

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:



MANDANTI:



IL DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE:

Ing. Paolo Cucino

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROV. DI TRENTO  
Responsabile integrazione fra le varie prestazioni specialistiche  
Dott. Ing. PAOLO CUCINO  
ISCRIZIONE ALBO N° 2216

### PROGETTO ESECUTIVO

TIPO DI ELABORATO:  
 DI DETTAGLIO  
 DI MODIFICA TECNICA

### PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"

GALLERIE

M-FINESTRA FUNES E GALLERIA DI SFOLLAMENTO

Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo in Scavo Tradizionale

APPALTATORE	COMMITTENTE	SCALA:
IL DIRETTORE TECNICO  Ing. Pietro Gianvecchio	IL RESPONSABILE DEI LAVORI Ing. Rosanna Del Maschio	-

COMMESSA    LOTTO    FASE    ENTE    TIPO DOC.    OPERA/DISCIPLINA    Progr.    Rev.

I B O U    1 B    E    Z Z    R H    G N 0 6 0 0    0 0 3    B

Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE	B. Fiorentino	01/12/2022	P. Fontana	02/12/2022	D. Buttafoco	05/12/2022	
B	Emissione a seguito RDV Italferr	M. Falanesca / F. Vaccaro	25/02/2023	D. Merlini	26/02/2023	D. Buttafoco	27/02/2023	

File: IB0U1BEZZRHGN0600003B.docx

n. Elab.: X

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
Mandataria:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
<b>GALLERIE</b> Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo in Scavo Tradizionale		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1AEZZ	RH	GN0600003	B 2 di 54

## SOMMARIO

<b>1. PREMESSA</b> .....	<b>4</b>
<b>2. SCOPO E CONTENUTI DEL DOCUMENTO</b> .....	<b>4</b>
<b>3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO</b> .....	<b>6</b>
3.1 NORMATIVE NON COGENTI E RACCOMANDAZIONI.....	6
<b>4. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO</b> .....	<b>7</b>
4.1 DOCUMENTI REFERENZIATI.....	7
4.2 PRESCRIZIONI E SPECIFICHE TECNICHE (RFI, ITF).....	8
4.3 BIBLIOGRAFIA .....	8
<b>5. DESCRIZIONE DELL'OPERA</b> .....	<b>9</b>
<b>6. FASE CONOSCITIVA</b> .....	<b>12</b>
6.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO – GEOMORFOLOGICO .....	12
6.2 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO .....	12
6.3 MODELLAZIONE GEOTECNICA.....	15
6.4 ANALISI DEL RISCHIO.....	16
6.5 DESCRIZIONE DELLE SEZIONI TIPO.....	17
6.5.1 Sezione A1* .....	18
6.5.2 Sezione B1 .....	19
6.5.3 Sezione B1L.....	20
6.5.4 Tronchino di innesto alla camera di manovra .....	21
6.5.5 Sezione della camera di manovra.....	22
6.5.6 Sezione della galleria di sfollamento – tipo A1.....	23
6.5.7 Sezione della galleria di sfollamento – tipo B1.....	24
6.5.8 Sezione A2C.....	25
6.5.9 Sezione B1LC - biforcazione finestra TBM e galleria di linea BP.....	29
<b>7. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI STRUTTURALI</b> .....	<b>33</b>
7.1 RIVESTIMENTO PROVVISORIO.....	33
7.2 RIVESTIMENTO DEFINITIVO.....	34
<b>8. ELEMENTI NECESSARI ALLA GESTIONE DELLE LINEE GUIDA E CRITERI APPLICATIVI</b> .....	<b>36</b>
8.1 DEFINIZIONE DELLE CARATTERISTICHE GEOLOGICHE-GEOMECCANICHE DELL'AMMASSO .....	37

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
Mandatario:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
<b>GALLERIE</b> Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo in Scavo Tradizionale	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
	IBOU	1AEZZ	RH	GN0600003	B	3 di 54

8.2	VALORI SOGLIA .....	38
8.3	PROCEDURA DI APPLICAZIONE DELLE SEZIONI TIPO E GESTIONE DELLE VARIABILITÀ DEGLI INTERVENTI .....	39
<b>9.</b>	<b>VALORI ATTESI DI SOGLIA.....</b>	<b>43</b>
<b>10.</b>	<b>CAMPI DI APPLICAZIONE E VARIABILITÀ DELLE SEZIONI TIPO .....</b>	<b>45</b>
10.1	SEZIONE TIPO A1* .....	45
10.2	SEZIONE TIPO A2C.....	45
10.3	SEZIONE TIPO B1L .....	46
10.4	SEZIONE TIPO B1.....	46
10.5	SEZIONE TIPO B1LC .....	46
10.6	SINTESI DEI CAMPI DI APPLICAZIONE .....	48
10.7	SINTESI DELLE VARIABILITÀ DELLE SEZIONI TIPO.....	49
<b>11.</b>	<b>PRESCRIZIONI TECNICHE GENERALI E TECNOLOGIE ALTERNATIVE .....</b>	<b>52</b>
11.1	PROCEDURE DI FERMO FRONTE .....	52
11.2	PRE-SPRITZ AL FRONTE E CONTORNO DURANTE LA FASE DI SCAVO – FUNZIONE E SUA APPLICAZIONE .....	53
11.3	CARATTERISTICHE MINIME DI RESISTENZA DEL CALCESTRUZZO IN RELAZIONE ALLE FASI OPERATIVE .....	53
11.4	TECNICHE DI CONSOLIDAMENTO DEI FRONTI DI SCAVO.....	53
11.5	TECNOLOGIE ALTERNATIVE DI PERFORAZIONE.....	53
11.6	TECNOLOGIE ALTERNATIVE PER BULLONATURE RADIALI.....	54

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
Mandatario:	Mandanti:		PROGETTO ESECUTIVO			
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA	GDP GEOMIN	SIFEL SIST			
	M Ingegneria					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo in Scavo Tradizionale	IBOU	1AEZZ	RH	GN0600003	B	4 di 54

## 1. PREMESSA

La finestra di Funes è costituita da un ramo principale realizzato in scavo meccanizzato ed un ramo secondario realizzato in scavo tradizionale. Il ramo secondario della finestra di Funes si innesta alla progressiva chilometrica 16+155.475 (BP) della Galleria Gardena ed ha uno sviluppo di 97.23 m più 55.20 m di biforcazione della finestra tra la TBM e lo scavo in tradizionale.

La presente relazione riporta le linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo da adottare nell'ambito della realizzazione della camera di manovra di Funes e del relativo innesto con la galleria di linea; del ramo secondario dell'omonima Finestra (GN06A), comprensivo di biforcazione della finestra tra TBM e tratta in tradizionale (GN06G); della galleria di sfollamento e della biforcazione della finestra tra TBM e galleria di linea BP (GN02R).

Tutte le opere fanno parte del Progetto Esecutivo del lotto 1 della linea tratta Fortezza-Ponte Gardena, sull'itinerario Fortezza – Verona. La galleria e la camera di manovra saranno entrambe scavate a foro cieco.

Le opere in oggetto ricadono nei limiti comunali di Funes in provincia di Bolzano.

Nel seguito, dopo una breve descrizione delle sezioni tipo previste in progetto si riportano i criteri di applicabilità delle stesse, le soglie di attenzione e di allarme ed una dettagliata descrizione delle variabilità previste per le diverse sezioni.

## 2. SCOPO E CONTENUTI DEL DOCUMENTO

Le presenti linee guida intendono fornire gli strumenti necessari per il controllo degli scavi durante l'esecuzione dei lavori, ovvero un set di indicatori da monitorare ed i relativi valori attesi, di attenzione ed allerta per verificare in corso d'opera l'efficacia delle scelte progettuali.

Tale documento rappresenta lo strumento operativo per la verifica e la messa a punto del progetto nella fase realizzativa, consentendo di:

- confermare le sezioni tipo previste per le tratte omogenee, come da profilo geotecnico, secondo i criteri di applicazione definiti in progetto,
- definire le variazioni degli interventi da effettuarsi nell'ambito delle variabilità previste in progetto sulla base di quanto riscontrato in fase di scavo,
- definire il passaggio tra una sezione tipo ed un'altra presente nel progetto all'interno delle tratte omogenee,
- definire e raccogliere tutti gli adeguati elementi oggettivi a supporto della definizione di una sezione tipo che, senza alterare l'impostazione progettuale, differisca da quelle già previste in progetto esecutivo in termini di schemi di consolidamento, priverestimento, impermeabilizzazione e rivestimento definitivo, anche se tali modifiche conducano a lavorazioni in quantità al di fuori dei campi di variabilità individuati in fase di progettazione.

APPALTATORE: 	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI          REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA          LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA          TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>  <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>																	
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria							<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IBOU</td> <td>1AEZZ</td> <td>RH</td> <td>GN0600003</td> <td>B</td> <td>5 di 54</td> </tr> </tbody> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.													
IBOU	1AEZZ	RH	GN0600003	B	5 di 54													
<b>GALLERIE</b> Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo in Scavo Tradizionale																		

Il documento descrive i parametri di riferimento, oggettivi e riscontrabili/misurabili in fase di scavo, e i relativi valori attesi, a cui sono associate soglie di attenzione e di allerta che guidano nell'applicazione delle previste variabilità.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>GALLERIE</b> Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo in Scavo Tradizionale	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0600003	REV. B	FOGLIO. 6 di 54

### 3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- Rif. [1] Decreto Ministero delle Infrastrutture e Trasporti 14/01/2008, "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni";
- Rif. [2] C.S.LL.PP., Circolare n° 617 del 02/02/2009, "Istruzioni per l'applicazione delle "nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al DM 14/01/2008".
- Rif. [3] Legge 05.11.1971 n. 1086 : "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica".
- Rif. [4] Manuale di Progettazione delle Opere Civili. Parte II – Sezione 4 – Gallerie (RFI DTC SI GA MA IFS 001 A). Emissione 30/12/2016;
- Rif. [5] Manuale di Progettazione delle Opere Civili. Parte II – Sezione 6 – Sagome e Profilo minimo degli ostacoli (RFI DTC SI CS MA IFS 003 A). Emissione 30/12/2016.
- Rif. [6] Regolamento del 18/11/2014 della Commissione dell'Unione Europea – 1303/2014 - relativa alla Specifica Tecnica di Interoperabilità concernente "la sicurezza nelle gallerie ferroviarie" nel sistema ferroviario transeuropeo convenzionale e ad alta velocità;
- Rif. [7] Regolamento del 18/11/2014 della Commissione dell'Unione Europea – 1300/2014 - relativa ad una Specifica Tecnica di Interoperabilità concernente le "persone a mobilità ridotta" nel sistema ferroviario transeuropeo convenzionale e ad alta velocità;
- Rif. [8] Regolamento del 18/11/2014 della Commissione dell'Unione Europea – 1299/2014 - relativa ad una Specifica Tecnica di Interoperabilità per il sottosistema "infrastruttura" del sistema ferroviario transeuropeo ad alta velocità.

#### 3.1 NORMATIVE NON COGENTI E RACCOMANDAZIONI

- Rif. [9] SIG, "Linee guida per la progettazione, l'appalto e la costruzione di opere in sotterraneo", 1997;
- Rif. [10] ITA, "Guidelines for the design of tunnels", 1988.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
<b>GALLERIE</b>		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo in Scavo Tradizionale		IBOU	1AEZZ	RH	GN0600003	B	7 di 54

## 4. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

### 4.1 DOCUMENTI REFERENZIATI

Relazione tecnica generale delle opere in sotterraneo	IBOU1BEZZRGGN0000001
Profilo geotecnico - ramo principale	IBOU1BEZZFZGN0600001
Profilo geotecnico - ramo secondario	IBOU1BEZZFZGN0600002
Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	IBOU1BEZZCLGN0600001
Finestra Funes - Relazione monitoraggio	IBOU1BEZZRHGN0600001
Finestra Funes - Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo in Scavo Tradizionale	IBOU1BEZZRHGN0600003
Planimetria e profilo longitudinale - Ramo Galleria Tradizionale	IBOU1BEZZL9GN0600001
Sezione di intradosso F1 . Sezione tipo A1*. Scavo e consolidamenti	IBOU1BEZZBBGN0600001
Sezione di intradosso F1 . Sezione tipo A1*. Carpenteria e particolari	IBOU1BEZZBBGN0600002
Sezione di intradosso F1 . Sezione tipo A1*. Carpenteria centina	IBOU1BEZZBBGN0600003
Sezione di intradosso F1 . Sezione tipo B1. Scavo e consolidamenti	IBOU1BEZZBBGN0600009
Sezione di intradosso F1 . Sezione tipo B1. Carpenteria e particolari	IBOU1BEZZBBGN0600010
Sezione di intradosso F1 . Sezione tipo B1. Carpenteria centina	IBOU1BEZZBBGN0600011
Innesto CM con galleria di linea in BD - Scavo e consolidamenti 1/2	IBOU1BEZZBBGN0600021
Innesto CM con galleria di linea in BD - Scavo e consolidamenti 2/2	IBOU1BEZZBBGN0600022
Innesto CM con galleria di linea in BD - Carpenteria - Planimetria	IBOU1BEZZBBGN0600023
Innesto CM con galleria di linea in BD - Carpenteria - Sezioni	IBOU1BEZZBBGN0600024
Innesto CM con galleria di linea in BP - Scavo e consolidamenti 1/2	IBOU1BEZZBBGN0600030
Innesto CM con galleria di linea in BP - Scavo e consolidamenti 2/2	IBOU1BEZZBBGN0600031
Innesto CM con galleria di linea in BP - Carpenteria - Planimetria	IBOU1BEZZBBGN0600032
Innesto CM con galleria di linea in BP - Carpenteria - Sezioni	IBOU1BEZZBBGN0600033
Galleria di sfollamento - Pianta e profilo	IBOU1BEZZL9GN0600002
Galleria di sfollamento - Sezione tipo A1 - Scavo e consolidamenti	IBOU1BEZZBBGN0600038
Galleria di sfollamento - Sezione tipo A1 - Carpenteria e particolari	IBOU1BEZZBBGN0600039
Galleria di sfollamento - Sezione tipo A1 - Carpenteria centina	IBOU1BEZZBBGN0600040
Camera di Manovra - Scavo e consolidamenti	IBOU1BEZZBBGN0600042
Camera di Manovra - Carpenteria e particolari	IBOU1BEZZBBGN0600043
Camera di Manovra - Carpenteria centina	IBOU1BEZZBBGN0600044
Innesto galleria di sfollamento su camerone e su bypass - Carpenteria e particolari	IBOU1BEZZBBGN0600051
Sezione di intradosso F1 . Sezione tipo B1L. Scavo e consolidamenti	IBOU1BEZZBBGN0600071
Sezione di intradosso F1 . Sezione tipo B1L. Carpenteria e particolari	IBOU1BEZZBBGN0600072
Sezione di intradosso F1 . Sezione tipo B1L. Carpenteria centina	IBOU1BEZZBBGN0600073
Galleria di Sfollamento - Sezione Tipo B1 - Scavo e consolidamenti	IBOU1BEZZBBGN0600074
Galleria di Sfollamento - Sezione Tipo B1 - Carpenteria e particolari	IBOU1BEZZBBGN0600075
Galleria di Sfollamento - Sezione Tipo B1 - Carpenteria centina	IBOU1BEZZBBGN0600076
Camera di Manovra - Sequenze Costruttive	IBOU1BEZZP9GN0600001
Tronchino di innesto Bin. Pari (SezioneTipo I0) - Scavo e Consolidamenti	IBOU1BEZZBBGN0600060
Tronchino di innesto Bin. Pari (SezioneTipo I0) - Carpenteria e particolari	IBOU1BEZZBBGN0600061
Tronchino di innesto Bin. Dispari (SezioneTipo I0) - Scavo e Consolidamenti	IBOU1BEZZBBGN0600062
Tronchino di innesto Bin. Dispari (SezioneTipo I0) - Carpenteria e particolari	IBOU1BEZZBBGN0600063

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
Mandatario:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
<b>GALLERIE</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo in Scavo Tradizionale	IBOU	1AEZZ	RH	GN0600003	B	8 di 54

Tronchino di innesto (Sezione Tipo I0) - Carpenteria centina	IBOU1BEZZBBGN0600064
Biforcazione finestra tradizionale e TBM - Fasi costruttive	IBOU1BEZZP9GN0600002
Biforcazione finestra tradizionale e TBM - Sezione Tipo A2C - Scavo e consolidamenti	IBOU1BEZZBBGN0600065
Biforcazione finestra tradizionale e TBM - Sezione Tipo A2C - Carpenteria	IBOU1BEZZBBGN0600066
Biforcazione finestra tradizionale e TBM - Sezione Tipo A2C - Carpenteria centina	IBOU1BEZZBBGN0600067
Biforcazione finestra TBM e galleria di linea BP - Fasi costruttive	IBOU1BEZZP9GN0600003
Biforcazione finestra TBM e galleria di linea BP - Sezione Tipo B1LC - Scavo e consolidamenti	IBOU1BEZZBBGN0600068
Biforcazione finestra TBM e galleria di linea BP - Sezione Tipo B1LC - Carpenteria	IBOU1BEZZBBGN0600069
Biforcazione finestra TBM e galleria di linea BP - Sezione Tipo B1LC - Carpenteria centina	IBOU1BEZZBBGN0600070
Caratteristiche dei materiali - Note generali - Opere parte B	IBOU1BEZZSPGN0000001

#### 4.2 PRESCRIZIONI E SPECIFICHE TECNICHE (RFI, ITF)

- Rif. [11] RFI, doc RFI DTC SI MA IFS 001 A "Manuale di Progettazione delle opere civili" datato Dic 2016;
- Rif. [12] ITALFERR, Specifica Tecnica PPA,0002403 "Linee guida per la progettazione geotecnica delle gallerie naturali" datato Dicembre 2015.

#### 4.3 BIBLIOGRAFIA

- Rif. [13] Lunardi P. (2006). Progetto e Costruzione di Gallerie: Analisi delle deformazioni controllate nelle rocce e nei suoli - ADECO-RS – (Hoepli Ed.);
- Rif. [14] Lembo Fazio A., Ribacchi R. (1984). Progressi nella realizzazione e nell'interpretazione delle prove di carico su piastra negli ammassi rocciosi. Riv. It. Geotecnica, 18, 1-11;
- Rif. [15] Hoek E., Brown E.T. (1988). The Hoek-Brown failure criterion – a 1988 update. Proc. 15th Canadian Rock Mechanics Symposium, 31-38;
- Rif. [16] Hoek E., Marinos P. (2000). GSI: A geological friendly tool for rock mass strength estimation. Proc. GeoEng 2000 at the International Conference on Geotechnical and Geological Engineering, 1422-1446;
- Rif. [17] Hoek E., Diederichs M. S. (2006). Empirical Estimation of rock mass modulus. Int. J. Rock Mech. & Mining Sciences, 43, 203-215;
- Rif. [18] Hoek E., Brown E.T. (1997). Practical estimates of rock mass strength. Int. J. Rock Mech. & Geomechanics Abstracts, 1165-1186;
- Rif. [19] Jethwa J.L., Singh B and Singh B. (1984). Estimation of ultimate rock pressure for tunnel linings under squeezing rock conditions – a new approach. Design and Performance of Underground Excavations, ISRM Symposium, Cambridge, E.T. Brown and J.A.Hudsoneds., pp. 231-238.
- Rif. [20] Hoek E., Marinos P. - Predicting tunnel squeezing problems in weak heterogeneous rocks. Tunnels and Tunneling International, 2000.



APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
Mandatario:	Mandanti:	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo in Scavo Tradizionale	IBOU	1AEZZ	RH	GN0600003	B	9 di 54

## 5. DESCRIZIONE DELL'OPERA

La Finestra di Funes è suddivisa in un ramo principale, realizzato in scavo meccanizzato ed un ramo secondario realizzato, invece, con metodo di scavo tradizionale.

Il ramo principale, parte dal km 0+000.00 fino al km 0+650.00 corrispondente al km 16+439.86 del B.P. della Galleria Gardena, comprensivo della tratta di biforcazione della finestra in TBM con la galleria di linea in tradizionale (GN02R).

Il ramo secondario, invece, parte dal km 0+000.00 (coincidente con il km 0+290.803 del ramo principale in TBM) fino al km 0+152.43, ovvero in corrispondenza del camerone di manovra (che si innesta, quindi, al km 16+155.475 del B.P. della Galleria Gardena). E' una galleria costruttiva che è propedeutica ai lavori di scavo della galleria di linea. In esercizio, la finestra verrà utilizzata come uscita di emergenza.

Il tracciato planimetrico della Finestra di Funes, a partire dal km 0+000.00 del ramo secondario è costituito da un tratto di biforcazione della finestra stessa tra la TBM e lo scavo in tradizionale avente raggio di curvatura pari a 100m; invece, a partire dal km 0+050.00 è presente un tratto rettilineo, di scavo in tradizionale, in uscita perpendicolarmente dalle gallerie di linea binario pari per 97.23m più 75.34 m di camerone di manovra.

Dal punto di vista altimetrico, dopo un tratto di circa 90 m dall'innesto con pendenza nulla, la livelletta ha pendenza decrescente verso lo sbocco della galleria, pari al 11.355% per un tratto di 88.52 m circa e nuovamente decrescente con pendenza pari al 95.115% nel tratto di biforcazione della finestra tra TBM e scavo in tradizionale, per una lunghezza di 35m.

Di seguito, con riferimento al ramo secondario della Finestra di Funes, sono elencate le progressive di riferimento dell'opera in oggetto della presente relazione:

- Da pk 0+000.00 a pk 0+055.196 (L=55.20 m) biforcazione tunnel TBM/ tunnel in tradizionale GN06G;
- Da pk 0+055.196 a pk 0+152.430 (L=97.23 m) galleria naturale – scavo tradizionale;
- Da pk 0+152.430 a pk 0+227.77 (L=75.34 m) camerone di manovra;

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
Mandatario:	Mandanti:	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo in Scavo Tradizionale	IBOU	1AEZZ	RH	GN0600003	B	10 di 54

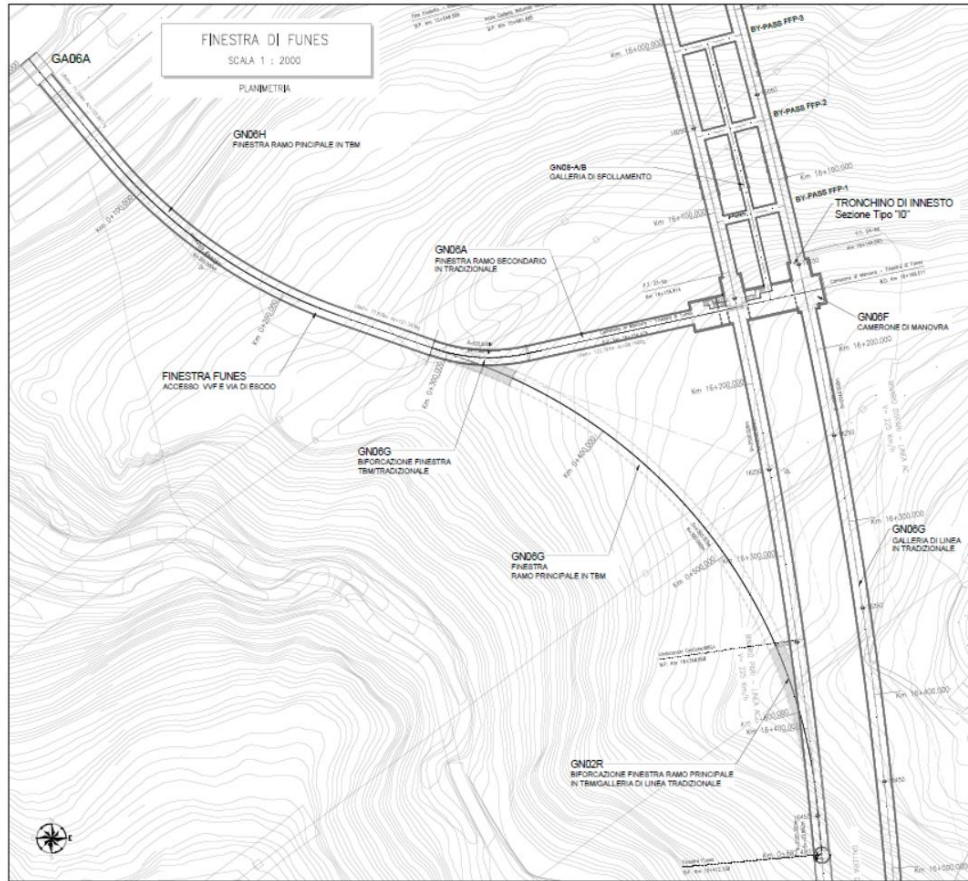


Figura 5-1– Planimetria della Finestra di Funes

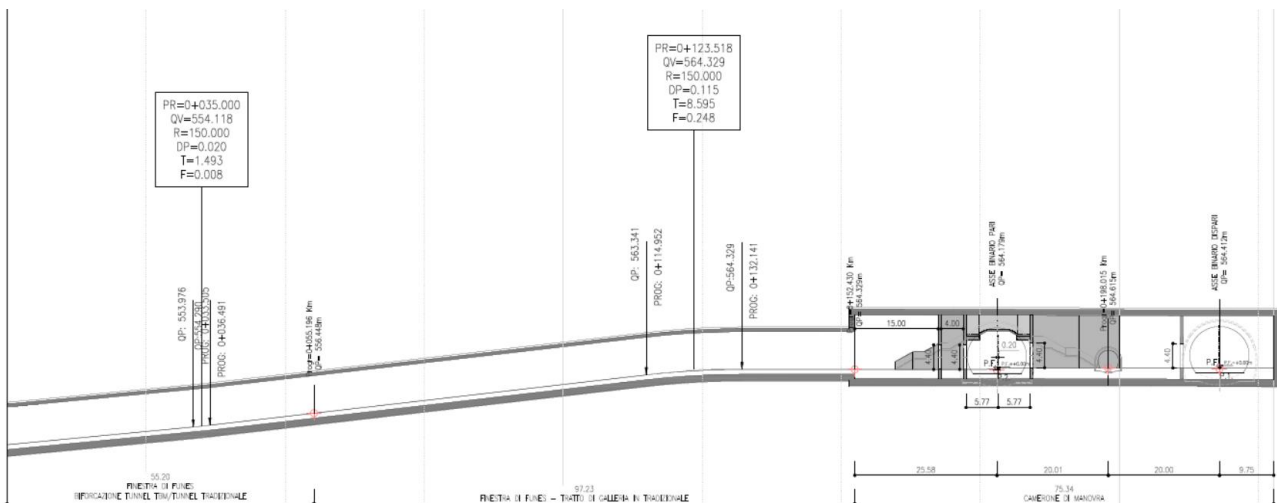


Figura 5-2– Profilo longitudinale della Finestra di Funes

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
<b>GALLERIE</b>		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo in Scavo Tradizionale		IBOU	1AEZZ	RH	GN0600003	B	11 di 54

Nella tabella di seguito si riporta la sintesi delle principali opere in sotterraneo che si incontrano seguendo il tracciato del sistema galleria Gardena da Nord verso Sud di cui la Finestra Funes è parte integrante.

<i>Galleria di linea Gardena</i>	Galleria con configurazione a doppia canna/singolo binario lunghezza di 6.2 km circa per il B.P. e di 5.8 km circa per il B.D.
<i>Finestra di Funes</i>	Galleria costruttiva del binario pari della Galleria Gardena. In esercizio verrà utilizzata come uscita di emergenza.
<i>Finestra di Chiusa</i>	Galleria costruttiva per l'attacco intermedio dello scavo della galleria Gardena della lunghezza di 1.8 km circa.
<i>Posto di Comunicazione doppia</i>	Doppio sistema di comunicazione, ciascuno composto da una galleria a singolo binario e da due cameroni di connessione. I cameroni del PC Sud presentano dimensioni geometriche adeguate a consentire il monitoraggio e la traslazione della TBM scudata per lo scavo delle gallerie di interconnessione.
<i>Gallerie di Interconnessione</i>	Due gallerie a singolo binario della lunghezza di 2.6 km circa per il ramo pari e di 3.2 km circa per il ramo dispari, che sovrappassa la linea. Le interconnessioni si innestano nelle canne di linea tramite la realizzazione di due cameroni di diramazione.
<i>Cunicoli trasversali di collegamento</i>	Queste opere sono previste sia per le gallerie di linea che per le gallerie di interconnessione e sono collocate ad intervalli di 500 m al massimo.
<i>Altre opere funzionali al sistema</i>	Cameroni trasversali alle finestre per locali tecnici, cameroni di manovra al termine delle finestre, by-pass tecnici, nicchie tecniche.
<i>Altre opere funzionali alla galleria</i>	Camere di sfiocco per il montaggio della struttura di spinta e di partenza della TBM.

Per ulteriori dettagli sulla descrizione del tracciato e delle opere si rimanda alla "Relazione tecnica delle opere in sotterraneo" (vedasi §4.1).

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
Mandatario:	Mandanti:	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo in Scavo Tradizionale	IB0U	1AEZZ	RH	GN0600003	B	12 di 54

## 6. FASE CONOSCITIVA

### 6.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO – GEOMORFOLOGICO

In questo paragrafo si descrivono le principali caratteristiche litologiche, stratigrafiche e strutturali delle formazioni attraversate dalla Finestra Funes. Per un quadro esauriente e dettagliato si rimanda agli elaborati specialistici di U.O. Geologia del presente progetto (Rif. [8]).

Procedendo dall'imbocco della Finestra Funes verso l'innesto con la galleria di linea si incontrano i **Depositi alluvionali recenti (ar)**, costituiti da sabbie medio-grossolane grigie e da subordinati conglomerati poligenici di dimensioni variabili che raggiungono, in alcuni casi, dimensioni superiori al metro. Nei primi 30 m circa di scavo in naturale, oltre a tali *Depositi alluvionali recenti (ar)*, sono presenti materiali di riporto riferibili al rilevato autostradale A22.

Successivamente la Finestra Funes intercetta il **Deposito di frana inattivo (fi)** perforato dai sondaggi EO30 ed EO41. Il *Deposito di frana inattivo (fi)* è costituito dall'insieme di porzioni litoidi di dimensioni anche plurimetriche, con riempimenti detritico-terrosi, smembrate e disarticolate.

Inoltre, la finestra Funes attraversa i **Porfiroidi (p)**, roccia resistente e ricca in quarzo, costituita da mata vulcaniti e mata vulcanoclastiti acide, che presentano una struttura massiccia o leggermente foliata. Talvolta il loro aspetto è di tipo granitoide con colorazione variabile dal bianco lattiginoso al rossiccio.

Si prevede la presenza di un filone subverticale di **Lave andesitiche (α)** che è stato osservato in superficie in destra idrografica del Rio Funes (stop 1152) e intercettato dal sondaggio EO31. Le *Lave andesitiche* sono rocce di origine vulcanica afferenti al Gruppo Vulcanico Atesino, mineralogicamente costituite da microcristalli con struttura raramente olocristallina e per la maggior parte porfirica. In relazione alla sua natura di corpo vulcanico, l'andamento in profondità e i confini del filone andesitico sono affetti da un margine di incertezza.

Per ulteriori dettagli sul modello geologico si rimanda agli elaborati di progetto specialistici (Rif. [8]).

### 6.2 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Lo studio idrogeologico ha consentito di definire le principali caratteristiche dell'area e lo schema di deflusso idrico sotterraneo relativo all'opera in oggetto. Il modello idrogeologico così sviluppato è stato quindi integrato con ulteriori dati provenienti dal monitoraggio piezometrico delle strumentazioni appositamente installate nei fori di sondaggio e dalle numerose prove di permeabilità condotte in fase di perforazione.

I depositi quaternari costituiti da alluvioni antiche e recenti, depositi glaciali e fluvioglaciali, depositi detritici gravitativi e depositi colluviali hanno un grado di permeabilità elevato e la permeabilità è di tipo primario, cioè per porosità. Diversamente dai depositi quaternari, gli ammassi rocciosi del substrato presentano una scarsa se non nulla permeabilità di tipo primario, per cui il deflusso idrico sotterraneo è determinato da permeabilità di tipo secondario, la cui entità è strettamente dipendente dal grado di fratturazione e dall'interconnessione dei sistemi di fratture che generano le direttrici principali di flusso.

APPALTATORE: 	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
GALLERIE Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo in Scavo Tradizionale	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0600003	REV. B	FOGLIO. 13 di 54

Per il gruppo delle Filladi (*BSS, BSSa, BSSb, BSSc*), sulla base delle prove di permeabilità in foro, si osserva che il grado di conducibilità idraulica diminuisce con la profondità (il cui campo di variabilità totale è compreso fra valori massimi di  $3 \cdot 10^{-6}$  m/s e valori minimi di  $10^{-9}$  m/s).

In *Tab. 1* sono riportate le cinque classi di permeabilità definite per il presente progetto e i rispettivi range di variabilità della permeabilità, mentre nella *Tab. 2* sono state associate le classi di permeabilità alle diverse unità indagate.

*Tab. 1 – Classi di permeabilità.*

CLASSI DI PERMEABILITA'		RANGE DI PERMEABILITA' (m/s)	
K5	ALTA	$K > 10^{-4}$	Permeabilità primaria (per porosità)
K4	MEDIO ALTA	$10^{-5} < K \leq 10^{-4}$	
K3	MEDIA	$10^{-6} < K \leq 10^{-5}$	Permeabilità secondaria (per fratturazione)
K2	BASSA	$10^{-8} < K \leq 10^{-6}$	
K1	MOLTO BASSA	$K \leq 10^{-8}$	

*Tab. 2 – Attribuzione delle unità geologiche alle classi di permeabilità.*

CLASSI DI PERMEABILITA'		RANGE DI PERMEABILITA' (m/s)	
Molto Bassa	K1	Dioriti quarzifere di Chiusa	$\delta$
		Granito di Bressanone	$\gamma bi$
		Granodioriti di tiles	<i>GDT</i>
		Brecce di intrusione	<i>BDI</i>
Bassa	K2	Filladi a granato	<i>BSS</i>
		Filladi ricche in quarzo	<i>BSSa</i>
		Filladi	<i>BSSb</i>
		Filladi carboniose	<i>BSSc</i>
		Aureola metamorfica	<i>MPC</i>
		Porfiroidi	<i>p</i>
		Paragneiss di Laion	<i>PRL</i>
		andesiti	<i>a</i>
Medio - Alta	K4	Depositi alluvionali - deltizi	<i>Dlt, at, ar</i>
		Depositi colluviali	<i>c</i>
		Conoidi di detrito	<i>Cd</i>
		Conoide fluviale	<i>Cf</i>
		Detrito di versante	<i>D</i>
		Deposito fluvioglaciali	<i>Df</i>
Alta	K5	Accumulo di frana	<i>f</i>
		Depositi antropici	<i>h</i>

Per le zone di faglia e le fasce tettonizzate la permeabilità è maggiore rispetto a quella prevista per l'ammasso roccioso in *Tab. 2*.

Sul profilo geotecnico è riportata l'attribuzione degli intervalli di permeabilità sopra definiti.

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
Mandatario:	Mandanti:					<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA	GDP GEOMIN	SIFEL SIST	M Ingegneria		
<b>GALLERIE</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo in Scavo Tradizionale	IBOU	1AEZZ	RH	GN0600003	B	14 di 54

La stima delle possibili interferenze dell'opera in progetto sulle risorse idriche è stata effettuata utilizzando l'indice DHI Drawdon Hazard Index. L'indice DHI prevede la modellazione dell'ammasso roccioso come mezzo poroso equivalente; inoltre l'effetto della galleria è simulato senza considerare eventuali interventi di mitigazione delle venute d'acqua in galleria (es. impermeabilizzazione al contorno del cavo). Tali ipotesi definiscono uno scenario conservativo rispetto alla previsione della possibile interferenza con le sorgenti e con i pozzi. La definizione delle classi di rischio è riportata in Tab. 3.

Tab. 3 – Classi di rischio DHI.

Range DHI	Classe di Rischio
< 0.1	Nulla
0.1 ÷ 0.2	Basso
0.2 ÷ 0.3	Medio
> 0.3	Alto

I risultati della valutazione dell'impatto sulle sorgenti/pozzi dimostra che il 90% dei punti ricade entro le classi di rischio basso e nullo, mentre il 10% ricade nelle classi di rischio medio e alto (7% e 3% rispettivamente). Si rimanda agli elaborati specialistici per l'identificazione e l'ubicazione delle sorgenti a rischio.

È stata inoltre condotta una stima qualitativa dell'impatto da parte dello scavo sull'idrografia superficiale, prendendo in considerazione i possibili scambi tra i corsi d'acqua e i sistemi di flusso sotterranei, attraverso i principali sistemi di fratturazione presenti nell'area. I risultati di tale studio dimostrano che per tutti i torrenti il rischio stimato è medio alto. Si rimanda agli elaborati specialistici per l'identificazione e l'ubicazione dei corsi d'acqua a rischio.

Lo studio idrogeologico ha condotto, inoltre, alla stima degli afflussi d'acqua attesi in galleria in fase di scavo (regime transitorio). Le stime sono state condotte nell'ipotesi che il contorno dello scavo sia perfettamente drenante, quindi senza tener conto di interventi di consolidamento o dei sistemi di impermeabilizzazione. L'ammasso roccioso è stato modellato come mezzo poroso equivalente. La portata in galleria è definita con riferimento ad una tratta di 10 m di lunghezza, assumendo che le caratteristiche idrogeologiche siano omogenee e che lo scavo avvenga istantaneamente, senza produrre perturbazioni al regime idraulico nelle tratte adiacenti. Con tali ipotesi conservative, si massimizzano le portate d'acqua stimate, definite portate massime transitorie. Sono state quindi definite sei classi di portata massima transitoria riferite ad una tratta di 10 m di lunghezza:

- $q = 0 \div 0.2$  l/s/10m
- $q = 0.2 \div 0.4$  l/s/10m
- $q = 0.4 \div 2$  l/s/10m
- $q = 2 \div 10$  l/s/10m
- $q = 10 \div 20$  l/s/10m
- $q > 20$  l/s/10m

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<b>Mandatario:</b> SWS Engineering S.p.A.	<b>Mandanti:</b> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>GALLERIE</b> Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo in Scavo Tradizionale	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0600003	REV. B	FOGLIO. 15 di 54

### 6.3 MODELLAZIONE GEOTECNICA

Di seguito si riportano gli intervalli dei principali parametri fisico-meccanici delle unità interessate dalle opere afferenti alla galleria Scaleres.

Tab. 4 – Depositi alluvionali – Riepilogo range di variabilità dei parametri geotecnici.

Unità	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$c'$ (kPa)	$\varphi'$ (°)	$E_i$ (GPa)
<b>ar</b>	20	0	35÷45	60÷90
<b>h</b>	20	0	35÷45	35÷60
<b>fi</b>	24	80 ÷ 106	36÷40	300÷400

x

Tab. 5 – Matrice litoide – Riepilogo range di variabilità dei parametri geotecnici.

Unità	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\sigma_{ci}$ (MPa)	$E_i$ (GPa)
<b>p</b>	27	40 ÷ 60	12 ÷ 33
<b><math>\alpha</math></b>	26	100 ÷ 150	30 ÷ 50

Nell'intervallo di valori dei parametri geotecnici sopra definiti, sono stati individuati i parametri caratteristici appropriati per le verifiche delle opere in sotterraneo. In funzione della copertura e dell'indice GSI potranno essere definite le caratteristiche dell'ammasso roccioso.

Tab. 6 – Depositi alluvionali – Riepilogo dei parametri geotecnici

Unità	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$c'$ (kPa)	$\varphi'$ (°)	$E_i$ (GPa)
<b>ar</b>	20	0	37	70
<b>h</b>	20	0	35	35
<b>fi</b>	24	80	36	350

Tab. 7 – Matrice litoide – Riepilogo dei parametri geotecnici.

Unità	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\sigma_{ci}$ (MPa)	$E_i$ (GPa)	$m_i$ (-)
<b>p</b>	27	50	22.5	7
<b><math>\alpha</math></b>	26	100	30	25

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
Mandatario:	Mandanti:	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo in Scavo Tradizionale	IBOU	1AEZZ	RH	GN0600003	B	16 di 54

## 6.4 ANALISI DEL RISCHIO

Considerando le litologie presenti, le condizioni geostrutturali, le condizioni idrauliche, il possibile comportamento dell'ammasso allo scavo e le condizioni al contorno, sono state prese in esame le seguenti tipologie di rischi. Le differenti tipologie di rischio sono esplicitate nei profili geomeccanici in cui è riportata la valutazione del rischio secondo una scala da nullo ad elevato.

### Elementi geotecnici

- **Instabilità del fronte e/o del cavo**
  - Zone tettonizzate/superfici di taglio: rischio medio-elevato nelle tratte di faglia. Per gli altri settori in esame il rischio è nullo.
  - Basse coperture: rischio da elevato a medio all'imbocco nord per i primi circa 40 metri. Per gli altri settori in esame il rischio è nullo.
  - Transizione litologica: Rischio nullo nei settori in esame.
  - Spinte dissimetriche: rischio alto in corrispondenza della faglia. Per gli altri settori in esame il rischio è basso.
  - Caduta blocchi: distacchi condizionati da superfici di discontinuità; il potenziale pericolo è proporzionale al grado di fessurazione dell'ammasso roccioso nonché dalle condizioni delle discontinuità (spaziatura, persistenza, riempimento, apertura, ecc.).
- **Fenomeni di squeezing:** rischio basso nei settori in esame.
- **Fenomeni di spalling:** rischio nullo nei settori in esame.
- **Alte deformazioni dell'ammasso:** rischio nullo nei settori in esame.
- **Fenomeni di subsidenza/interferenza con opere pre-esistenti:** rischio nullo nelle tratte in esame.

### Elementi geologici

- **Presenza di quarzo in elevate quantità:** il rischio risulta alto all'interno dei porfiroidi e nullo all'interno degli andesiti.
- **Presenza di gas:** per le formazioni rocciose attraversate dalle tratte in esame il rischio è nullo.
- **Litologie potenzialmente contenenti materiali minerali asbestiformi:** per le formazioni rocciose attraversate dalle tratte in esame il rischio è nullo.

### Elementi idrogeologici

- **Venute d'acqua:** rischio medio-elevato nelle tratte di faglia. Per gli altri settori in esame il rischio è nullo.
- **Interferenza sorgenti/corsi d'acqua:** rischio nullo nei settori in esame.
- **Carico idraulico elevato:** rischio nullo nei settori in esame.



APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>GALLERIE</b> Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo in Scavo Tradizionale	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0600003	REV. B	FOGLIO. 17 di 54

## 6.5 DESCRIZIONE DELLE SEZIONI TIPO

Il ramo secondario della finestra di Funes è realizzato con metodo di scavo in tradizionale dalla pk 0+000.00 e 0+227.765, comprensiva di biforcazione finestra tradizionale e TBM (*GN06F*); la finestra stessa; il camerone di manovra; l'innesto e la galleria di sfollamento.

Inoltre, si descrive la biforcazione finestra TBM e galleria di linea BP (*GN02R*).

Per le tratte suddette, si prevede l'adozione dello scavo a piena sezione, ad eccezione della sezione di grandi dimensioni (Camerone). Nell'attraversamento di zone fratturate sono previsti interventi di precontenimento del fronte e/o del contorno ed interventi di presostegno. Il rivestimento di prima fase è nella generalità dei casi composto da spritz-beton e centine metalliche. I rivestimenti definitivi sono previsti in calcestruzzo non armato o armato, in funzione del contesto geotecnico attraversato e delle condizioni di carico. A tergo dei rivestimenti definitivi di calotta e piedritti si porrà in opera l'impermeabilizzazione, costituita da uno strato di geotessuto e da una guaina in PVC. Al piede dell'impermeabilizzazione, su ciascun piedritto, si disporrà un tubo microfessurato di presidio per eventuale drenaggio delle acque presenti nell'ammasso. Nell'attraversamento di zone molto fratturate e nelle quali il regime idraulico sotterraneo potrebbe essere connesso con sorgenti o corsi d'acqua si prevedono interventi e soluzioni particolari, al fine di mitigare l'eventuale interferenza della galleria con le risorse idriche superficiali.

Le diverse soluzioni progettuali, in termini di tipologia, geometria ed intensità degli interventi di precontenimento e di sostegno dello scavo definiscono le "sezioni di scavo e consolidamento" descritte nel seguito.

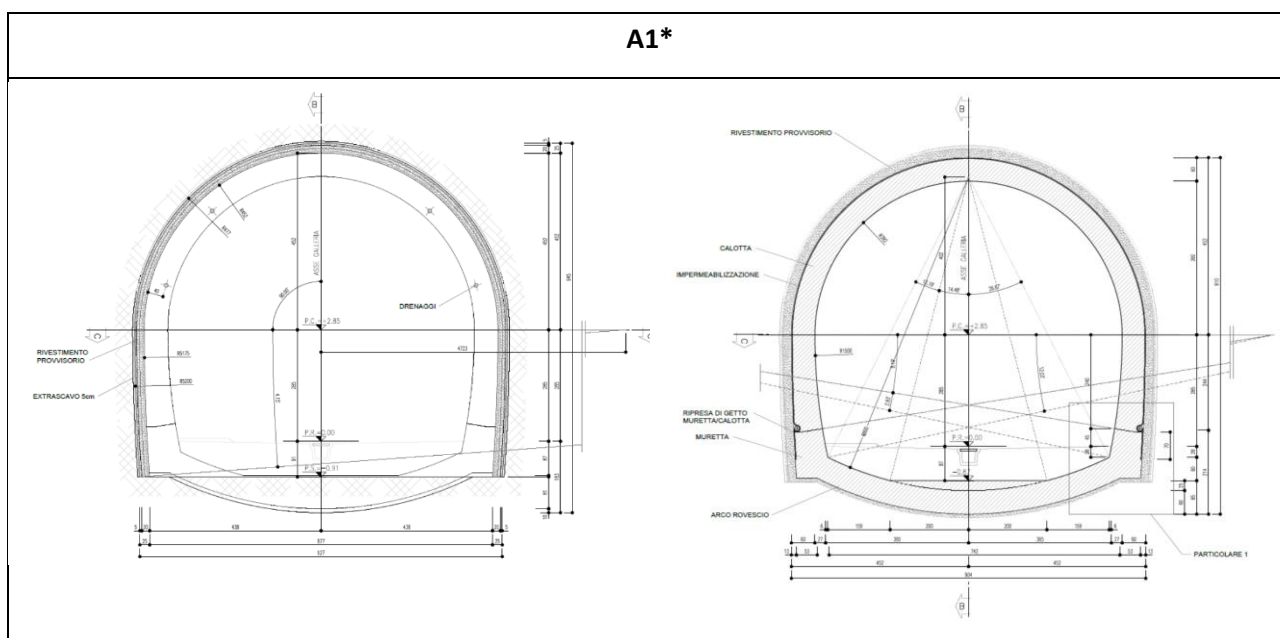
La variabilità dei sostegni per ogni sezione tipo è descritta nel cap. 10.9.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<b>Mandatario:</b> SWS Engineering S.p.A.	<b>Mandanti:</b> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>GALLERIE</b> Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo in Scavo Tradizionale	COMMESSA <b>IBOU</b>	LOTTO <b>1AEZZ</b>	CODIFICA <b>RH</b>	DOCUMENTO <b>GN0600003</b>	REV. <b>B</b>	FOGLIO. <b>18 di 54</b>

### 6.5.1 Sezione A1\*

<b>Campo di avanzamento</b>	- m	
<b>Sfondo massimo</b>	3.0 m (sagomatura del fronte a forma concava)	
<b>Sostegno al fronte</b>	5 cm betoncino proiettato fibrorinforzato	
<b>Sostegno al contorno</b>	Non previsto	
<b>Sostegno al piede delle centine</b>	Non previsto	
<b>Drenaggi in avanzamento (in caso di presenza di acqua)</b>	Eventuali n° 4(2+2) tubi microfessurati in PVC, L <sub>tot</sub> = 30 m (sovrapp. minima 10 m) diametro esterno Ø > 60 mm, spessore 5 mm, rivestiti con calza in TNT	
<b>Rivestimento di prima fase</b>	Spritz-beton fibrorinforzato	s = 5 cm, prima fase s = 20 cm, seconda fase
	Centine metalliche	2 IPN 160 i=1.4 m (±20%)
<b>Impermeabilizzazione</b>	Tessuto non tessuto e manto impermeabile in PVC	
<b>Rivestimento definitivo</b>	Arco rovescio e murette	s = 60 cm, in cls armato per arco rovescio s = 60 cm in cls armato per murette
	Calotta e piedritti	s = 60 cm, in cls non armato

Tabella 6-1. Sezione tipo A1\*

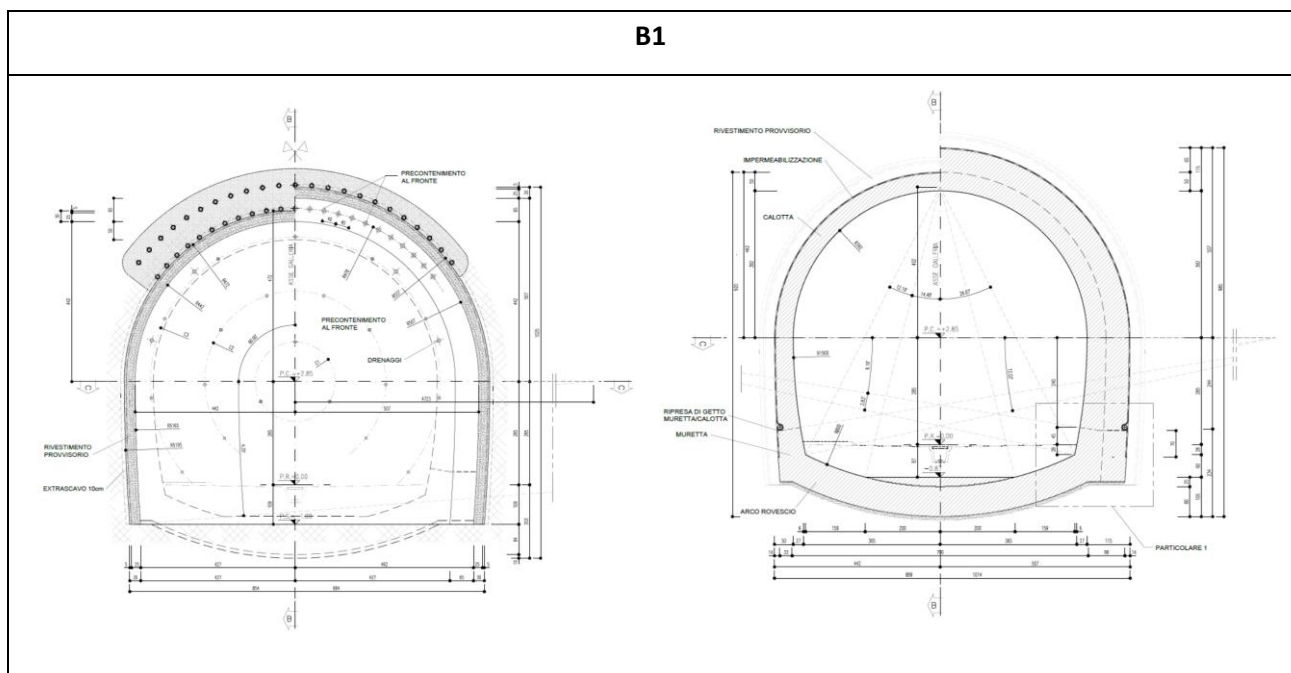


APPALTATORE: 	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>GALLERIE</b> Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo in Scavo Tradizionale	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0600003	REV. B	FOGLIO. 19 di 54

### 6.5.2 Sezione B1

<b>Campo di avanzamento</b>	8.5 m	
<b>Sfondo massimo</b>	1.0 m (sagomatura del fronte a forma concava)	
<b>Sostegno al fronte</b>	20 elementi strutturali in VTR di lunghezza L=13,5 m, cementati in foro con miscele cementizie, con sovrapposizione minima 5,0 m; è prevista una variabilità $\pm 20\%$ 10 cm di SB fibrorinforzato sul ogni sfondo e 15 cm a fine campo.	
<b>Sostegno al contorno</b>	23 tubi in acciaio $\varnothing 127$ lmn, sp.=10mm, L=12m, valvolati (1 valvola/m), sovrapposizione minima 3,5m p=0,4m con una variabilità = $\pm 20\%$ , compresi entro un angolo di 120°.	
<b>Sostegno al piede delle centine</b>	Non previste	
<b>Drenaggi in avanzamento (in caso di presenza di acqua)</b>	Eventuali n° 4 (2+2) tubi microfessurati in PVC, L <sub>tot</sub> = 30 m (sovrapp. minima 13 m) diametro esterno $\varnothing > 60$ mm, spessore 5 mm, rivestiti con calza in TNT	
<b>Rivestimento di prima fase</b>	Spritz-beton fibrorinforzato	s = 5 cm, prima fase s = 25 cm, seconda fase
	Centine metalliche	2 IPN 180, i=1.0 m ( $\pm 20\%$ )
<b>Impermeabilizzazione</b>	Tessuto non tessuto e manto impermeabile in PVC	
<b>Rivestimento definitivo</b>	Arco rovescio e murette	s = 80 cm, in cls armato per arco rovescio s = 80 cm in cls armato per murette
	Calotta e piedritti	s = 50 – 115 cm, in cls armato

Tabella 6-2. Sezione tipo B1

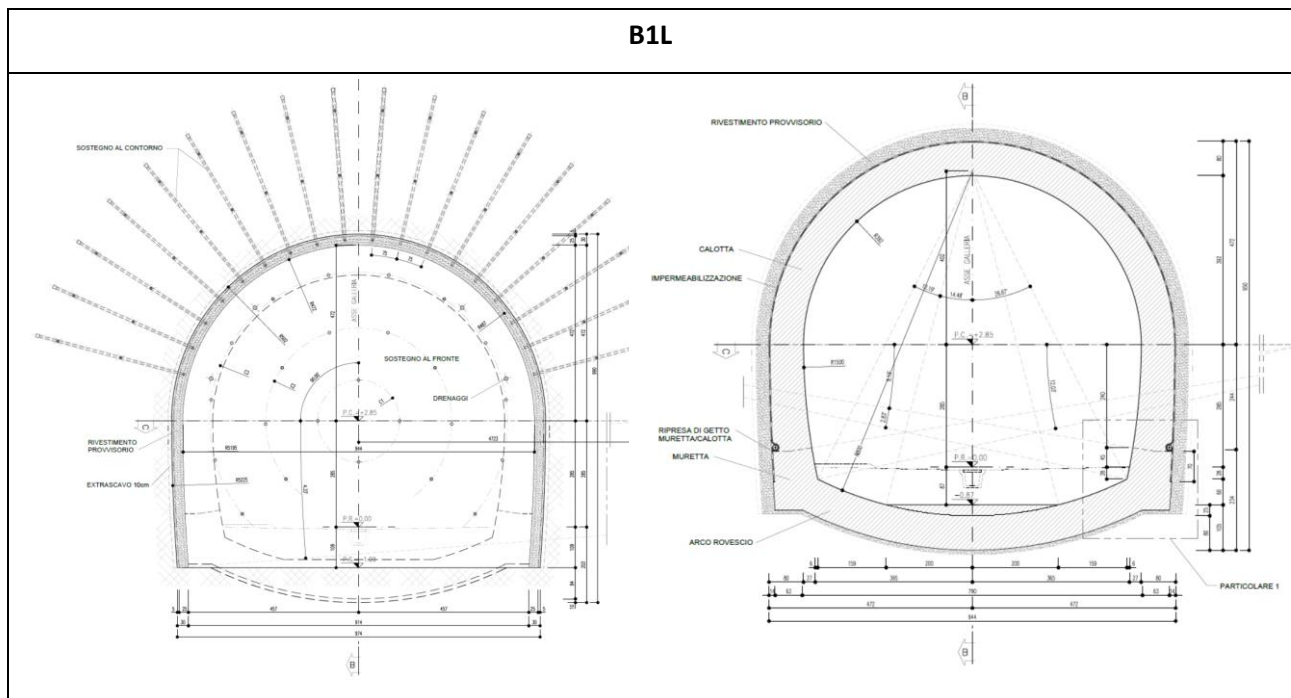


APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<b>Mandataria:</b> SWS Engineering S.p.A.	<b>Mandanti:</b> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>GALLERIE</b> Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo in Scavo Tradizionale	COMMESSA <b>IBOU</b>	LOTTO <b>1AEZZ</b>	CODIFICA <b>RH</b>	DOCUMENTO <b>GN0600003</b>	REV. <b>B</b>	FOGLIO. <b>20 di 54</b>

### 6.5.3 Sezione B1L

<b>Campo di avanzamento</b>	9.6 m	
<b>Sfondo massimo</b>	2.4 m (sagomatura del fronte a forma concava)	
<b>Sostegno al fronte</b>	24 barre autopercoranti tipo R51N, L=15.0 m, sovrapposizione minima 5.4 m ( $\pm 20\%$ ), 5 cm di SB fibrorinforzato su ogni sfondo e 10 cm a fine campo	
<b>Sostegno al contorno</b>	18 barre autopercoranti tipo R51N L=12.0 m, sovrapposizione minima 4.8 m ( $\pm 20\%$ )	
<b>Sostegno al piede delle centine</b>	Non previste	
<b>Drenaggi in avanzamento (in caso di presenza di acqua)</b>	Eventuali n° 4 (2+2) tubi microfessurati in PVC, L <sub>tot</sub> = 30 m (sovrapp. minima 10 m) diametro esterno $\varnothing > 60$ mm, spessore 5 mm, rivestiti con calza in TNT	
<b>Rivestimento di prima fase</b>	Spritz-beton fibrorinforzato	s = 5 cm, prima fase
		s = 25 cm, seconda fase
	Centine metalliche	2 IPN 180, i=1.2 m ( $\pm 20\%$ )
<b>Impermeabilizzazione</b>	Tessuto non tessuto e manto impermeabile in PVC	
<b>Rivestimento definitivo</b>	Arco rovescio e murette	s = 80 cm, in cls armato
	Calotta e piedritti	s = 80 cm, in cls armato

Tabella 6-3. Sezione tipo B1L

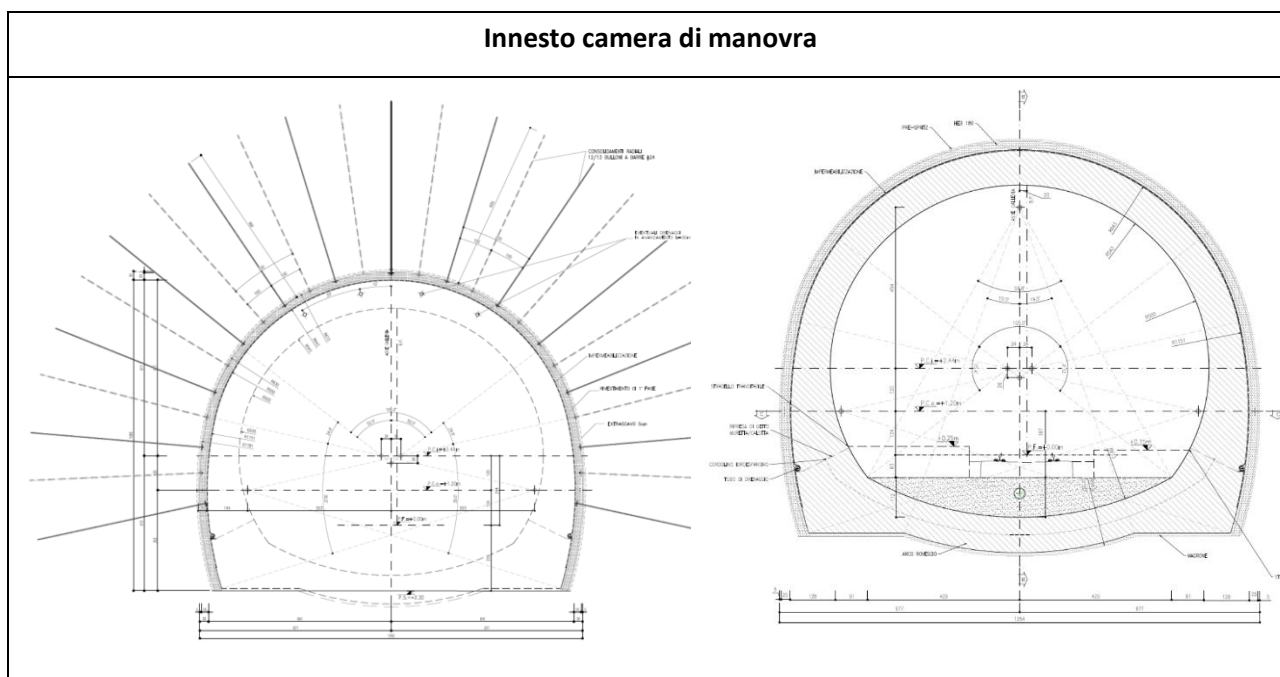


APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:						
Mandataria:	Mandanti:	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
<b>GALLERIE</b> Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo in Scavo Tradizionale	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
	IBOU	1AEZZ	RH	GN0600003	B	21 di 54

#### 6.5.4 Tronchino di innesto alla camera di manovra

<b>Campo di avanzamento</b>	- m	
<b>Sfondo massimo</b>	2.0 m (sagomatura del fronte a forma concava)	
<b>Sostegno al fronte</b>	Spritz beton fibrorinforzato con $Sp=5$ cm ogni sfondo	
<b>Sostegno al contorno</b>	Non previsto	
<b>Sostegno al piede delle centine</b>	Non previsto	
<b>Sostegno radiale</b>	12+13 bulloni radiali a barre $\varnothing 24$ o Swellex equivalenti disposti a raggiere alternate, $L=6.0$ m, $i_{LONG}=1.0$ m, $i_{TRASV}=2.0$ m ( $\pm 20\%$ )	
<b>Drenaggi in avanzamento (in caso di presenza di acqua)</b>	Eventuali n° 4(2+2) tubi microfessurati in PVC, $L_{tot} = 30$ m (sovrapp. minima 10 m) diametro esterno $\varnothing > 60$ mm, spessore 5 mm, rivestiti con calza in TNT	
<b>Rivestimento di prima fase</b>	Spritz-beton fibrorinforzato	$s = 5$ cm, prima fase $s = 20$ cm, seconda fase
	Centine metalliche	HEB 180 $i=1.0$ m ( $\pm 20\%$ )
<b>Impermeabilizzazione</b>	Tessuto non tessuto e manto impermeabile in PVC	
<b>Rivestimento definitivo</b>	Arco rovescio e murette	$s_{min} = 100$ cm, in cls armato
	Calotta e piedritti	$s = 100$ cm, in cls armato

Tabella 6-4. Sezione di innesto alla camera di manovra

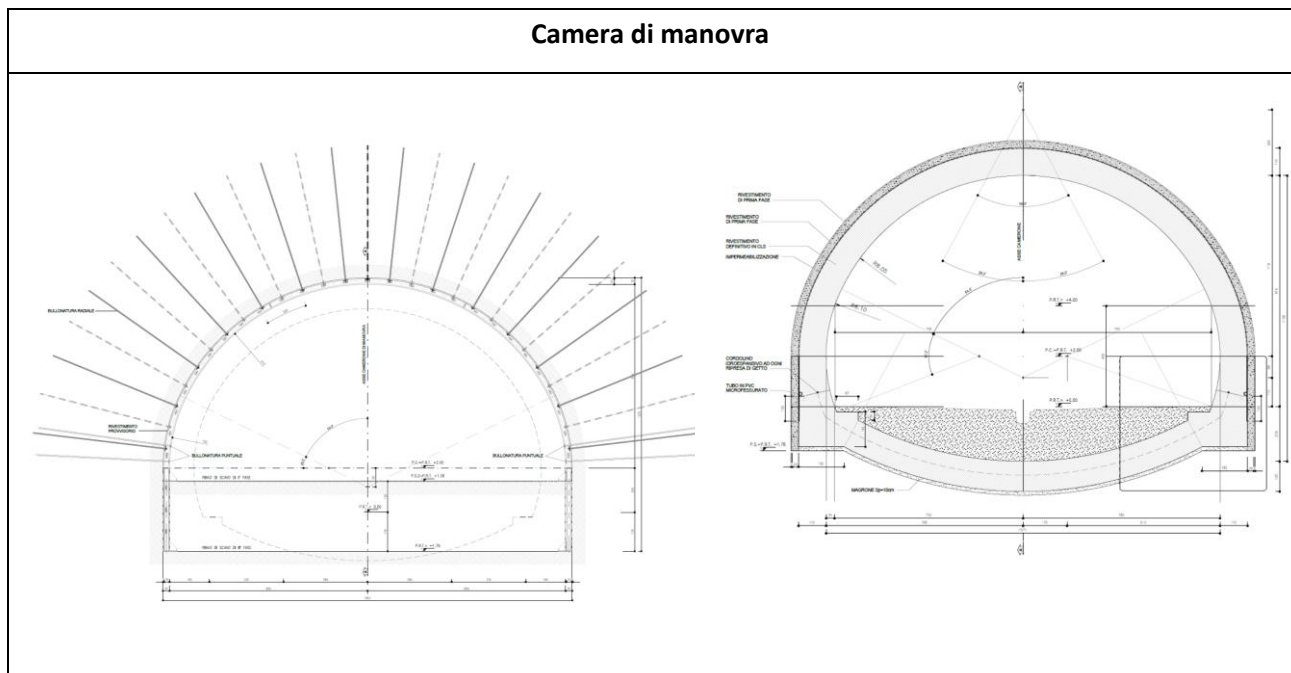


APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<b>Mandatario:</b> SWS Engineering S.p.A.	<b>Mandanti:</b> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>GALLERIE</b> Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo in Scavo Tradizionale	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0600003	REV. B	FOGLIO. 22 di 54

### 6.5.5 Sezione della camera di manovra

<b>Campo di avanzamento</b>	- m	
<b>Sfondo massimo</b>	1.5 m (sagomatura del fronte a forma concava)	
<b>Sostegno al fronte</b>	Spritz beton fibrorinforzato con Sp=10 cm ogni sfondo	
<b>Sostegno al contorno</b>	Non previsto	
<b>Sostegno al piede delle centine</b>	Non previsto	
<b>Sostegno radiale</b>	13+14 bulloni radiali a barre Ø24 o Swellex equivalenti, disposti a raggiere alternate, L=6.0 m, $i_{LONG}=1.0$ m, $i_{TRASV}=2.0$ m ( $\pm 20\%$ )	
<b>Drenaggi in avanzamento (in caso di presenza di acqua)</b>	Eventuali n° 4 (2+2) tubi microfessurati in PVC, $L_{tot} = 30$ m (sovrapp. minima 10 m) diametro esterno $\varnothing > 60$ mm, spessore 5 mm, rivestiti con calza in TNT	
<b>Rivestimento di prima fase</b>	Spritz-beton fibrorinforzato	s = 5 cm, prima fase s =25 cm, seconda fase
	Centine metalliche	2 IPN200, $i=1.0$ m ( $\pm 20\%$ )
<b>Impermeabilizzazione</b>	Tessuto non tessuto e manto impermeabile in PVC	
<b>Rivestimento definitivo</b>	Arco rovescio e murette	s = 120 cm, in cls armato
	Calotta e piedritti	s = 110 cm, in cls armato

Tabella 6-5. Sezione della camera di manovra

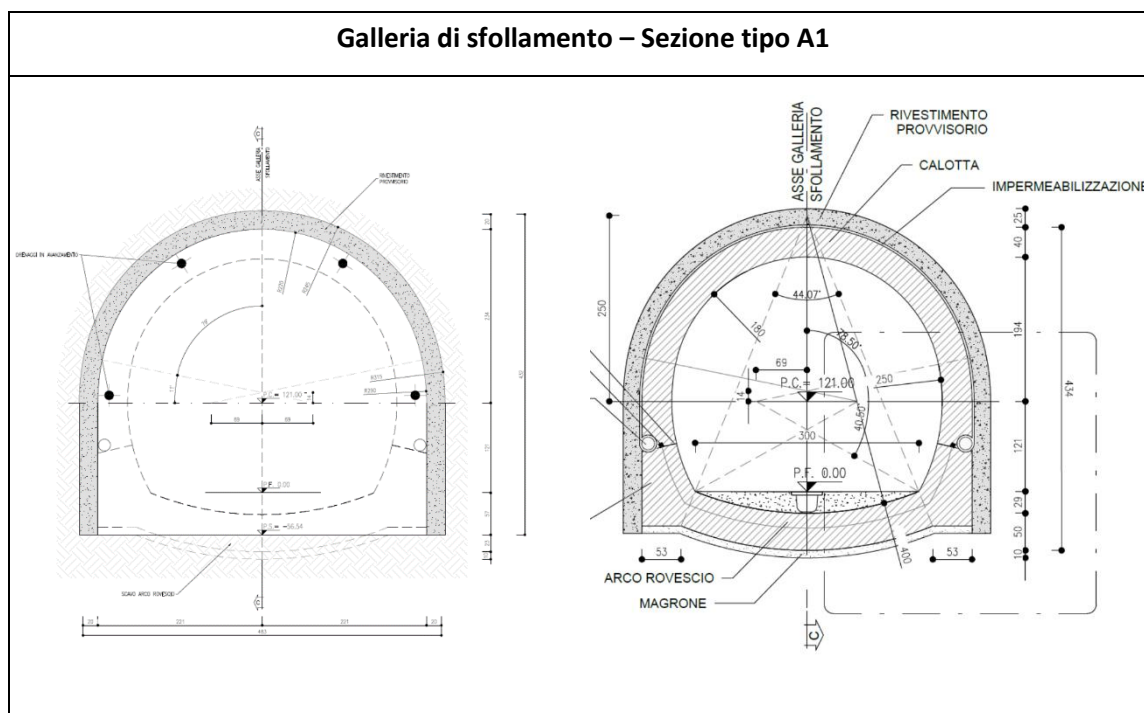


APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<b>Mandatario:</b> SWS Engineering S.p.A.	<b>Mandanti:</b> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>GALLERIE</b> Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo in Scavo Tradizionale	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0600003	REV. B	FOGLIO. 23 di 54

### 6.5.6 Sezione della galleria di sfollamento – tipo A1

<b>Campo di avanzamento</b>	12 m	
<b>Sfondo massimo</b>	2.8 m (sagomatura del fronte a forma concava)	
<b>Sostegno al fronte</b>	Spritz beton fibrorinforzato con Sp=5 cm ogni sfondo	
<b>Sostegno al contorno</b>	Non previsto	
<b>Sostegno al piede delle centine</b>	Non previsto	
<b>Drenaggi in avanzamento (in caso di presenza di acqua)</b>	Eventuali n° 4 (2+2) tubi microfessurati in PVC, L <sub>tot</sub> = 30 m (sovrapp. minima 12 m) diametro esterno Ø > 60 mm, spessore 5 mm, rivestiti con calza in TNT (i primi 10m da boccaforo dovranno essere ciechi).	
<b>Rivestimento di prima fase</b>	Spritz-beton fibrorinforzato	s = 5 cm, prima fase s = 15 cm, seconda fase
	Centine metalliche	2 IPN160, i=1.0 m (±20%)
<b>Impermeabilizzazione</b>	Tessuto non tessuto e manto impermeabile in PVC	
<b>Rivestimento definitivo</b>	Arco rovescio e murette	s = 50 cm, in cls non armato
	Calotta e piedritti	s = 40 cm, in cls non armato

Tabella 6-6. Sezione galleria di sfollamento – Sezione Tipo A1

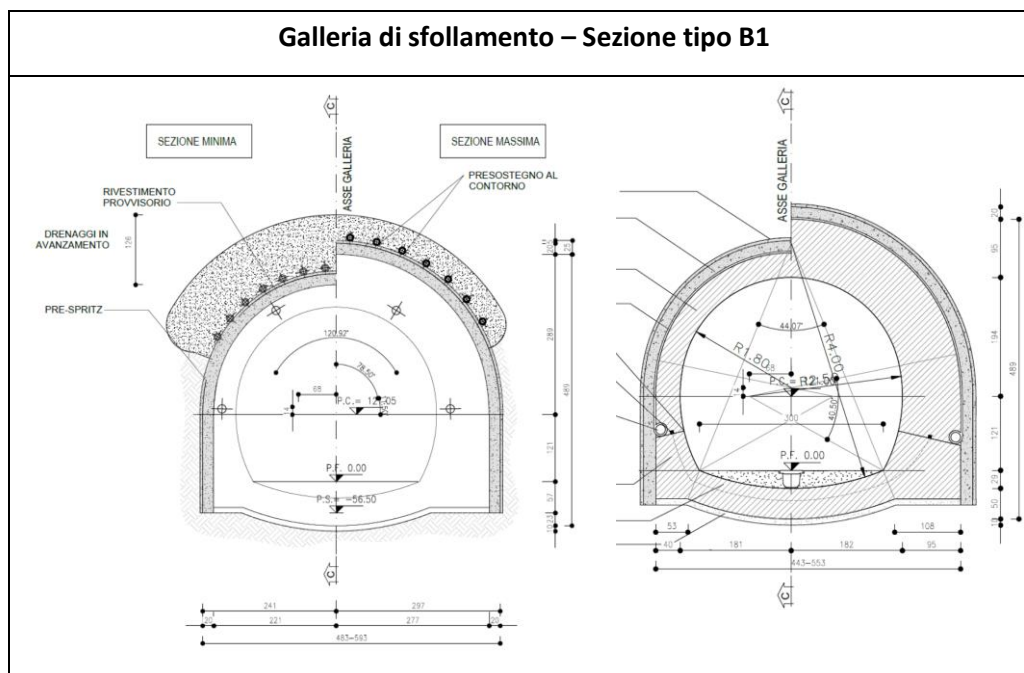


APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<b>Mandatario:</b> SWS Engineering S.p.A.	<b>Mandanti:</b> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>GALLERIE</b> Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo in Scavo Tradizionale	COMMESSA <b>IBOU</b>	LOTTO <b>1AEZZ</b>	CODIFICA <b>RH</b>	DOCUMENTO <b>GN0600003</b>	REV. <b>B</b>	FOGLIO. <b>24 di 54</b>

### 6.5.7 Sezione della galleria di sfollamento – tipo B1

<b>Campo di avanzamento</b>	6 m	
<b>Sfondo massimo</b>	1.0 m (sagomatura del fronte a forma concava)	
<b>Sostegno al fronte</b>	Spritz beton fibrorinforzato con Sp=5 cm ogni sfondo	
<b>Sostegno al contorno</b>	N°14 Tubi in acciaio Ø127mm sp. 10mm, L=9.00m sovrapp.min. 3.00m p=0.4m perforazione Ø=151mm (±20%)	
<b>Sostegno al piede delle centine</b>	Non previsto	
<b>Drenaggi in avanzamento (in caso di presenza di acqua)</b>	Eventuali n° 4 (2+2) tubi microfessurati in PVC, L <sub>tot</sub> = 30 m (sovrapp. minima 12 m) diametro esterno Ø > 60 mm, spessore 5 mm, rivestiti con calza in TNT (i primi 10m da boccaforo dovranno essere ciechi).	
<b>Rivestimento di prima fase</b>	Spritz-beton fibrorinforzato	s = 5 cm, prima fase
		s = 20 cm, seconda fase
	Centine metalliche	2 IPN160, i=1.0 m (±20%)
<b>Impermeabilizzazione</b>	Tessuto non tessuto e manto impermeabile in PVC	
<b>Rivestimento definitivo</b>	Arco rovescio e murette	s = 50 cm, in cls non armato
	Calotta e piedritti	s = 40-95 cm, in cls non armato

Tabella 6-7. Sezione galleria di sfollamento – tipo B1



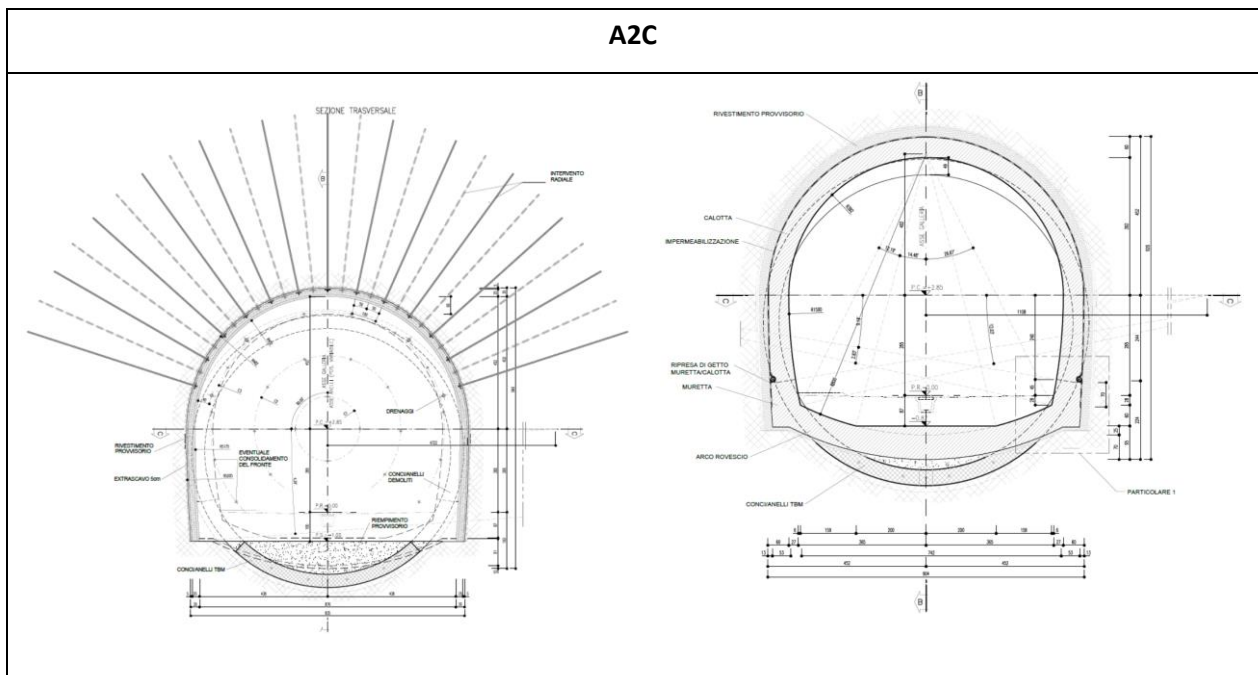


APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
GALLERIE	Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo in Scavo Tradizionale	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1AEZZ	RH	GN0600003	B 25 di 54

### 6.5.8 Sezione A2C

<b>Campo di avanzamento</b>	- m	
<b>Sfondo massimo</b>	3.6 m (sagomatura del fronte a forma concava)	
<b>Sostegno al fronte</b>	5 cm di SB fibro-rinforzato; eventuali 24 R51N L=15m sovrapp. Min. 5,4 m ( $\pm 20\%$ ),	
<b>Sostegno al contorno</b>	Non previsto	
<b>Sostegno radiale</b>	13+12 bulloni radiali a barre $\varnothing 24$ o Swellex equivalenti, L=6.0 m, $i_{LONG}=1.2$ m, $i_{TRASV}=1.0$ m ( $\pm 20\%$ )	
<b>Sostegno al piede delle centine</b>	Non previste	
<b>Drenaggi in avanzamento (in caso di presenza di acqua)</b>	Eventuali n° 2 (1+1) tubi microfessurati in PVC, $L_{tot} = 30$ m (sovrapp. minima 10 m) diametro esterno $\varnothing > 60$ mm, spessore 5 mm, rivestiti con calza in TNT	
<b>Rivestimento di prima fase</b>	Spritz-beton fibrorinforzato	s = 5 cm, prima fase
		s = 25 cm, seconda fase
	Centine metalliche	2 IPN 180, i = 1.2 m ( $\pm 20\%$ )
<b>Impermeabilizzazione</b>	Tessuto non tessuto e manto impermeabile in PVC	
<b>Rivestimento definitivo</b>	Arco rovescio e murette	s = 70 cm, in cls armato
	Calotta e piedritti	s = 60 cm, in cls armato

Tabella 6-8. Sezione tipo A2C



APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
Mandatario:	Mandanti:		PROGETTO ESECUTIVO			
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA	GDP GEOMIN	SIFEL SIST			
	M Ingegneria					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo in Scavo Tradizionale	IBOU	1AEZZ	RH	GN0600003	B	26 di 54

Di seguito si riportano le principali fasi di scavo relative alla biforcazione (Biforcazione finestra tradizionale e TBM - Fasi costruttive - IB0U1BEZZP9GN0600002):

- Fase 1: scavo della galleria mediante TBM, termine lavorazioni e smantellamento allestimenti scavo con TBM (Figura 6-1);
- Fase 2: riempimento galleria scavata con TBM mediante calcestruzzo magro (riempimento totale e parziale); inizio scavo della galleria di linea mediante metodo "tradizionale" a partire da km 0+290.803 – km 0+000.000 (Figura 6-2);
- Fase 3: Scavo della galleria di linea con sezione tipo di scavo A2C fino a km 0+055.210 (Figura 6-3);
- Fase 4: a fine scavo sezione A2C realizzazione del rivestimento definitivo (arco rovescio, murette e calotta) in Figura 6-4.

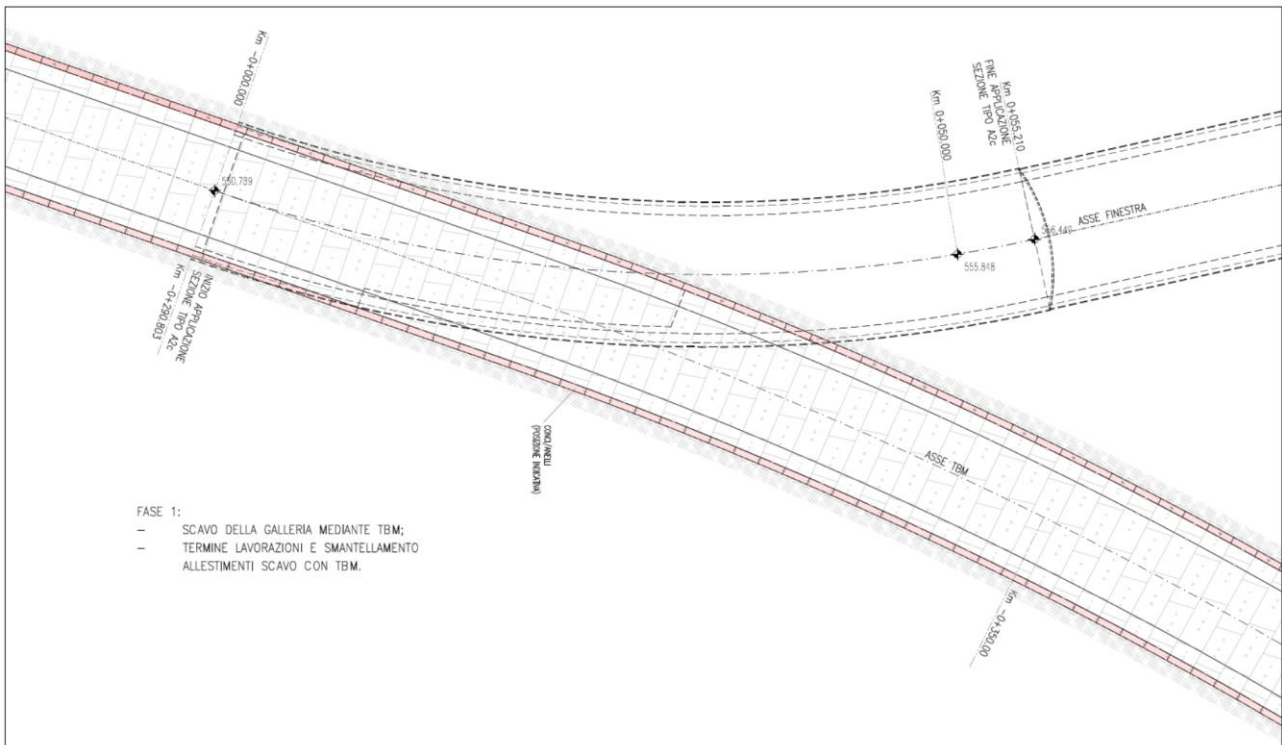


Figura 6-1 – Biforcazione finestra tradizionale e TBM - Fase 1

APPALTATORE:			<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>			
PROGETTAZIONE:	<b>Mandatario:</b> SWS Engineering S.p.A. <b>Mandanti:</b> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
<b>GALLERIE</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo in Scavo Tradizionale	IBOU	1AEZZ	RH	GN0600003	B	27 di 54

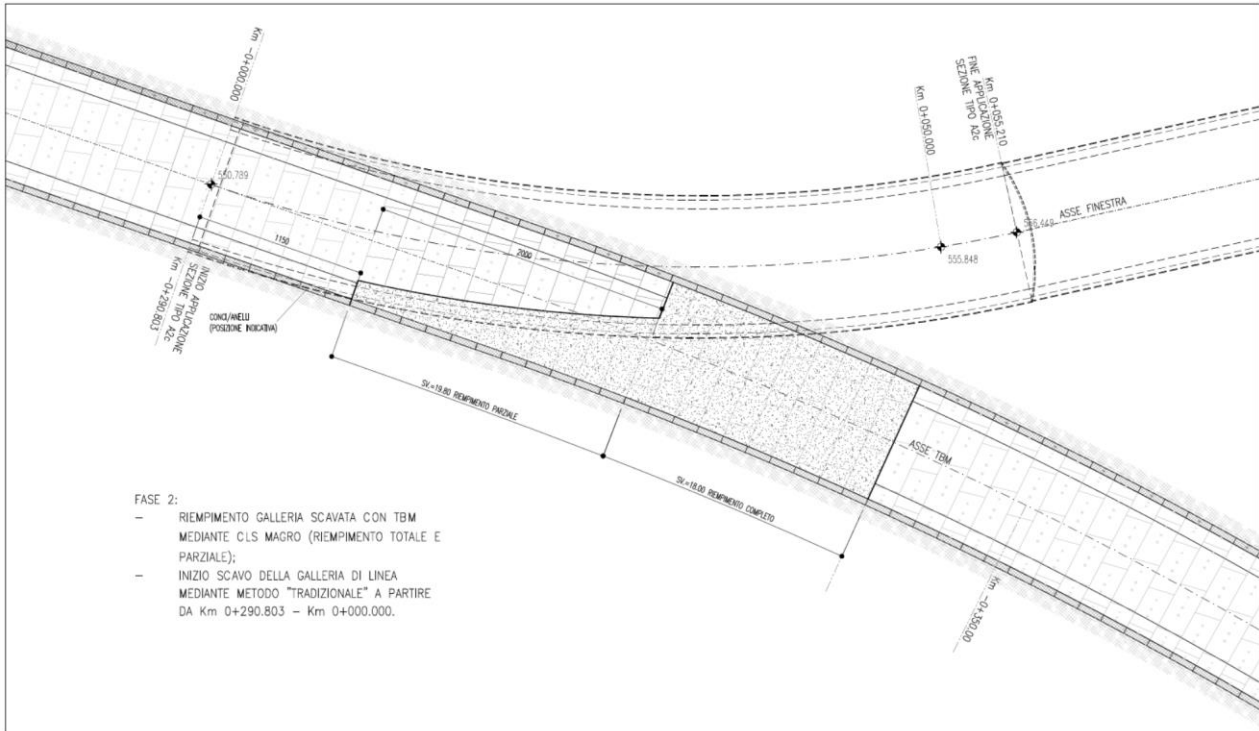


Figura 6-2 – Biforcazione finestra tradizionale e TBM - Fase 2

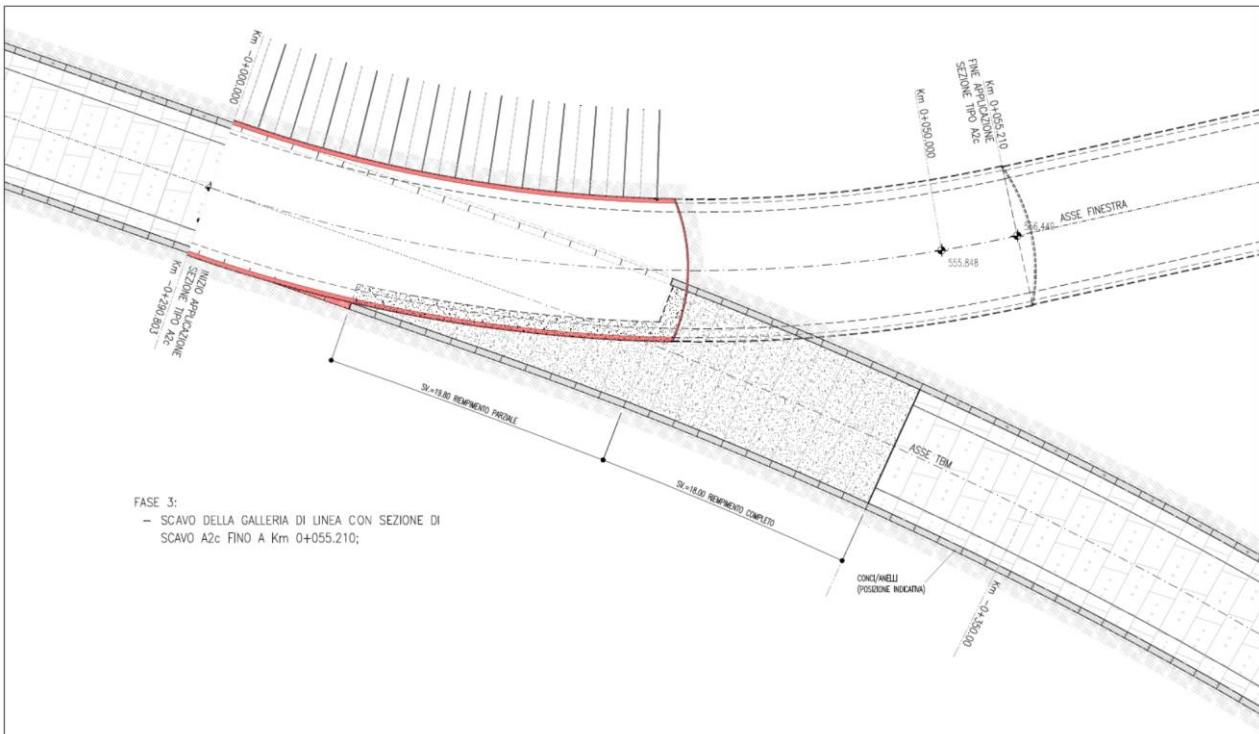


Figura 6-3 – Biforcazione finestra tradizionale e TBM - Fase 3

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<b>Mandatario:</b> SWS Engineering S.p.A.	<b>Mandanti:</b> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>GALLERIE</b> Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo in Scavo Tradizionale	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0600003	REV. B	FOGLIO. 28 di 54

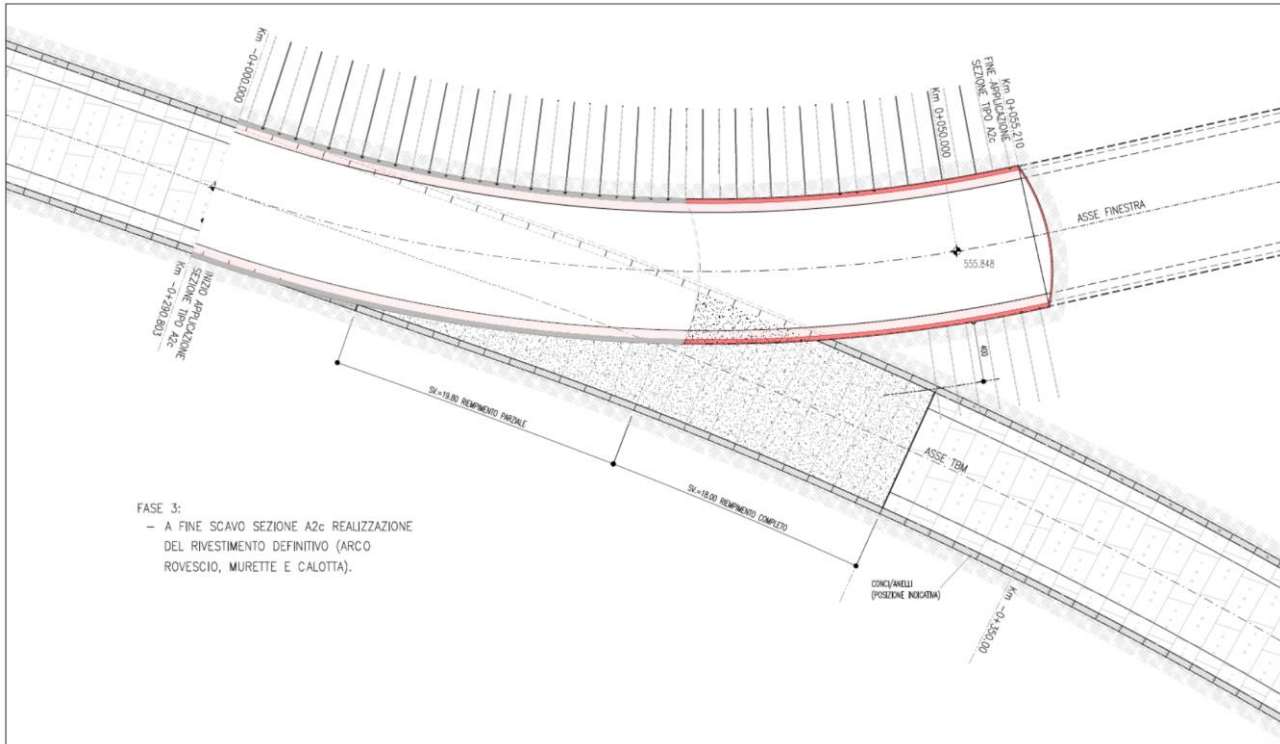


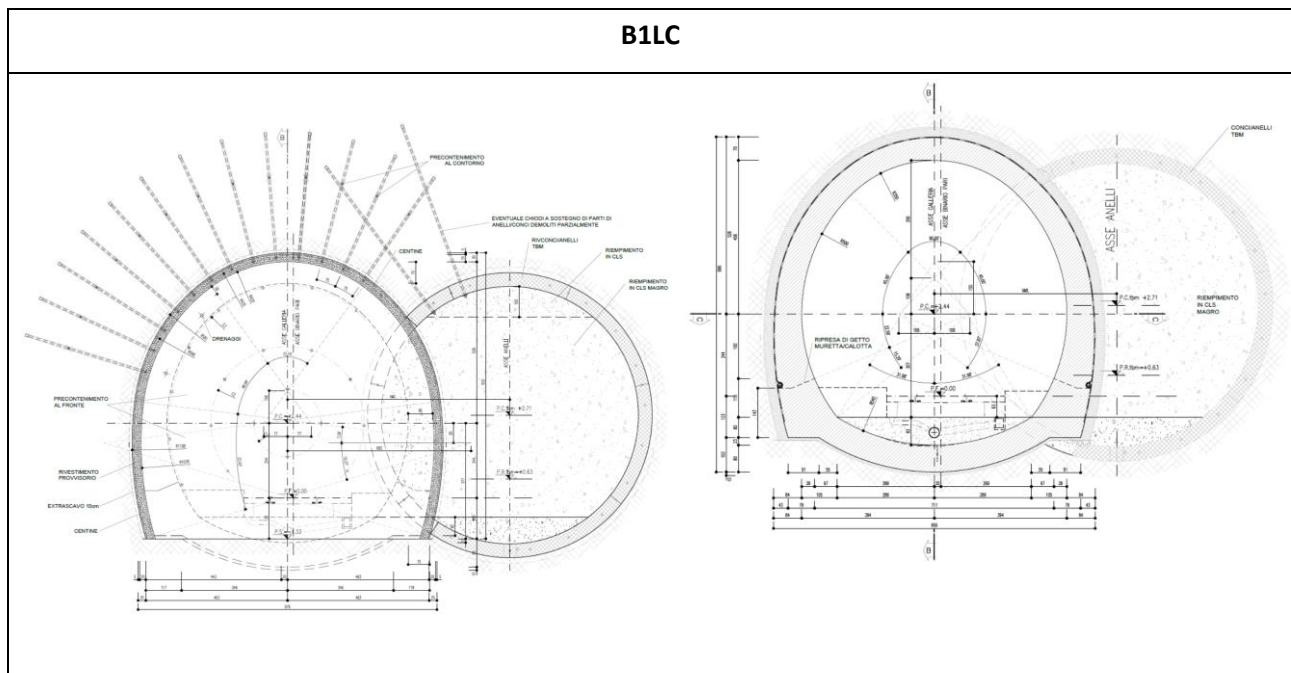
Figura 6-4 – Biforcazione finestra tradizionale e TBM - Fase 4

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>GALLERIE</b> Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo in Scavo Tradizionale	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0600003	REV. B	FOGLIO. 29 di 54

### 6.5.9 Sezione B1LC - biforcazione finestra TBM e galleria di linea BP

<b>Campo di avanzamento</b>	10.8 m	
<b>Sfondo massimo</b>	1.80 m (sagomatura del fronte a forma concava)	
<b>Sostegno al fronte</b>	24 R51N L=15m sovrapp. Min. 4,2 m ( $\pm 20\%$ ), 5 cm di SB fibro-rinforzato su ogni sfondo e 10 cm a fine campo	
<b>Sostegno al contorno</b>	18 R51N L=12 m, sovrapp. Min. 6,0m ( $\pm 20\%$ )	
<b>Sostegno radiale</b>	Non previsto	
<b>Sostegno al piede delle centine</b>	Non previsto	
<b>Drenaggi in avanzamento (in caso di presenza di acqua)</b>	Eventuali n° 2 (1+1) tubi microfessurati in PVC, $L_{tot} = 30$ m (sovrapp. minima 10 m) diametro esterno $\varnothing > 60$ mm, spessore 5 mm, rivestiti con calza in TNT	
<b>Rivestimento di prima fase</b>	Spritz-beton fibrorinforzato	s = 5 cm, prima fase s = 25 cm, seconda fase
	Centine metalliche	2 IPN 180, i = 1.2 m ( $\pm 20\%$ )
<b>Impermeabilizzazione</b>	Tessuto non tessuto e manto impermeabile in PVC	
<b>Rivestimento definitivo</b>	Arco rovescio e murette	s = 80 cm, in cls armato
	Calotta e piedritti	s = 70 cm, in cls armato

Tabella 6-9. Sezione tipo B1LC



APPALTATORE: 	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>  <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
<b>GALLERIE</b> Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo in Scavo Tradizionale	COMMESSA IB0U	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0600003	REV. B	FOGLIO. 30 di 54

Di seguito si riportano le principali fasi di scavo relative alla biforcazione (Biforcazione finestra TBM e galleria di linea BP - Fasi costruttive - IB0U1BEZZP9GN0600003):

- Fase 1: scavo della galleria mediante TBM, termine lavorazioni e smantellamento allestimenti scavo con TBM (Figura 6-5);
- Fase 2: inizio scavo della galleria di linea mediante metodo tradizionale a partire da camerone di manovra; contestuale riempimento della galleria scavata con TBM mediante calcestruzzo magro (riempimento totale e parziale); a progressiva km 16+472.338 B.P. inizio applicazione sezione di scavo B1LC per scavo galleria di linea (Figura 6-5);
- Fase 3: Scavo della galleria di linea con sezione tipo di scavo B1LC fino a km 16+526.338 B.P.; proseguimento scavi fino a km 16+574.258 B.P con sezione B1LC senza consolidamento del fronte (Figura 6-6);
- Fase 4: a fine scavo della sezione B1LC realizzazione del rivestimento definitivo (arco rovescio, murette e calotta) in Figura 6-6.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>GALLERIE</b> Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo in Scavo Tradizionale	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0600003	REV. B	FOGLIO. 31 di 54

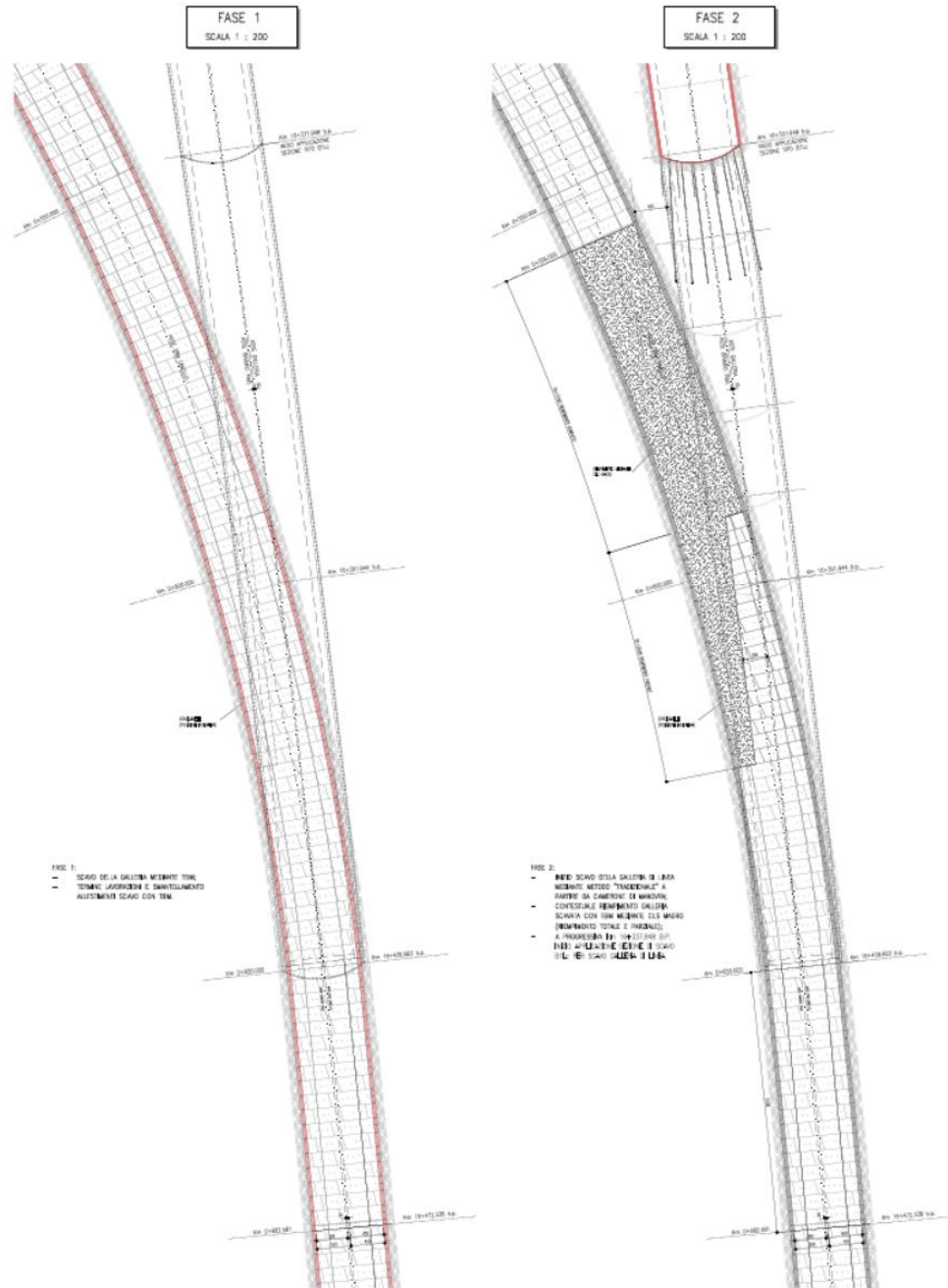


Figura 6-5 – Biforcazione finestra TBM e galleria di linea BP – Fasi costruttive 1 e 2.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<b>Mandatario:</b> SWS Engineering S.p.A.	<b>Mandanti:</b> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>GALLERIE</b> Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo in Scavo Tradizionale	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0600003	REV. B	FOGLIO. 32 di 54

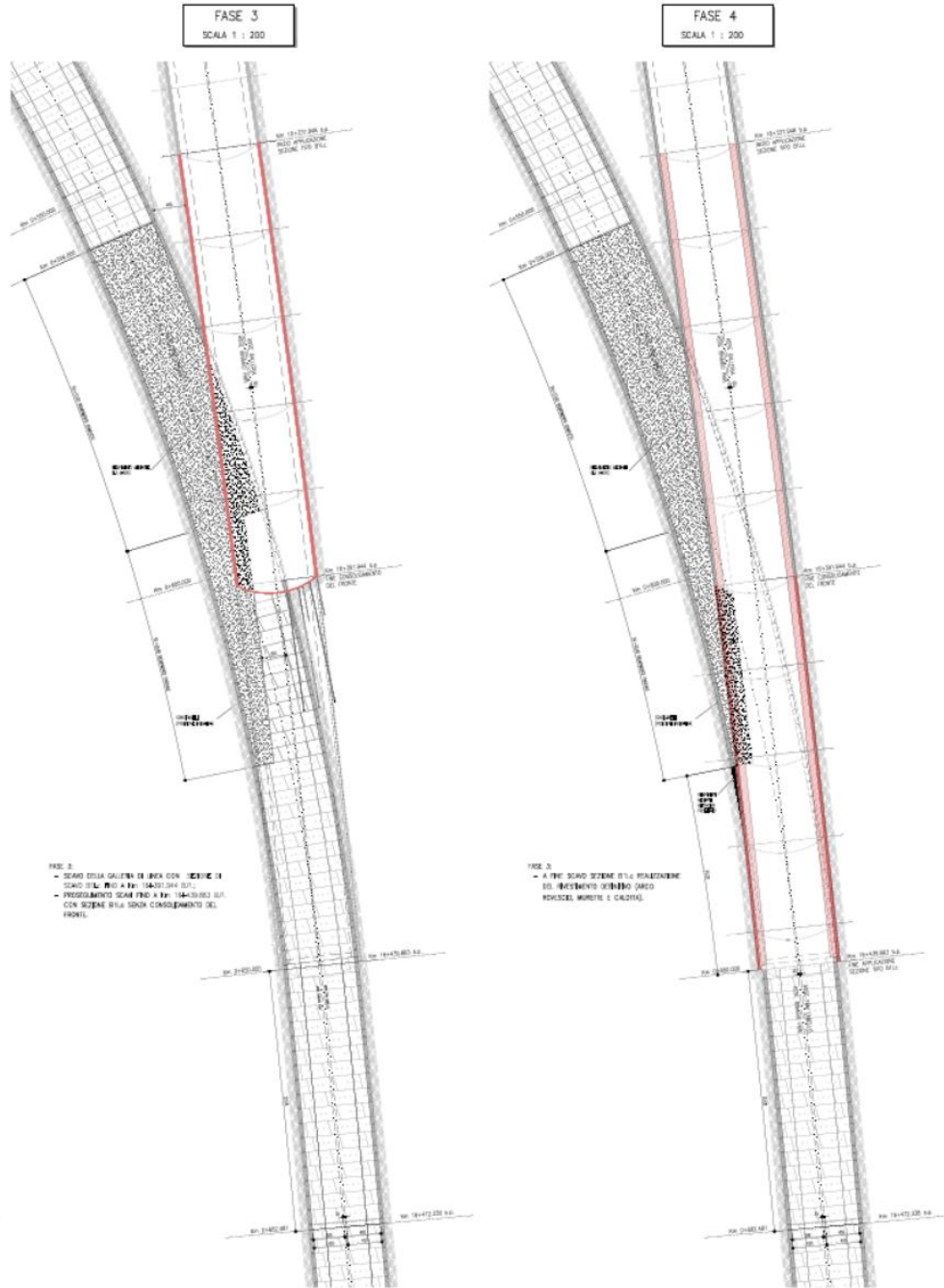


Figura 6-6 – Biforcazione finestra TBM e galleria di linea BP – Fasi costruttive 3 e 4.



APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
<b>GALLERIE</b>	Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo in Scavo Tradizionale	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
		IBOU	1AEZZ	RH	GN0600003	B	33 di 54

## 7. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI STRUTTURALI

Si riportano di seguito le principali caratteristiche dei diversi materiali impiegati nelle opere in progetto, con l'indicazione dei valori di resistenza e deformabilità adottati nelle verifiche, nel rispetto delle indicazioni del DM 14/01/2008 e della Circolare n.617/2009.

Con riferimento ai rivestimenti provvisori e definitivi, si sottolinea che la classe di resistenza dei calcestruzzi riportata nelle tabelle che seguono è quella utilizzata ai fini della sola modellazione numerica e delle verifiche strutturali (per i rivestimenti definitivi si rimanda alle indicazioni del Capitolato

Per le caratteristiche dei materiali da adottare per la realizzazione delle opere si rimanda all'elaborato "Caratteristiche dei materiali – Quadro sinottico".

### 7.1 RIVESTIMENTO PROVVISORIO

<b>Calcestruzzo proiettato fibrorinforzato</b>	
Classe di resistenza	C25/30
Resistenza di progetto a compressione a 28 giorni	$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{0.85f_{ck}}{1.5} = 14.11 \text{ MPa}$
Modulo elastico a 28 giorni	$E_{cm} = 22000 \cdot \left(\frac{f_{cm}}{10}\right)^{0.3} = 31447 \text{ MPa}$
Classe minima di sviluppo della resistenza minima a compressione a breve termine	J2
Curva granulometrica degli aggregati di tipo Continuo con diametro massimo di:	10 mm
Classe di consistenza	S5
Classe di assorbimento energetica minima	E700

<b>Acciaio per centine</b>	
Tipo	S 275
Tensione caratteristica di rottura	$f_{tk} \geq 430 \text{ MPa}$
Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk} \geq 275 \text{ MPa}$
Modulo elastico	$E_s = 210000 \text{ MPa}$

<b>Bulloni ancoraggio continuo</b>	
Acciaio	B 450 C

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
Mandataria:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
<b>GALLERIE</b>		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo in Scavo Tradizionale		IBOU	1AEZZ	RH	GN0600003	B	34 di 54

Diametro	24 mm
Diametro di perforazione	>51 mm

<b>Bulloni autoproforanti in acciaio R51N</b>	
Tipo	R51N
Carico caratteristico di rottura ( $f_{tk} \cdot A_s$ )	$F_{tk} \geq 800$ kN
Carico caratteristico di snervamento ( $f_{yk} \cdot A_s$ )	$F_{yk} \geq 630$ kN
Diametro esterno	51 mm
Diametro interno	33 mm
Diametro di perforazione	>100 mm

## 7.2 RIVESTIMENTO DEFINITIVO

<b>Calcestruzzo armato</b>	
Classe di resistenza	C25/30
Resistenza di progetto a compressione a 28 giorni	$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{0.85f_{ck}}{1.5} = 14.11$ MPa
Modulo elastico a 28 giorni	$E_{cm} = 22000 \cdot \left(\frac{f_{cm}}{10}\right)^{0.3} = 31447$ MPa
Classe di esposizione	XC2
Classe di consistenza	S4
Classe di contenuto in cloruri	CL 0.2
Diametro massimo aggregato	32 mm
Copriferro	5 cm

<b>Calcestruzzo non armato</b>	
Classe di resistenza	C25/30
Tensione massima di compressione	$\sigma_c = 6.25$ MPa
Modulo elastico a 28 giorni	$E_{cm} = 22000 \cdot \left(\frac{f_{cm}}{10}\right)^{0.3} = 31447$ MPa

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>GALLERIE</b> Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo in Scavo Tradizionale	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0600003	REV. B	FOGLIO. 35 di 54

<b>Acciaio per barre di armatura</b>	
Tipo	B 450 C
Tensione caratteristica di rottura	$f_{tk} \geq 540 \text{ MPa}$
Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk} \geq 450 \text{ MPa}$
Resistenza di progetto	$f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s = 391.3 \text{ MPa}$
Tensione massima in esercizio	$\sigma_{lim} = 0.8 f_{yk} = 360 \text{ MPa}$

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
Mandatario:	Mandanti:		PROGETTO ESECUTIVO			
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA	GDP GEOMIN	SIFEL SIST			
	M Ingegneria					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo in Scavo Tradizionale	IBOU	1AEZZ	RH	GN0600003	B	36 di 54

## 8. ELEMENTI NECESSARI ALLA GESTIONE DELLE LINEE GUIDA E CRITERI APPLICATIVI

Il progetto della galleria naturale 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).

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:

- confermare la sezione tipo più adeguata, tra quelle già previste in una determinata tratta e riportate in chiaro sugli elaborati "profili geomeccanici";
- variare quegli interventi, nell'ambito delle variabilità previste in progetto, che devono adeguarsi alle reali condizioni geomeccaniche riscontrate al fronte di avanzamento nonché al comportamento deformativo del cavo. Quest'ultimo, come noto, è dipendente 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;
- definire il passaggio tra una sezione tipo ed un'altra tra quelle previste in quella tratta o comunque previste in progetto, qualora le condizioni oggettivamente riscontrate risultino difformi da quelle ipotizzate in fase progettuale;
- definire e raccogliere tutti gli adeguati elementi oggettivi a supporto della definizione di una sezione tipo che, senza alterare l'impostazione progettuale, differisca da quelle già previste in progetto esecutivo in termini di schemi di consolidamento, pre-rivestimento, impermeabilizzazione e rivestimento definitivo, anche se tali modifiche conducano a lavorazioni in quantità al di fuori dei campi di variabilità individuati in fase di progettazione.

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

- formazione geologica riscontrata e coperture in esame;
- raccolta dei dati geomeccanici e geostrutturali rilevabili al fronte che consentono una completa caratterizzazione dell'ammasso in scavo. Oltre ai parametri di resistenza e deformabilità tale caratterizzazione deve inoltre contenere le informazioni geostrutturali di carattere qualitativo e

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
Mandatario:	Mandanti:					<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA	GDP GEOMIN	SIFEL SIST	M Ingegneria		
<b>GALLERIE</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo in Scavo Tradizionale	IBOU	1AEZZ	RH	GN0600003	B	37 di 54

quantitativo 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 del fronte di scavo (estrusioni durante il fermo fronte e/o mediante sliding micrometer) e al contorno del cavo (convergenze) durante l'avanzamento e loro evoluzione nel tempo (tendenza alla stabilizzazione, velocità di deformazione etc);
- raccolta dati riguardanti 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 di pressione e portata durante il drenaggio delle zone di faglia e/o fratturazione con acqua in pressione;
- evidenze durante lo scavo circa la tendenza al distacco di blocchi, sovrascavi e/o qualsivoglia elemento di pericolosità.

L'insieme dei dati permetterà la valutazione della sezione tipo da applicare e l'intensità degli interventi previsti all'interno della loro variabilità.

Anche se il parametro deformativo (convergenza del cavo ed estrusione del fronte) in molti casi è il parametro più significativo per l'applicazione delle sezioni tipo e delle loro variabilità, l'analisi dei dati di monitoraggio deve essere sempre effettuata in maniera integrata, nell'ambito di un'analisi critica e completa di tutti i dati a disposizione.

Sarà esclusivamente compito del Progettista analizzare ed interpretare criticamente tutti i parametri a disposizione ed eventualmente proporre adattamenti alla sezione tipo di scavo.

## 8.1 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.

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

Tali rilievi vengono condotti secondo le frequenze previste dal programma di monitoraggio tramite l'impiego di una scheda di rilevamento 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:

- **analitici:** che prevedono la compilazione completa della scheda citata e l'eventuale esecuzione di prove e determinazioni in situ e/o, all'occorrenza, 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. Tali rilievi dovranno stimare anche il valore di GSI (*Geological Strength Index*) secondo le metodologie ritenute più idonee alla formazione geologica incontrata valutando, se presente, l'anisotropia dell'ammasso. (i.e. approccio analitico per ammasso continuo litoide o secondo Hoek&Marinos 2001 per ammasso con struttura complessa o flyshoide).

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
Mandataria:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo in Scavo Tradizionale	IBOU	1AEZZ	RH	GN0600003	B	38 di 54

- **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.

## 8.2 VALORI SOGLIA

Per ogni sezione tipo sono definiti dei valori attesi e di soglia (ad es. di convergenza, tensionali...) definiti come segue:

- **Valori attesi**; I valori attesi dei fenomeni deformativi al fronte, al cavo, sono desunti dai risultati delle analisi numeriche effettuate per la verifica delle sezioni tipo e sulla base di esperienze in contesti analoghi. I valori attesi delle convergenze/estrusioni possono discostarsi dai risultati emersi in sede di calcolo in quanto nella pratica è necessario tenere conto dell'importanza di fattori difficilmente schematizzabili e modellabili numericamente, quali anisotropie nel comportamento deformativo del cavo, condizioni geomeccaniche particolari e localizzate, fasi realizzative e di messa in opera. Per questi motivi il range delle convergenze e degli spostamenti delle mire attesi può essere più elevato o inferiore di quello calcolato numericamente. Analogamente i valori di riferimento tensionali possono essere desunti dalle analisi numeriche di riferimento. Qualora si registrassero valori prossimi ai valori attesi, non sono necessarie particolari azioni progettuali e il comportamento dell'opera risulta in linea con quanto previsto progettualmente.
- **Valori soglia di attenzione**; il netto superamento dei valori attesi e l'avvicinamento delle misure in campo a tali valori origina una serie di possibili azioni di modifica agli interventi della sezione tipo applicata secondo le metodologie di seguito esplicitate o al cambio della tipologia della sezione applicata in particolari condizione.
- **Valori soglia di allerta**: soglia che indica l'approssimarsi ad una condizione gravosa rispetto alle previsioni di progetto, per la quale dovranno essere valutate azioni correttive al di fuori della sezione tipo applicata. Il solo superamento del valore di soglia di allerta non indica implicitamente il raggiungimento di condizioni critiche per l'opera.

Si precisa che i valori di deformazione e di tensione ipotizzati non vanno intesi come l'unica informazione che possa incidere sulle scelte già adottate per una determinata tratta poiché 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 e tensionale. Tali valori servono soltanto a fornire indicazioni sul campo dei valori deformativi più probabili per le sezioni già indicate in progetto.

Sarà onere del Progettista l'interpretazione di tutti i fattori utili alla verifica globale del comportamento della Sezione Tipo applicata ed alla definizione degli interventi ritenuti necessari al contesto incontrato.

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
Mandatario:	Mandanti:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA	GDP GEOMIN	SIFEL SIST			
	M Ingegneria					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo in Scavo Tradizionale	IBOU	1AEZZ	RH	GN0600003	B	39 di 54

### 8.3 PROCEDURA DI APPLICAZIONE DELLE SEZIONI TIPO E GESTIONE DELLE VARIABILITÀ DEGLI INTERVENTI

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).

Nell'ambito di una stessa tratta a comportamento geomeccanico "omogeneo", in sede di progetto, sono state definite nel profilo geomeccanico le sezioni tipo e le relative percentuali di applicazione in funzione di:

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

Una volta verificata la rispondenza della situazione geologico-geomeccanica e tensionale con le ipotesi di progetto si procede alla scelta e applicazione della sezione tipo, prevista per la tratta in esame, applicando i criteri descritti nei paragrafi precedenti.

In conformità con i criteri indicati nei paragrafi precedenti, durante gli avanzamenti, verranno raccolti i dati riguardanti le condizioni geologiche e geomeccaniche al fronte di scavo, la risposta deformativa del fronte e del cavo, le fasi e le cadenze di avanzamento. La loro elaborazione consentirà il confronto tra la situazione in sito e quella prevista in progetto, effettuando di conseguenza la scelta e l'applicazione della sezione tipo, secondo i criteri di seguito indicati:

<b>CASO 1</b>	<b><i>Le condizioni geotecniche/geomeccaniche rilevabili al fronte e/o i dati di monitoraggio della risposta deformativa e/o tensionale sono in linea con le condizioni medie attese</i></b>
CONDIZIONI PRELIMINARE	Le condizioni geotecniche rilevabili al fronte corrispondono a quanto previsto in progetto e la risposta tenso-deformativa rientra nel campo dei valori soglia attesi.
AZIONI	La previsione progettuale è confermata, si procede con la sezione tipo nella configurazione media di interventi previsti.

<b>CASO 2</b>	<b><i>Le condizioni geotecniche/geomeccaniche rilevabili al fronte e/o i dati di monitoraggio della risposta deformativa e/o tensionale evidenziano una condizione peggiore rispetto alla condizione media attesa.</i></b>
<b>CASO 2-1</b> (CONDIZIONI PRELIMINARI)	Avvicinamento o raggiungimento dei valori monitorati ai valori soglia di attenzione e/o evidenze di trend deformativi che sembrano evolvere verso i valori di soglia con andamenti superiori ai valori attesi.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<b>Mandatario:</b> SWS Engineering S.p.A.	<b>Mandanti:</b> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>GALLERIE</b> Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo in Scavo Tradizionale	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0600003	REV. B	FOGLIO. 40 di 54

<b>AZIONI</b>	<p>La sezione tipo prevista per la tratta può essere ritarata definendo gli interventi in accordo alle variabilità definite in progetto, coadiuvati dalle operazioni di monitoraggio.</p> <p>Possibili interventi sulla sezione tipo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• aumento dell'incidenza dei consolidamenti del fronte e del contorno;</li> <li>• riduzione del passo delle centine del rivestimento provvisorio;</li> <li>• riduzione della distanza dal fronte entro cui eseguire il getto dell'arco rovescio, delle murette, della calotta;</li> <li>• utilizzo di sistemi di puntonamento di arco rovescio per limitare le deformazioni in atto, ove previsto.</li> <li>• utilizzando sfondi parziali del fronte di scavo con apposizione di strato di spritz di protezione nella tratta appena scavata e successiva fase di completamento sfondo e completamento spritz-beton.</li> </ul> <p>Interventi sul monitoraggio:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Intensificare le letture presso la stazione di lettura, verificare la strumentazione installata</li> <li>• Controllare le letture delle stazioni di monitoraggio limitrofe al fine di verificare la zona interessata da tali condizioni.</li> <li>• Verificare del trend deformativo registrato in funzione delle lavorazioni effettuate al fine di prevedere l'evoluzione futura degli spostamenti.</li> </ul>
<b>CASO 2-2</b> (CONDIZIONI PRELIMINARI)	Superamento dei valori soglia di attenzione dei parametri monitorati e/o evidenze di trend deformativi che evolvono rapidamente verso i valori di soglia con andamenti anomali e sicuramente superiori ai valori attesi.
<b>AZIONI</b>	Si valutano le ragioni di tale condizione, inquadrando il contesto geomeccanico e deformativo in essere (comunque già previsto nella tratta) al fine di definire il passaggio alla sezione tipo più idonea al contesto incontrato ed in linea con le terapie previste in progetto, con riferimento ai campi di applicazione di ciascuna sezione tipo.

<b>CASO 3</b>	<b><i>Le condizioni geotecniche/geomeccaniche rilevabili al fronte e/o i dati di monitoraggio della risposta deformativa e/o tensionale evidenziano una condizione migliore rispetto alla condizione media attesa.</i></b>
<b>CASO 3-1</b> (CONDIZIONI PRELIMINARI)	I parametri di riferimento per le caratteristiche geotecniche/geomeccaniche si collocano sui valori massimi dell'intervallo di valori attesi ed i parametri tensionali e/o deformativi (ad es. convergenze, estrusioni) si collocano sui valori minimi attesi.



APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>GALLERIE</b> Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo in Scavo Tradizionale	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0600003	REV. B	FOGLIO. 41 di 54

<i>AZIONI</i>	<p>La sezione tipo prevista per la tratta può essere ritarata definendo gli interventi in accordo alle variabilità definite in progetto:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• riducendo l'incidenza dei consolidamenti del fronte e del contorno (se previsti),</li> <li>• aumentando il passo delle centine del rivestimento provvisorio,</li> <li>• aumentando le distanze dal fronte entro cui eseguire il getto dell'arco rovescio, delle murette, della calotta.</li> </ul>
<b>CASO 3-2</b> <i>(CONDIZIONI PRELIMINARI)</i>	Le indagini e i rilievi in sito accertano stabilità e continuità della condizione migliore rispetto alla condizione media.
<i>AZIONI</i>	Si valuta la possibilità di passaggio ad una diversa sezione tipo, più leggera, tra quelle previste in progetto nella tratta omogenea.

Di seguito la schematizzazione dell'iter esecutivo di scelta nelle condizioni Progettuali, individuando il ruolo dei diversi soggetti coinvolti:

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>GALLERIE</b> Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo in Scavo Tradizionale	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0600003	REV. B	FOGLIO. 42 di 54

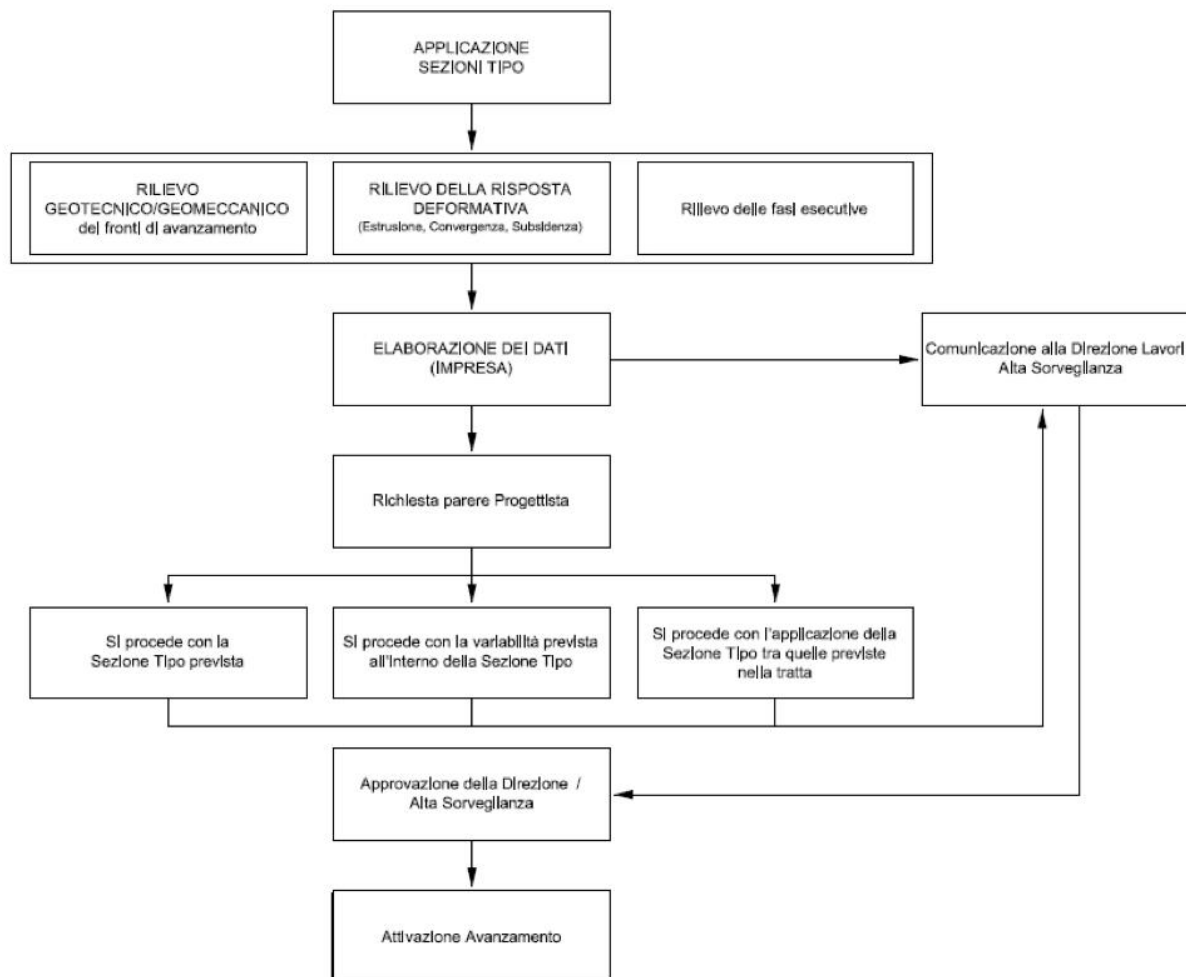


Figura 8-1. Iter esecutivo di scelta

In generale il passaggio da una sezione tipo ad un'altra potrà avvenire in modo graduale: il progettista potrà adottare dei criteri flessibili di variazione della specifica sezione, ottimizzando gli elementi previsti, al fine di garantire sia la continuità e la sicurezza delle lavorazioni in cantiere sia il mantenimento del livello prestazionale dell'opera. In questa ottica nell'ambito del progetto esecutivo si adotteranno quei criteri di flessibilità esecutiva che consentano la massima velocità di avanzamento e la riduzione al minimo dello sviluppo reologico temporale del processo di detensionamento e rilassamento dell'ammasso al contorno e sul fronte.

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
Mandataria:	Mandanti:	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo in Scavo Tradizionale	IBOU	1AEZZ	RH	GN0600003	B	43 di 54

## 9. VALORI ATTESI DI SOGLIA

Sulla base di quanto descritto nel 8.2, di seguito sono esplicitati nel dettaglio i valori soglia di convergenza diametrale ed estrusioni al fronte previsti per le diverse sezioni tipo.

Sono indicati dei range di riferimento, per i quali si è tenuto comunque conto di aspetti difficilmente schematizzabili dalle analisi, quali anisotropie nel comportamento deformativo del cavo, condizioni geomeccaniche particolari e localizzate, fasi esecutive e cadenze d'avanzamento, nonché considerando possibili tolleranze delle misurazioni. I valori di convergenza riportati si intendono stabilizzati (tendenti all'asintoto), ovvero misurati ad una distanza dal fronte di 1.5-2.0 diametri di scavo, calcolati sul diametro passante per il piano dei centri. Le soglie di attenzione e di allarme sono definite ipotizzando un incremento di ca. 150% e di ca. 200% del valore superiore del range atteso rispettivamente. Per la definizione delle soglie limite di allarme per sezioni con rischio di squeezing, non essendo possibile definire un valore limite di comportamento al collasso, si è fatto anche riferimento alle indicazioni contenute in letteratura Rif. [20] in cui si evidenziano assenza di problemi nel caso di deformazioni inferiori al 1% del diametro equivalente di scavo.

I valori attesi di convergenza diametrale saranno, in fase di avanzamento, confrontati con i valori misurati mediante le stazioni di monitoraggio previste. Al fine di essere confrontata con i valori di previsione, la convergenza diametrale del cavo sarà valutata quale media di tre misurazioni relative alle tre corde che collegano i due punti sui piedritti e quello in chiave di calotta. Questa scelta si basa su esperienze effettuate in contesti analoghi e nell'intento di rendere il più coerenti possibili i risultati ottenuti con i metodi di calcolo utilizzati e quelli ottenuti dalle misurazioni. Tuttavia dovranno essere tenuti in debita considerazione anche i valori dei singoli punti o corde; infatti può succedere che la convergenza diametrale media non rilevi deformazioni significative, ma, per effetto di un carico asimmetrico dovuto ad una anisotropia locale del terreno, si verifichi una deformazione locale del cavo che richiede eventuali azioni correttive. Indicativamente sulla base anche di altre esperienze in contesti analoghi, il massimo spostamento della singola mira oltre il quale si verifica la soglia di allarme, è pari a: sezione tipo sezione tipo A  $\approx$  5cm; sezioni tipo B  $\approx$  6cm.

Tabella 10. Soglie di attenzione e di allarme per ciascuna sezione tipo per convergenze ed estrusioni

SEZIONE TIPO	Copertura	Convergenze			Estrusioni		
		Valore atteso [mm]	Attenzione [mm]	Allarme [mm]	Valore atteso [mm]	Attenzione [mm]	Allarme [mm]
A1*	Tutte le coperture	10 - 25	40	50	10 - 25	40	50
A2C	Tutte le coperture	15 - 30	45	60	15 - 30	45	60
B1L	Tutte le coperture	25 - 35	50	70	25 - 35	50	70
B1	Tutte le coperture	30÷40	60	80	30÷40	60	80
Innesto camera di manovra	Tutte le coperture	25-35	50	70	25-35	50	70
Camera di manovra	Tutte le coperture	30-40	60	80	25-35	55	80

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:						
Mandatario:	Mandanti:	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
<b>GALLERIE</b> Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo in Scavo Tradizionale	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
	IBOU	1AEZZ	RH	GN0600003	B	44 di 54

SEZIONE TIPO	Copertura	Convergenze			Estrusioni		
		Valore atteso [mm]	Attenzione [mm]	Allarme [mm]	Valore atteso [mm]	Attenzione [mm]	Allarme [mm]
Sfollamento-sezione tipo A1	Tutte le coperture	10-25	40	50	15 - 30	45	60
Sfollamento-sezione tipo B1	Tutte le coperture	20-30	40	85	30÷40	60	80
B1LC	Tutte le coperture	15 - 30	45	60	30÷40	60	80

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
Mandataria:	Mandanti:	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo in Scavo Tradizionale	IBOU	1AEZZ	RH	GN0600003	B	45 di 54

## 10. CAMPI DI APPLICAZIONE E VARIABILITÀ DELLE SEZIONI TIPO

Di seguito saranno definiti gli ambiti di applicabilità delle singole sezioni tipo dal punto di vista dei riscontri geologici, geomeccanici ed idrogeologici, coperture in gioco e, più in generale, del comportamento dell'ammasso allo scavo.

Il GSI che caratterizzerà la qualità d'ammasso dovrà essere determinato secondo le metodologie ritenute più idonee alla formazione geologica incontrata valutando, se presente, l'anisotropia dell'ammasso per poi tenerne conto nella definizione del modello geotecnico (i.e. approccio analitico per ammasso continuo litoide o secondo Hoek&Marinos 2001 per ammasso con struttura complessa o flyshoide).

Si tenga presente che una correlazione diretta fra GSI e sezione tipo da applicare può portare ad errori di valutazione in contesti eterogenei e complessi come quelli affrontati nello scavo della galleria in oggetto. Pertanto, il parametro GSI deve essere inteso come uno dei molteplici parametri caratteristici concorrenti alla determinazione degli interventi costituenti le sezioni tipo e non deve essere correlato in modo diretto ad uno specifico comportamento deformativo.

### 10.1 SEZIONE TIPO A1\*

La sezione A1 è prevista come sezione prevalente per l'attraversamento dei *Porfiroidi* (unità *p*) e delle lave andesitiche (unità  $\alpha$ ) qualora l'ammasso risulti caratterizzato da buoni valori di resistenza e deformabilità (GSI > 45). Fronte di scavo stabile secondo la classificazione ADECO-RS. La sezione in oggetto presenta la posa in opera di centine metalliche, così da contenere le convergenze radiali dell'ammasso. In funzione del contesto geomeccanico riscontrato durante gli scavi, sarà possibile variare i sostegni secondo le indicazioni riportate al cap. 10.9. Le distanze di getto dei rivestimenti definitivi nell'arco rovescio e calotta non sono vincolati e saranno regolati in funzione del contesto deformativo rilevato dal monitoraggio.

### 10.2 SEZIONE TIPO A2C

La sezione A2C è prevista come sezione tipo per il tratto di biforcazione della finestra tra TBM e tratta in tradizionale caratterizzata dall'attraversamento dei *Porfiroidi* (unità *p*) in condizioni più o meno fratturate, vista la posizione incerta di una faglia all'inizio della biforcazione stessa (GSI tra 20 e 50).

Fronte di scavo stabile o stabile a breve termine secondo la classificazione ADECO-RS. La sezione in oggetto presenta la posa in opera di centine metalliche, così da contenere le convergenze radiali dell'ammasso. In funzione del contesto geomeccanico riscontrato durante gli scavi, sarà possibile variare i sostegni secondo le indicazioni riportate al cap. 10.9.

E' stata prevista una sezione armata anche in calotta per tenere conto della geometria particolare della biforcazione. Le distanze di getto dei rivestimenti definitivi nell'arco rovescio e calotta sono vincolati al termine dello scavo della biforcazione.

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
Mandatario:	Mandanti:					<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA	GDP GEOMIN	SIFEL SIST	M Ingegneria		
<b>GALLERIE</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo in Scavo Tradizionale	IB0U	1AEZZ	RH	GN0600003	B	46 di 54

### 10.3 SEZIONE TIPO B1L

Le sezioni B1L sono previste come sezioni secondarie, in alternativa alla sezione prevalente A1\*, per l'attraversamento delle zone a struttura massiva presenti nell'unità delle andesiti (unità  $\alpha$ ). In tali condizioni i valori attesi di GSI sono pari a 30-45.

Fronte di scavo stabile secondo la classificazione ADECO-RS. Le sezioni in oggetto presentano la posa in opera di centine metalliche, così da contenere le convergenze radiali dell'ammasso. In funziona del contesto geomeccanico riscontrato durante gli scavi, sarà possibile variare i sostegni secondo le indicazioni riportate al cap. 10.9.

Data l'incertezza del contesto geologico e una possibile presenza, secondo il profilo geomeccanico, di una zona altamente fratturata al di sopra della calotta risulta necessario intervenire mediante la messa in opera sistematica di interventi al contorno in avanzamento, infilaggi tramite tubi in acciaio, e alla contemporanea riduzione del passo delle centine.

### 10.4 SEZIONE TIPO B1

La sezioni B1 sono previste come sezioni secondarie, in alternativa alla sezione prevalente A1\*, per l'attraversamento delle zone a struttura massiva presenti nell'unità delle andesiti (unità  $\alpha$ ). In tali condizioni i valori attesi di GSI sono pari a < 30.

Fronte di scavo stabile o stabile a breve termine secondo la classificazione ADECO-RS. Le sezioni in oggetto presentano la posa in opera di centine metalliche, così da contenere le convergenze radiali dell'ammasso. In funziona del contesto geomeccanico riscontrato durante gli scavi, sarà possibile variare i sostegni secondo le indicazioni riportate al cap. 10.9.

Data l'incertezza del contesto geologico e una possibile presenza, secondo il profilo geomeccanico, di una zona altamente fratturata al di sopra della calotta risulta necessario intervenire mediante la messa in opera sistematica di interventi al contorno in avanzamento, infilaggi tramite tubi in acciaio, e alla contemporanea riduzione del passo delle centine.

### 10.5 SEZIONE TIPO B1LC

La sezione B1LC è prevista come sezione tipo per il tratto di biforcazione della finestra tra TBM e tratta in tradizionale caratterizzata dall'attraversamento dei *Porfiroidi* (unità  $p$ ) in condizioni più o meno fratturate, vista la posizione incerta di una faglia sub-orizzontale (GSI tra 20 e 55).

Fronte di scavo stabile o stabile a breve termine secondo la classificazione ADECO-RS. La sezione in oggetto presenta la posa in opera di centine metalliche, così da contenere le convergenze radiali dell'ammasso. In funziona del contesto geomeccanico riscontrato durante gli scavi, sarà possibile variare i sostegni secondo le indicazioni riportate al cap. 10.9.

APPALTATORE: 	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI          REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA          LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA          TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>  <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>																	
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria:</u> SWS Engineering S.p.A. <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria							<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IBOU</td> <td>1AEZZ</td> <td>RH</td> <td>GN0600003</td> <td>B</td> <td>47 di 54</td> </tr> </tbody> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.													
IBOU	1AEZZ	RH	GN0600003	B	47 di 54													

E' stata prevista una sezione armata anche in calotta per tenere conto della geometria particolare della biforcazione. Le distanze di getto dei rivestimenti definitivi nell'arco rovescio e calotta sono vincolati al termine dello scavo della biforcazione.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
<b>GALLERIE</b>		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo in Scavo Tradizionale		IBOU	1AEZZ	RH	GN0600003	B	48 di 54

## 10.6 SINTESI DEI CAMPI DI APPLICAZIONE

Sezione tipo	Unità geotecnica	Coperture [m]	GSI [-]	Convergenze attese [cm]	Elementi tettonici	Fratturazione
<b>A1*</b>	p, α	Tutte le coperture	>45	< 5,0	Assenza di alterazioni riconducibili a movimenti tettonici	Roccia massiccia con densità di fratturazione media, fronte stabile a breve termine, rischio squeezing basso possibili spinte asimmetriche; transizione litologica. Indicativamente rapporto $\sigma_{cmk} / \sigma_{0max} > 0.25$
<b>B1L</b>	p, α	Tutte le coperture	30-45	< 5,0	Zone di faglia danneggiamento	Roccia massiccia con densità di fratturazione alta fronte stabile a breve termine; rischio squeezing moderato; transizione litologica; possibili spinte asimmetriche. Indicativamente rapporto $\sigma_{cmk} / \sigma_{0max} = 0.20 - 0.25$ . Previsione di applicazione anche all'imbocco con basse coperture e medio/alta fratturazione
<b>B1</b>	p, α	Tutte le coperture	< 30	< 5,0	Zone di faglia danneggiamento	Elevata fratturazione, fronte instabile, deformazioni plastiche. Rapporto $\sigma_{cmk} / \sigma_{0max} = 0.15 - 0.20$
<b>A2C</b>	p	Tutte le coperture	20-50	< 10,0	Zone di faglia danneggiamento	Densità di fratturazione media e zone di alterazione
<b>Innesto alla camera di manovra</b>	p	Tutte le coperture	45-55	< 5,0	Assenza di alterazioni riconducibili a movimenti tettonici	Densità di fratturazione media
<b>Camerone di manovra</b>	p	Tutte le coperture	45-55	< 5,0	Assenza di alterazioni riconducibili a movimenti tettonici	Densità di fratturazione media



APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:						
Mandatario:	Mandanti:	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
<b>GALLERIE</b> Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo in Scavo Tradizionale	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
	IBOU	1AEZZ	RH	GN0600003	B	49 di 54

Sezione tipo	Unità geotecnica	Coperture [m]	GSI [-]	Convergenze attese [cm]	Elementi tettonici	Fratturazione
Galleria di sfollamento- Sezione tipo A1	p	Tutte le coperture	45-55	< 5,0	Assenza di alterazioni riconducibili a movimenti tettonici	Densità di fratturazione media
Galleria di sfollamento- Sezione tipo B1	p	Tutte le coperture	45-55	< 5,0	Assenza di alterazioni riconducibili a movimenti tettonici	Densità di fratturazione media
B1LC	p	Tutte le coperture	20-55	< 10,0	Zone di faglia danneggiamento -	Densità di fratturazione media e zone di alterazione

Tabella 10.1. Campi di applicazione delle sezioni tipo

Vista l'incertezza nell'estensione della tratta in cui sono previste le andesiti ( $\alpha$ ) e l'assenza di prove geomeccaniche su questa formazione, la sezione di analisi considerate nel rapporto di calcolo hanno considerato uno scenario conservativo con presenza di intercalazioni di porfiroidi fratturati.

## 10.7 SINTESI DELLE VARIABILITÀ DELLE SEZIONI TIPO

Nelle tabelle seguenti vengono riassunte per ciascuna sezione tipo le relative variabilità in termini di priverestimenti, interventi di preconsolidamento/presostegno e distanze di getto.

Sezione tipo	VARIABILITÀ PRIVERESTIMENTI			
	Tipo	Passo		
		Variabilità assoluta (m)		
		Min	Rif. tavole	Max
A1*	2IPN 160	1,20	1,40	1,60
A2C	2IPN 180	1,00	1,20	1,40
B1	2IPN 180	0,80	1,00	1,20
B1L	2IPN 180	1,00	1,20	1,40
Innesto alla camera di manovra	HEB 180	0,80	1,00	1,20
Camerone di manovra	2IPN 200	0,80	1,00	1,20
Galleria di sfollamento- Sezione tipo A1	2IPN 160	0,80	1,00	1,20
Galleria di sfollamento- Sezione tipo B1	2IPN 160	0,80	1,00	1,20
B1LC	2IPN 180	1,00	1,20	1,40

(\*) Nei casi di variabilità minima e massima sul passo centina e, qualora il passo non sia multiplo del campo, l'ultima centina dovrà essere posizionata ad un passo tale da chiudere alla lunghezza del campo prevista in progetto.

Tabella 10.2 Variabilità sezioni tipo in termini di priverestimenti



APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>GALLERIE</b> Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo in Scavo Tradizionale	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0600003	REV. B	FOGLIO. 51 di 54

<b>Galleria di sfollament o – Sezione tipo B1</b>	-	-	-						
<b>B1Lc</b>	-	-	-	Nr. 14 sovrapp. 4.8m, lunghezza campo d'avanzamen to L=12- 4.8=7.2m	Nr. 18 sovrapp. 6.0m, lunghezza campo d'avanzamen to L=12- 6.0=6.0m	Nr. 22 sovrapp. 7.2m, lunghezza campo d'avanzamen to L=12- 7.2=4.8m	Nr. 19 sovrapp. 3.4m, lunghezza campo d'avanzamen to L=15- 3.4=11.6m	Nr. 24 sovrapp. 4.2m, lunghezza campo d'avanzamen to L=15- 4.2=10.8m	Nr. 29 sovrapp. 5.0m, lunghezza campo d'avanzamen to L=15- 5.0=10.0m

Tabella 10.3 Variabilità sezioni tipo in termini di ancoraggi radiali, al contorno e al fronte.

Sezione tipo	Ombrello di infilaggi [m/ml]			Barre in VTR al contorno [m/ml]			Barre in VTR al fronte		
	Min	Rif. Tavole	Max	Min	Rif. Tavole	Max	Min	Rif. Tavole	Max
<b>B1</b>	Nr. 18 sovrapp. 2.8m, lunghezza campo d'avanzament o L=12- 2.8=9.2m	Nr. 23 sovrapp. 3.5m, lunghezza campo d'avanzament o L=12- 3.5=8.5m	Nr. 28 sovrapp. 4.2m, lunghezza campo d'avanzament o L=12- 4.2=7.8m	-	-	-	Nr. 16 sovrapp. 4.0m, lunghezza campo d'avanzament o L=13.5- 4.0=9.5m	Nr. 20 sovrapp. 5.0m, lunghezza campo d'avanzament o L=13.5- 5.0=8.5m	Nr. 24 sovrapp. 6.0m, lunghezza campo d'avanzament o L=13.5- 6.0=7.5m
<b>Galleria di sfollament o – Sezione tipo B1</b>	Nr. 11 sovrapp. 2.4m, lunghezza campo d'avanzament o L=9- 2.4=6.6m	Nr. 14 sovrapp. 3.0m, lunghezza campo d'avanzament o L=9- 3.0=6.0m	Nr. 17 sovrapp. 3.6m, lunghezza campo d'avanzament o L=9- 3.6=5.4m	-	-	-	-	-	-

Tabella 10.4 Variabilità sezioni tipo in termini di ombrello di infilaggi e barre in VTR.

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
Mandatario:	Mandanti:					<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA	GDP GEOMIN	SIFEL SIST	M Ingegneria		
<b>GALLERIE</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo in Scavo Tradizionale	IBOU	1AEZZ	RH	GN0600003	B	52 di 54

## 11. PRESCRIZIONI TECNICHE GENERALI E TECNOLOGIE ALTERNATIVE

La progettazione delle sezioni tipo è stata condotta conformemente ai dati disponibili al momento della stesura del presente elaborato; si basa pertanto sui risultati delle indagini eseguite in sede di PD e PE. Qualora in fase di scavo dovessero verificarsi condizioni geomeccaniche/geotecniche e/o idrogeologiche (stress tettonici, rapporto tra tensioni verticali ed orizzontali nel terreno, etc.) diverse da quanto ipotizzato in fase di progettazione, sarà necessario rivedere gli interventi alla luce delle nuove evidenze, prestando particolare attenzione alle caratteristiche dei rivestimenti definitivi.

Inoltre, qualora durante gli scavi di avanzamento dovessero manifestarsi problematiche locali (quali splaccaggi del fronte e/o della calotta, situazioni geologiche puntuali, etc) sarebbe opportuno intensificare gli interventi di consolidamento delle sezioni tipo. La valutazione delle modifiche necessarie sarà compiuta dal progettista in funzione di quanto osservato e registrato nel corso degli scavi. Qualsiasi variazione degli interventi, sarà conforme con i dettami contrattuali e normativi.

Nel seguito si illustrano le principali prescrizioni e tecnologie alternative da adottare durante la realizzazione dell'opera.

### 11.1 PROCEDURE DI FERMO FRONTE

In previsione di fermi prolungati delle attività di scavo il ciclo delle lavorazioni dovrà necessariamente terminare con i consolidamenti (qualora presenti) appena eseguiti (eventualmente incrementati se necessario), con il fronte sagomato a forma concava e protetto da uno strato di spritz-beton e la posa dientine e spritz-beton a ridosso del fronte stesso. In considerazione del livello deformativo dei priverestimenti potrà rendersi necessario anche il getto dell'arco rovescio prossimo al fronte di scavo.

Ogniqualevolta si preveda un fermo fronte superiore alle 48 ore (assenza di lavorazioni) andranno realizzate misure di estrusione topografica al fronte, mediante l'installazione di 9 basi di misura costituite da supporti di dimensioni adeguate, vincolati alla superficie del fronte, ai quali fissare target riflettenti. Tali misure consistono nel rilevamento e nella restituzione grafica e numerica degli spostamenti superficiali del fronte di scavo in senso longitudinale. Il numero minimo di letture da eseguire è il seguente:

- n. 1 lettura al termine degli interventi di consolidamento (se presenti);
- n. 1 lettura al giorno (minimo, da valutare in base al contesto deformativo e all'entità del fermo)
- n. 1 lettura immediatamente prima di riprendere gli scavi.

Al termine di ogni fase di scavo occorrerà sempre effettuare un'accurata attività di disaggio al fronte ed al contorno del cavo al fine di prevenire possibili distacchi di materiali; al fine di preservare lo scavo dal contatto con l'aria sul fronte ed sul contorno dovrà essere applicato uno strato di spritz-beton le cui modalità e spessore di applicazione sono definiti nel POS.

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
Mandataria:	Mandanti:	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo in Scavo Tradizionale	IBOU	1AEZZ	RH	GN0600003	B	53 di 54

## 11.2 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 disgreggio 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 messa in sicurezza delle maestranze nonché di protezione del fronte e del contorno dall'umidità dell'aria e di trattenuta del materiale minuto (non ha funzione strutturale e quindi il suo spessore non è dimensionabile). L'entità e la valutazione sulla necessità di applicare lo strato di pre-spritz (non strutturale) è da porsi a carico dell'impresa esecutrice dei lavori. Il pre-spritz, potrà essere inglobato e far parte integrante del prerivestimento progettuale.

## 11.3 CARATTERISTICHE MINIME DI RESISTENZA DEL CALCESTRUZZO IN RELAZIONE ALLE FASI OPERATIVE

In accordo con il Capitolato delle Opere Civili RFI DTC SI SP IFS 001 A (11.5.6) il transito sul calcestruzzo d'arco rovescio potrà avvenire nel caso in cui la resistenza a compressione del conglomerato cementizio avrà raggiunto almeno 10 N/mm<sup>2</sup>

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 10-12 MPa (Rif. [11], Capitolato delle Opere Civili RFI DTC SI SP IFS 001 A).

## 11.4 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.

## 11.5 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:

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>GALLERIE</b> Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo in Scavo Tradizionale	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0600003	REV. B	FOGLIO. 54 di 54

- 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.

#### 11.6 TECNOLOGIE ALTERNATIVE PER BULLONATURE RADIALI

Nell'ambito delle tecnologie da applicare per la realizzazione della galleria naturale è previsto per l'esecuzione del pririvestimento l'utilizzo di bullonatura radiale tramite chiodi ad ancoraggio continuo cementati alle pareti del perforo.

In alternativa alle bullonature tramite chiodi cementati, in funzione delle esigenze in corso d'opera, potranno utilizzarsi bullonature tipo Swellex ad ancoraggio continuo per attrito, avendo cura di fornire tutti gli elementi tecnici a supporto del rispetto dell'equiprestazionalità in termini di resistenza allo sfilamento e rottura dell'elemento.