione tra il gruppo geomeccanico 2A e 2B.

L'ammasso mostra scadenti proprietà geomeccaniche. L'RQD è variabile tra il 35 e il 50%; si individua ancora chiaramente la foliazione regolarmente e fittamente spaziata ma con struttura più intensamente piegata, fino alla microscala. 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 ed alterati.

In queste condizioni il fronte di scavo si presenta stabile a breve termine ma le condizioni di giacitura delle superfici di foliazione e l'intensità della fratturazione, possono portare al verificarsi di fenomeni di distacco che impongono l'uso di consolidamenti al fronte. L'avanzamento avviene regolarmente con mezzi meccanici. La risposta deformativa del cavo evolve verso convergenze che si attestano sui valori medi registrati (5-8 cm), eccezion fatta per le massime coperture alle quali tale sezione è prevista, necessitando la presenza dell'arco rovescio a breve distanza dal fronte per la loro completa stabilizzazione nel tempo.

La variabilità della sezione è descritta in tabella.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00
	Foglio 113 di 155

FORMAZIONE		ARGILLITI A PALOMBINI (GR2A)														
SEZIONE TIPO		B2/ISB														
		GRUPPO 1			GRUPPO 2A			GRUPPO 2B			GRUPPO 3A			GRUPPO 3B		
COPERTURA	H < 300 M	NP			100%			NP			NP			NP		
	300 < H < 500 M	NP			100%			NP			NP			NP		
	-	-			-			-			-			-		
PARAMETRI CARATTERISTICI	$\sigma_{cr}$ (MPa)	30-40			10-12			10-12			5-7			5-7		
	GSI	45-55			40-45			35-40			30-35			25-30		
	$m_i$	15-20			20-25			15-20			19			19		
	E' (GPa)	3-7,8			1,5-2			1-1,5			0,6-1,2			0,6-1,2		
		MIN.	MEDI	MAX.	MIN.	MEDI	MAX.	MIN.	MEDI	MAX.	MIN.	MEDI	MAX.	MIN.	MEDI	MAX.
B2/ISB	CENTINE (HEB)				200	200	200									
	PASSO CENTINE (M)				1,2	1,0	0,8									
	SPessore SB (CM)				25	30	35									
	CONSOLIDAMENTO FRONTE (N°)				40	60	80									
	CONSOLIDAMENTO FRONTE L (M)				24	24	24									
	CONSOLIDAMENTO FRONTE SOVR. (M)				6	9	12									
	DISTANZA MAX GETTO MURETTE				4Ø	3Ø	2Ø									
	DISTANZA MAX GETTO A.R.				6Ø	5Ø	3Ø									
DISTANZA MAX GETTO CALOTTA				11Ø	9Ø	7Ø										

L'intensità del consolidamento al fronte è direttamente collegabile al grado di fratturazione dell'ammasso e alla giacitura delle superfici di distacco, nonché alla presenza di Palombini. Lo stato dei giunti risulta un elemento significativo ai fini della stabilità del fronte.

Sarà quindi possibile variare l'intensità degli interventi posizionandosi nella zona inferiore del range di variabilità previsto laddove il fronte di scavo si caratterizza da giaciture chiaramente individuabili e costanti prevalentemente a reggi poggio o sub-orizzontali, con giunti da poco a moderatamente alterati.

Qualora si verificasse il caso opposto al precedente ci si posizionerà nella zona superiore del range di variabilità previsto.

Tali contesti sono correlati a

1. materiale roccioso interessato da numerose pieghe di varia dimensione ed attraversato da diverse famiglie di faglie che inducono una diminuzione locale della resistenza e/o alla presenza di Palombini alterati, anche in percentuale consistente. Il GSI associato alla formazione è prossimo ai valori minimi dell'ambito di applicazione (prossimi a 39).
2. Orientazione delle giaciture sfavorevole con alterazione evidente dei giunti, anche associata a stillicidi diffusi.

Inoltre, per la sezione tipo in esame, la variabilità degli interventi di consolidamento può essere funzione anche delle coperture presenti, a meno di zone localizzate e problematiche. In particolare la lunghezza minima di sovrapposizione, quindi la lunghezza del campo di avanzamento, è legata ai fenomeni estrusivi che risultano influenzati direttamente dallo stato tensionale presente.

In accordo con quanto già previsto in Progetto Definitivo si ritiene che la sezione media per coperture inferiori ai 300m potrà probabilmente essere eseguita in modo sistematico con variabilità minima dei campi di avanzamento, ovvero con scavo massimo pari a 18m, fermo restando tutti gli interventi di consolidamento e supporto previsti per la sezione media, mentre per coperture molto elevate si ricorrerà con maggiore probabilità alle massime sovrapposizioni.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00
	Foglio 114 di 155

### 8.4.1 Sezione tipo B2/2sb/ B2/2sb con puntone

#### Campo di applicazione

La sezione di tipo B2/2sb si applica nella formazione delle Argilliti a Palombini con coperture comprese tra i 500 m e i 600 m qualora l'ammasso risulti caratterizzato da valori di resistenza e deformabilità attribuibili alle fasce poco alterate del gruppo geomeccanico 2 della formazione ovvero con parametri prossimi al limite superiore del range definito per il GR2a.

L'ammasso mostra proprietà geomeccaniche da medie a scadenti. L'RQD è prossimo al 50%; si individua ancora chiaramente la foliazione regolarmente e fittamente spaziata ma con struttura più intensamente piegata, fino alla microscala. Le superfici dei giunti sono poco alterate e la circolazione idrica è scarsa. I palombini, quando presenti (non oltre il 50%), risultano fratturati ed alterati.

In queste condizioni il fronte di scavo si presenta stabile a breve termine ma le condizioni di giacitura delle superfici di foliazione e l'intensità della fratturazione, possono portare al verificarsi di fenomeni di distacco che impongono l'uso di consolidamenti al fronte. L'avanzamento avviene regolarmente con mezzi meccanici. La risposta deformativa del cavo evolve verso convergenze che si attestano sui valori medi registrati (5-8 cm), necessitando la presenza dell'arco rovescio a breve distanza dal fronte per la loro completa stabilizzazione nel tempo.

La variabilità della sezione è descritta in tabella.

FORMAZIONE		ARGILLITI A PALOMBINI (GRZA)														
SEZIONE TIPO		B2/2														
		GRUPPO 1			GRUPPO 2a - MAX			GRUPPO 2b			GRUPPO 3a			GRUPPO 3b		
COPERTURA	-	-			-			-			-			-		
	H > 500 M	NP			100%			NP			NP			NP		
PARAMETRI CARATTERISTICI	$f_{cr}$ (MPa)	30-40			12			10-12			5-7			5-7		
	GSI	45-55			45			35-40			30-35			25-30		
	$m_i$	15-20			20			15-20			19			19		
	E' (GPa)	3-7,8			2			1-1,5			0,6-1,2			0,6-1,2		
		MIN.	MEDI	MAX.	MIN.	MEDI	MAX.	MIN.	MEDI	MAX.	MIN.	MEDI	MAX.	MIN.	MEDI	MAX.
B2/2	CENTINE (HEB)				240	240	240									
	PASSO CENTINE (M)				1,2	1,0	0,8									
	SPESORE SB (CM)				25	30	35									
	CONSOLIDAMENTO FRONTE (N°)				55	70	90									
	CONSOLIDAMENTO FRONTE L (M)				24	24	24									
	CONSOLIDAMENTO FRONTE SOVR. (M)				6	9	12									
	DISTANZA MAX GETTO MURETTE				40	30	20									
	DISTANZA MAX GETTO A.R.				60	50	30									
DISTANZA MAX GETTO CALOTTA				110	90	70										

L'intensità del consolidamento al fronte è direttamente collegabile al grado di fratturazione dell'ammasso e alla giacitura delle superfici di distacco, nonché alla presenza di Palombini. Lo stato dei giunti risulta un elemento significativo ai fini della stabilità del fronte.

Sarà quindi possibile variare l'intensità degli interventi posizionandosi nella zona inferiore del range di variabilità previsto laddove il fronte di scavo sia caratterizzato da giaciture chiaramente individuabili e costanti prevalentemente a reggi poggio o sub-orizzontali, con giunti da poco a moderatamente alterati.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00	Foglio 115 di 155

Qualora si verificasse il caso opposto al precedente ci si posizionerà nella zona superiore del range di variabilità previsto.

Tali contesti sono correlati a

1. materiale roccioso interessato da numerose pieghe di varia dimensione ed attraversato da diverse famiglie di faglie che inducono una diminuzione locale della resistenza e/o alla presenza di Palombini alterati, anche in percentuale consistente. Il GSI associato alla formazione è prossimo ai valori minimi dell'ambito di applicazione (prossimi a 39).
2. Orientazione delle giaciture sfavorevole con alterazione evidente dei giunti, anche associata a stillicidi diffusi.

Inoltre, per la sezione tipo in esame, la variabilità degli interventi di consolidamento può essere funzione anche delle coperture presenti, a meno di zone localizzate e problematiche. In particolare la lunghezza minima di sovrapposizione, quindi la lunghezza del campo di avanzamento, è legata ai fenomeni estrusivi che risultano influenzati direttamente dallo stato tensionale presente.

#### 8.4.2 *Messa in opera del puntone in arco rovescio*

La sezione tipo B2/2sb prevede la possibilità di utilizzare il puntone in arco rovescio. Nel contesto di applicazione della sezione l'instabilità complessiva del fronte di scavo è attribuibile ad un accentuarsi dei fenomeni deformativi in campo plastico che possono manifestarsi ancora prima che avvenga lo scavo oltre il fronte stesso.

Le deformazioni portano ad un progressivo decadimento delle caratteristiche geomeccaniche del materiale. Le deformazioni devono essere contenute prima dell'arrivo del fronte di scavo mediante interventi di preconsolidamento sistematici in avanzamento, che consentano di creare artificialmente l'effetto arco capace di far evolvere la situazione verso configurazioni di equilibrio stabile.

L'importanza dei fenomeni deformativi associati allo scavo della sezione comporta, al fine del controllo deformativo, la necessità di prevedere un'immediata chiusura del cavo mediante rivestimenti di prima fase installati immediatamente a ridosso del fronte stesso e dotati di sufficiente rigidità.

In tali contesti geomeccanici, l'utilizzo del puntone in arco rovescio assume validità differenti in relazione principalmente alle coperture presenti.

1 – Basse coperture: in tali condizioni l'immediata installazione (massimo 2 centine dal fronte di scavo) del puntone in arco rovescio permette la chiusura immediata dell'arco, contrastando in modo efficace i cedimenti verticali del piede della centina e diminuendo la superficie di estrusione. L'intervento deve essere applicato in caso di:

- Sotto passo di preesistenze, edifici in superficie o condizioni puntuali: il collegamento della centina di prima fase al puntone metallico fornisce garanzie maggiori sul controllo delle

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00	Foglio 116 di 155

deformazioni del cavo, realizzando di fatto una struttura chiusa ad elevata rigidità e con maggiore stabilità del fronte di scavo.

- L'intervento fornisce un contrasto ad eventuali carichi laterali dovuti a spinte dissimmetriche (parietalità delle sezioni) o a deviazioni dello stato tensionale per stress tettonici.

2 – Alte coperture: le problematiche che comportano l'installazione del puntone nelle sezioni tipo C in arco rovescio per le alte coperture sono sostanzialmente differenti da quanto riportato al punto 1. Gli elevati stati di sforzo presenti nell'ammasso comportano carichi importanti nei pririvestimenti con conseguente necessità di stabilizzare le deformazioni con la chiusura del cavo mediante l'esecuzione dei getti di murette e arco rovescio al ridosso del fronte di scavo. In tali situazioni la fase di apertura dell'arco rovescio per campi di 12m per i tempi necessari all'armatura e al getto dei rivestimenti, può portare all'instabilità del piede centina sia per eccessivi cedimenti verticali, sia per deformazioni laterali in caso di ammassi spingenti e/o elevati stress orizzontali di origine tettonica.

Risulta quindi necessario, laddove si evidenzino tali problematiche, procedere all'installazione dei puntoni in arco rovescio, per campi massimo di 3-4m, in anticipo rispetto all'apertura degli scavi per la realizzazione dei getti, così da permettere l'esecuzione delle lavorazioni successive in sicurezza e nel contempo diminuire la superficie di estrusione.

Per l'opera in oggetto, data l'assenza di basse coperture nelle quali è prevista la sezione tipo B2/2sb, il puntone in arco rovescio dovrà essere installato nei seguenti casi:

- 1 – Elevati sforzi sui pririvestimenti e necessità di stabilizzare le deformazioni del cavo
- 2 – Elevate deformazioni orizzontali e possibile instabilità del piede centina dovute all'attraversamento di materiali spingenti e/o a stress orizzontali elevati (K0 maggiore dell'unità);

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00 <span style="float: right;">Foglio 117 di 155</span>

### 8.4.3 Sezione tipo B2Vsb

La sezione di tipo B2Vsb si applica nella formazione delle Argilliti a Palombini qualora l'ammasso risulti caratterizzato da valori di resistenza e deformabilità attribuibili alle fasce mediamente alterate del gruppo geomeccanico 2 della formazione. Nel dettaglio tale sezione può considerarsi applicabile come transizione tra il gruppo geomeccanico 2A e 2B. Si procede all'applicazione di questa specifica sezione qualora si verifichi la presenza di materiale più alterato in corrispondenza della calotta e sia necessario prevenire la caduta di materiale mediante la messa in opera della coronella di infillaggi.

La variabilità della sezione è descritta in tabella.

FORMAZIONE		ARGILLITI A PALOMBINI (GR2A)														
SEZIONE TIPO		B2Vsb														
		GRUPPO 1			GRUPPO 2a - MAX			GRUPPO 2b			GRUPPO 3a			GRUPPO 3b		
COPERTURA	H < 300 M	-			100%			-			-			-		
	300 < H < 500 M	-			100%			-			-			-		
	H > 500 M	NP			100%			NP			NP			NP		
PARAMETRI CARATTERISTICI	$\sigma_{ci}$ (MPa)	30-40			12			10-12			5-7			5-7		
	GSI	45-55			45			35-40			30-35			25-30		
	$m_i$	15-20			20			15-20			19			19		
	E' (GPa)	3-7,8			2			1-1,5			0,6-1,2			0,6-1,2		
		MIN.	MEDI	MAX.	MIN.	MEDI	MAX.	MIN.	MEDI	MAX.	MIN.	MEDI	MAX.	MIN.	MEDI	MAX.
B2Vsb	CENTINE (HEB)				240	240	240									
	PASSO CENTINE (M)				1,2	1,0	0,8									
	SPessore SB (CM)				25	30	35									
	CONSOLIDAMENTO FRONTE (N°)				55	70	90									
	CONSOLIDAMENTO FRONTE L (M)				24	24	24									
	CONSOLIDAMENTO FRONTE SOVR. (M)				6	9	12									
	DISTANZA MAX GETTO MURETTE				40	30	20									
	DISTANZA MAX GETTO A.R.				60	50	30									
DISTANZA MAX GETTO CALOTTA				110	90	70										

Sarà quindi possibile variare l'intensità degli interventi posizionandosi nella zona inferiore del range di variabilità previsto laddove il fronte di scavo sia caratterizzato da giaciture chiaramente individuabili e costanti prevalentemente a reggi poggio o sub-orizzontali, con giunti da poco a moderatamente alterati.

Qualora si verificasse il caso opposto al precedente ci si posizionerà nella zona superiore del range di variabilità previsto.

Tali contesti sono correlati a

1. materiale roccioso interessato da numerose pieghe di varia dimensione ed attraversato da diverse famiglie di faglie che inducono una diminuzione locale della resistenza e/o alla presenza di Palombini alterati, anche in percentuale consistente. Il GSI associato alla formazione è prossimo ai valori minimi dell'ambito di applicazione (prossimi a 39).
2. Orientazione delle giaciture sfavorevole con alterazione evidente dei giunti, anche associata a stillicidi diffusi.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00	Foglio 118 di 155

#### 8.4.4 Sezione tipo B4/1sb

##### Campo di applicazione

La sezione di tipo B4/1sb si applica nella formazione delle Argilliti a Palombini per coperture fino a 500m qualora l'ammasso risulti caratterizzato da valori di resistenza e deformabilità attribuibili alle fasce maggiormente alterate del gruppo geomeccanico 2 della formazione, ovvero con parametri prossimi al limite inferiore del range.

L'ammasso mostra scadenti proprietà geomeccaniche. L'RQD è variabile tra il 20 e il 35%; si individua ancora chiaramente la foliazione regolarmente e fittamente spaziata ma con struttura più intensamente piegata, fino alla microscala. Le superfici dei giunti sono alterate e la circolazione idrica è scarsa. I palombini, quando presenti (non oltre il 20-30%), risultano molto fratturati ed alterati.

Sono possibili elevati stress di natura tettonica che possono portare spinte orizzontali maggiori delle verticali, con necessità di intervenire mediante bullonature radiali.

In queste condizioni il fronte di scavo si presenta stabile a breve termine e con condizioni di giacitura delle superfici di foliazione tali da instaurare fenomeni di distacchi che impongono l'uso di consolidamenti al fronte. L'avanzamento avviene regolarmente con mezzi meccanici. La risposta deformativa del cavo evolve verso convergenze che si attestano sui valori medi registrati anche superiori ai 10cm, con valori ancora più elevati alle massime coperture alle quali tale sezione tipo è prevista, necessitando la presenza dell'arco rovescio a breve distanza dal fronte per la loro completa stabilizzazione nel tempo.

##### Variabilità

FORMAZIONE		ARGILLITI A PALOMBINI (GR2B)														
SEZIONE TIPO		B4/1sb														
		GRUPPO 1			GRUPPO 2a			GRUPPO 2b			GRUPPO 3a			GRUPPO 3b		
COPERTURA	H < 300 m	NP			NP			100%			NP			NP		
	300 < H < 500 m	NP			NP			100%			NP			NP		
	-	-			-			-			-			-		
PARAMETRI CARATTERISTICI	$\sigma_{ci}$ (MPa)	30-40			10-12			10-12			5-7			5-7		
	GSI	45-55			40-45			35-40			30-35			25-30		
	$m$	15-20			20-25			15-20			19			19		
	E' (GPa)	3-7,8			1,5-2			1-1,5			0,6-1,2			0,6-1,2		
		MIN.	MEDI	MAX.	MIN.	MEDI	MAX.	MIN.	MEDI	MAX.	MIN.	MEDI	MAX.	MIN.	MEDI	MAX.
B4/1sb	CENTINE (2IPN)							240	240	240						
	PASSO CENTINE (M)							1,2	1,0	0,8						
	SPESSORE SB (CM)							25	30	35						
	CONSOLIDAMENTO FRONTE (N°)							40	60	80						
	CONSOLIDAMENTO FRONTE L (M)							24	24	24						
	CONSOLIDAMENTO FRONTE SOVR. (M)							6	9	12						
	BULLONATURE DIAMETRO (MM)							28	28	28						
	LUNGHEZZA BULLONI (M)							5,5	6	6,5						
	MAGLIA (M x M)							1,2 x 2,5	1,0 x 2,0	0,8 x 1,5						
	DISTANZA INSTALLAZIONE BULLONATURE							0,50	0,50	0,50						
	DISTANZA MAX GETTO MURETTE							40	30	20						
	DISTANZA MAX GETTO A.R.							60	50	30						
DISTANZA MAX GETTO CALOTTA							100	90	70							

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00	Foglio 119 di 155

La variabilità della sezione è descritta in tabella.

L'intensità del consolidamento al fronte è direttamente collegabile al grado di fratturazione dell'ammasso e alla giacitura delle superfici di distacco, nonché alla presenza di Palombini. Lo stato dei giunti risulta un elemento significativo ai fini della stabilità del fronte.

Sarà quindi possibile variare l'intensità degli interventi posizionandosi nella zona inferiore del range di variabilità previsto laddove il fronte di scavo si caratterizza da giaciture chiaramente individuabili e costanti prevalentemente a reggi poggio o sub-orizzontali, con giunti moderatamente alterati.

Qualora si verificasse il caso opposto al precedente ci si posizionerà nella zona superiore del range di variabilità previsto.

Tali contesti sono correlati a

1. Materiale roccioso interessato da numerose pieghe di varia dimensione ed attraversato da diverse famiglie di faglie che inducono una diminuzione locale della resistenza e/o alla presenza di Palombini alterati, anche in percentuale consistente. Il GSI associato alla formazione è prossimo ai valori minimi del gruppo 2B (35-37).
2. Orientazione delle giaciture sfavorevole con alterazione evidente dei giunti, anche associata a stillicidi diffusi.
3. Evidenza di elevati sforzi orizzontali dovuti a stress di natura tettonica.

Inoltre, per la sezione tipo in esame, la variabilità degli interventi di consolidamento può essere funzione anche delle coperture presenti, a meno di zone localizzate e problematiche. In particolare la lunghezza minima di sovrapposizione, quindi la lunghezza del campo di avanzamento, è legata ai fenomeni estrusivi che risultano influenzati direttamente dallo stato tensionale presente.

In accordo con quanto già previsto in Progetto Definitivo si ritiene che la sezione media per coperture inferiori ai 300m potrà probabilmente essere eseguita in modo sistematico con variabilità minima dei campi di avanzamento, ovvero con scavo massimo pari a 18m, fermo restando tutti gli interventi di consolidamento e supporto previsti per la sezione media, mentre per coperture molto elevate si ricorrerà con maggiore probabilità alle massime sovrapposizioni.

#### 8.4.5 Sezione tipo B4/2sb

##### Campo di applicazione

La sezione di tipo B4/2sb si applica nella formazione delle Argilliti a Palombini per coperture comprese tra i 500 m e i 600 m qualora l'ammasso risulti caratterizzato da valori di resistenza e deformabilità attribuibili alle fasce mediamente alterate del gruppo geomeccanico 2 della formazione, ovvero con parametri prossimi al limite superiore del range definito per il GR2b.

L'ammasso mostra proprietà geomeccaniche scadenti. L'RQD è prossimo al 35%; si individua ancora chiaramente la foliazione regolarmente e fittamente spaziata ma con struttura più

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00 <span style="float: right;">Foglio 120 di 155</span>

intensamente piegata, fino alla microscala. Le superfici dei giunti sono alterate e la circolazione idrica è scarsa. I palombini, quando presenti (non oltre il 20-30%), risultano fratturati ed alterati.

Sono possibili elevati stress di natura tettonica che possono portare spinte orizzontali maggiori delle verticali, con necessità di intervenire mediante bullonature radiali.

In queste condizioni il fronte di scavo ha un comportamento intermedio tra quello stabile a breve termine e l'instabile inoltre saranno presenti condizioni di giacitura delle superfici di foliazione tali da instaurare fenomeni di distacchi che impongono l'uso di consolidamenti al fronte. L'avanzamento avviene regolarmente con mezzi meccanici. La risposta deformativa del cavo evolve verso convergenze che si attestano sui valori medi registrati anche superiori ai 10cm, necessitando la presenza dell'arco rovescio a breve distanza dal fronte per la loro completa stabilizzazione nel tempo.

### Variabilità

FORMAZIONE		ARGILLITI A PALOMBINI (GR2B)														
SEZIONE TIPO		B4/2														
		GRUPPO 1			GRUPPO 2a			GRUPPO 2b - MAX			GRUPPO 3a			GRUPPO 3b		
COPERTURA	-	-			-			-			-			-		
	H > 500 m	NP			NP			100%			NP			NP		
PARAMETRI CARATTERISTICI	$\sigma_{ci}$ (MPa)	30-40			10-12			12			5-7			5-7		
	GSI	45-55			40-45			40			30-35			25-30		
	$m_i$	15-20			20-25			17,5			19			19		
	E' (GPa)	3-7,8			1,5-2			1,5			0,6-1,2			0,6-1,2		
		MIN.	MEDI	MAX.	MIN.	MEDI	MAX.	MIN.	MEDI	MAX.	MIN.	MEDI	MAX.	MIN.	MEDI	MAX.
B4/2	CENTINE (2IPN)							24,0	24,0	24,0						
	PASSO CENTINE (M)							1,2	1,0	0,8						
	SPESORE SB (CM)							25	30	35						
	CONSOLIDAMENTO FRONTE (N°)							55	70	90						
	CONSOLIDAMENTO FRONTE L (M)							24	24	24						
	CONSOLIDAMENTO FRONTE SOVR. (M)							6	9	12						
	BULLONATURE DIAMETRO (MM)							28	28	28						
	LUNGHEZZA BULLONI (M)							6	8	10						
	MAGLIA (M x M)							1,2 x 2,5	1,0 x 2,0	0,8 x 1,5						
	DISTANZA INSTALLAZIONE BULLONATURE							0,50	0,50	0,50						
	DISTANZA MAX GETTO MURETTE							40	30	20						
	DISTANZA MAX GETTO A.R.							60	50	30						
DISTANZA MAX GETTO CALOTTA							110	90	70							

La variabilità della sezione è descritta in tabella.

L'intensità del consolidamento al fronte è direttamente collegabile al grado di fratturazione dell'ammasso e alla giacitura delle superfici di distacco, nonché alla presenza di Palombini. Lo stato dei giunti risulta un elemento significativo ai fini della stabilità del fronte.

Sarà quindi possibile variare l'intensità degli interventi posizionandosi nella zona inferiore del range di variabilità previsto laddove il fronte di scavo si caratterizza da giaciture chiaramente individuabili e costanti prevalentemente a reggi poggio o sub-orizzontali, con giunti moderatamente alterati.

Qualora si verificasse il caso opposto al precedente ci si posizionerà nella zona superiore del range di variabilità previsto.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00	Foglio 121 di 155

Tali contesti sono correlati a

1. Materiale roccioso interessato da numerose pieghe di varia dimensione ed attraversato da diverse famiglie di faglie che inducono una diminuzione locale della resistenza e/o alla presenza di Palombini alterati, anche in percentuale consistente. Il GSI associato alla formazione è prossimo ai valori minimi del gruppo 2B (35-37).
2. Orientazione delle giaciture sfavorevole con alterazione evidente dei giunti, anche associata a stillicidi diffusi.
3. Evidenza di elevati sforzi orizzontali dovuti a stress di natura tettonica.

Inoltre, per la sezione tipo in esame, la variabilità degli interventi di consolidamento può essere funzione anche delle coperture presenti, a meno di zone localizzate e problematiche. In particolare la lunghezza minima di sovrapposizione, quindi la lunghezza del campo di avanzamento, è legata ai fenomeni estrusivi che risultano influenzati direttamente dallo stato tensionale presente.

#### 8.4.6 Sezione tipo C4sb / C4sb con puntone

##### Campo di applicazione

La sezione di tipo C4sb si applica nella formazione delle Argilliti a Palombini, indipendentemente dalle coperture, qualora l'ammasso risulti caratterizzato da valori di resistenza e deformabilità attribuibili alle fasce meno alterate del gruppo geomeccanico 3 della formazione (parametri prossimi al limite superiore del range stabilito). L'ammasso che ricade in questo gruppo appartiene a zone particolarmente tettonizzate o alterate e mostra proprietà geomeccaniche molto scadenti. L'RQD è inferiore 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 microscala. Le superfici dei giunti sono da alterate a molto alterate e la circolazione idrica può essere significativa. I palombini, quando presenti (non oltre il 10-15%), risultano intensamente fratturati ed alterati.

La sezione in esame si applica inoltre nella formazione delle Argilliti a Palombini con coperture comprese tra i 500 m e i 600 m qualora l'ammasso risulti caratterizzato da valori di resistenza e deformabilità attribuibili alle fasce mediamente alterate ed alterate del gruppo geomeccanico 2 della formazione. L'ammasso mostra scadenti proprietà geomeccaniche. L'RQD è variabile tra il 20 e il 40%; si individua ancora chiaramente la foliazione regolarmente e fittamente spaziata ma con struttura più intensamente piegata, fino alla microscala. Le superfici dei giunti sono alterate e la circolazione idrica è scarsa. I palombini, quando presenti (non oltre il 30%), risultano da fratturati a molto fratturati ed alterati.

In queste condizioni il fronte di scavo si presenta instabile risultando necessario eseguire sistematici interventi di consolidamento in avanzamento. L'avanzamento avviene regolarmente con mezzi meccanici. La risposta deformativa del cavo evolve verso convergenze che si attestano sui valori massimi registrati (>10 cm), con valori ancora superiori alle coperture massime, necessitando la

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00 <span style="float: right;">Foglio 122 di 155</span>

presenza dell'arco rovescio a ridosso del fronte ed il getto della calotta a breve distanza per la loro completa stabilizzazione nel tempo.

### Variabilità

FORMAZIONE		ARGILLITI A PALOMBINI (GR3A)														
SEZIONE TIPO		C4sb CON EVENTUALE PUNTO														
		GRUPPO 1			GRUPPO 2a			GRUPPO 2b			GRUPPO 3a			GRUPPO 3b		
COPERTURA	H < 300 M	NP			NP			NP			100%			NP		
	300 < H < 500 M	NP			NP			NP			100%			NP		
	H > 500 M	NP			NP			NP			100%			NP		
PARAMETRI CARATTERISTICI	$\sigma_{ci}$ (MPa)	30-40			10-12			10-12			5-7			5-7		
	GSI	45-55			40-45			35-40			30-35			25-30		
	m	15-20			20-25			15-20			19			19		
	E' (GPa)	3-7,8			1,5-2			1-1,5			0,6-1,2			0,6-1,2		
		MIN.	MEDI	MAX.	MIN.	MEDI	MAX.	MIN.	MEDI	MAX.	MIN.	MEDI	MAX.	MIN.	MEDI	MAX.
C4sb CON EVENTUALE PUNTO	CENTINE (HEB)										240	240	240			
	PASSO CENTINE (M)										1,2	1	0,8			
	PUNTO										EVENTUALE	EVENTUALE	EVENTUALE			
	SPESSORE SB (CM)										25	30	35			
	CONSOLIDAMENTO FRONTE (N°)										55	70	90			
	CONSOLIDAMENTO FRONTE L (M)										24	24	24			
	CONSOLIDAMENTO FRONTE SOVR. (M)										6	9	12			
	CONSOLIDAMENTO CONTORNO (N°)										55	71 (*)	85			
	CONSOLIDAMENTO CONTORNO L (M)										24	24	24			
	CONSOLIDAMENTO CONTORNO SOVR. (M)										6	9	12			
	DISTANZA MAX GETTO MURETTE										30	30	1,50			
	DISTANZA MAX GETTO A.R.										30	30	1,50			
DISTANZA MAX GETTO CALOTTA										90	90	50				

(\*) nella sezione C4sb con puntone il numero dei consolidamenti al fronte è pari a 70.

La variabilità della sezione è descritta in tabella.

Qualora in corrispondenza delle tratte ove si prevede l'applicazione della sezione tipo C4sb dai rilievi geostrukturali del fronte di scavo risultasse un ammasso caratterizzato da valori di GSI prossimi a 35, associati comunque alla presenza di condizioni di ammasso fratturato e giunti alterati, contestualmente a coperture limitate, è possibile variare l'intensità degli interventi posizionandosi nella zona inferiore della fascia di variabilità prevista (vedi Tabella), prevedendo l'aumento del passo centine e la riduzione dei consolidamenti al fronte e al contorno. Rimane in ogni caso necessaria un'azione di precontenimento delle deformazioni al fine di limitare il detensionamento dell'ammasso già interessato da uno stato di fratturazione intensa.

Nel caso opposto, in situazioni che tendono ad abbassare i valori dei parametri geomeccanici verso la parte inferiore della fascia intrinseca specie se abbinate alle massime coperture, ci si posizionerà nella zona superiore della fascia di variabilità prevista. In tali contesti dovranno essere previsti interventi di supporto di prima fase di maggiore rigidità (diminuzione del passo per le centine e aumento di spessore del rivestimento in spritz beton) e l'esecuzione di importanti interventi avanti il fronte al fine di limitare i fenomeni deformativi e l'estensione della fascia plastica.

Inoltre, per la sezione tipo in esame, la variabilità degli interventi di consolidamento può essere funzione anche delle coperture presenti, a meno di zone localizzate e problematiche. In particolare

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00</p>	<p>Foglio 123 di 155</p>

la lunghezza minima di sovrapposizione, quindi la lunghezza del campo di avanzamento, è legata ai fenomeni estrusivi che risultano influenzati direttamente dallo stato tensionale presente.

In accordo con quanto già previsto in Progetto Definitivo si ritiene che la sezione media per coperture inferiori ai 300m potrà probabilmente essere eseguita in modo sistematico con variabilità minima dei campi di avanzamento, ovvero con scavo massimo pari a 18m, fermo restando tutti gli interventi di consolidamento e supporto previsti per la sezione media.

#### 8.4.7 *Messa in opera del puntone in arco rovescio*

La sezione tipo C4sb prevede la possibilità di utilizzare il puntone in arco rovescio. Nel contesto di applicazione della sezione l'instabilità complessiva del fronte di scavo è attribuibile ad un accentuarsi dei fenomeni deformativi in campo plastico che possono manifestarsi ancora prima che avvenga lo scavo oltre il fronte stesso.

Le deformazioni portano ad un progressivo decadimento delle caratteristiche geomeccaniche del materiale. Le deformazioni devono essere contenute prima dell'arrivo del fronte di scavo mediante interventi di preconsolidamento sistematici in avanzamento, che consentano di creare artificialmente l'effetto arco capace di far evolvere la situazione verso configurazioni di equilibrio stabile.

L'importanza dei fenomeni deformativi associati allo scavo della sezione comporta, al fine del controllo deformativo, la necessità di prevedere un'immediata chiusura del cavo mediante rivestimenti di prima fase installati immediatamente a ridosso del fronte stesso e dotati di sufficiente rigidità.

In tali contesti geomeccanici, l'utilizzo del puntone in arco rovescio assume validità differenti in relazione principalmente alle coperture presenti.

1 – Basse coperture: in tali condizioni l'immediata installazione (massimo 2 centine dal fronte di scavo) del puntone in arco rovescio permette la chiusura immediata dell'arco, contrastando in modo efficace i cedimenti verticali del piede della centina e diminuendo la superficie di estrusione. L'intervento deve essere applicato in caso di:

- Sotto passo di preesistenze, edifici in superficie o condizioni puntuali: il collegamento della centina di prima fase al puntone metallico fornisce garanzie maggiori sul controllo delle deformazioni del cavo, realizzando di fatto una struttura chiusa ad elevata rigidità e con maggiore stabilità del fronte di scavo.
- L'intervento fornisce un contrasto ad eventuali carichi laterali dovuti a spinte dissimmetriche (parietalità delle sezioni) o a deviazioni dello stato tensionale per stress tettonici.

2 – Alte coperture: le problematiche che comportano l'installazione del puntone nelle sezioni tipo C in arco rovescio per le alte coperture sono sostanzialmente differenti da quanto riportato al punto 1. Gli elevati stati di sforzo presenti nell'ammasso comportano carichi importanti nei prerinvestimenti con conseguente necessità di stabilizzare le deformazioni con la chiusura del cavo mediante l'esecuzione dei getti di murette e arco rovescio al ridosso del fronte di scavo. In tali situazioni la

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00	Foglio 124 di 155

fase di apertura dell'arco rovescio per campi di 12m per i tempi necessari all'armatura e al getto dei rivestimenti, può portare all'instabilità del piede centina sia per eccessivi cedimenti verticali, sia per deformazioni laterali in caso di ammassi spingenti e/o elevati stress orizzontali di origine tettonica.

Risulta quindi necessario, laddove si evidenzino tali problematiche, procedere all'installazione dei puntoni in arco rovescio, per campi massimo di 3-4m, in anticipo rispetto all'apertura degli scavi per la realizzazione dei getti, così da permettere l'esecuzione delle lavorazioni successive in sicurezza e nel contempo diminuire la superficie di estrusione.

Per l'opera in oggetto, data l'assenza di basse coperture nelle quali è prevista la sezione tipo C4, il puntone in arco rovescio dovrà essere installato nei seguenti casi:

- 1 – Elevati sforzi sui prerivestimenti e necessità di stabilizzare le deformazioni del cavo
- 2 – Elevate deformazioni orizzontali e possibile instabilità del piede centina dovute all'attraversamento di materiali spingenti e/o a stress orizzontali elevati (K0 maggiore dell'unità);

Per la sezione C4, nel caso di applicazione del puntone non vengono eseguiti i consolidamenti previsti al piede della centina.

#### 8.4.8 Sezione tipo C2sb / C2sb con puntone

##### Campo di applicazione

La sezione di tipo C2sb si applica nella formazione delle Argilliti a Palombini, indipendentemente dalle coperture, qualora l'ammasso risulti caratterizzato da valori di resistenza e deformabilità attribuibili alle zone tettonizzate appartenenti al gruppo geomeccanico 3 della formazione (parametri prossimi al limite inferiore del range stabilito). L'ammasso che ricade in questo gruppo appartiene a zone particolarmente tettonizzate o alterate e mostra proprietà geomeccaniche molto scadenti. L'RQD è inferiore 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 microscala. Le superfici dei giunti sono da alterate a molto alterate e la circolazione idrica può essere significativa. I palombini, quando presenti (non oltre il 10%), risultano intensamente fratturati ed alterati.

In queste condizioni il fronte di scavo si presenta instabile risultando necessario eseguire sistematici interventi di consolidamento in avanzamento, con l'ausilio di iniezioni cementizie da valvole. Rispetto alla sezione precedente (C4sb) l'elevato grado di fratturazione dell'ammasso, che comporta una maggiore permeabilità degli strati alterati, può portare a venute d'acqua concentrate nelle zone di faglia e in corrispondenza di ammassi tettonizzati che se non adeguatamente gestite possono portare anche a fenomeni di instabilità diffusa del cavo. Lo scavo avviene con mezzi meccanici. La risposta deformativa del cavo evolve verso convergenze che si attestano sui valori massimi registrati (>10-12 cm), con valori più elevati alle massime coperture, necessitando la presenza dell'arco rovescio a ridosso del fronte ed il getto della calotta a breve distanza per la loro completa stabilizzazione nel tempo.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00
	Foglio 125 di 155

## Variabilità

FORMAZIONE		ARGILLITI A PALOMBINI (GR3b)														
SEZIONE TIPO		C2sb CON EVENTUALE PUNTONE														
		GRUPPO 1			GRUPPO 2a			GRUPPO 2b			GRUPPO 3a			GRUPPO 3b		
COPERTURA	H < 300 M	NP			NP			NP			NP			100%		
	300 < H < 500 M	NP			NP			NP			NP			100%		
	H > 500 M	NP			NP			NP			NP			100%		
PARAMETRI CARATTERISTICI	$\sigma_{cr}$ (MPa)	30-40			10-12			10-12			5-7			5-7		
	GSI	45-55			40-45			35-40			30-35			25-30		
	$m_i$	15-20			20-25			15-20			19			19		
	$E'$ (GPa)	3-7.8			1.5-2			1-1.5			0.6-1.2			0.6-1.2		
		MIN.	MEDI	MAX.	MIN.	MEDI	MAX.	MIN.	MEDI	MAX.	MIN.	MEDI	MAX.	MIN.	MEDI	MAX.
C2sb CON EVENTUALE PUNTONE	CENTINE (HEB)													240	240	240
	PASSO CENTINE (M)													1.2	1	0.8
	SPESORE SB (CM)													25	30	35
	CONSOLIDAMENTO FRONTE (N°)													40	55	80
	CONSOLIDAMENTO FRONTE L (M)													24	24	24
	CONSOLIDAMENTO FRONTE SOVR. (M)													6	9	12
	CONSOLIDAMENTO CONTORNO (N°)													40	55	70
	CONSOLIDAMENTO CONTORNO L (M)													24	24	24
	CONSOLIDAMENTO CONTORNO SOVR. (M)													6	9	12
	DISTANZA MAX GETTO MURETTE													30	30	1.50
	DISTANZA MAX GETTO A.R.													30	30	1.50
	DISTANZA MAX GETTO CALOTTA													90	90	50

La variabilità della sezione è descritta in tabella.

Qualora in corrispondenza delle tratte ove si prevede l'applicazione della sezione tipo C2sb dai rilievi geostrutturali del fronte di scavo risultasse un ammasso caratterizzato da valori di GSI prossimi a 30, associati comunque alla presenza di condizioni di ammasso fratturato e giunti alterati e coperture limitate, è possibile variare l'intensità degli interventi posizionandosi nella zona inferiore della fascia di variabilità prevista (vedi Tabella), prevedendo l'aumento del passo centine e la riduzione dei consolidamenti al fronte e al contorno. Rimane in ogni caso necessaria un'azione di contenimento delle deformazioni al fine di limitare il detensionamento dell'ammasso già interessato da uno stato di fratturazione intensa.

Nel caso opposto, in situazioni che tendono ad abbassare i valori dei parametri geomeccanici verso la parte inferiore della fascia intrinseca specie se tale situazione è abbinata ad alte coperture, ci si posizionerà nella zona superiore della fascia di variabilità prevista. In tali contesti dovranno essere previsti interventi di supporto di prima fase di maggiore rigidità (aumento delle centine e del rivestimento in spritz beton) e l'esecuzione di importanti interventi avanti il fronte al fine di limitare i fenomeni deformativi e l'estensione della fascia plastica.

Inoltre, per la sezione tipo in esame, la variabilità degli interventi di consolidamento può essere funzione anche delle coperture presenti a meno di zone localizzate e problematiche. In particolare la lunghezza minima di sovrapposizione, quindi la lunghezza del campo di avanzamento, è legata ai fenomeni estrusivi che risultano influenzati direttamente dallo stato tensionale presente.

In accordo con quanto già previsto in Progetto Definitivo si ritiene che la sezione media per coperture inferiori ai 300m potrà probabilmente essere eseguita in modo sistematico con variabilità minima dei campi di avanzamento, ovvero con scavo massimo pari a 18m, fermo restando tutti gli interventi di consolidamento e supporto previsti per la sezione media.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00 Foglio 126 di 155

#### 8.4.9 Messa in opera del puntone in arco rovescio

La sezione tipo C2sb prevede la possibilità di utilizzare il puntone in arco rovescio. Nel contesto di applicazione della sezione l'instabilità complessiva del fronte di scavo è attribuibile ad un accentuarsi dei fenomeni deformativi in campo plastico che possono manifestarsi ancora prima che avvenga lo scavo oltre il fronte stesso.

Le deformazioni portano ad un progressivo decadimento delle caratteristiche geomeccaniche del materiale. Le deformazioni devono essere contenute prima dell'arrivo del fronte di scavo mediante interventi di preconsolidamento sistematici in avanzamento, che consentano di creare artificialmente l'effetto arco capace di far evolvere la situazione verso configurazioni di equilibrio stabile.

L'importanza dei fenomeni deformativi associati allo scavo della sezione comporta, al fine del controllo deformativo, la necessità di prevedere un'immediata chiusura del cavo mediante rivestimenti di prima fase installati immediatamente a ridosso del fronte stesso e dotati di sufficiente rigidità.

In tali contesti geomeccanici, l'utilizzo del puntone in arco rovescio assume validità differenti in relazione principalmente alle coperture presenti.

1 – Basse coperture: in tali condizioni l'immediata installazione (massimo 2 centine dal fronte di scavo) del puntone in arco rovescio permette la chiusura immediata dell'arco, contrastando in modo efficace i cedimenti verticali del piede della centina e diminuendo la superficie di estrusione. L'intervento deve essere applicato in caso di:

- Sotto passo di preesistenze, edifici in superficie o condizioni puntuali: il collegamento della centina di prima fase al puntone metallico fornisce garanzie maggiori sul controllo delle deformazioni del cavo, realizzando di fatto una struttura chiusa ad elevata rigidità e con maggiore stabilità del fronte di scavo.
- L'intervento fornisce un contrasto ad eventuali carichi laterali dovuti a spinte dissimetriche (parietalità delle sezioni) o a deviazioni dello stato tensionale per stress tettonici.

2 – Alte coperture: le problematiche che comportano l'installazione del puntone nelle sezioni tipo C in arco rovescio per le alte coperture sono sostanzialmente differenti da quanto riportato al punto 1. Gli elevati stati di sforzo presenti nell'ammasso comportano carichi importanti nei prerinvestimenti con conseguente necessità di stabilizzare le deformazioni con la chiusura del cavo mediante l'esecuzione dei getti di murette e arco rovescio al ridosso del fronte di scavo. In tali situazioni la fase di apertura dell'arco rovescio per campi di 12m per i tempi necessari all'armatura e al getto dei rivestimenti, può portare all'instabilità del piede centina sia per eccessivi cedimenti verticali, sia per deformazioni laterali in caso di ammassi spingenti e/o elevati stress orizzontali di origine tettonica.

Risulta quindi necessario, laddove si evidenzino tali problematiche, procedere all'installazione dei puntoni in arco rovescio, per campi massimo di 3-4m, in anticipo rispetto all'apertura degli scavi per la realizzazione dei getti, così da permettere l'esecuzione delle lavorazioni successive in sicurezza e nel contempo diminuire la superficie di estrusione.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00 <span style="float: right;">Foglio 127 di 155</span>

Per l'opera in oggetto, data l'assenza di basse coperture nelle quali è prevista la sezione tipo C2, il puntone in arco rovescio dovrà essere installato nei seguenti casi:

- 1 – Elevati sforzi sui pririvestimenti e necessità di stabilizzare le deformazioni del cavo
- 2 – Elevate deformazioni orizzontali e possibile instabilità del piede centina dovute all'attraversamento di materiali spingenti e/o a stress orizzontali elevati (K0 maggiore dell'unità);

Per la sezione C2sb, nel caso di applicazione del puntone non vengono eseguiti i consolidamenti previsti al piede della centina.

#### 8.4.10 Sezione tipo B0sb-r

##### Campo di applicazione

La sezione di tipo B0sb-r si applica nelle formazioni dei Calcari di Gallaneto per le sezioni a singolo binario fino alle massime copertura, qualora l'ammasso risulti caratterizzato da valori di resistenza e deformabilità relativi ai Calcari di Gallaneto– cementazione elevata (parametri prossimi al limite superiore del range stabilito) laddove l'RQD risultasse superiore al 60%.

La risposta deformativa del cavo evolve verso convergenze che si attestano sui valori minimi registrati (< 5 cm).

##### Variabilità

SEZIONE TIPO		B0sb-R														
		MIN.	MEDI	MAX.	MIN.	MEDI	MAX.	MIN.	MEDI	MAX.				MIN.	MEDI	MAX.
B0sb-R	CENTINE (2/PN)	160	160	160												
	PASSO CENTINE (M)	1,5	1,4	1,2												
	SPESORE SB (CM)	15	20	25												
	DISTANZA MAX GETTO MURETTE	70	50	30												
	DISTANZA MAX GETTO A.R.	120	90	60												
	DISTANZA MAX GETTO CALOTTA	150	120	90												

La variabilità della sezione è descritta in tabella.

Qualora, in corrispondenza delle tratte ove si prevede l'applicazione della sezione tipo B0sb-r dai rilievi geostrukturali del fronte di scavo risultasse un ammasso caratterizzato da valori di GSI che si collocano attorno ai valori massimi nel range individuato, è possibile variare l'intensità degli interventi posizionandosi nella zona inferiore della fascia di variabilità prevista (vedi Tabella), prevedendo l'aumento del passo centine a 1.50m.

Nel caso opposto, in situazioni di ammasso con caratteristiche geomeccaniche associabili ai valori inferiori nel range di GSI indicato, ci si posizionerà nella zona superiore della fascia di variabilità prevista. In tali contesti dovranno essere previsti interventi di supporto di prima fase di maggiore rigidità (aumento delle centine e del rivestimento in spritz beton) al fine di limitare l'estensione della fascia plastica.



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00	Foglio 129 di 155

La variabilità della sezione è descritta in tabella.

L'intensità del consolidamento al fronte è direttamente collegabile al grado di cementazione mostrato dalla formazione.

Sarà inoltre possibile variare l'intensità degli interventi posizionandosi nella zona inferiore del range di variabilità previsto laddove il fronte di scavo sia caratterizzato da, fronti misti, giaciture chiaramente individuabili e costanti prevalentemente a reggi poggio o sub-orizzontali, con giunti da poco a moderatamente alterati.

Qualora si verificasse il caso opposto al precedente ci si posizionerà nella zona superiore del range di variabilità previsto.

Inoltre, per la sezione tipo in esame, la variabilità degli interventi di consolidamento può essere funzione anche delle coperture presenti, a meno di zone localizzate e problematiche. In particolare la lunghezza minima di sovrapposizione, quindi la lunghezza del campo di avanzamento, è legata ai fenomeni estrusivi che risultano influenzati direttamente dallo stato tensionale presente.

#### 8.4.13 Sezione tipo C2sb-r

##### Campo di applicazione

La sezione di tipo C2sb-r si applica nella formazioni dei Calcari di Gallaneto e nella successione di Cravasco-Voltaggio, indipendentemente dalle coperture, qualora l'ammasso risulti caratterizzato da valori di resistenza e deformabilità attribuibili alle fasce tettonizzate. L'ammasso che ricade in questo gruppo appartiene a zone particolarmente alterate caratterizzate da proprietà geomeccaniche molto scadenti. L'RQD è generalmente inferiore al 20%.

In queste condizioni il fronte di scavo si presenta instabile risultando necessario eseguire sistematici interventi di consolidamento in avanzamento, con l'ausilio di iniezioni cementizie da valvole e sistematici interventi di consolidamento al fronte. Lo scavo avviene con mezzi meccanici. La risposta deformativa del cavo evolve verso convergenze che si attestano sui valori massimi registrati (>15 cm), con valori più elevati alle massime coperture, necessitando la presenza dell'arco rovescio a ridosso del fronte ed il getto della calotta a breve distanza per la loro completa stabilizzazione nel tempo.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00 <span style="float: right;">Foglio 130 di 155</span>

### Variabilità

SEZIONE TIPO		C2sb-R															
		MIN.	MEDI	MAX.	MIN.	MEDI	MAX.	MIN.	MEDI	MAX.	MIN.	MEDI	MAX.	MIN.	MEDI	MAX.	
C2sb-R	CENTINE (2IPN)											200	200	200			
	PASSO CENTINE (M)											1,2	1	0,8			
	PUNTONI											EVENTUALE	EVENTUALE	EVENTUALE			
	SPESORE SB (CM)											20	25	30			
	CONSOLIDAMENTO FRONTE (N°)											30	40	60			
	CONSOLIDAMENTO FRONTE L (M)											24	24	24			
	CONSOLIDAMENTO FRONTE SOVR. (M)											6	9	12			
	CONSOLIDAMENTO CONTORNO (N°)											30	40	60			
	CONSOLIDAMENTO CONTORNO L (M)											24	24	24			
	CONSOLIDAMENTO CONTORNO SOVR. (M)											6	9	12			
	DISTANZA MAX GETTO MURETTE											30	30	20			
	DISTANZA MAX GETTO A.R.											50	50	30			
	DISTANZA MAX GETTO CALOTTA											90	90	50			

La variabilità della sezione è riportata in tabella.

Qualora in corrispondenza delle tratte ove si prevede l'applicazione della sezione tipo C2sb-r dai rilievi geostrutturali del fronte di scavo risultasse un ammasso caratterizzato da valori di GSI prossimi al valore superiore del range è possibile variare l'intensità degli interventi posizionandosi nella zona inferiore della fascia di variabilità prevista (vedi Tabella), prevedendo l'aumento del passo centine e la riduzione dei consolidamenti al fronte e al contorno. Rimane in ogni caso necessaria un'azione di precontenimento delle deformazioni al fine di limitare il detensionamento dell'ammasso già interessato da uno stato di fratturazione intensa.

Nel caso opposto, in situazioni che tendono ad abbassare i valori dei parametri geomeccanici verso la parte inferiore della fascia intrinseca specie se tale situazione è abbinata ad alte coperture, ci si posizionerà nella zona superiore della fascia di variabilità prevista. In tali contesti dovranno essere previsti interventi di supporto di prima fase di maggiore rigidità (aumento delle centine e del rivestimento in spritz beton) e l'esecuzione di importanti interventi avanti il fronte al fine di limitare i fenomeni deformativi e l'estensione della fascia plastica.

Inoltre, per la sezione tipo in esame, la variabilità degli interventi di consolidamento può essere funzione anche delle coperture presenti a meno di zone localizzate e problematiche. In particolare la lunghezza minima di sovrapposizione, quindi la lunghezza del campo di avanzamento, è legata ai fenomeni estrusivi che risultano influenzati direttamente dallo stato tensionale presente.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00 <span style="float: right;">Foglio 131 di 155</span>

#### 8.4.14 Sezione tipo C1sb-r

La sezione C1sb-r si applica allo stesso contesto geomeccanico della sezione C2sb-r alla quale si rimanda data l'assimilabilità delle due sezioni. A differenza della sezione precedente è previsto un intervento di consolidamento al contorno tramite jet-grouting. Tale sezione è dunque applicabile sono in casi di particolare fratturazione dell'ammasso.

La variabilità della sezione è riportata in tabella.

#### Variabilità

SEZIONE TIPO		C1sb-R														
		MIN.	MEDI	MAX.	MIN.	MEDI	MAX.	MIN.	MEDI	MAX.	MIN.	MEDI	MAX.	MIN.	MEDI	MAX.
C1sb-R	CENTINE (HEB)													180	180	180
	PASSO CENTINE (M)													1,2	1	0,8
	SPESSORE SB (CM)													20	25	30
	CONSOLIDAMENTO FRONTE (N°)													30	40	60
	CONSOLIDAMENTO FRONTE L (M)													24	24	24
	CONSOLIDAMENTO FRONTE SOVR. (M)													12	12	12
	CONSOLIDAMENTO CONTORNO (N°)													50	61	70
	CONSOLIDAMENTO CONTORNO L (M)													18	18	18
	CONSOLIDAMENTO CONTORNO SOVR. (M)													6	6	12
	DISTANZA MAX GETTO MURETTE													30	30	20
DISTANZA MAX GETTO A.R.													50	50	30	
DISTANZA MAX GETTO CALOTTA													90	90	50	

Riguardo alle nozioni relative alla variabilità degli interventi in funzione della variazione delle caratteristiche del gruppo geomeccanico si rimanda a quanto precedentemente esplicitato per la sezione C2sb – r.

## 9. TECNOLOGIE ALTERNATIVE E PRESCRIZIONI

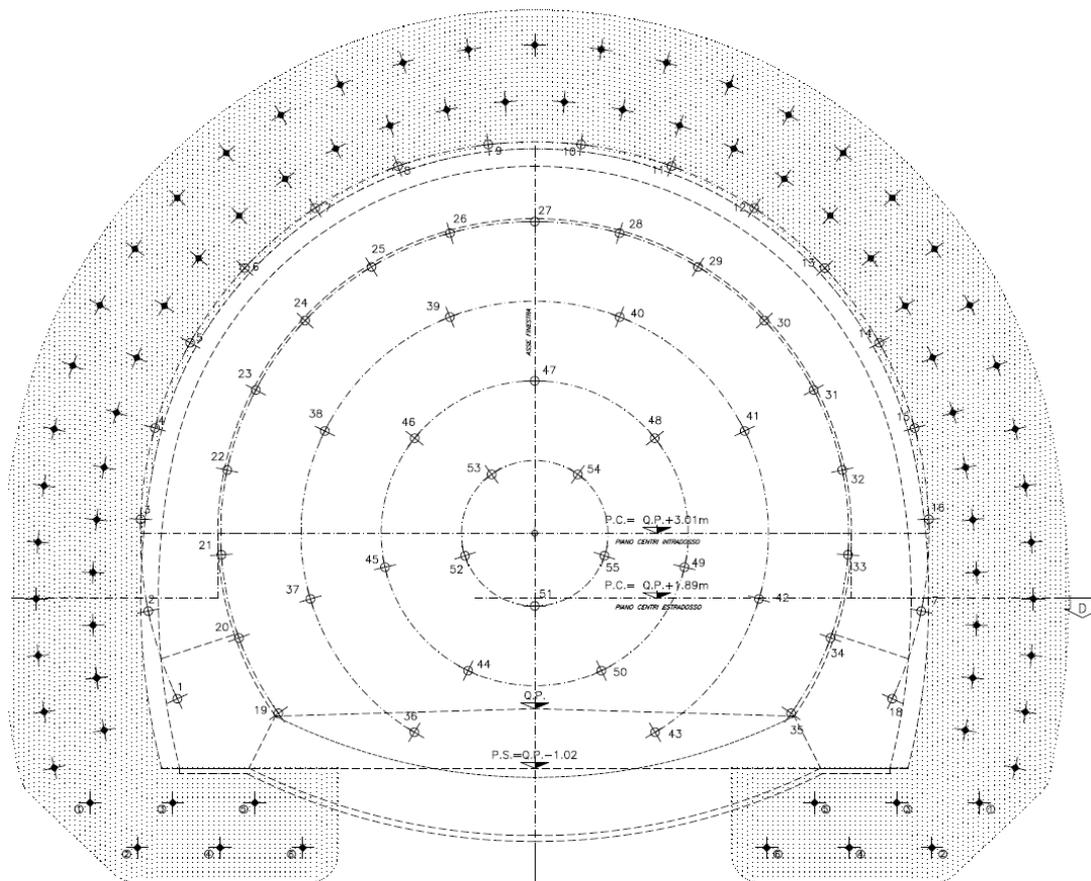
### 9.1 Campo prova iniezioni al contorno

Il campo prova, eseguito secondo le geometrie descritte, avrà lo scopo di valutare da subito l'efficacia del trattamento ed eventualmente adeguare e tarare i parametri di progetto sulla base dei risultati ottenuti.

Il campo prova per le iniezioni al contorno verrà eseguito direttamente al contorno del cavo realizzando 4 trattamenti, due sui reni e due in calotta, tra quelli già previsti nelle geometrie della sezione tipo. Il numero di valvole e le caratteristiche della perforazione saranno analoghe a quanto previsto in Progetto.

Tali trattamenti preliminari fungeranno da "fori pilota" al fine di tarare i parametri operativi di iniezione previsti per il trattamento.

Eseguito il primo campo prova, al procedere degli scavi, le iniezioni preliminari dovranno essere ripetute ogni qual volta il fronte evidenzia anomalie geologiche e/o geostrutturali rispetto alla condizione iniziale di prova.



GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00 <table border="1" data-bbox="1369 232 1474 315"> <tr> <td>Foglio 133 di 155</td> </tr> </table>	Foglio 133 di 155
Foglio 133 di 155		

La geometria dell'intervento consentirà di realizzare un trattamento sufficientemente diffuso dell'ammasso al contorno del cavo, così da determinare un arco di scarico che faciliti l'incanalamento degli sforzi ai lati del cavo e che nel contempo ne riduca l'entità. Le iniezioni avverranno a volume e pressione controllate. La miscela cementizia avrà le seguenti specifiche tecniche.

*Miscela di guaina* (composizione media eventualmente da tarare in corso d'opera):

- Cemento tipo 32.5-42.5;
- Rapporto acqua/cemento =  $1.5 \div 2.0$ ;
- Rapporto bentonite/acqua =  $0.05/0.08$ ;
- Densità =  $1.28 \div 1.32 \text{ g/cm}^3$ .

*Miscela per iniezioni* (composizione media eventualmente da tarare in corso d'opera):

- Cemento tipo 42.5-52.5;
- Rapporto acqua/cemento =  $0.7$ ;
- Rapporto bentonite/acqua =  $0.02$ ;
- Densità =  $1.6 \div 1.8 \text{ g/cm}^3$ ;
- Viscosità Marsh  $\cong 35-45''$
- Additivo fluidificante 3-4% sul peso del cemento
- Eventuale bentonite ( $b/a < 0.02$ )

Relativamente ai terreni da trattare si riportano le condizioni presenti lungo il tracciato.

Con riferimento all'applicazione della sezione tipo C2sb e e C2, si considerano le Argilliti a Palombini appartenenti a zone particolarmente tettonizzate o alterate che mostrano 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 microscala. 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. In tale contesto ci si può attendere, in modo discontinuo, un'alternanza di fasce più "aperte", specie negli strati calcarei, dove sarà possibile operare una permeazione del terreno, ed una zona di intensa alterazione delle argilliti, laddove si opererà principalmente l'intasamento dei sistemi di fratturazione e di discontinuità dell'ammasso. Per quanto riguarda il campo di applicazione della sezione C2sb-r, invece, si considerano le formazioni dei Calcari di Gallaneto e la successione di Cravasco- Voltaggio; in tale contesto l'ammasso è contraddistinto da forte alterazione con RQD inferiore al 20%.

Una valutazione diretta della iniettabilità dei terreni da trattare, sarà operata nell'ambito delle iniezioni preliminari previste, dove si procederà a registrare i volumi di miscela assorbiti per ciascuna valvola di iniezione. A seguito delle evidenze del campo prova si potrà operare una calibrazione di maggiore dettaglio circa la composizione della miscela.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00 <table border="1" data-bbox="1369 230 1476 315"> <tr> <td>Foglio 134 di 155</td> </tr> </table>	Foglio 134 di 155
Foglio 134 di 155		

Allo scopo di verificare i parametri operativi sopra descritti, si individuano di seguito le prescrizioni relative alla realizzazione del campo prova costituito dalle 4 perforazioni preliminari.

Il programma di controllo prevede sinteticamente:

Controlli preliminari; da condursi prima dell'intervento di consolidamento che riguardano in particolare le caratteristiche minime delle miscele da impiegare.

Controlli durante il campo prova: da eseguire all'interno dell'area da consolidare con lo scopo di tarare i parametri pre-definiti e calibrare l'esatta entità del volume da consolidare oltre all'efficacia dell'intervento di consolidamento.

Controlli finali (necessità da valutare in funzione degli assorbimenti registrati): Verranno eseguite prove in situ di tipo sismico per la valutazione delle caratteristiche del terreno a seguito dell'intervento stesso. La tipologia dell'opera che si andrà a realizzare richiede in particolare la formazione di volumi di terreno consolidato di geometria e caratteristiche meccaniche predeterminate in progetto. Risulta necessaria la valutazione delle caratteristiche del terreno consolidato, attraverso prove sia in situ (tomografie sismiche) sia in laboratorio. In funzione degli esiti dei primi controlli eseguiti, tali indagini potranno essere eseguite anche successivamente all'inizio degli scavi.

### 9.1.1 Controlli preliminari

In fase preliminare andranno valutate le caratteristiche delle miscele da impiegare per la cementazione dei fori (guaina) e per l'iniezione delle valvole.

Dovranno essere garantiti i seguenti requisiti minimi.

La *miscela di guaina* del foro dovrà avere le seguenti caratteristiche minime:

- resa volumetrica > 95 %;
- resistenza a compressione  $\approx 10 \text{ kg/cm}^2$  (a 28 gg);

La *miscela di iniezione*, ad alta penetrabilità, dovrà avere le seguenti caratteristiche minime:

- resa volumetrica > 95 %;
- resistenza a compressione >  $30 \text{ kg/cm}^2$ .
- peso specifico 1.5 -  $1.8 \text{ t/m}^3$ ;
- viscosità Marsh iniziale 35 - 45 sec;
- pressofiltrazione a 7 atm:

a 30" <math>10 \text{ cm}^3</math>

a 1' <math>15 \text{ cm}^3</math>

a 2' <math>22 \text{ cm}^3</math>

a 4' <math>32 \text{ cm}^3</math>

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE				
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00 <table border="1" style="float: right; margin-left: auto;"> <tr> <td>Foglio</td> <td>135 di</td> </tr> <tr> <td></td> <td>155</td> </tr> </table>	Foglio	135 di		155
Foglio	135 di				
	155				

a 8'	<48 cm <sup>3</sup>
a 15'	<65 cm <sup>3</sup>
a 30'	<100 cm <sup>3</sup>

La composizione della miscela dovrà rispettare quando previsto nei paragrafi precedenti.

Circa le prove da eseguire per il controllo delle miscele cementizie da impiegare, si ritiene che debbano essere condotte giornalmente, come previsto anche dal Capitolato Italferr, le seguenti prove:

- Massa volumica (per il controllo della densità: 1.45÷1.61 g/cm<sup>3</sup>);
- Viscosità Marsh (per il controllo della viscosità: 38");
- Resa volumetrica (per il controllo della stabilità della miscela: >95%);
- Prelievo di campioni per prove di compressione (per il controllo della resistenza: Rck>2.5 MPa a 28gg).

Per le prove di viscosità apparente (con viscosimetro Rheometer) e presso filtrazione, previste dal Capitolato Italferr, si riportano le seguenti considerazioni.

La prova di viscosità apparente, mediante l'impiego di viscosimetro rotazionale (ad esempio coassiale di tipo "Rheometer") viene generalmente eseguita per miscele chimiche dove è forte la dipendenza della viscosità della miscela (ovvero della resistenza a taglio alla rotazione del viscosimetro) in funzione del tempo; la prova consente soprattutto di verificare la lavorabilità della miscela e di testare le proprietà reologiche della miscela. Prevedendo l'impiego di miscele di tipo binario acqua/cemento, si ritiene che il controllo della viscosità della miscela possa essere più semplicemente effettuato mediante il cono di Marsh, attuando la prova già prevista.

Circa la prova di pressofiltrazione, essa è volta alla verifica della stabilità della miscela costituendo quindi un ulteriore controllo della resa volumetrica. In genere la prova viene condotta su fanghi bentonitici mentre risulta essere meno frequente su miscele binarie. Si propone, come effettuato dagli Scriventi in altri Cantieri, di eseguire la prova "una tantum" durante lo svolgimento dei lavori (ad esempio durante l'esecuzione del campo prova) su campioni scelti dalla D.L., così da verificare che i controlli effettuati mediante resa volumetrica garantiscano l'impiego di una miscela stabile.

La prova consiste nel misurare, mediante pressofiltra standard posta alla pressione normalizzata di 700 kPa (7 atm), il volume d'acqua filtrata dopo un tempo prestabilito; nel caso di miscela "non stabile" si osserva che la quasi totalità dell'acqua presente nella miscela filtra dopo pochi minuti. Diversamente il volume filtrato dopo 30 minuti risulta dell'ordine del 35-45% del volume testato (da verificare in funzione della composizione della miscela).

### 9.1.2 Controlli durante il campo prova

Dovranno essere identificate e segnalate per ogni trattamento eventuali rifluimenti del materiale iniettato sul fronte.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00 <table border="1" data-bbox="1369 232 1476 315"> <tr> <td>Foglio 136 di 155</td> </tr> </table>	Foglio 136 di 155
Foglio 136 di 155		

### controlli sulla sospensione di iniezione

- peso specifico
- viscosità Marsh
- acqua libera

### le iniezioni valvolate verranno controllate con prelievi e determinazioni per ogni iniezione di:

- viscosità
- peso specifico
- tempo di presa
- decantazione (bleeding)

Per ogni foro verrà preparato un rapporto di perforazione nel quale saranno indicati:

- Numero e tipo di foro;
- Data, ora di inizio e fine perforazione;
- Sistema e fluido di perforazione adottati;
- Profondità raggiunta;
- Profondità della falda acquifera;
- Note di eventuali difficoltà di perforazione o franamenti. Per ogni trattamento del campo prova verrà compilata una scheda contenente le seguenti informazioni:
- parametri operativi di progetto e reali (quota, errore di centramento sul picchetto, inclinazione dell'asta di perforazione)
- parametri di perforazione (lunghezza della perforazione, lunghezza perforazione a vuoto, diametro utensile, tipo di utensile);
- parametri di iniezione (numero valvole, pressione della miscela, portata della miscela, volume della miscela);
- caratteristiche della miscela (rapporto acqua/cemento, quantità di miscela utilizzata, densità della miscela, viscosità della miscela, decantazione o resa volumetrica, tempo di presa, prelievo dei campioni per prove a rottura);
- caratteristiche del singolo consolidamento (diametro efficace, quota testa).

### 9.1.3 Controlli finali

Sono previste alcune prove geofisiche in situ allo scopo di verificare attraverso l'analisi delle velocità sismiche le caratteristiche di elasticità medie dei materiali consolidati e di confrontarle con quelle dei

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00	Foglio 137 di 155

terreni adiacenti non interessati dal consolidamento. La determinazione avverrà per via indiretta mediante indagine tomografica con metodo sismico.

I valori medi delle velocità sismiche ottenuti dalla prospezione (**onde P ed S**) saranno poi utilizzati per determinare le caratteristiche geotecniche medie dei terreni e l'incremento del modulo elastico medio dei materiali trattati mediante iniezioni cementizie con tubi valvolati.

L'elaborazione grafica computerizzata dell'indagine tomografica si concretizza attraverso la restituzione di "immagini" con zonature a varie tonalità di colori che vengono associati ai diversi gradi d'intensità delle velocità sismiche rilevati all'interno del volume di terreno esaminato. Tale elaborazione permette quindi una restituzione bidimensionale continua delle caratteristiche elastiche dei terreni consolidati lungo direttrici d'indagine predefinite.

#### 9.1.4 Esame del consolidamento

Per i trattamenti verrà eseguito il prelievo di campioni mediante carotaggio meccanico utilizzando una carotatrice elettrica da sottoporre a prove di laboratorio (prove di compressione ed analisi microsismica delle velocità delle onde elastiche) per determinare:

- resistenza alla compressione semplice a 3, 7 e 28 gg.
- densità
- modulo elastico.

## 9.2 Tecnologie alternative di perforazione

In corso d'opera si potrà valutare la possibilità di variare la metodologia di perforazione (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;
- condizioni di inghisaggio analoghe a quelle ottenute con la perforazione a secco.

La lunghezza dei consolidamenti al fronte e al contorno potrà essere diversa da quanto riportato nei relativi elaborati: andrà di conseguenza valutata la necessità di adeguare le geometrie di esecuzione previste in progetto.

## 9.3 Tecnologie alternative per l'armatura dello spritz-beton

Nell'ambito delle tecnologie da applicare per la realizzazione delle gallerie naturali è previsto per l'esecuzione del priverivestimento l'impiego di calcestruzzo proiettato, armato con centine metalliche e rete oppure con centine metalliche e fibre in acciaio.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00	Foglio 138 di 155

Entrambe le tecnologie della rete e del fibrorinforzato risultano perfettamente equivalenti dal punto di vista prestazionale seppure caratterizzate da parametri di qualificazione diversi e da una differente modalità di messa in opera.

Coerentemente con ciò, nelle tavole di progetto è stata volutamente lasciata la possibilità di alternativa tra le due tecniche di armatura essendo stata verificata l'equivalenza progettuale.

La scelta tra l'utilizzo di fibre o di rete elettrosaldada verrà operata in cantiere in base alle reali condizioni operative dello scavo, in funzione di quanto precedentemente detto. Qualora l'ammasso presenti caratteristiche geomeccaniche migliori di quanto preventivato sarà possibile proteggere il fronte di scavo ricorrendo all'uso di spritz-beton semplice (non armato né fibrorinforzato).

Per quanto concerne le caratteristiche di resistenza dello spritz-beton, è previsto l'impiego di una miscela caratterizzata da  $f_{cm}=25\text{MPa}$  per tutte le sezioni ad eccezione delle sezioni tipo che prevedono l'intervento di consolidamento al contorno (C2sb/C4sb/C1sb-r/C2sb-r), dove è richiesto uno spritz beton caratterizzato da un  $f_{cm}$  pari a 30MPa.

#### 9.4 Armatura del rivestimento definitivo

In corrispondenza delle criticità ad oggi riscontrate è risultato necessario l'utilizzo di rivestimenti definitivi opportunamente armati.

In corso d'opera è prevista la possibilità di utilizzare in calotta e piedritti sia armature tralicciate, sia quelle standard. Analogamente, in arco rovescio possono essere utilizzate gabbie prefabbricate o armatura tradizionale. Dette opzioni risultano valide anche per le tratte di gallerie artificiali.

Inoltre, le armature di arco rovescio potranno eventualmente non essere passanti nelle riprese di getto *(da decidersi in corso d'opera, in funzione delle condizioni d'ammasso e quindi degli stati tensionali indotti nel rivestimento definitivo)*.

Attualmente, tali armature sono state utilizzate in tutti i casi in cui, sulla base dei dati raccolti, siano risultate presenti o siano state previste le condizioni per il determinarsi di sollecitazioni flessionali elevate sui rivestimenti, ovvero:

- In presenza di elementi indicanti formazioni o loro parti con basse caratteristiche geomeccaniche;
- In presenza di passaggi intraformazionali, ove le differenti caratteristiche geomeccaniche delle due formazioni rocciose possono provocare degli stati di tensione non uniformi al contorno della galleria, o in presenza di ammassi anisotropi o più fortemente eterogenei (anche in tal caso la distribuzione delle spinte al contorno del cavo risulta asimmetrica);
- Nel sottoattraversamento di preesistenze con basse coperture (inferiori a 25-30 m) o di altre zone con criticità singolari (in ammassi disturbati o in presenza di spinte dovute a movimenti di versante);
- Nelle zone soggette a rischio sismico (basse coperture, zone di contatto stratigrafico, zone di faglia);
- Nelle zone dove si verifica generalmente la concomitanza di parietalità e basse coperture;

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00
	Foglio 139 di 155

In presenza di parietalità della galleria rispetto al piano campagna (tipicamente 1-2  $\phi$ ), le spinte di ammasso risultano infatti di lieve entità, ma la loro distribuzione asimmetrica sul contorno del cavo genera nel rivestimento definitivo una forte asimmetria tensionale con elevati momenti flettenti e ridotti sforzi normali.

Analogamente, nei tratti “superficiali” di galleria naturale, la scarsa potenza dello strato di terreno presente sopra l’opera talvolta non permette la formazione dell’effetto arco; in tal caso, tutta la massa di terreno superiore grava per intero sul rivestimento definitivo, che risulta soggetto prevalentemente a carichi di tipo gravitativo.

In queste situazioni si ha lo sviluppo di elevati sforzi normali ed elevati momenti flettenti.

Nella tratta in esame si verificheranno situazioni di basse coperture e parietalità e zone di faglia /tettonizzate.

In corso d’opera l’armatura di rivestimento definitivo sarà applicata su qualunque sezione tipo nel caso in cui, in funzione dei riscontri degli scavi e del monitoraggio, si dovessero evidenziare difformità rispetto alle ipotesi e condizioni di progetto.

Un diverso utilizzo di armature per il rivestimento definitivo non deve dunque essere considerato come univocamente condizionato all’adozione di specifiche sezioni tipo, in quanto almeno in parte indipendente dalla tipologia e densità di consolidamenti applicati al fronte e in calotta o dai rivestimenti di prima fase e quindi non necessariamente legato ad una loro contestuale modifica.

Del resto, anche nel caso di tratte già previste come armate in progetto, non si può escludere che si determinino condizioni difformi da quanto oggi preventivabile e tali da richiedere un appesantimento delle armature stesse o da consentirne un’ottimizzazione in funzione delle diverse condizioni di carico del rivestimento definitivo e della sua risposta strutturale nell’interazione con l’ammasso nelle diverse fasi realizzative.

In conclusione, ove si dovesse procedere con l’inserimento o l’adeguamento dell’armatura necessaria, così come nel caso si dovesse procedere ad adottare sezioni tipo differenti che implicino una diversa distribuzione dei rivestimenti definitivi, l’applicazione di tali diverse ipotesi dovrà essere ordinata a mezzo di apposito ordine di servizio dalla Direzione Lavori. Tale modifica assume la valenza di “variante progettuale”.

## 9.5 Distanze di getto dei rivestimenti definitivi

Le distanze di getto del rivestimento vengono misurate a partire dal fronte di scavo e sono relative ad arco rovescio, murette e calotta. Esse sono funzione della risposta tenso/deformativa del cavo nonché di specifiche situazioni locali riguardanti le singole gallerie.

In linea generale, il getto dell’arco rovescio e delle murette dovrà avvenire contemporaneamente solo in casi particolari da valutarsi in corso d’opera; sempre in linea generale, si potrà effettuare un getto separato di arco rovescio e murette avendo comunque cura di realizzare le murette il più vicino possibile al fronte di scavo al fine di ottenere una più rapida stabilizzazione delle convergenze.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00 Foglio 140 di 155

La distanza di getto della calotta sarà anch'essa funzione delle condizioni generali d'ammasso. Per ammassi che si trovino in condizioni geomeccaniche scadenti o per situazioni che evidenzino elevati valori tenso/deformativi sarà necessario portare il getto della calotta il più possibile vicino al fronte (variabilità minima); in ammassi che presentino discrete caratteristiche geomeccaniche o bassi valori tenso/deformativi si potrà invece utilizzare come distanza di getto la distanza massima prevista all' interno del range di variabilità di detta sezione tipo (variabilità massima); infine se l'ammasso si presenta in condizioni simili a quelle previste in progetto, si procederà ad utilizzare la distanza media all' interno del range di variabilità previsto.

Le distanze di getto sono funzione della tipologia d'ammasso nonché delle convergenze misurate in galleria o all'esterno e dei valori di estrusione al fronte; in linea generale dovrà essere applicata la distanza minima qualora le deformazioni misurate risultino comprese tra la soglia di attenzione e la soglia di allarme stabilite nel presente documento, e/o nel caso in cui i parametri geomeccanici riscontrati in fase di esecuzione dei lavori si collochino verso l'estremo inferiore del range di variabilità del rispettivo gruppo geomeccanico.

La distanza "massima" all'interno del range di variabilità potrà essere generalmente applicata qualora le convergenze misurate e le estrusioni risultino al di sotto della soglia di attenzione, e qualora i parametri geomeccanici si collochino verso l'estremo superiore del range di variabilità del gruppo geomeccanico.

La distanza di getto dei rivestimenti definitivi rispetto al fronte dovrà comunque rispettare tendenzialmente la massima distanza prevista per la sezione tipo in esame; il progettista potrà valutare in corso d'opera la possibilità di aumentare ulteriormente le distanze massime progettuali; situazioni locali e particolari verranno valutate di volta in volta.

Per quanto concerne i valori numerici delle distanze di getto relativamente ad ogni sezione tipo si vedano i relativi paragrafi, mentre per le corrispondenti variabilità suggerite si vedano le tabelle allegate.

## **9.6 Caratteristiche minime di resistenza del calcestruzzo in relazione alle fasi operative**

Per quanto riguarda il calcestruzzo che costituisce il riempimento dell'arco rovescio, si prevede di poter transitare sul cls quando si raggiunge una resistenza minima di 4 MPa a compressione, ferma restando la resistenza caratteristica richiesta da progetto.

Nel caso fosse necessario transitare prima del raggiungimento di tale resistenza, il cls sarà opportunamente protetto da elementi ripartitori tali da scaricare una pressione congrua per le caratteristiche di resistenza misurata a quella data di maturazione.

Per quanto riguarda il calcestruzzo di calotta, fermo restando la resistenza caratteristica richiesta da progetto, si prescrive che il disarmo del getto non avvenga prima che il calcestruzzo stesso abbia raggiunto una resistenza di almeno 8 MPa (a meno di condizioni di spinta d'ammasso particolari).

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51-04-E-CV-RO-GN00-00-004-A00 <table border="1" data-bbox="1369 230 1476 315"> <tr> <td>Foglio 141 di 155</td> </tr> </table>	Foglio 141 di 155
Foglio 141 di 155		

## 9.7 Tecniche di consolidamento dei fronti di scavo

Le geometrie di consolidamento presentate negli elaborati grafici di progetto devono intendersi come geometrie "medie"; in presenza di anomalie localizzate su parte del fronte, o per esigenze locali di messa in sicurezza, non è esclusa la possibilità di una variazione "puntuale" delle quantità o delle geometrie dei consolidamenti. Pur rimanendo invariato il numero totale degli interventi, nello specifico potranno aversi zone del fronte con differenti densità di intervento in funzione delle caratteristiche geomeccaniche "puntuali" di ciascuna zona. Gli interventi di consolidamento precedentemente elencati dovranno essere dimensionati in modo da "cucire" la superficie di contatto tra le diverse formazioni, ovvero si dovrà prestare particolare attenzione nella definizione degli angoli di perforazione e delle lunghezze degli elementi. Detta operazione verrà definita nel dettaglio in corso d'opera, sulla base delle conoscenze geologiche ed idrogeologiche acquisite nel corso dello scavo, nonché in base ai rilievi dei fronti effettuati.

## 9.8 Soglie d'attenzione e d'allarme

In corso d'opera è prevista la possibilità di ritardare i valori numerici delle "soglie" di attenzione e di allarme previsti per i diversi litotipi. In questa fase le soglie risultano necessariamente derivate da parametrizzazioni geomeccaniche, schemi e modelli di calcolo basati sui dati ad oggi disponibili.

Per le motivazioni succitate i valori di soglia indicati in questa prima fase risultano indicativi e solo in fase di scavo gli stessi potranno essere ridefiniti più adeguatamente. Si precisa inoltre che i valori contenuti nella tabella sopra riportata sono riferiti al caso generale, mentre non sono utilizzabili in situazioni dove vi è la necessità di operare limitando le deformazioni (quali sottroversamenti di edifici/opere preesistenti).

## 9.9 Criticità

La progettazione delle sezioni tipo è stata condotta conformemente ai dati ad oggi disponibili. Qualora dovessero verificarsi, in fase di scavo, condizioni geomeccaniche e/o idrogeologiche (stress tettonici, rapporto tra tensioni verticali ed orizzontali nel terreno, etc.) diverse da quanto oggi ipotizzabile in base ai dati raccolti e disponibili, sarà necessario procedere ad una rivisitazione degli interventi, in particolar modo delle caratteristiche dei rivestimenti definitivi.

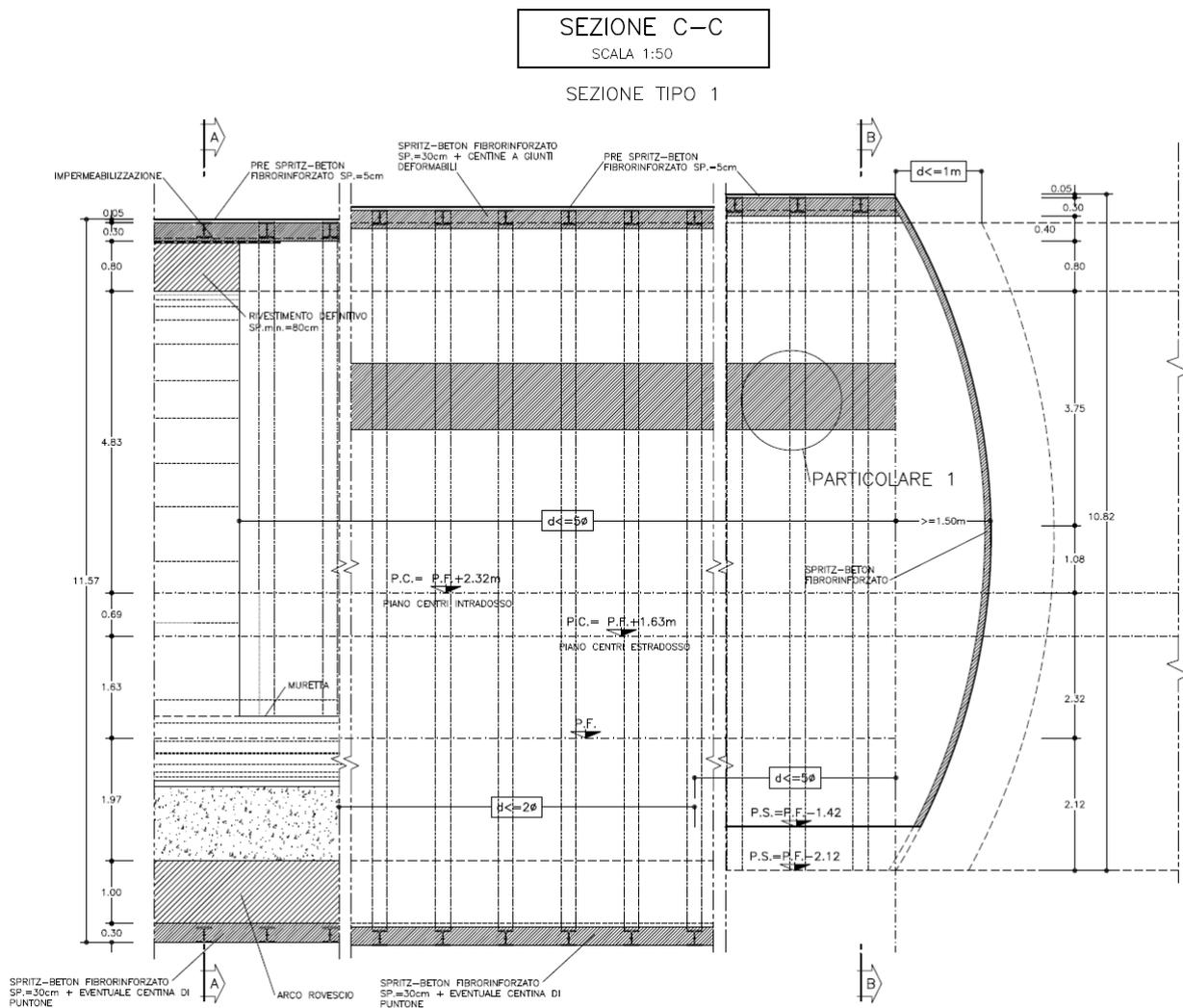
Inoltre sarebbe opportuno intensificare gli interventi di consolidamento delle sezioni tipo se dovessero manifestarsi problematiche locali durante gli scavi di avanzamento (quali splaccaggi del fronte e/o della calotta, situazioni geologiche puntuali, etc). La valutazione delle modifiche necessarie sarà compiuta dal progettista in funzione di quanto osservato e registrato nel corso degli scavi.

## 10. ALLEGATO 1 – SCHEMI SEZIONI DEFORMABILI

### 10.1 SQUEEZING DI GRADO MEDIO

#### Schema A - Sezione B4/1-B4/2 (spessore strutturale minimo 80cm)

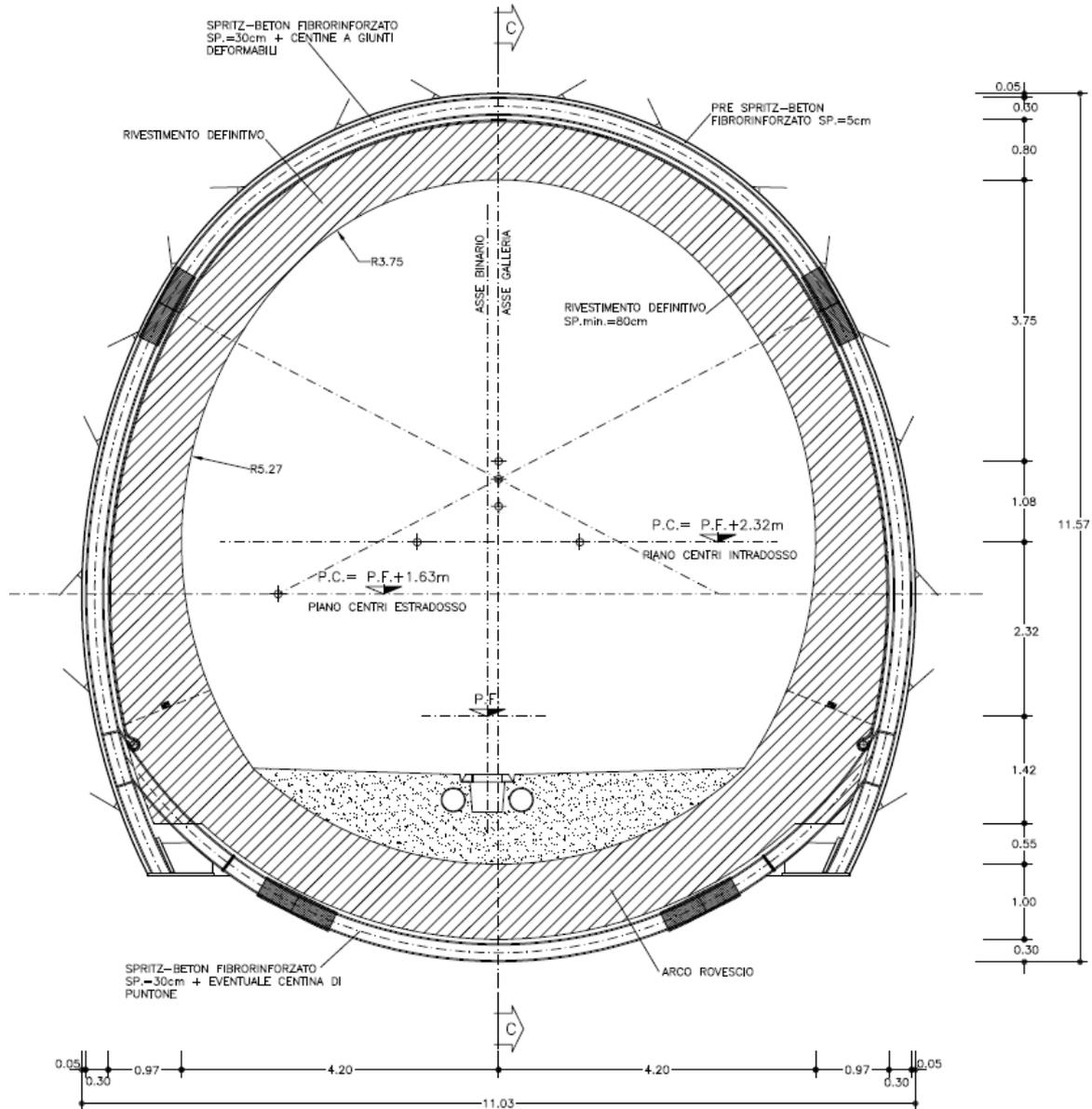
Carpenterie di rivestimento definitivo e sagome centine a giunti deformabili



SEZIONE A-A

SCALA 1:50

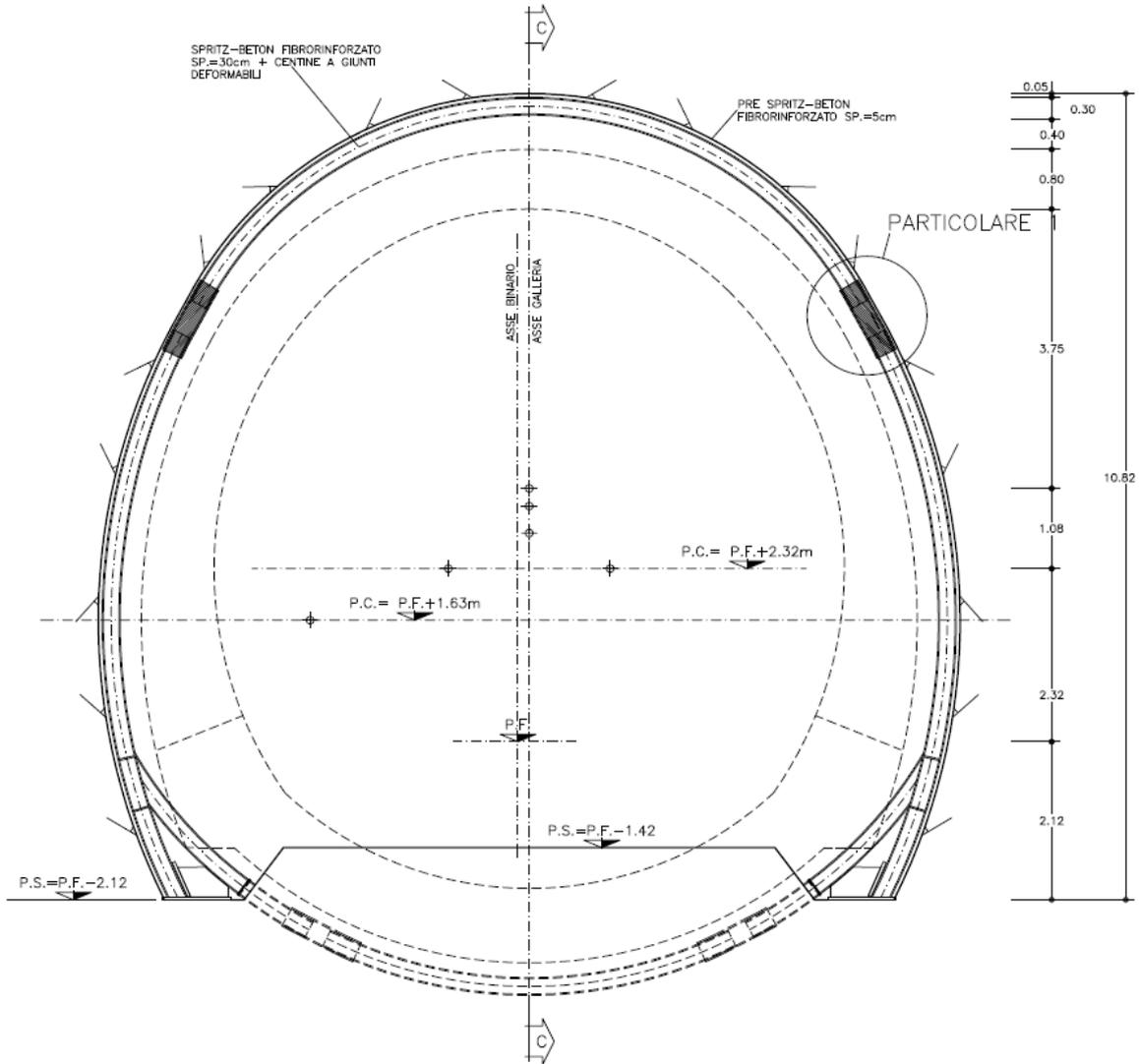
SEZIONE TIPO 1



SEZIONE B-B

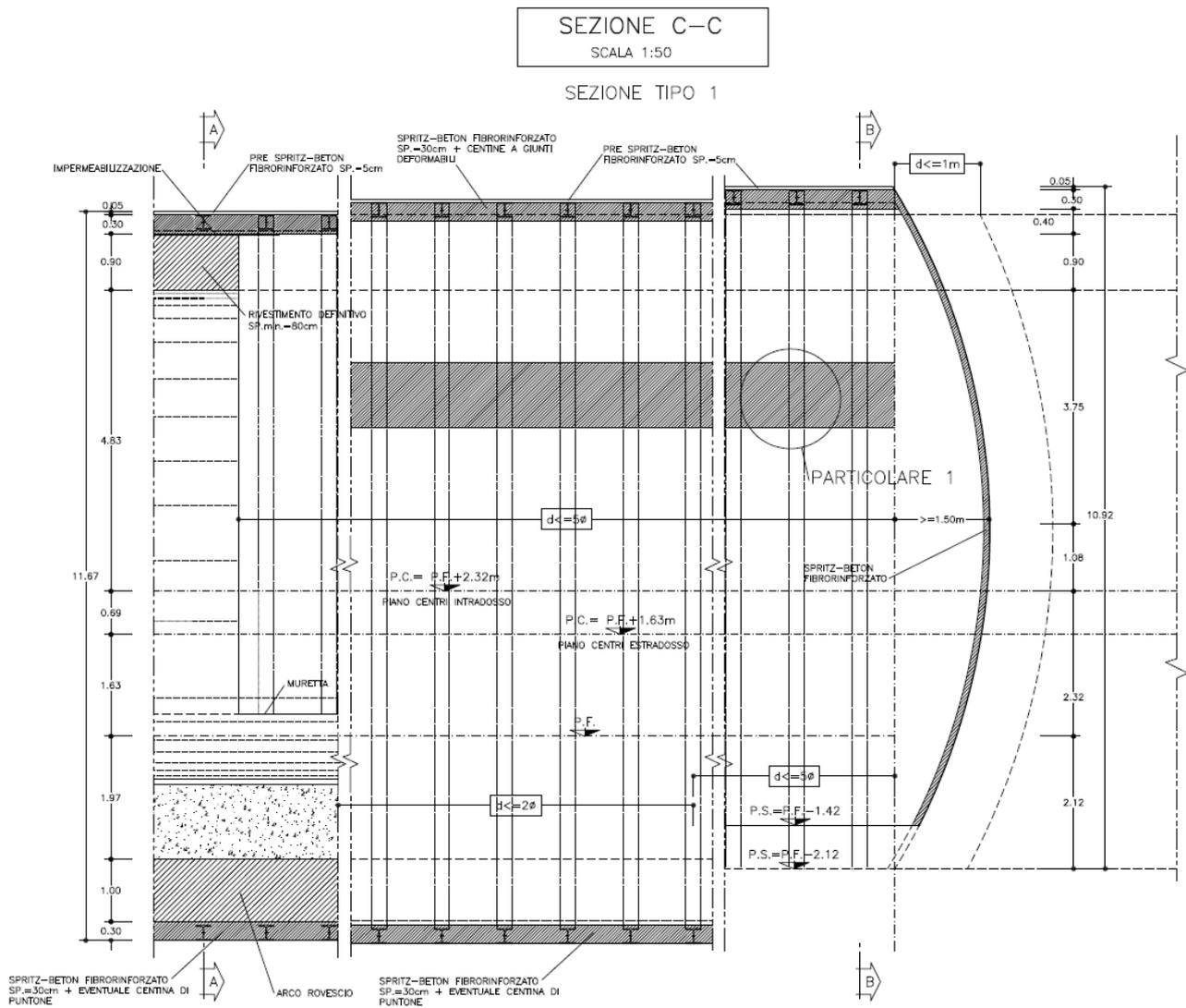
SCALA 1:50

SEZIONE TIPO 1



**Schema B - Sagome di sezione C2sb/C4Sb (spessore strutturale minimo 90cm)**

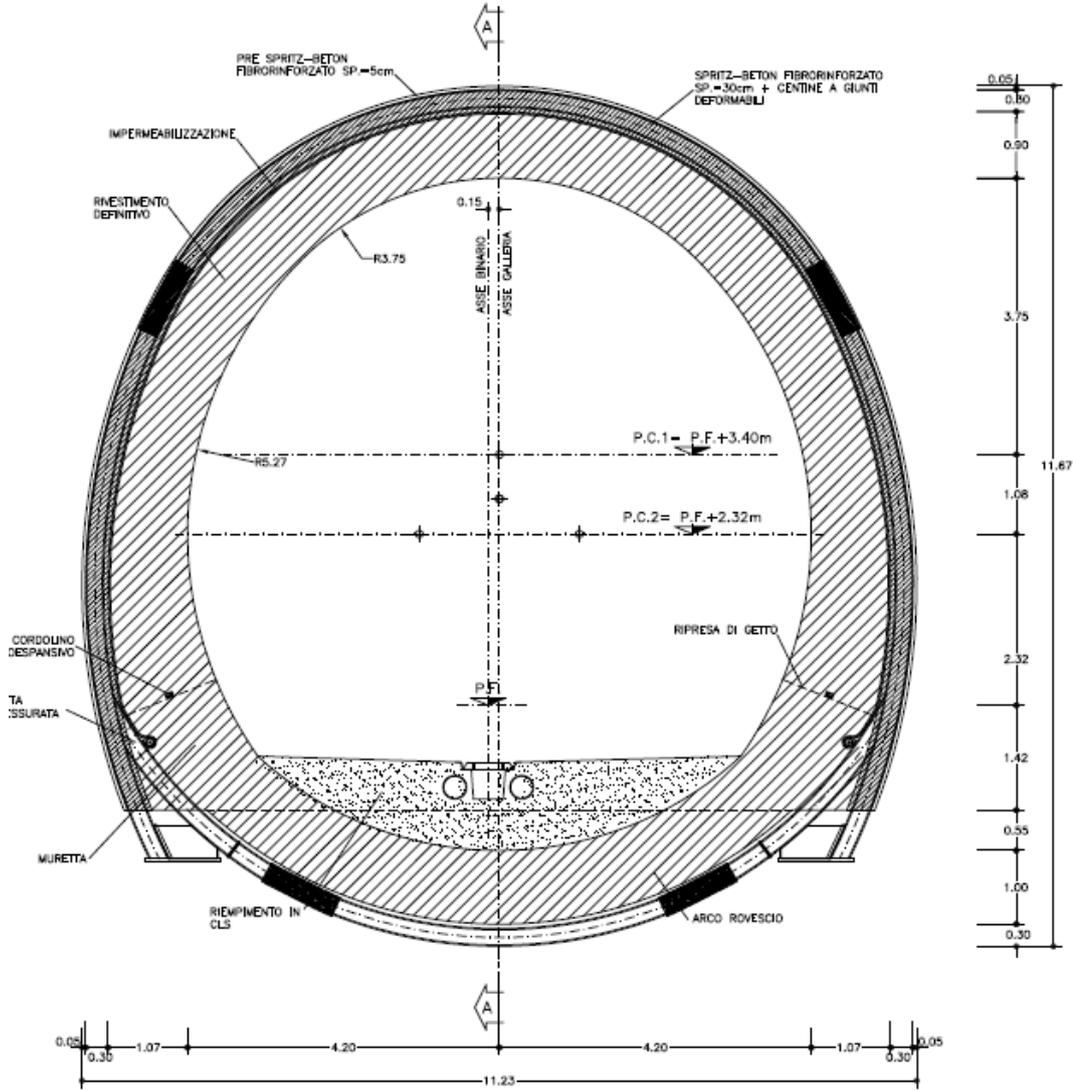
Carpenterie di rivestimento definitivo e sagome centine a giunti deformabili



SEZIONE A-A

SCALA 1:50

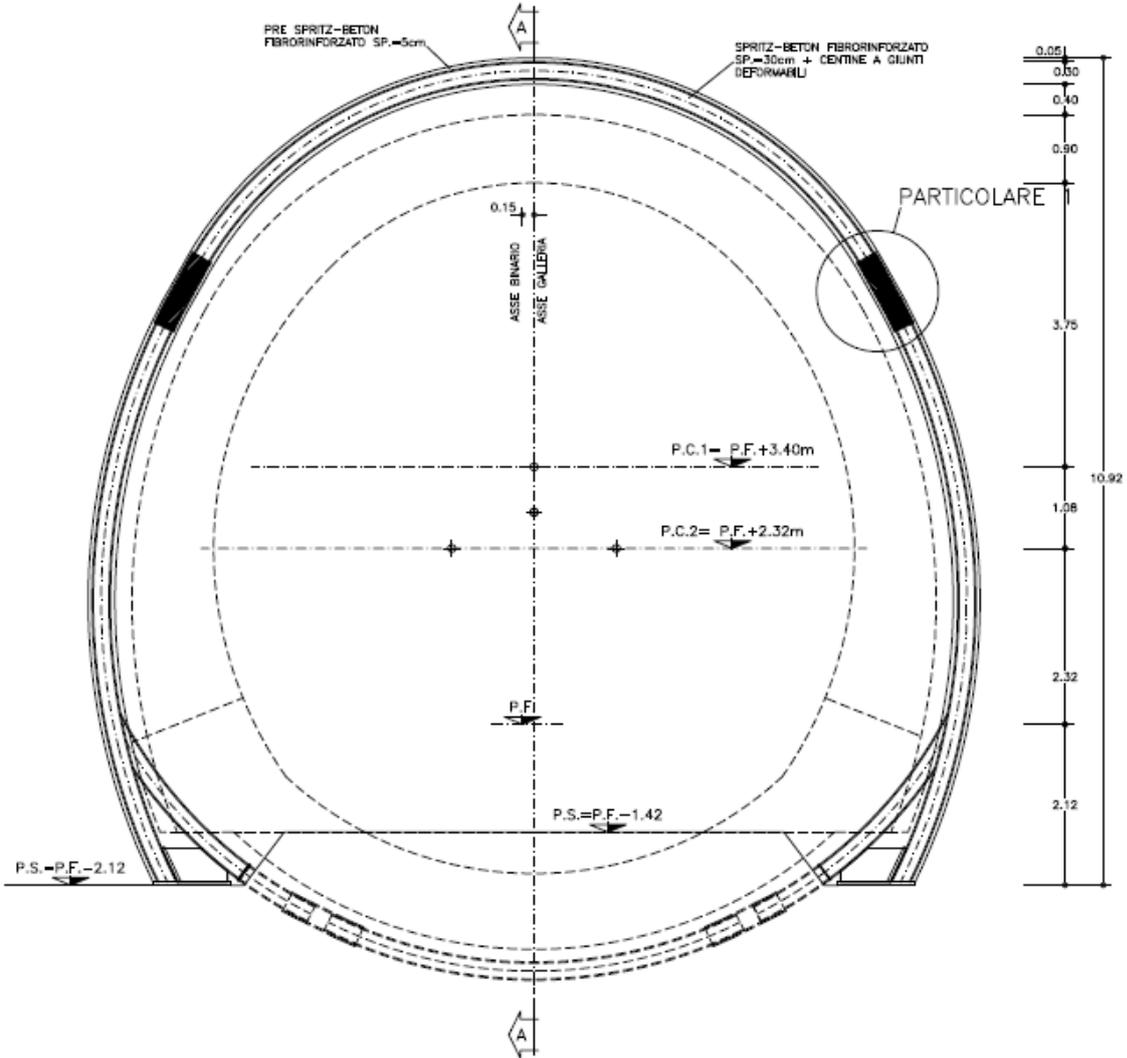
SEZIONE TRASVERSALE



SEZIONE B-B

SCALA 1:50

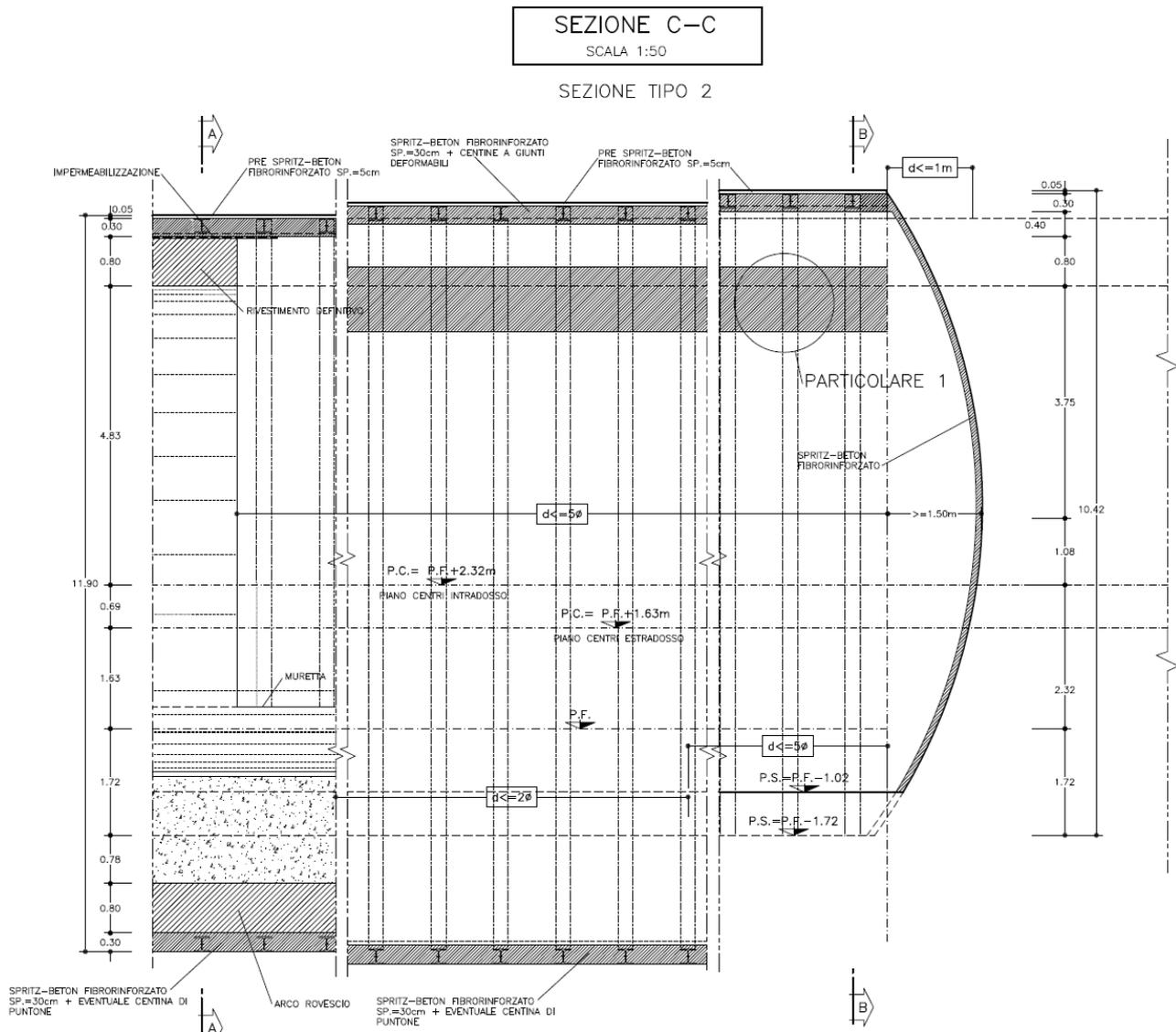
SEZIONE TRASVERSALE



## 10.2 SQUEEZING DI GRADO ELEVATO - Sezione con Arco rovescio ribassato

### Schema A - Sezione B4/1-B4/2 (spessore strutturale minimo 80cm)

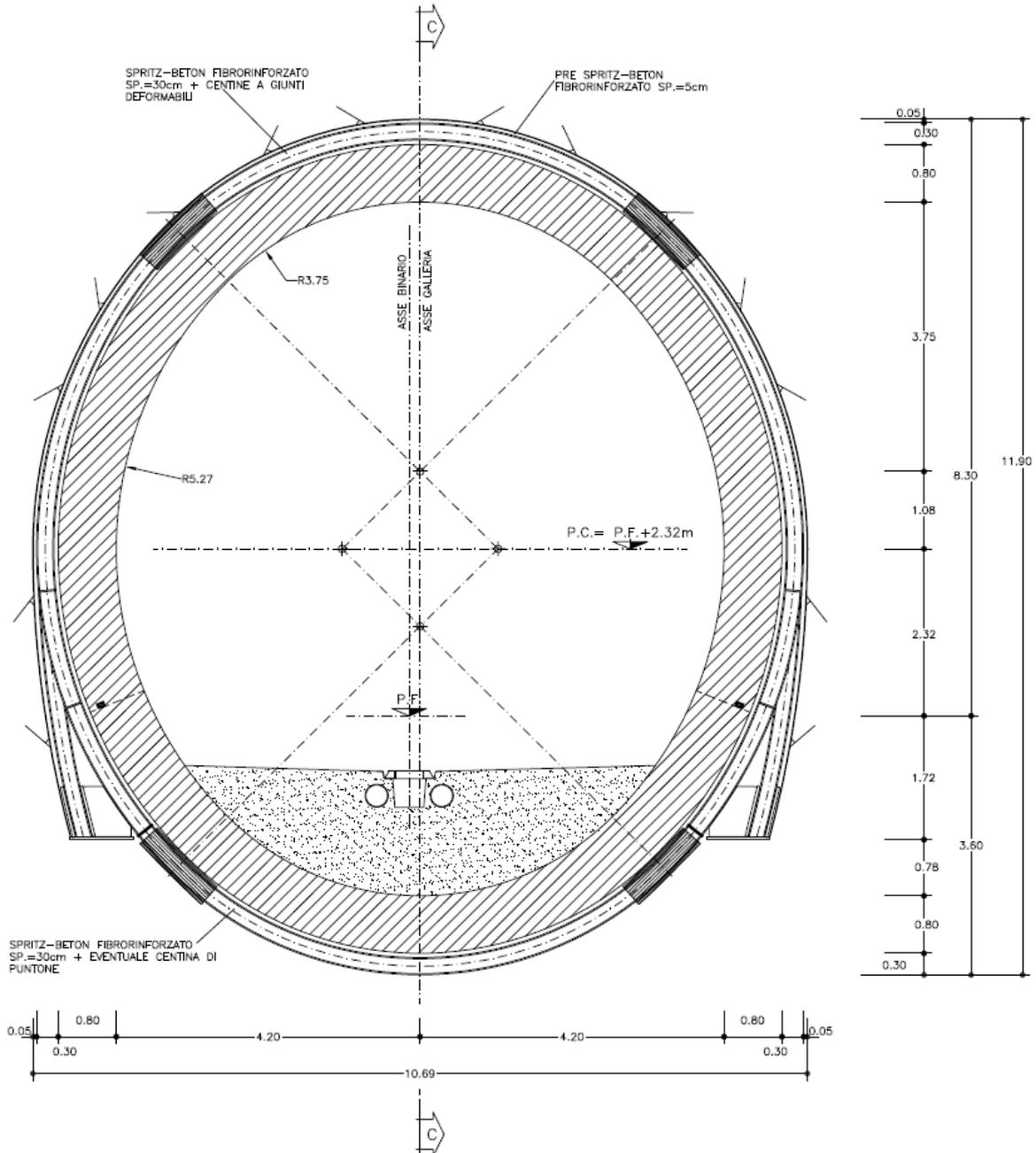
Carpenterie di rivestimento definitivo e sagome centine a giunti deformabili



SEZIONE A-A

SCALA 1:50

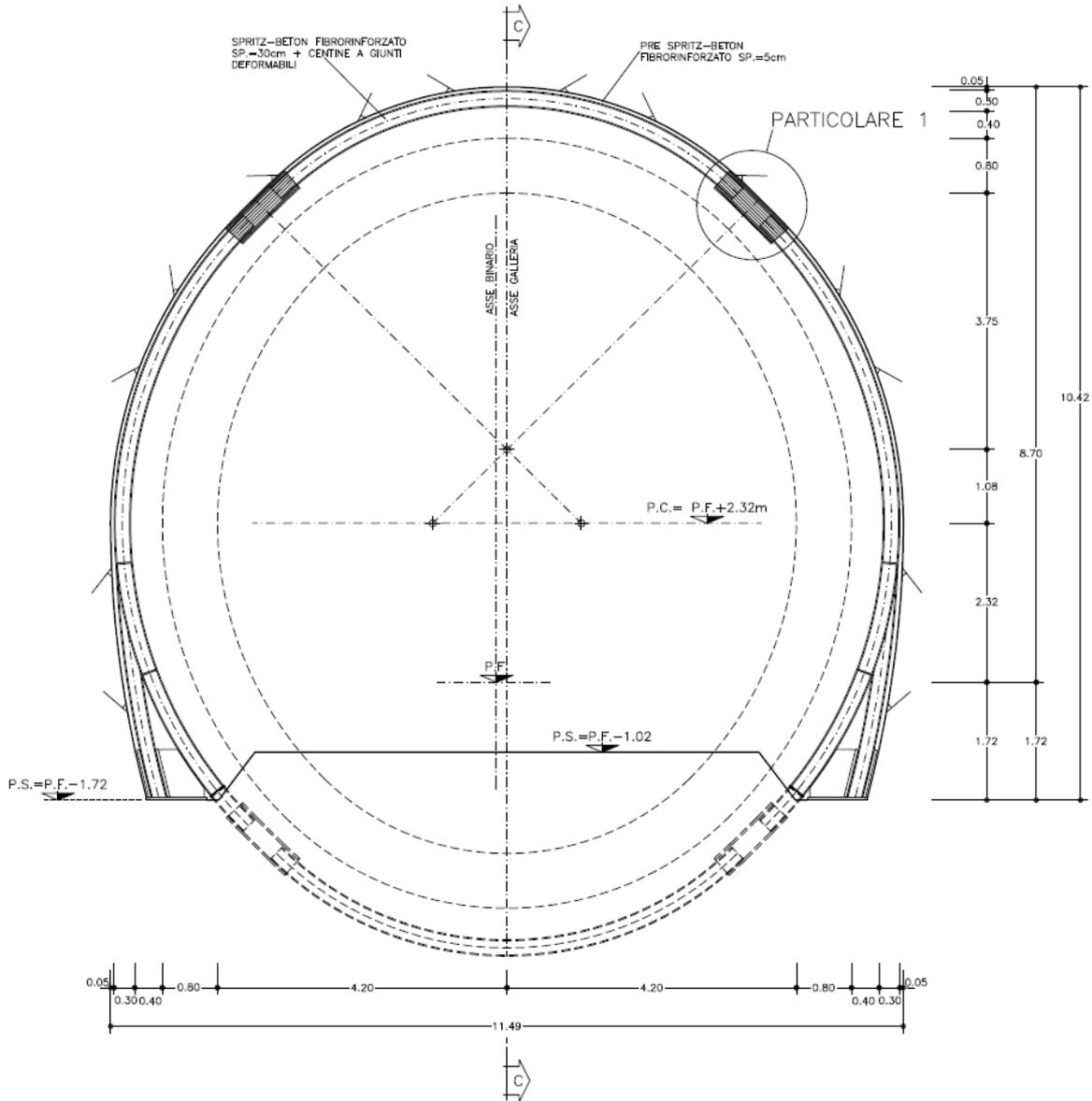
SEZIONE TIPO 2



SEZIONE B-B

SCALA 1:50

SEZIONE TIPO 2



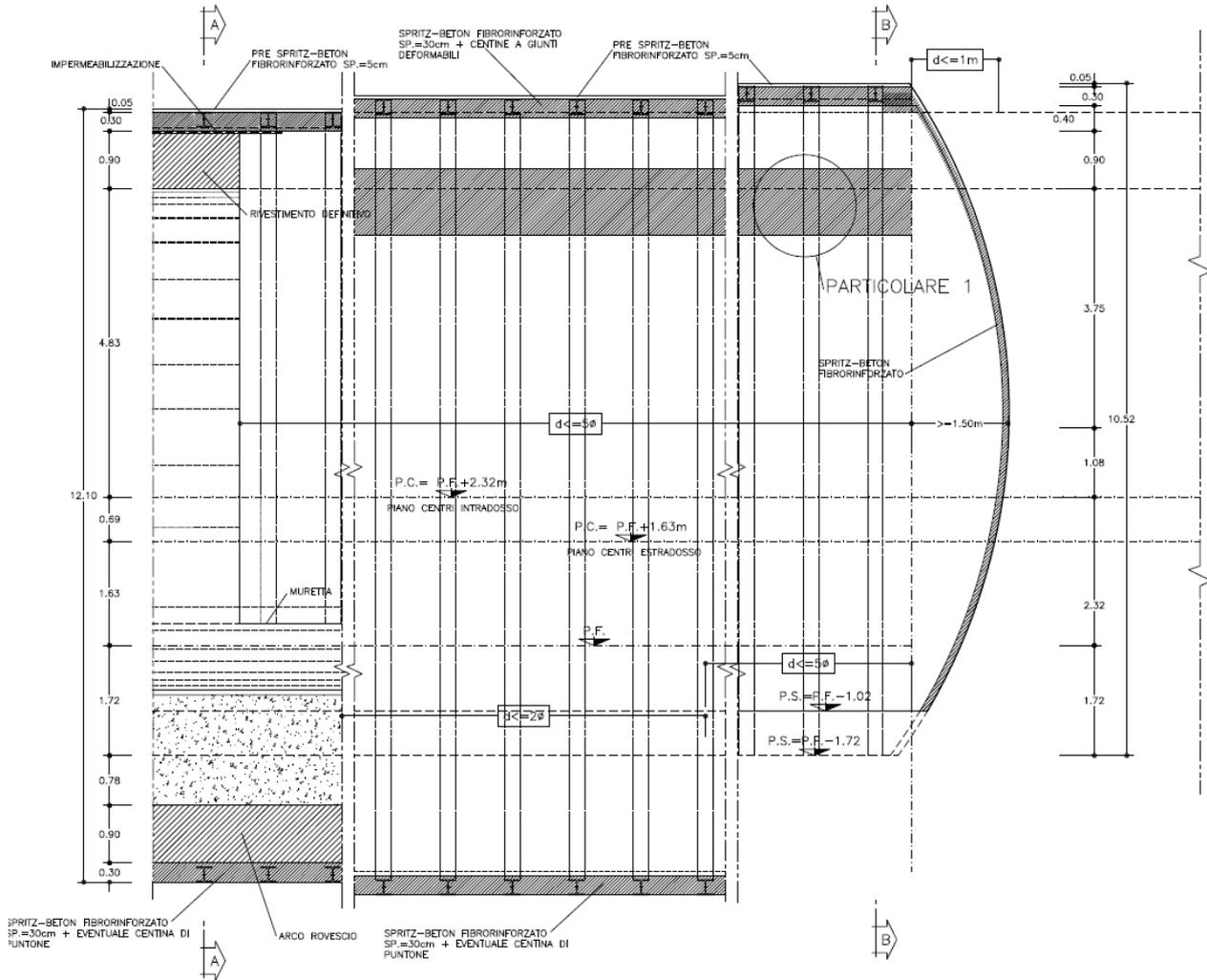
**Schema B - Sagome di sezione C2sb/C4Sb (spessore strutturale minimo 90cm)**

Carpenterie di rivestimento definitivo e sagome centine a giunti deformabili

SEZIONE C-C

SCALA 1:50

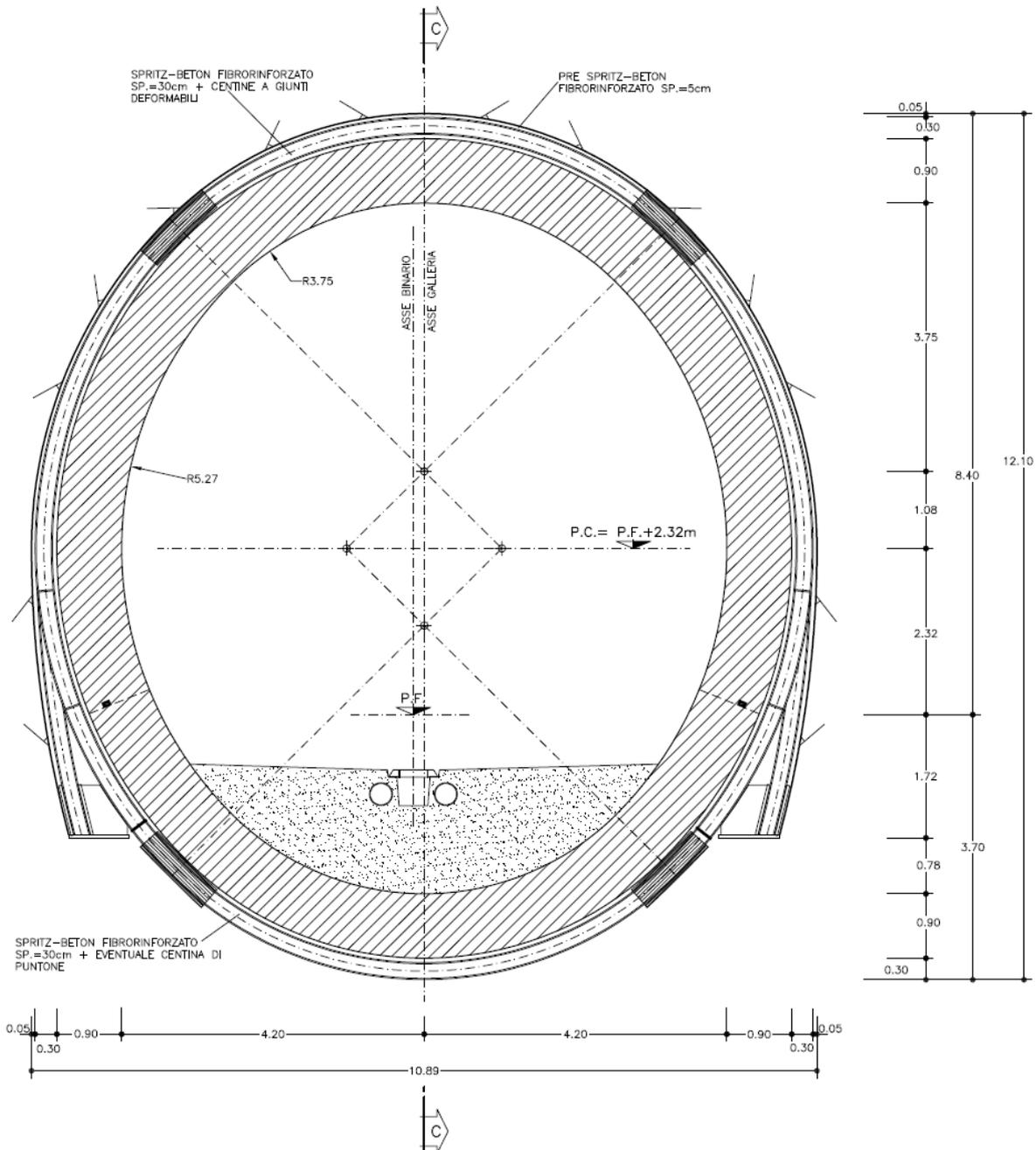
SEZIONE TIPO 2



SEZIONE A-A

SCALA 1:50

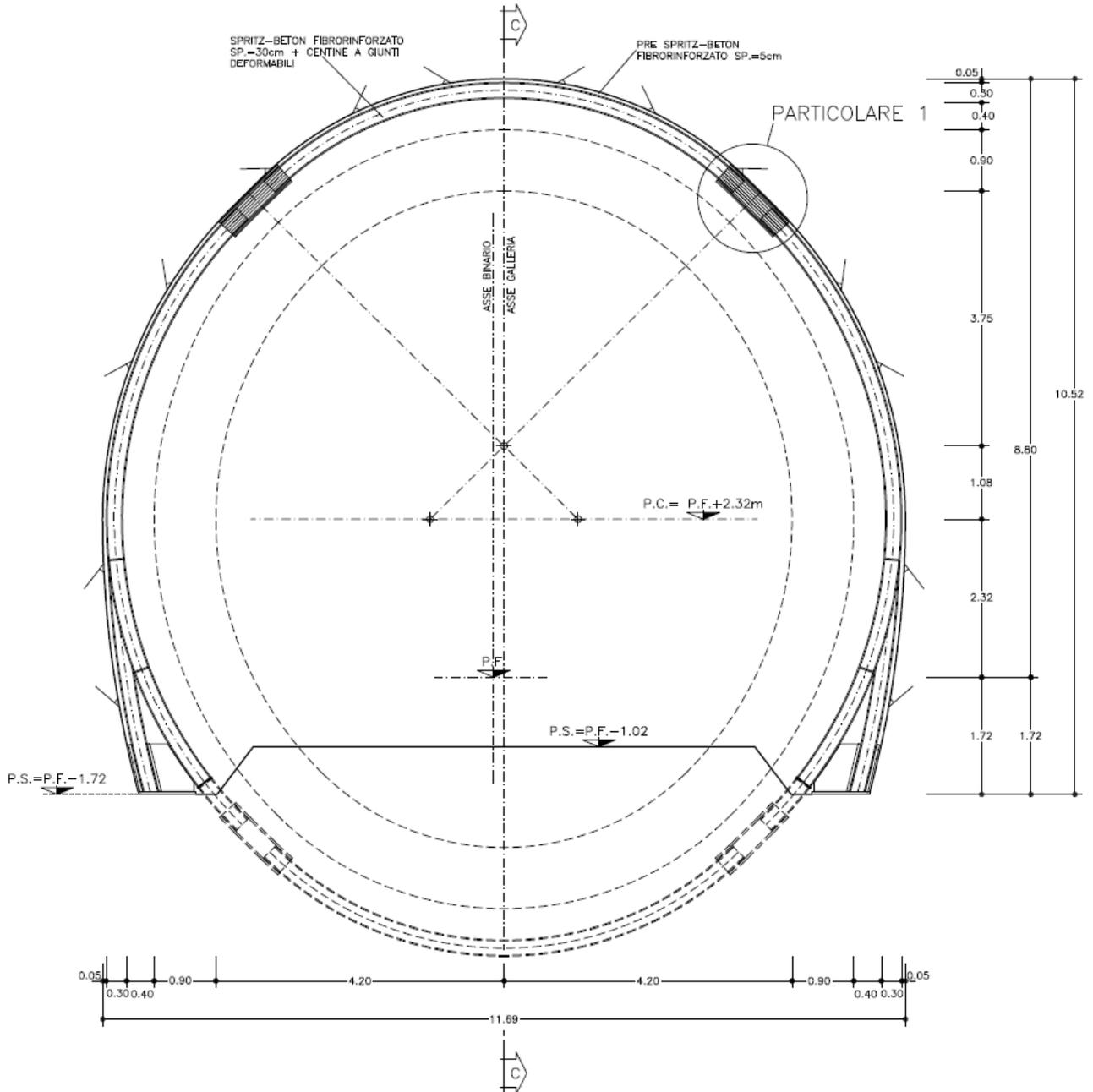
SEZIONE TIPO 2



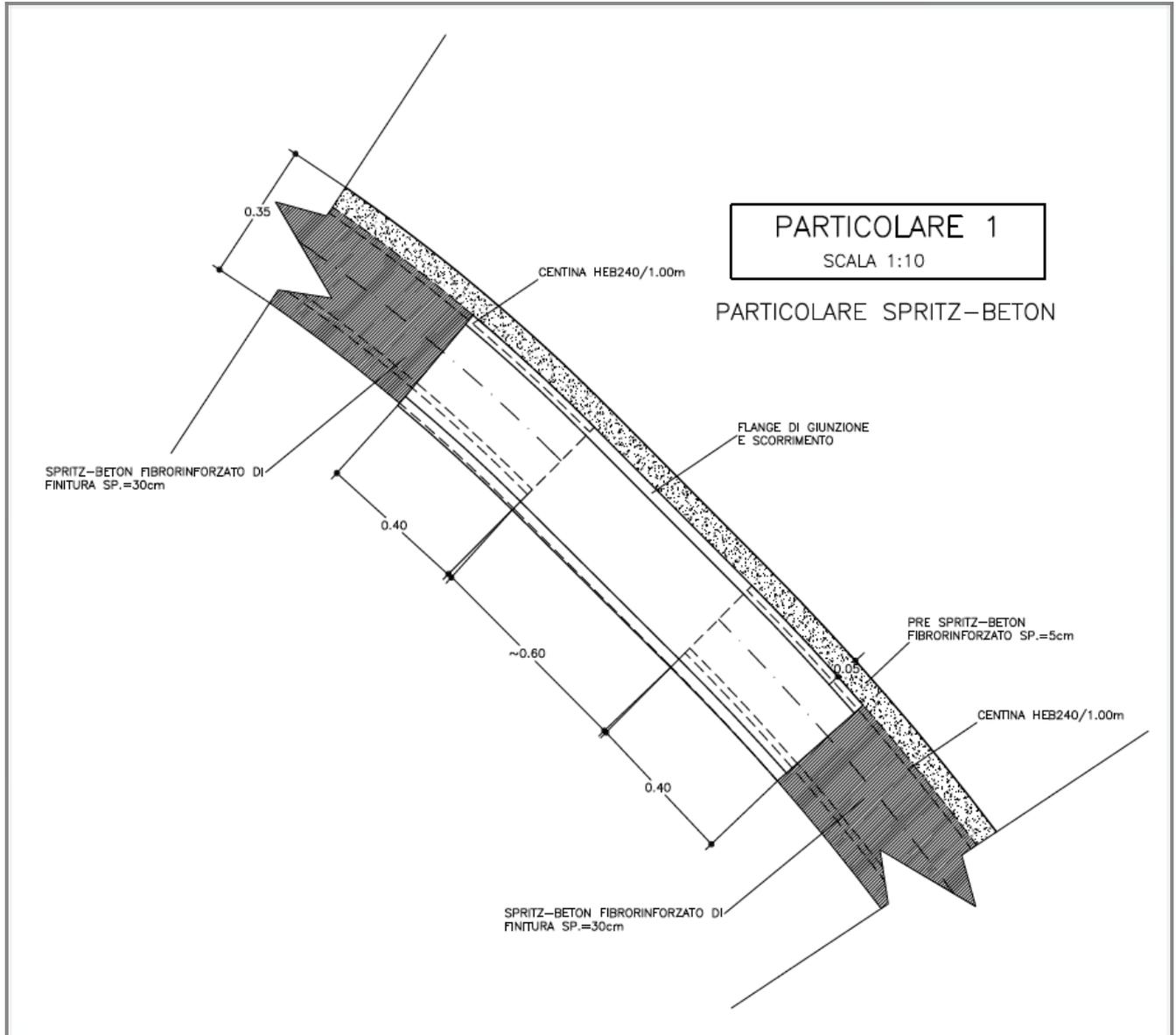
SEZIONE B-B

SCALA 1:50

SEZIONE TIPO 2



### 10.3 SCHEMA DI GIUNZIONE



## PARTICOLARE 2

SCALA 1:10

### PARTICOLARE PIASTRE DI GIUNZIONE

