

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

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

RELAZIONE

08 - GALLERIE

L – FINESTRA CHIUSA

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

APPALTATORE	COMMITTENTE	SCALA:
IL DIRETTORE TECNICO Ing. Pietro Granvecchio	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 5 0 0 0 0 3 B

Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione per indicazione Committenza	B. Fiorentino	18/07/2022	A. Valente	19/07/2022	D. Buttafoco (Dolomiti)	20/07/2022	
B	Emissione a seguito di istruttorie e interlocuzioni	B. Fiorentino	25/02/2023	P. Fontana	26/02/2023	D. Buttafoco	27/02/2023	

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO				
Mandatario:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
GALLERIE Linee guida per l' applicazione delle sezioni tipo in Scavo Tradizionale	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
	IBOU	1BEZZ	RH	GN0500003	B	2 di 23

SOMMARIO

1. PREMESSA	3
2. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	5
2.1 LEGGI E NORMATIVE.....	5
2.2 NORMATIVE NON COGENTI E RACCOMANDAZIONI.....	5
2.3 PRESCRIZIONI E SPECIFICHE TECNICHE (RFI, ITF).....	5
2.4 BIBLIOGRAFIA.....	5
2.5 DOCUMENTI PRODOTTI A SUPPORTO.....	6
3. ELEMENTI NECESSARI ALLA GESTIONE DELLE LINEE GUIDA E CRITERI APPLICATIVI	7
3.1 ANALISI DEL RISCHIO.....	8
3.2 DEFINIZIONE DELLE CARATTERISTICHE GEOLOGICHE-GEOMECCANICHE DELL'AMMASSO.....	9
3.3 RISPOSTA DEFORMATIVA DEL FRONTE E DEL CAVO.....	10
3.3.1 Valori attesi e valori di soglia.....	11
3.4 FASI ESECUTIVE E CADENZE DI AVANZAMENTO.....	11
3.5 PROCEDURA DI APPLICAZIONE DELLE SEZIONI TIPO E GESTIONE DELLE VARIABILITÀ DEGLI INTERVENTI.....	12
4. VALORI ATTESI DI SOGLIA DEFORMATIVA	16
5. CRITERI GEOMECCANICI PER L'APPLICAZIONE DELLE SEZIONI TIPO	17
5.1 SINTESI DEI CRITERI GEOMECCANICI DI APPLICAZIONE DELLE SEZIONI TIPO.....	18
5.2 SINTESI DELLE VARIABILITÀ DELLE SEZIONI TIPO.....	18
6. PRESCRIZIONI TECNICHE GENERALI E TECNOLOGIE ALTERNATIVE	21
6.1 PROCEDURE DI FERMO FRONTE.....	21
6.2 PRE-SPRITZ AL FRONTE E CONTORNO DURANTE LA FASE DI SCAVO – FUNZIONE E SUA APPLICAZIONE.....	21
6.3 CARATTERISTICHE MINIME DI RESISTENZA DEL CALCESTRUZZO IN RELAZIONE ALLE FASI OPERATIVE.....	22
6.4 TECNICHE DI CONSOLIDAMENTO DEI FRONTI DI SCAVO.....	22
6.5 TECNOLOGIE ALTERNATIVE DI PERFORAZIONE.....	22
6.6 TECNOLOGIE ALTERNATIVE PER BULLONATURE RADIALI.....	23

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
GALLERIE Linee guida per l' applicazione delle sezioni tipo in Scavo Tradizionale	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0500003	REV. B	FOGLIO. 3 di 23

1. PREMESSA

Nell'ambito della Progettazione Esecutiva della linea ferroviaria Fortezza – Ponte Gardena Lotto 1 , la presente relazione descrive i criteri per l'applicazione delle sezioni tipo per la messa in opera della Finestra di Chiusa.

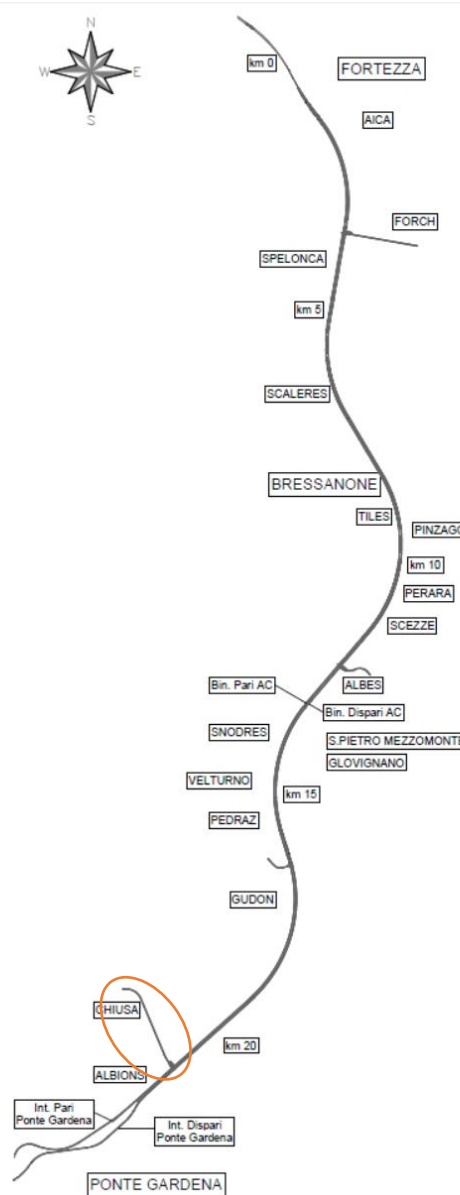


Figura 1-1. Schema della linea ferroviaria Ponte Gardena - Fortezza

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" PROGETTO ESECUTIVO
GALLERIE Linee guida per l' applicazione delle sezioni tipo in Scavo Tradizionale	COMMESSA IB0U	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0500003	REV. B	FOGLIO. 4 di 23

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, prinvestimento, 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.

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:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandataria:	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	1BEZZ	RH	GN0500003	B	5 di 23

2. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

2.1 LEGGI E NORMATIVE

- 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] 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. [4] 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. [5] 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.

2.2 NORMATIVE NON COGENTI E RACCOMANDAZIONI

- Rif. [6] SIG, "Linee guida per la progettazione, l'appalto e la costruzione di opere in sotterraneo", 1997;
- Rif. [7] ITA, "Guidelines for the design of tunnels", 1988.

2.3 PRESCRIZIONI E SPECIFICHE TECNICHE (RFI, ITF)

- Rif. [8] RFI, doc RFI DTC SI MA IFS 001 A "Manuale di Progettazione delle opere civili" datato Dic 2016;
- Rif. [9] ITALFERR, Specifica Tecnica PPA,0002403 "Linee guida per la progettazione geotecnica delle gallerie naturali" datato Dicembre 2015.

2.4 BIBLIOGRAFIA

- Rif. [10] Lunardi P. (2006). Progetto e Costruzione di Gallerie: Analisi delle deformazioni controllate nelle rocce e nei suoli - ADECO-RS – (Hoepli Ed.);
- Rif. [11] 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. [12] Hoek E., Brown E.T. (1988). The Hoek-Brown failure criterion – a 1988 update. Proc. 15th Canadian Rock Mechanics Symposium, 31-38;
- Rif. [13] 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;

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO				
Mandatario:	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	IB0U	1BEZZ	RH	GN0500003	B	6 di 23

Rif. [14]Hoek E., Diederichs M. S. (2006). Empirical Estimation of rock mass modulus. Int. J. Rock Mech. & Mining Sciences, 43, 203-215;

Rif. [15]Hoek E., Brown E.T. (1997). Practical estimates of rock mass strength. Int. J. Rock Mech. & Geomechanics Abstracts, 1165-1186;

Rif. [16]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.

2.5 DOCUMENTI PRODOTTI A SUPPORTO

Finestra Chiusa - Relazione di calcolo	IB0U1BEZZCLGN0500001C
Finestra Chiusa - Relazione monitoraggio	IB0U1BEZZRHGN0500002B
Finestra Chiusa - Relazione di rispondenza funzionale del PE e comparativa con PD	IB0U1BEZZRHGN0500001B
Planimetria, profilo, pianta e sezione.	IB0U1BEZZPZGN0500001B
Sezione di intradosso F2 . Sezione tipo A0. Scavo e consolidamenti	IB0U1BEZZBBGN0500001B
Sezione di intradosso F2 . Sezione tipo A0. Carpenteria e particolari	IB0U1BEZZBBGN0500002B
Sezione di intradosso F2 . Sezione tipo A1. Scavo e consolidamenti	IB0U1BEZZBBGN0500004B
Sezione di intradosso F2 . Sezione tipo A1. Carpenteria e particolari	IB0U1BEZZBBGN0500005B
Sezione di intradosso F2 . Sezione tipo A1. Carpenteria centina	IB0U1BEZZBBGN0500006B
Sezione di intradosso F2 . Sezione tipo A2. Scavo e consolidamenti	IB0U1BEZZBBGN0500008B
Sezione di intradosso F2 . Sezione tipo A2. Carpenteria e particolari	IB0U1BEZZBBGN0500009B
Sezione di intradosso F2 . Sezione tipo A2. Carpenteria centina	IB0U1BEZZBBGN0500010B
Sezione di intradosso F2 . Sezione tipo B1*. Scavo e consolidamenti	IB0U1BEZZBBGN0500012C
Sezione di intradosso F2 . Sezione tipo B1*. Carpenteria e particolari	IB0U1BEZZBBGN0500013C
Sezione di intradosso F2 . Sezione tipo B1*. Carpenteria centina	IB0U1BEZZBBGN0500014C
Sezione di intradosso F2 . Sezione tipo B1*. Tipologico armatura	IB0V1BCZZBBGN0500015B
Sezione di intradosso F2 . Sezione tipo C2*. Scavo e consolidamenti	IB0U1BEZZBBGN0500016B
Sezione di intradosso F2 . Sezione tipo C2*. Carpenteria e particolari	IB0U1BEZZBBGN0500017B
Sezione di intradosso F2 . Sezione tipo C2*. Carpenteria centina	IB0U1BEZZBBGN0500019B
Sezione di intradosso F2 . Sezione tipo C2*. Tipologico armatura	IB0V1BCZZBBGN0500019B
Camera di Manovra - Scavo e consolidamenti	IB0U1BEZZBBGN0500041B
Camera di Manovra - Carpenteria e particolari	IB0U1BEZZBBGN0500042B
Camera di Manovra - Carpenteria centina	IB0U1BEZZBBGN0500043B
Camera di Manovra - Tipologico armatura	IB0V1BCZZBBGN0500044B
Allargo a camera di Manovra - Scavo e consolidamenti	IB0U1BEZZBBGN0500045B
Allargo a camera di Manovra - Carpenteria e particolari	IB0U1BEZZBBGN0500046B
Allargo a camera di Manovra - Carpenteria centina Fase 1	IB0U1BEZZBBGN0500047B
Allargo a camera di Manovra - Carpenteria centina Fase 2	IB0U1BEZZBBGN0500048A

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
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	1BEZZ	RH	GN0500003	B	7 di 23

3. 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, priverivestimento, 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:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandataria:	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	1BEZZ	RH	GN0500003	B	8 di 23

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 contorno del cavo (convergenze) e l'estrusione del fronte 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.

Tali linee guida sono scritte espressamente per l'opera principale, ma i concetti e le applicazioni valgono identicamente per tutte le altre opere elencate in precedenza.

3.1 ANALISI DEL RISCHIO

Considerando le litologie presenti, le condizioni geostrukturali, le condizioni idrauliche, il possibile comportamento dell'ammasso allo scavo e le condizioni al contorno, sono state prese in esame le seguenti tipologie di problematiche/rischi:

Instabilità del fronte e/o del cavo: fenomeni di instabilità del fronte e/o del cavo della galleria dipendono sostanzialmente dalla presenza di tratte del tracciato caratterizzate da parametri geomeccanici scadenti, come nelle zone di faglia, nei contesti tettonizzati e a basse coperture. In tali contesti le analisi compiute hanno evidenziato un comportamento di tipo "C", ovvero instabile, e sono quindi stati previsti specifici interventi di consolidamento.

Venute d'acqua concentrate: Per quanto riguarda l'assetto idrogeologico, si prevede la possibilità di venute d'acqua concentrate in corrispondenza di ammasso tettonizzato e fratturato. Tale condizione può portare anche a fenomeni di instabilità parziale del fronte.

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
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	1BEZZ	RH	GN0500003	B	9 di 23

Transizioni litologiche/fronti misti: si possono presentare tratte in condizioni di fronte misto nelle quali dovranno essere previste sezioni con interventi di consolidamento in avanzamento.

3.2 DEFINIZIONE DELLE CARATTERISTICHE GEOLOGICHE-GEOMECCANICHE DELL'AMMASSO

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

Nell'ambito di una stessa unità è possibile riscontrare una variabilità delle caratteristiche di resistenza e deformabilità. Tale variabilità può essere legata alla stessa natura geologica (cicli di deposizione/erosione) alle coperture in esame, alla presenza o meno di acqua, alla vicinanza di altre formazioni geologiche. In linea generale, l'ammasso interessato da uno scavo in sotterraneo può comportarsi in modo differente anche alle stesse coperture in esame. Da qui nasce la necessità di suddividere in gruppi i parametri geotecnici/geomeccanici, ove possibile e/o significativo. Ciò consente di ipotizzare un susseguirsi discontinuo di comportamento allo scavo legato ad una serie di fattori difficilmente correlabili tra loro.

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

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

I rilievi che sono svolti in corso d'opera consentono, in generale, di evidenziare qualitativamente le diverse situazioni in cui una formazione può presentarsi, come descritto, a titolo esemplificativo, nei punti seguenti:

- un ammasso che si presenta detensionato, evidenzierà valori dei parametri geomeccanici prossimi al limite inferiore dell'intervallo di riferimento;
- un ammasso che al contrario si presenta competente, evidenzierà valori dei parametri geomeccanici prossimi al limite superiore dell'intervallo di riferimento ;
- la presenza di acqua, anche sotto forma di stillicidi, comportano valori dei parametri geomeccanici più prossimi al limite inferiore dell'intervallo di riferimento;

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
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	1BEZZ	RH	GN0500003	B	10 di 23

- in un ammasso stratificato sollecitato in campo elastico, una sfavorevole anisotropia strutturale gioca un ruolo determinante, comportando valori dei parametri più prossimi ai limiti inferiore degli intervalli di riferiment comportano valori dei parametri geomeccanici più prossimi al limite inferiore dell'intervallo di riferimento;

3.3 RISPOSTA DEFORMATIVA DEL FRONTE E DEL CAVO

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

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

Essa dipende dalle caratteristiche geomeccaniche dell'ammasso in rapporto agli stati tensionali indotti all'atto dello scavo.

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

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

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

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

- valori delle deformazioni radiali omogenei nei punti rilevati evidenziano uno stato tensionale di tipo isotropo ($K \approx 1$);
- valori delle deformazioni radiali diversi nei punti rilevati evidenziano stati tensionali diversi da quello isotropo ($K \neq 1$), che si verificano in corrispondenza di:
 - 1) zone fortemente tettonizzate ed in presenza di lineamenti tettonici, per cui gli stati tensionali possono subire forti alterazioni, con orientazioni comuni alle azioni tettoniche principali;
 - 2) in corrispondenza di zone corticali e/o parietali, in cui gli stati tensionali sono funzione della morfologia dell'area;
 - 3) all'interno di ammassi a struttura caotica, per cui gli stati tensionali possono subire repentine e continue modificazioni in intensità e orientazione;
 - 4) qualora il fronte di scavo si presenti "parzializzato" ovvero siano presenti due formazioni di diversa natura e comportamento;
 - 5) in presenza di stratificazioni e comunque per coperture confrontabili con il diametro della galleria.

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
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	1BEZZ	RH	GN0500003	B	11 di 23

3.3.1 Valori attesi e valori di soglia

Per ogni sezione tipo sono definiti dei valori attesi della convergenza del cavo e, dove applicabile, i valori di estrusione del fronte definiti come segue:

- **Valori attesi;** I valori attesi dei fenomeni deformativi del 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 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 diverso da 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 riportati nelle presenti linee guida devono essere intesi come valori indicativi delle deformazioni 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.

3.4 FASI ESECUTIVE E CADENZE DI AVANZAMENTO

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

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

Le risultanze di tali rilievi hanno lo scopo di fornire gli elementi necessari per valutare l'influenza delle fasi e delle cadenze di avanzamento sulla risposta deformativa del fronte e del cavo descritta nel paragrafo precedente (ad esempio una più efficace regimazione dei fenomeni deformativi può essere ottenuta

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
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	1BEZZ	RH	GN0500003	B	12 di 23

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

3.5 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 geostrukturali 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:

<u>CASO 1</u>	<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>
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.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
GALLERIE Linee guida per l' applicazione delle sezioni tipo in Scavo Tradizionale	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0500003	REV. B	FOGLIO. 13 di 23

<u>CASO 2</u>	<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>
CASO 2-1 <i>(CONDIZIONI PRELIMINARI)</i>	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.
AZIONI	<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"> • aumento dell'incidenza dei consolidamenti del fronte e del contorno; • riduzione del passo delle centine del rivestimento provvisorio; • riduzione della distanza dal fronte entro cui eseguire il getto dell'arco rovescio, delle murette, della calotta; • utilizzo di sistemi di puntonamento di arco rovescio per limitare le deformazioni in atto, ove previsto. • 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. <p>Interventi sul monitoraggio:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Intensificare le letture presso la stazione di lettura, verificare la strumentazione installata • Controllare le letture delle stazioni di monitoraggio limitrofe al fine di verificare la zona interessata da tali condizioni. • Verificare del trend deformativo registrato in funzione delle lavorazioni effettuate al fine di prevedere l'evoluzione futura degli spostamenti.
CASO 2-2 <i>(CONDIZIONI PRELIMINARI)</i>	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.
AZIONI	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.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
GALLERIE Linee guida per l' applicazione delle sezioni tipo in Scavo Tradizionale	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0500003	REV. B	FOGLIO. 14 di 23

CASO 3	<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>
CASO 3-1 (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.
AZIONI	La sezione tipo prevista per la tratta può essere ritardata definendo gli interventi in accordo alle variabilità definite in progetto: <ul style="list-style-type: none"> • riducendo l'incidenza dei consolidamenti del fronte e del contorno (se previsti), • aumentando il passo delle centine del rivestimento provvisorio, • aumentando le distanze dal fronte entro cui eseguire il getto dell'arco rovescio, delle murette, della calotta.
CASO 3-2 (CONDIZIONI PRELIMINARI)	Le indagini e i rilievi in sito accertano stabilità e continuità della condizione migliore rispetto alla condizione media.
AZIONI	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:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
GALLERIE Linee guida per l' applicazione delle sezioni tipo in Scavo Tradizionale	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0500003	REV. B	FOGLIO. 15 di 23

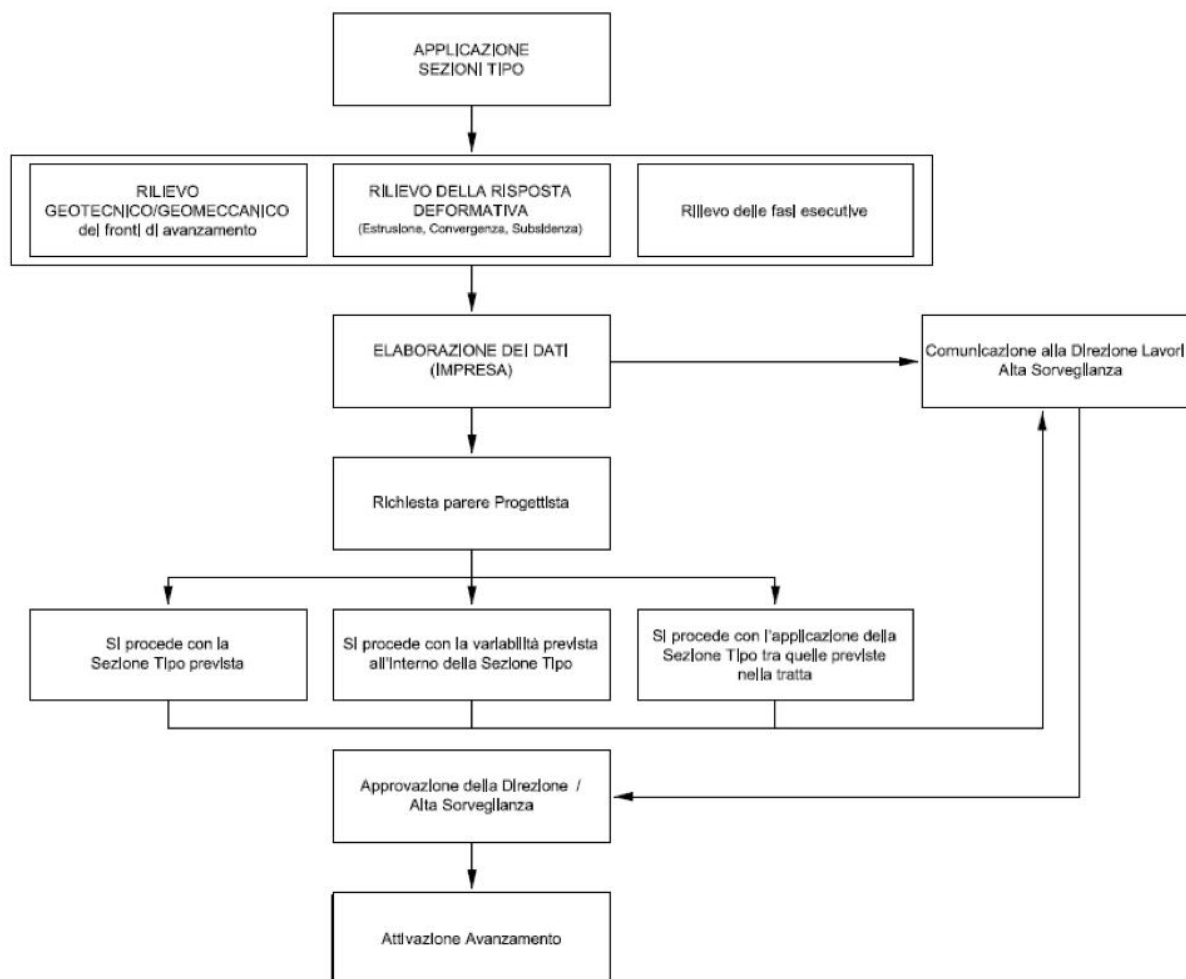


Figura 2. Iter esecutivo di scelta

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.

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".

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandataria:	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	1BEZZ	RH	GN0500003	B	16 di 23

I criteri di applicazione delle sezioni di scavo e consolidamento sono i seguenti:

- Le sezioni A0, A1 e A2 sono adottate nell'attraversamento di un ammasso roccioso con buone caratteristiche geotecniche e strutturali (ad esempio per i *graniti*, $GSI_{medio} = 60$ e per le *Filladi quarzifere* con $GSI_{medio} = 50$)
- La sezione B1* è applicata nelle tratte con elevato grado di fratturazione con valore del GSI compreso tra 35 e 60;
- La sezione C2* è applicata per l'attraversamento delle zone di faglia o di sovrascorrimento, anche in corrispondenza di elevate coperture o in presenza di spinte dissimetriche;
- La sezione C1bis* è applicata per l'attraversamento dei detriti di falda posti all'imbocco della finestra, in corrispondenza di basse coperture.

Nei profili geotecnici di progetto a ciascuna tratta omogenea individuata in fase di diagnosi è associata una sezione di scavo, definita come sezione prevalente. Nelle stesse tratte sono indicate anche le sezioni eventuali, legate a possibili e differenti scenari geotecnici previsti in fase progettuale.

4. VALORI ATTESI DI SOGLIA DEFORMATIVA

Sulla base di quanto descritto nel §3.3.1, di seguito sono esplicitati nel dettaglio i valori soglia deformativi 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 1.5 – 2.0 diametri di scavo, calcolati sul diametro passante per il piano centri. Le soglie di attenzione e di allarme sono definite ipotizzando un incremento di ca. 150% e di ca. 200% del valore atteso.

I valori 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.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:						
Mandataria:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
GALLERIE Linee guida per l' applicazione delle sezioni tipo in Scavo Tradizionale	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
	IBOU	1BEZZ	RH	GN0500003	B	17 di 23

SEZIONE TIPO	Copertura	Formazione	Convergenze diametrale equivalente			Estrusione del fronte		
			Atteso [mm]	Attenzione [mm]	Allarme [mm]	Atteso [mm]	Attenzione [mm]	Allarme [mm]
A0	50 m – 570 m	BSSa	10 – 20	30	40	-	-	-
A1	Tutte le coperture	BSSa	15 – 30	45	60	-	-	-
A2	150 m – 570 m	BSSa	15 – 30	45	60	-	-	-
B1*	Tutte le coperture	BSSa	25 – 35	50	70	< 25	38	50
B1*	50 m (Daneggiamento)	BSSb	25 – 35	50	70	<15	23	30
C2*	420 m (faglia)	BSSa	30 – 50	75	100	< 25	38	50
Camerone	570 m	BSSa	<20	30	40	-	-	-
C1bis*	10 m+20 m	d	50 - 70	100	140	< 25	38	50
Galleria tecnologica (GN05.J)	585 m	BSSa	10 – 20	30	40	-	-	-
Galleria di innesto (GN05.C)	575 m	BSSa	10 – 20	30	40	-	-	-
By-pass di collegamento (GN05.M)	585 m	BSSa	10 – 20	30	40	-	-	-

Tabella 4.1. Valori attesi e di soglia per ciascuna sezione tipo – (convergenza ed estrusione del fronte)

5. CRITERI GEOMECCANICI PER L'APPLICAZIONE 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.

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.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:						
Mandatario:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
GALLERIE Linee guida per l' applicazione delle sezioni tipo in Scavo Tradizionale	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
	IBOU	1BEZZ	RH	GN0500003	B	18 di 23

5.1 SINTESI DEI CRITERI GEOMECCANICI DI APPLICAZIONE DELLE SEZIONI TIPO

SEZIONE TIPO	Copertura	Formazione	GSI	Elementi tettonici	Stato di fratturazione
A0	50 m – 570 m	BSSa	45 - 70	Assenti	Basso
A1	Tutte le coperture	BSSa	40 - 65	Assenti	Basso
A2	150 m – 570 m	BSSa	45 - 65	Assenti	Basso
B1*	Tutte le coperture	BSSa	30-60	Eventuali	Da elevato a Molto elevato nella zona di faglia
B1*	50 (danneggiamento)	BSSb	10	Zona di danneggiamento	Molto elevato
C2*	420 m (faglia)	BSSa	30	Zona di faglia	Molto elevato
C1bis*	10 m – 20 m (**)	d			
Camerone	570 m	BSSa	60 - 65	-	-
Galleria tecnologica (GN05.J)	585 m	BSSa	60 - 65	Assenti	Basso
Galleria di innesto (GN05.C)	575 m	BSSa	60 - 65	Assenti	Basso
By-pass di collegamento (GN05.M)	585 m	BSSa	60 - 65	Assenti	Basso

(**) zona di imbocco

Tabella 5.1. Campi di applicazione delle sezioni tipo

5.2 SINTESI DELLE VARIABILITÀ DELLE SEZIONI TIPO

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

Sezione tipo	VARIABILITA' PRERIVESTIMENTO			
	Tipo	Passo centine (m)		
		Min (-20%)	Nominale	Max (+20%)
A0	Spritz-Beton (25 cm sp.)	-	-	-
A1	Spritz-Beton (5 +25 cm sp.) + 2IPN160	1.10	1.40	1.70
A2	Spritz-Beton (5 + 25 cm sp.) + 2IPN180	0.95	1.20	1.45
B1*	Spritz-Beton (5 + 25 cm sp.) + 2IPN180	0.80	1.00	1.20

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
GALLERIE Linee guida per l' applicazione delle sezioni tipo in Scavo Tradizionale	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0500003	REV. B	FOGLIO. 19 di 23

C2*	Spritz-Beton (5 + 25 cm sp.) + HEB220	0.80	1.00	1.20
C1bis*	Spritz-Beton (5 + 25 cm sp.) + 2IPN200	0.80	1.00	1.20
Camerone	Spritz-Beton (5 + 25 cm sp.) + 2IPN200	0.80	1.00	1.20
Galleria tecnologica (GN05.J)	Spritz-Beton (5 + 25 cm sp.) + 2IPN180	0.95	1.20	1.45
Galleria di innesto (GN05.C)	Spritz-Beton (5 + 25 cm sp.) + HEB180	0.80	1.00	1.20
By-pass di collegamento (GN05.M)	Spritz-Beton (5 + 20 cm sp.) + 2IPN180	0.80	1.00	1.20

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

Tabella 5.2 Variabilità sezioni tipo in termini di preinvestimenti

Sez. tipo	VARIABILITA' NUMERO INTERVENTI DI PRECONSOLIDAMENTO/PRESOSTEGNO									
	Al Contorno					Al fronte				
	TIPO	Configurazione	Variabilità		TIPO	Configurazione	Variabilità			
			Min (-20%)	Max (+20%)			Min (-20%)	Max (+20%)		
A0	Bulloni radiali Ø 24 (tipo swellex)	n.	9+8	-	-	-	-	-	-	
		Passo long.	2.00 m	1.60 m	2.40 m					
		Passo trasv.	1.50 m	1.20 m	1.80 m					
		Lunghezza	4.50 m	-	-					
A1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
A2	Bulloni radiali Ø 24 (tipo swellex)	n.	13+12	-	-	-	-	-	-	
		Passo long.	1.20 m	0.95 m	1.45 m					
		Passo trasv.	1.00 m	0.80 m	1.20 m					
		Lunghezza	6.00 m	-	-					
B1*	Barre autoperforanti R51N	n.	18	14	22	Barre autoperforanti R51N	n.	20	16	24
		Inclin. [°]	10	-	-		Sovrap. Min.	5.00 m	-	9.00 m
		Lunghezza	10.00 m	8.00 m	12.00 m		Lunghezza	14.00 m	-	17
C2*	Barre autoperforanti R51N	n.	57	46	68	Barre autoperforanti R51N	n.	40	32	48
		Inclin. [°]	10	-	-		Sovrap. Min.	8.50 m	-	12.00 m
		Lunghezza	17.50 m	14.00 m	21.00 m		Lunghezza	17.50 m	-	21.00 m
C1bis*	Colonne di jet grouting	n.	30	-	-	Colonne di jet grouting	n.	23	-	-

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
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	1BEZZ	RH	GN0500003	B	21 di 23

6. 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.

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

6.1 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 di centine 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.

6.2 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 disaggio di tutte le porzioni instabili e si dovrà procedere alla posa in

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandataria:	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	1BEZZ	RH	GN0500003	B	22 di 23

opera dello spritz beton di protezione fibrorinforzato sulle superfici fresche di scavo, ove necessario (fronte e contorno del cavo). L'applicazione dello spritz beton fibrorinforzato di protezione ad ogni sfondo è deputato a svolgere la funzione di protezione del fronte e del contorno dall'umidità dell'aria e di trattenuta del materiale minuto (non ha funzione strutturale e quindi 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 priverestimento progettuale.

6.3 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/mm². 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).

6.4 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.

6.5 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:

- 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.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
GALLERIE Linee guida per l' applicazione delle sezioni tipo in Scavo Tradizionale	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0500003	REV. B	FOGLIO. 23 di 23

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.

6.6 TECNOLOGIE ALTERNATIVE PER BULLONATURE RADIALI

Nell'ambito delle tecnologie da applicare per la realizzazione della galleria naturale è previsto per l'esecuzione del prerivestimento 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.