

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:



MANDANTI:



IL DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE:

Ing. Paolo Cucino

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROV. DI TRENTO
Dot. Ing. Paolo Cucino
Responsabile integrazione fra le varie prestazioni specialistiche

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

H - FINESTRA FORCH

-

Relazione di monitoraggio

APPALTATORE		SCALA:
IL DIRETTORE TECNICO Ing. Pietro Gianvecchio		<input type="text" value="-"/>

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
I B O U	1 B	E	Z Z	R H	G N 0 3 0 0	0 0 2	C

Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione	F.Amadini	24/12/2021	C.lasello	30/12/2021	D.Buttafoco (Dolomiti)	19/01/2022	IL PROGETTISTA P.Cucino ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROV. DI TRENTO Dot. Ing. Paolo Cucino ISCRIZIONE ALBO N° 2216 14/03/2023
B	Emissione a seguito di indicazioni Committenza	F.Amadini	18/07/2022	C.lasello	19/07/2022	D.Buttafoco (Dolomiti)	20/07/2022	
C	Emissione a seguito di indicazioni Committenza	F.Amadini	09/03/2023	C.lasiello	10/03/2023	D.Buttafoco (Dolomiti)	13/03/2023	

File: IB0U1BEZZRHGN0300002C.docx

n. Elab.: X

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			
08 - GALLERIE Relazione di monitoraggio	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0300002	REV. C	FOGLIO. 2 di 25

SOMMARIO

1. PREMESSA.....	3
1.1 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	4
2. INDAGINI SISTEMATICHE	4
2.1 SONDAGGI A DISTRUZIONE.....	5
2.2 PARAMETRI MACCHINA	6
2.3 MONITORAGGIO DELLA PRESSIONE AL FRONTE.....	7
2.3.1 INTERFERENZA SS12	8
2.3.2 INTERFERENZA A22	10
2.4 ISPEZIONE DEL MATERIALE DI SMARINO	12
2.5 MONITORAGGIO GAS E RADIAZIONI.....	13
2.6 MISURA DELLA PORTATA D’ACQUA.....	13
3. INDAGINI PUNTUALI	14
3.1 SONDAGGI A DISTRUZIONE CON RILIEVO OPTV	15
3.2 INDAGINI SISMICHE TSP	16
3.3 SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO	17
3.4 MAPPATURA GEOLOGICA DEL FRONTE	18
3.5 RILIEVI IDROGEOLOGICI E TERMOMETRICI	20
4. MONITORAGGIO IN CORSO D’OPERA E IN FASE DI ESERCIZIO.....	21
5. CONCLUSIONI	25

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					
08 - GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di monitoraggio	IBOU	1BEZZ	RH	GN0300002	C	3 di 25

1. PREMESSA

Nell'ambito della realizzazione Finestra di Forch del lotto 1 Fortezza - Ponte Gardena, lo scavo di avanzamento è previsto col metodo meccanizzato a piena sezione con TBM scudata e l'applicazione di un rivestimento in anelli di calcestruzzo realizzati in conci prefabbricati.

In particolare, per la realizzazione di un tratto di 1,3 km circa della Finestra di Forch, è previsto l'impiego di una TBM EPB (Earth Pressure Balance).

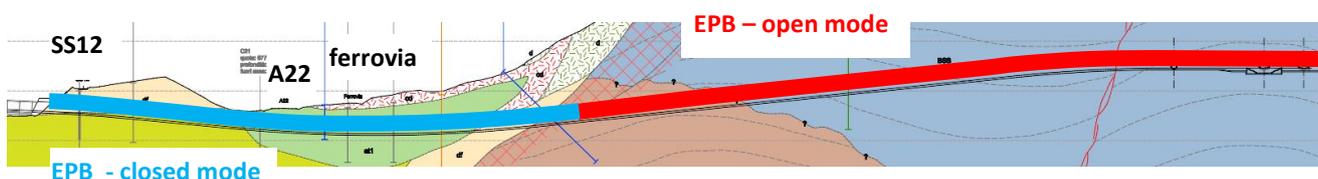


Fig. 1-1 Profilo Geotecnico di Forch

La presente relazione si pone l'obiettivo di illustrare il piano di monitoraggio previsto per la realizzazione della galleria relativamente alla tratta da realizzare con scavo meccanizzato.

Lo scopo del monitoraggio è la definizione della litologia e del comportamento geotecnico (parametri, stato tensionale e deformativo) dell'ammasso roccioso per la prevenzione dei rischi prima e dopo il passaggio della macchina, nonché comprendere e monitorare le tensioni e le deformazioni nell'anello in conci prefabbricati anche in seguito all'interazione con altre parti d'opera annesse.

Le attività di indagine e controllo previste sono le seguenti:

- 1) Indagini sistematiche durante l'avanzamento: sondaggi a distruzione di nucleo in avanzamento dalla TBM; rilievi geofisici; registrazione e analisi dei parametri di scavo della macchina; monitoraggio gas, radiazioni e portata d'acqua;
- 2) Indagini puntuali durante l'avanzamento in zone di probabile individuazione di faglie e zone che hanno evidenziato criticità durante le indagini sistematiche;
- 3) Monitoraggio in corso d'opera e in fase di esercizio.

Le informazioni ottenute attraverso l'analisi della geologia incontrata durante lo scavo, il risultato delle indagini sistematiche in avanzamento e dell'interpretazione delle prove, eseguita da parte di una squadra esperta guidata da un geologo, saranno riassunte in un report di seguimiento dell'avanzamento in scavo meccanizzato.

I risultati ottenuti in termini di relazione parametri di perforazione/struttura dell'ammasso saranno posti in relazione ai risultati di indagini e parametri di scavo, al fine di contribuire al protocollo di gestione delle eventuali anomalie stratigrafiche e strutturali riscontrabili durante lo scavo.

Tuttavia, è necessario sottolineare che il processo di monitoraggio e revisione del contesto geologico sarà da adattare in corso d'opera al contesto geomeccanico di riferimento e al reale comportamento dell'ammasso. Alla luce delle informazioni ottenute durante lo scavo della galleria, si provvederà all'aggiornamento del profilo geotecnico di riferimento.

Una volta confermata l'individuazione di una zona di faglia, si provvederà alla definizione della tipologia di contromisura da adottare (se necessario), come descritto nelle apposite relazioni [2].

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					
08 - GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di monitoraggio	IBOU	1BEZZ	RH	GN0300002	C	4 di 25

Il piano di monitoraggio prevede invece l'installazione nelle zone critiche di anelli strumentato dotati di "strain gauges" annegati nei conci prefabbricati.

La frequenza di monitoraggio dipende direttamente dai risultati delle prospezioni e dall'andamento dei parametri di scavo della TBM, in quanto le zone critiche prevedono un aumento della frequenza di monitoraggio.

Il monitoraggio di superficie è riportato nelle relazioni specifiche relazioni relative alla zona di imbocco e all'interferenza con A22.

1.1 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

Per la completa comprensione della presenta relazione si prega di fare riferimento alle seguenti relazioni:

- [1] IB0U1BEZZRGGN0000001 - Relazione tecnica generale delle opere in sotterraneo
- [2] IB0U1BEZZRHGN0300003 - Relazione tecnica scavo meccanizzato e linee guida per l'applicazione degli interventi di drenaggio e consolidamento in avanzamento
- [3] IB0U1BEZZRHGN0300004 - Relazione di analisi dei parametri macchina
- [4] IB0U1BEZZRHGB0000001 - Finestra Forch - Relazione tecnica e monitoraggio A22
- [5] IB0U1BEZZRHGA0300001 - Imbocco Forch - Relazione tecnica e monitoraggio SS12

2. INDAGINI SISTEMATICHE

Durante lo scavo della Finestra di Forch saranno eseguite prove sistematiche mirate alla definizione delle condizioni geomeccaniche e idrogeologiche in avanzamento in maniera continuativa per l'intera porzione di tracciato in meccanizzato.

Il piano delle prospezioni prevede le seguenti indagini sistematiche:

- 1) Sondaggi a distruzione di nucleo in avanzamento dalla TBM;
- 2) Registrazione e analisi dei parametri di scavo della macchina;
- 3) Monitoraggio delle pressioni al fronte;
- 4) Monitoraggio gas e radiazioni;
- 5) Misure di portata d'acqua.

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			
08 - GALLERIE Relazione di monitoraggio	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0300002	REV. C	FOGLIO. 5 di 25

2.1 SONDAGGI A DISTRUZIONE

I sondaggi a distruzione di nucleo in avanzamento alla TBM verranno eseguiti principalmente dalla macchina che precede lo scavo tra le due, e verranno eseguiti durante il turno di manutenzione ordinaria della macchina della durata di circa 4 ore. In questo spazio temporale possono essere eseguite perforazioni di massimo 40-50 metri in avanzamento. Per quanto riguarda la finestra di Forch è prevista una sola faglia alla pk 1+225, mentre per la rimanente tratta il grado di affidabilità della geologia è elevato.

Questi sondaggi ordinari verranno eseguiti nelle zone con un medio livello di incertezza geologica con lo scopo di intercettare eventuali zone tettonizzate minori.

In avvicinamento a zone con grado di incertezza geologica elevata e/o presenza di zone faglie maggiori si procederà con indagini puntuali descritte nel capitolo successivo. In caso di venute d'acqua la perforazione dovrà essere realizzata con preventer e dovrà essere misurata la portata e la pressione idrostatica.

Le perforazioni saranno eseguite mediante la perforatrice a rotoperussione con martello a fondo foro montata sul bridge della TBM, che permette un sondaggio con inclinazione fino a 8°-9°.

La perforatrice include un datalogger per la registrazione dei parametri di perforazione, dalla cui analisi sarà possibile fornire una interpretazione delle possibili variazioni litologiche lungo il sondaggio. I parametri registrati sono:

- velocità di avanzamento (m/h);
- coppia di rotazione (kNm);
- spinta (kN);
- velocità di rotazione (g/min);
- pressione del fluido (bar).

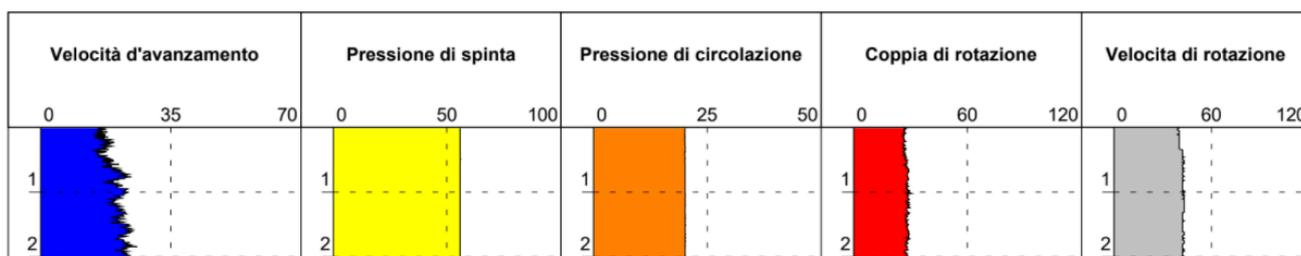


Fig. 2 – schema di plottaggio dei parametri di perforazione

Dai parametri misurati sarà possibile calcolare il valore di Energia specifica (GJ/m^3) utile per l'interpretazione dei parametri di perforazione.

Tanto le diagrafie come il residuo saranno analizzati per la definizione di possibili zone con maggiore fratturazione non previste, e incrociati con i dati della macchina in fase di esecuzione.

Laddove i parametri di perforazione evidenziassero la presenza di un ammasso roccioso fortemente scadente ($GSI < 25$), sarà possibile eseguire prove dirette e indirette in foro per la caratterizzazione geomeccanica e idrogeologica dell'ammasso roccioso, nonché dello stato deformativo e tensionale.

APPALTATORE:			PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" PROGETTO ESECUTIVO			
PROGETTAZIONE:	Mandataria: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
08 - GALLERIE Relazione di monitoraggio	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0300002	REV. C	FOGLIO. 6 di 25

2.2 PARAMETRI MACCHINA

L'analisi dell'andamento dei parametri del sistema di scavo della fresa a piena sezione è un sistema efficace per monitorare le condizioni dell'ammasso roccioso al contorno. I parametri sono registrati ad intervalli di circa 3-10s e organizzati in una base di dati che permette di filtrarli e ordinarli, oltre che sintetizzare i valori medi per ogni spinta/anello, ovvero ogni 1.8 m.

I parametri di maggior importanza sono:

- energia specifica di scavo (MJ/m³);
- forza di spinta (kN);
- coppia (MNm);
- velocità di rotazione (rpm);
- penetrazione (mm/giro) e velocità di avanzamento (mm/min);
- peso del materiale estratto (tons);
- pressione nella camera di scavo (bar);
- volume intasamento (m³);
- velocità di deviazione piano-altimetrica (mm/m);
- celle di pressione sullo scudo;
- parametri di condizionamento FIR - FER.

L'andamento dei parametri di scavo sopra definiti sarà incrociato con i risultati delle indagini per definire il comportamento dei parametri in funzione della geologia.

Relativamente ai parametri operativi della TBM, questi saranno elaborati in automatico e resi disponibili su visualizzazioni predefinite come quella qui sotto riportata come esempio.

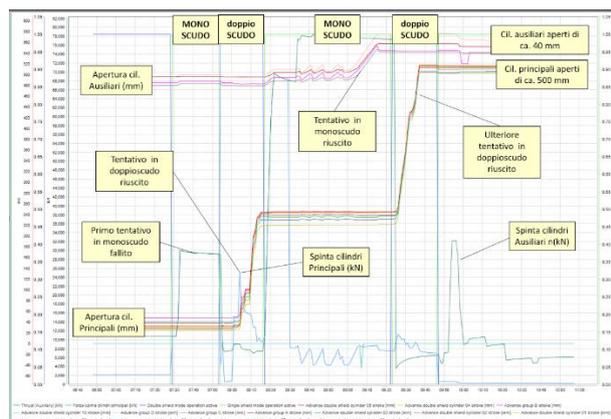
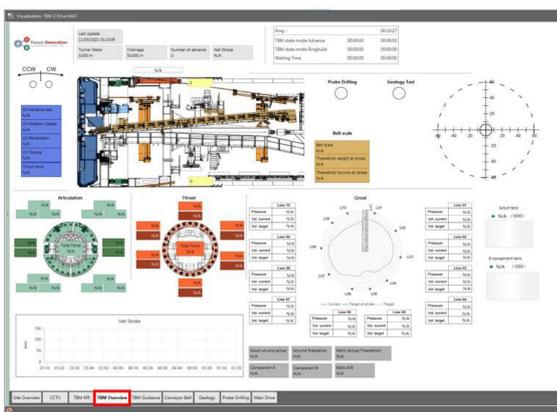


Fig. 3 - Visualizzazione tipica dei parametri operativi e di guida della TBM

Una esposizione più approfondita dei parametri macchina viene fornita nella relazione specifica IB0U1BEZZRHGN0300004 dove vengono illustrati i principali parametri macchina e la loro analisi.

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			
08 - GALLERIE Relazione di monitoraggio	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0300002	REV. C	FOGLIO. 7 di 25

2.3 MONITORAGGIO DELLA PRESSIONE AL FRONTE

La Finestra di Forch presenta due sole zone critiche a bassa copertura per un'estensione di poche decine di metri in corrispondenza del sottoattraversamento della statale 12 e dell'autostrada A22 con coperture di circa 15 metri, mentre in prossimità della linea storica della ferrovia sale a circa 30 metri.

In queste zone dovrà essere calibrata la pressione al fronte per controbilanciare la pressione del terreno e ridurre di conseguenza i possibili cedimenti superficiali. I valori di pressione da adottare sono riportati nelle rispettive relazioni di monitoraggio della statale 12 (imbocco Forch) e dell'autostrada A22.

La camera di scavo sarà dotata di almeno 3 coppie di celle di pressione a diverse altezze della stessa per monitorare costantemente il valore di pressione applicato al fronte.

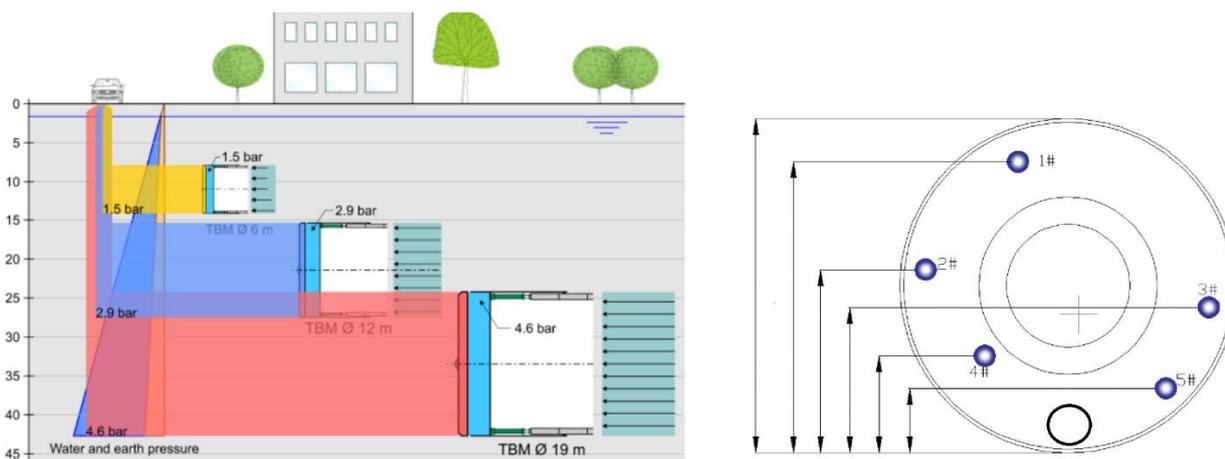
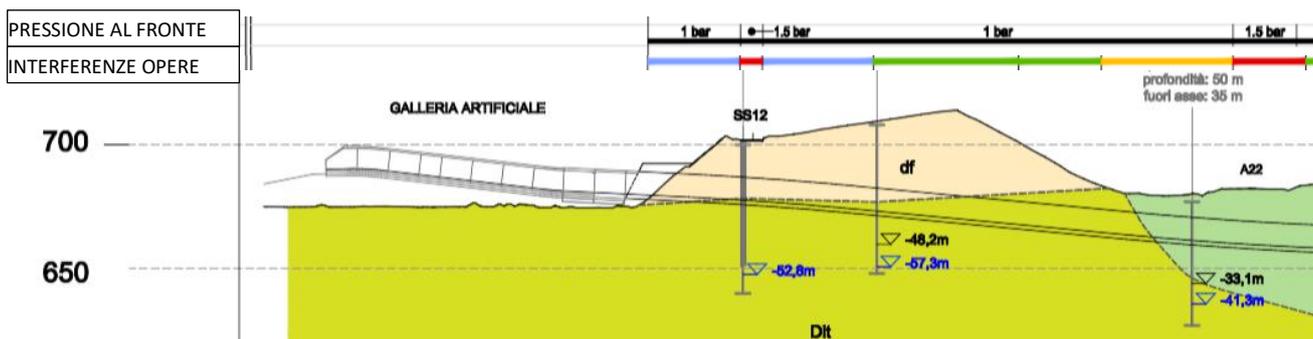


Fig. 4 – valutazione della pressione al fronte mediante celle installate nella camera di scavo

Il valore di pressione applicato al fronte non deve superare come limite inferiore il valore di spinta attiva per evitare un collasso del fronte e come limite superiore il valore di blow-up per evitare problemi di sollevamento in superficie. In fase di PED verranno esplicitati maggiormente i valori minimi e massimi di pressione entro i quali potrà operare la macchina.



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					
08 - GALLERIE Relazione di monitoraggio	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0300002	REV. C	FOGLIO. 8 di 25

Fig. 5 – valutazione della pressione al fronte indicata nel profilo geotecnico

2.3.1 INTERFERENZA SS12

Per il calcolo delle pressioni al fronte sotto la SS12 fare riferimento al report IBOU1BEZZRHGA0300001 di cui si riporta un estratto delle pressioni al fronte da adottare.

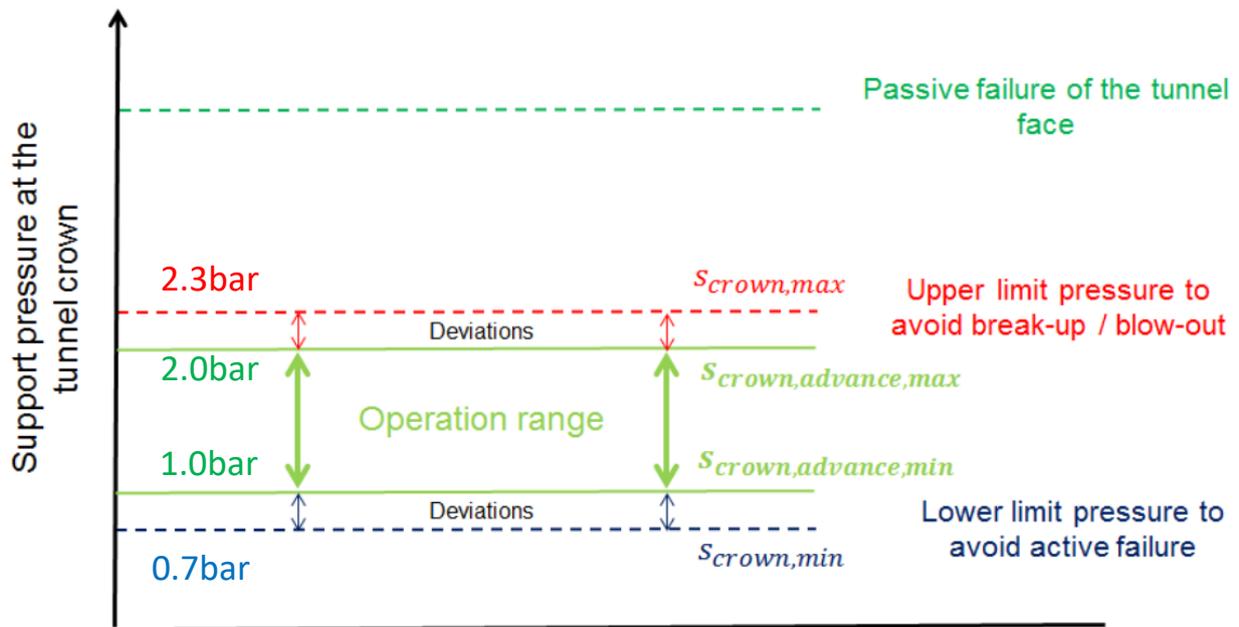
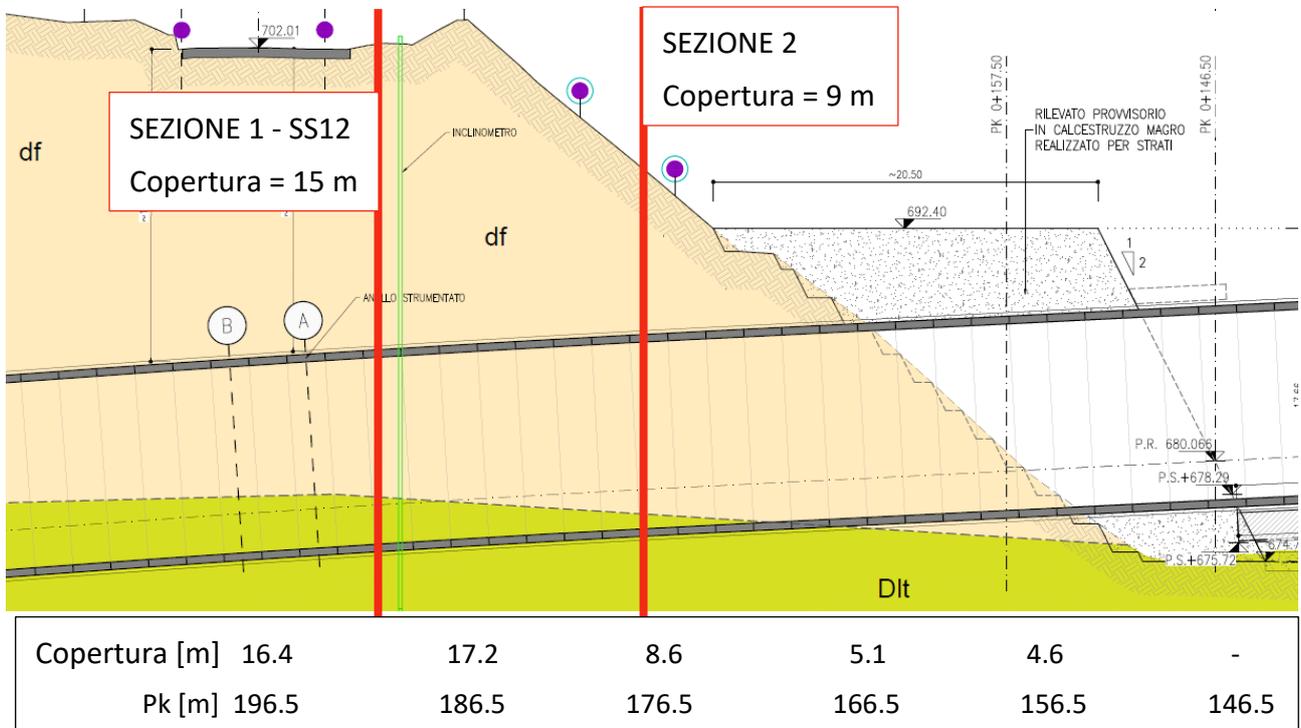


Figura 2-1: sezione 1 - pressioni di lavoro ammissibili in calotta per una macchina EPB (DAUB)

Di seguito vengono fornite delle indicazioni relative alla pressione al fronte da mantenere durante il passaggio sotto il rilevato stradale alla zona antecedente di calibrazione dei parametri macchina.

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				
08 - GALLERIE Relazione di monitoraggio	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0300002	REV. C	FOGLIO. 9 di 25



Viene fornita la pressione teorica di avanzamento a quota calotta, il valore minimo previsto per la stabilità del fronte (Anagnostu & Kovari) ed il valore massimo per evitare fenomeni di sollevamento (blow-up).

Copertura →	Sezione 1 - 15 m	Sezione 2 - 9.0 m
ALLARME P. MAX	2.3 bar	1.4 bar
ATTENZIONE P. MAX	2.0 bar	1.1 bar
PRESSIONE DI LAVORO EPB	1.5 bar	0.9 bar
ATTENZIONE P. MIN	1.0 bar	0.8 bar
ALLARME P. MIN	0.7 bar	0.5 bar

Tabella 2—1: Limiti distorsioni angolari e relativi cedimenti – sezione A

La pressione di lavoro della EPB è da considerarsi riferita alla cella di pressione ubicata in calotta nella camera di scavo. Alla pressione di lavoro indicata, dovrebbero corrispondere i cedimenti di calcolo compresi tra V_L di 0,1% e 0.5%. Qualora i cedimenti misurati fossero maggiori, aumentare la pressione al fronte fino al limite superiore.

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			
08 - GALLERIE Relazione di monitoraggio	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0300002	REV. C	FOGLIO. 10 di 25

2.3.2 INTERFERENZA A22

Per il calcolo delle pressioni al fronte sotto la A22 fare riferimento al report IB0U1BEZZRHGB0000001 di cui si riporta un estratto delle pressioni al fronte da adottare.

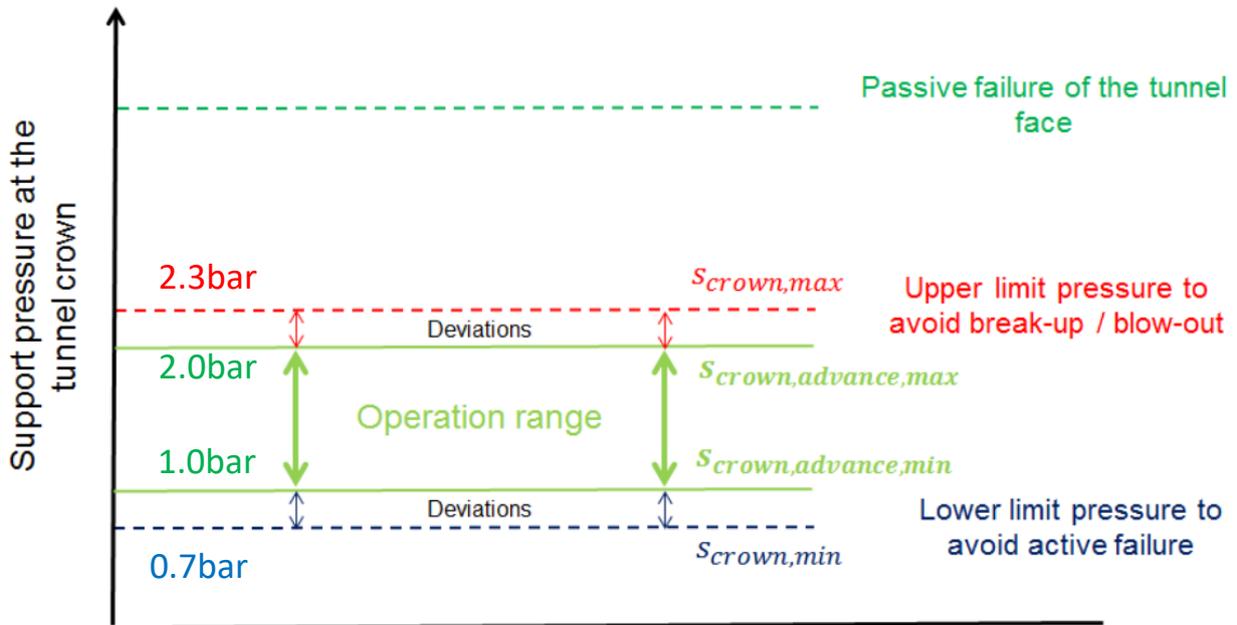
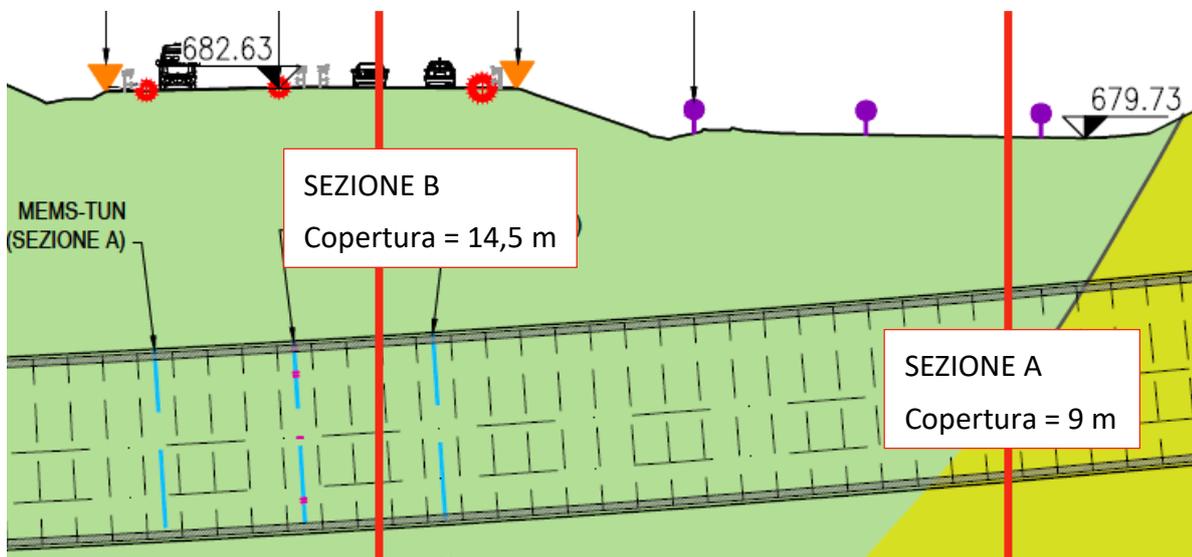


Figura 2-2: sezione 1 - pressioni di lavoro ammissibili in calotta per una macchina EPB (DAUB)

Di seguito vengono fornite delle indicazioni relative alla pressione al fronte da mantenere durante il passaggio sotto il rilevato stradale alla zona antecedente di calibrazione dei parametri macchina.

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			
08 - GALLERIE Relazione di monitoraggio	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0300002	REV. C	FOGLIO. 11 di 25



Copertura [m]	14.8	14.2	112	10.1	9.1
Pk [m]	400	390	380	370	360

Viene fornita la pressione teorica di avanzamento a quota calotta, il valore minimo previsto per la stabilità del fronte (Anagnostu & Kovari) ed il valore massimo per evitare fenomeni di sollevamento (blow-up).

Copertura →	Sezione B - 14.5 m	Sezione A - 9.0 m
ALLARME P. MAX	2.3 bar	1.4 bar
ATTENZIONE P. MAX	2.0 bar	1.1 bar
PRESSIONE DI LAVORO EPB	1.5 bar	0.9 bar
ATTENZIONE P. MIN	1.0 bar	0.8 bar
ALLARME P. MIN	0.7 bar	0.5 bar

Tabella 2—2: Limiti distorsioni angolari e relativi cedimenti – sezione A

La pressione di lavoro della EPB è da considerarsi riferita alla cella di pressione ubicata in calotta nella camera di scavo. Alla pressione di lavoro indicata, dovrebbero corrispondere i cedimenti di calcolo compresi tra V_L di 0,1% e 0.5%. Qualora i cedimenti misurati fossero maggiori, aumentare la pressione al fronte fino al limite superiore.

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					
08 - GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di monitoraggio	IBOU	1BEZZ	RH	GN0300002	C	12 di 25

2.4 ISPEZIONE DEL MATERIALE DI SMARINO

Durante lo scavo con TBM in modalità EPB non è possibile eseguire un "rilievo del fronte", in quanto il materiale nella camera di scavo è un terreno instabile e non vi è né la possibilità, né la necessità di controllare il fronte di scavo.

Molto più importante e indispensabile è il controllo del materiale di smarino in uscita dalla coclea chiamata anche "screw conveyor" in gergo anglofono.

Il materiale in uscita deve presentare un aspetto pastoso, dovuto all' adeguato condizionamento del terreno, per evitare eccessiva usura della coclea che deve essere opportunamente coperta da spessori di materiale protettivo. La Finestra di Forch verrà scavata per circa 500 metri in terreni alluvionali in modalità EPB, senza mai interferire con la falda, quindi in condizioni più favorevoli rispetto ad uno scavo sottofalda, in cui il materiale di scavo all' interno della coclea deve risultare anche impermeabile.

Nel nostro caso non sarà quindi così importante la pastosità del materiale per garantire l'impermeabilità del sistema di smarino, ma per controllare l' usura dello stesso visto che terminato il tratto in terreni alluvionali dovranno essere scavati 800 metri in rocce potenzialmente abrasive.



Fig. 6 – ispezione del materiale di smarino e usura della coclea

In modo sistematico dovrà essere valutato e confermato il peso specifico del materiale estratto, per calibrare il valore di volume estratto rispetto al peso misurato delle bilance e della pressione da mantenere al fronte. Inoltre, in base all' ispezione del materiale di smarino il geologo potrà valutare le transizioni geologiche previste nel profilo geotecnico.

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			
08 - GALLERIE Relazione di monitoraggio	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0300002	REV. C	FOGLIO. 13 di 25

2.5 MONITORAGGIO GAS E RADIAZIONI

Il monitoraggio dei gas e delle radiazioni in corso d'opera è oggetto del PSC e pertanto è stato rimosso dal presente report in seguito alla RV 157.

2.6 MISURA DELLA PORTATA D'ACQUA

Lo scavo della Finestra di Forch viene condotto in discesa (nel primo tratto) e pertanto non sarà possibile l'evacuazione dell'acqua per gravità che verrà accumulato in un punto di minimo

Durante lo scavo con TBM devono essere distinte due diverse portate d'acqua misurabili:

- Acque di lavorazione : introdotte nel circuito tramite l'impianto di raffreddamento / antincendio e vengono prelevate per l'utilizzo industriale al fronte di scavo per lavaggi, raffreddamenti e riduzione delle polveri;
- Acque di ammasso : sono le acque provenienti dall'ammasso roccioso che entrano per percolazione o per l'effetto dei drenaggi installati.

Il circuito delle acque di lavorazione per funzionare correttamente deve essere re-integrato in seguito ai prelievi eseguiti in TBM per gli usi indicati precedentemente, e pertanto misurando le portate di ingresso e uscita del circuito è possibile misurare con accuratezza il volume utilizzato.

Essendo presente un punto di minimo le acque in eccesso accumulate dovranno essere evacuate mediante sistema di pompaggio posizionato nella zona frontale dello scudo nel tratto in discesa e poi nel punto di minimo. Il volume di acqua totale pompato verso il portale e l'impianto di trattamento sarà dato dalla somma del contributo delle acque di lavorazione e dalle acque di ammasso.

Per differenza sarà possibile conoscere il contributo delle due componenti idriche lungo il tracciato di scavo della TBM e sarà quindi possibile stimare il contributo idrogeologico di ciascuna tratta di galleria e verificare le stime condotte in fase di redazione del progetto.

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE Relazione di monitoraggio	COMMESSA IB0U	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0300002	REV. C	FOGLIO. 14 di 25

3. INDAGINI PUNTUALI

Durante lo scavo, con frequenza programmata o nel caso si ritengano necessari ulteriori approfondimenti di indagine in zone critiche, come ad esempio all'avvicinarsi ad una zona di faglia, il piano di monitoraggio prevede le seguenti indagini puntuali:

- 1) Sondaggi a distruzione con rilievo ottico del foro con OPTV;
- 2) Indagini sismiche TSP
- 3) Sondaggi a carotaggio in avanzamento dalla TBM;
- 4) Mappatura geologica del fronte;
- 5) Rilievi idrogeologici e termometrici.

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					
08 - GALLERIE Relazione di monitoraggio	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0300002	REV. C	FOGLIO. 15 di 25

3.1 SONDAGGI A DISTRUZIONE CON RILIEVO OPTV

In avvicinamento a zone con grado di incertezza geologica elevata e/o presenza di zone faglie maggiori rilevate e identificate nel profilo geotecnico verranno eseguiti sondaggi a distruzione per una distanza dal fronte di scavo pari a 150 m, con una sovrapposizione di 50 m con il sondaggio precedente, con diametro di perforazione 76 mm.

In aggiunta ed in sostituzione del carotaggio continuo (previa validazione del metodo con un campo prova di sovrapposizione), potrà essere utilizzato il log ottico per la restituzione grafica/ geologica delle pareti del foro investigato.

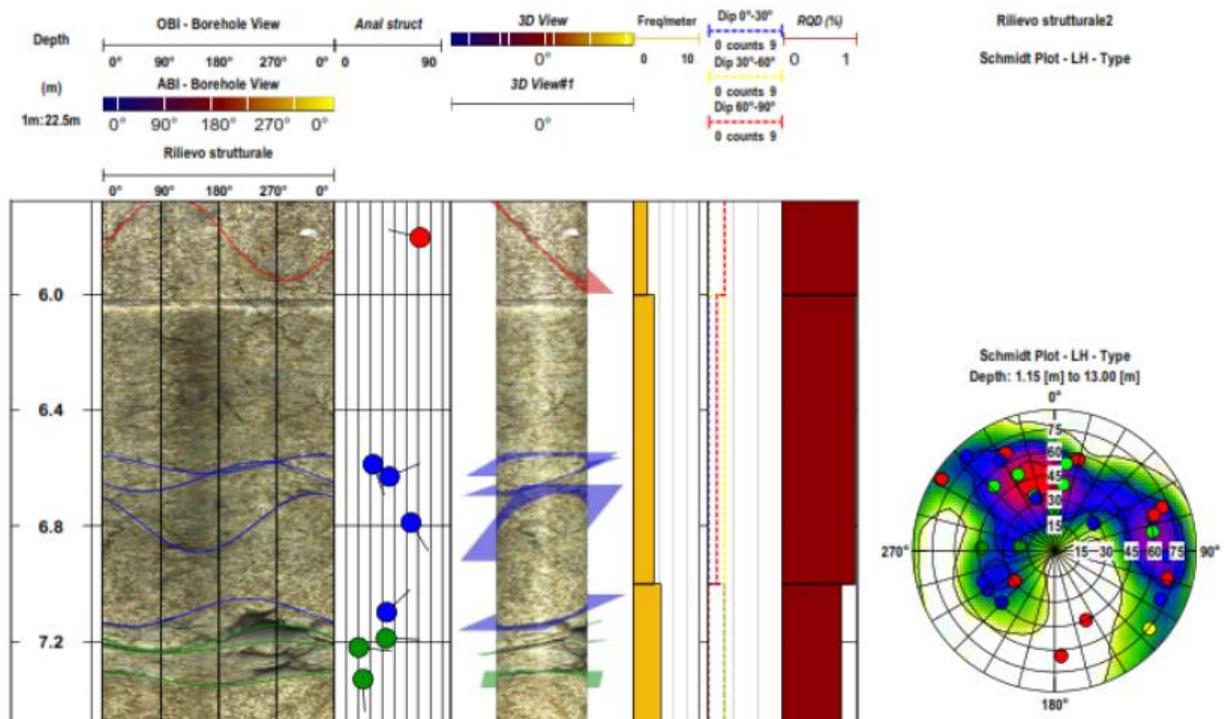


Fig. 7 – restituzione grafica ottenuta mediante log ottico OPTV

La scansione nel foro viene eseguita al fine di rilevare i dati litologici del sito di perforazione (fenditure, inclinazioni degli strati, scistosità ecc.) o per assicurare la qualità dei lavori. I valori di misurazione vengono registrati in tempo reale.

Le strutture possono essere visualizzate su video già durante la scansione sul posto. Il committente riceve poi le immagini originali ad alta risoluzione nonché l'analisi dei dati in formato PDF.

Per la ricognizione mediante scanner ottico, il foro di perforazione deve essere asciutto o riempito con acqua limpida.

Le riprese riproducono in immagini nitidissime e in colori naturali della parete del foro di perforazione. Con l'ausilio della bussola e del sensore inclinometrico integrati si possono così individuare e orientare le strutture senza problemi (con riferimento al nord magnetico). Può essere misurato anche il decorso della perforazione in inclinazione (Dip) e direzione (Azimuth).

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					
08 - GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di monitoraggio	IBOU	1BEZZ	RH	GN0300002	C	16 di 25

3.2 INDAGINI SISMICHE TSP

Nell'ambito delle indagini in corso di avanzamento viene proposta la metodologia TSP, Tunnel Seismic Prediction, sviluppata da Amberg Technologies AG e positivamente impiegata anche per la galleria del Brennero. L'indagine è mirata alla determinazione di eventuali variazioni di qualità dell'ammasso roccioso, presenza di discontinuità, presenza di faglie oltre il fronte di scavo e offre, rispetto all'esecuzione di perforazioni in avanzamento, la possibilità di una ricostruzione tridimensionale (di estrema importanza in geometrie complesse intersecate dal tunnel) e una grande velocità di esecuzione rispetto ai fermi macchina necessari con le perforazioni.

Il metodo si presenta quindi come metodo predittivo indiretto delle condizioni geologiche in avanzamento senza che sia logisticamente necessario l'accesso diretto al fronte di scavo.

Il metodo si basa sulla tecnologia della geosismica. Il segnale sismico è generato dalla detonazione di 24 punti di sorgente sismica, con cariche di esplosivo inserite in fori appositamente realizzati.

Il segnale sismico viene acquisito (e visualizzato in real time) da 2 coppie di ricevitori, geofoni triassiali, anch'essi inseriti in fori opportunamente predisposti. I geofoni triassiali vengono accoppiati alle pareti dei fori nei quali vengono inseriti mediante opportuni accorgimenti (casing dei sensori - Amberg AG).

I ricevitori provvedono a ricevere il segnale sismico generato dalle detonazioni e riflesso dalle discontinuità presenti nell'ammasso roccioso oltre il fronte di scavo.

Il dato così acquisito viene successivamente processato tramite il software di elaborazione dedicato, al fine di valutare le variazioni dei valori di velocità delle onde di compressione (P), di taglio (S) e conseguentemente i valori del coefficiente di Poisson e di modulo dinamico dei materiali costituenti l'ammasso.

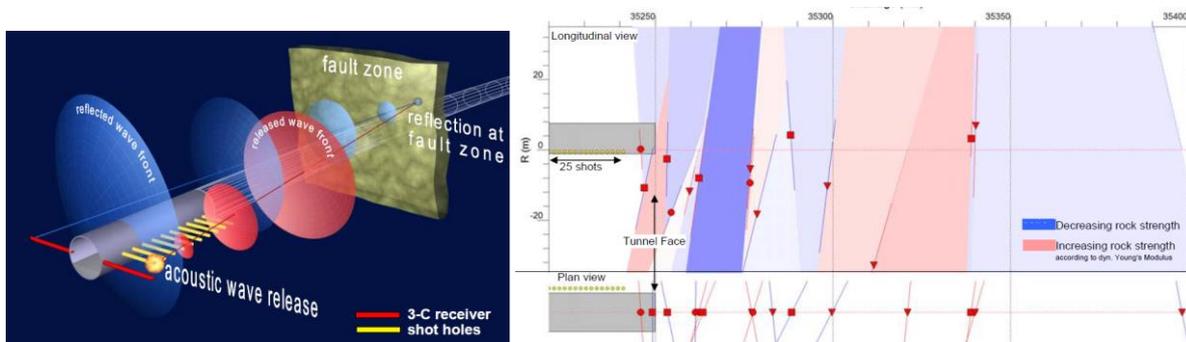


Fig. 8 – schema illustrativo del funzionamento dell'indagine sismica TSP

La capacità di penetrazione dell'indagine può arrivare, in condizioni ottimali, fino ad oltre 150 m anche se, ovviamente, la profondità di indagine e la risoluzione sono delle caratteristiche meccaniche dei materiali costituenti l'ammasso e dei contrasti di impedenza (variazioni di velocità e densità dell'ammasso nel tratto indagato).

Alternativamente alla tecnologia TSP si potrà valutare anche l'utilizzo di una TSPwE, una metodologia di ultima generazione che potrebbe permettere anche un rilevamento in avanzamento in continuità con l'avanzamento dello scavo.

In ogni caso questa tecnica di indagine potrà eventualmente essere accoppiata alle classiche perforazioni in avanzamento per determinate zone definite a priori come critiche (faglia di Val Funes, attraversamento della formazione delle Filladi carboniose, ecc.) o nel caso di segnalazioni dubbie da parte dell'indagine TSP.

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			
08 - GALLERIE Relazione di monitoraggio	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0300002	REV. C	FOGLIO. 17 di 25

3.3 SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO

Qualora le informazioni ottenute dalle indagini sistematiche in avanzamento e puntuali siano incerte oppure siano necessarie maggiori informazioni, è opportuno procedere all'esecuzione di carotaggi.

I sondaggi a carotaggio possono arrivare ad una distanza massima dal fronte di scavo pari a 30-50 m, con diametro di perforazione 101 mm.

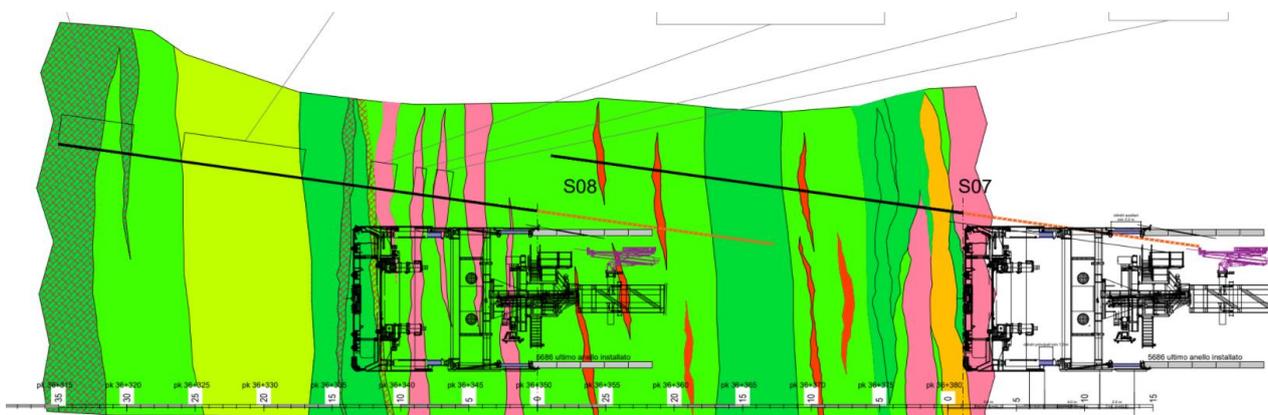


Fig. 9 – profilo geologico di dettaglio ricostruito mediante carotaggio continuo

Le carote estratte, riposte in apposite cassette catalogatrici, vengono analizzate da un geologo esperto che definisce l'RQD e le caratteristiche dei sistemi di discontinuità intercettati. Secondo quanto richiesto dalla DL, si effettueranno prelievi per eseguire in un secondo momento prove di laboratorio.



Fig. 10 – esempio di carote estratte da perforatrice TBM

La DL potrà ulteriormente ordinare l'esecuzione di prove in foro preventive ad esempio agli interventi di consolidamento o di riduzione della permeabilità previsti (down-hole, cross-hole, dilatometriche, idrofratturazione, ecc.).

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		
08 - GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di monitoraggio	IBOU	1BEZZ	RH	GN0300002	C	18 di 25

3.4 MAPPATURA GEOLOGICA DEL FRONTE

Durante lo scavo in roccia, i geologi eseguiranno con frequenza programmata i rilievi geologici del fronte durante il turno di manutenzione della macchina. Al geologo dovranno essere garantiti 15 min di tempo per effettuare il rilevamento del fronte di scavo.

Per ogni rilievo dovranno essere annotate la progressiva raggiunta dallo scavo, la data, l'ora, il tipo di avanzamento, l'orientazione dell'asse, la sezione di scavo e la copertura.

I rilievi geologici dovranno riportare le seguenti principali informazioni :

- Descrizione litologica e delle condizioni dell' ammasso roccioso;
- Identificazione dei potenziali rischi geologici;
- Condizioni idrogeologiche del fronte;
- Descrizione delle discontinuità;
- Pittogramma del fronte e foto rappresentative;
- Stima del valore di GSI;
- Quantificazione del valore di RMR e dei parametri ad esso associati (RQD, UCS etc);
- Indicazione dei sovrascavi.

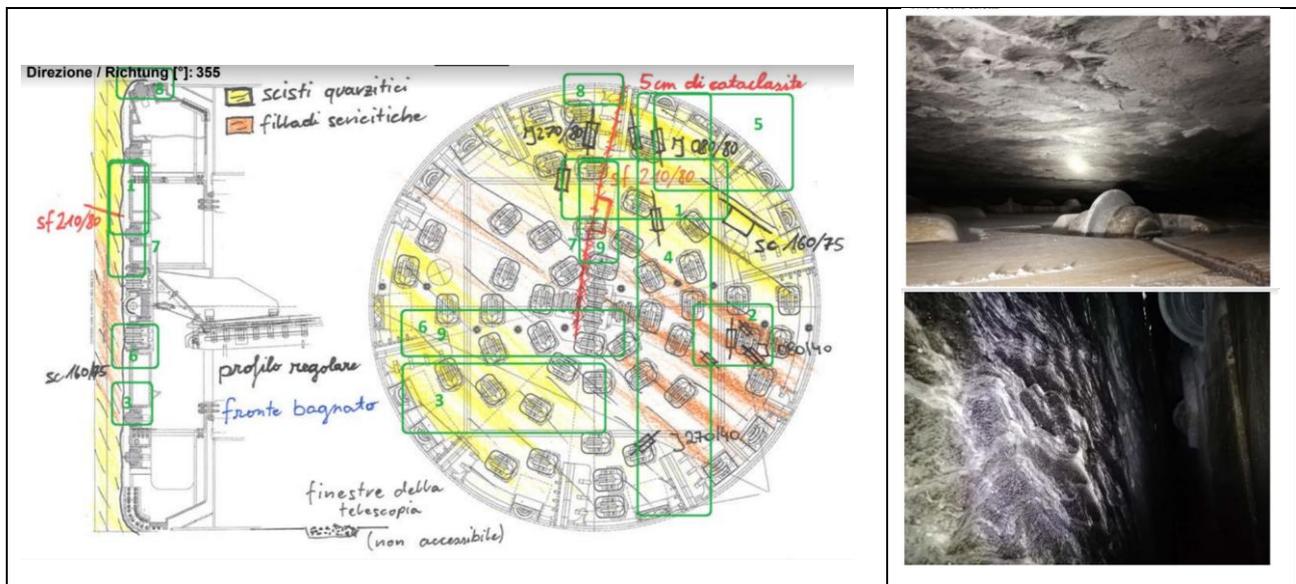


Fig. 11 – esempio di pittogramma geologico del fronte di scavo TBM

Il parametro di resistenza della roccia intatta potrà essere determinato con i seguenti metodi:

- Martello di Schmidt: con un numero significativo di rilievi, in caso di litologia costante;
- Point Load Test su un numero significativo di campioni prelevati al fronte: in caso di rinvenimento di litologie diverse da quelle incontrate in precedenza.

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			
08 - GALLERIE Relazione di monitoraggio	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0300002	REV. C	FOGLIO. 19 di 25



Fig. 12 – a) schmidt hammer b) Point Load Test

L' esecuzione di rilievi geologici sarà intensificata laddove sarà necessario ottenere informazioni più dettagliate relativamente a :

- Esecuzione di perforazioni a distruzione di nucleo con rilievo OPTV;
- Esecuzione di perforazioni con carotaggio continuo;
- Esecuzione di consolidamenti e/o trattamenti di impermeabilizzazione;
- Presenza di zone fortemente tettonizzate e/o transizioni litologiche;
- Prossimità con innesti di by-pass da scavare successivamente;
- Zone di interferenza e/o successiva demolizione per la realizzazione di cameroni.

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			
08 - GALLERIE Relazione di monitoraggio	COMMESSA IB0U	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0300002	REV. C	FOGLIO. 20 di 25

3.5 RILIEVI IDROGEOLOGICI E TERMOMETRICI

Quando si intercettino importanti venute d'acqua, queste dovranno essere monitorate fino al loro eventuale esaurimento.

Per ogni venuta d'acqua significativa incontrata durante lo scavo dovranno essere misurati i seguenti parametri:

- Progressiva;
- Portata (l/s);
- Conducibilità (Ω s);
- Temperatura ($^{\circ}$ C);
- pH;

a cui si aggiungerà una campionatura per l'analisi chimica delle acque.

Per il controllo del carico piezometrico al contorno del cavo andranno installati piezometrici elettrici a corda vibrante in 2 perforazioni inclinate di 10-15% verso il basso all'altezza dei piedritti. I piezometri devono essere dotati di:

- trasduttore di pressione a corda vibrante;
- termistore (misura in continuo della temperatura dell'acqua in equilibrio con la roccia).

Il trasduttore ed il termistore dovranno essere installati in foro e collegati al boccaforno tramite cavi per la trasmissione dei dati. La lunghezza dei fori e la posizione della cella di rilevamento dovranno essere decise di volta in volta in base alle effettive condizioni geologiche riscontrate.

La misura della temperatura della roccia in foro è finalizzata da un lato alla definizione del gradiente geotermico regionale e locale, dall'altro all'individuazione di eventuali importanti sistemi idrici ad alta permeabilità in salita o discesa all'interno dell'ammasso in grado di variare sensibilmente la temperatura delle rocce incassanti. I termometri saranno installati ad una distanza minima di 8 m dal cavo in corrispondenza delle stazioni di rilievo idrogeologico.

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: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Relazione di monitoraggio	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0300002	REV. C	FOGLIO. 21 di 25

4. MONITORAGGIO IN CORSO D'OPERA E IN FASE DI ESERCIZIO

Il piano di monitoraggio in corso d'opera e in fase di esercizio per lo scavo meccanizzato prevede la misura di tensione nei conci prefabbricati.

È da sottolineare come il piano di monitoraggio è indicativo e dipende, in quanto a frequenze delle letture e dell'installazione di strumentazione, dai risultati delle prospezione e dell'avanzamento dello scavo.

Le misure della deformazione dei singoli conci degli anelli strumentati vanno effettuate mediante estensimetri a corda vibrante saldati alle armature dei conci.

Per ogni sezione di misura vanno strumentati tutti i conci con 2 barrette estensimetriche, delle quali una all'intradosso ed una all'estradosso, trasversalmente rispetto la direzione di scavo al centro del concio.



Fig. 13 – Estensimetri saldati all'armatura e installazione all'intradosso del concio

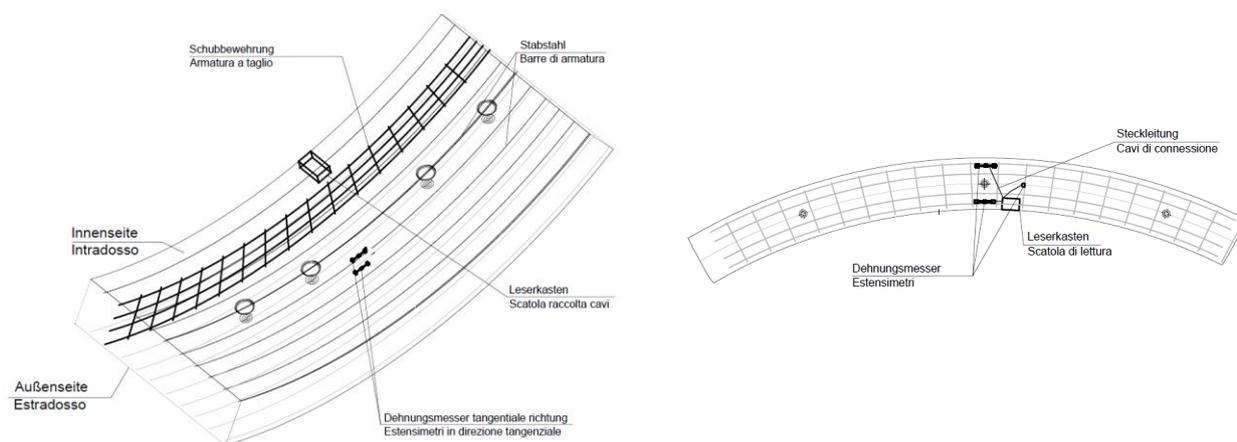


Fig. 14 – schema di posizionamento degli estensimetri

La lettura di "0" degli strumenti va effettuata immediatamente dopo l'installazione. In seguito, le misure verranno effettuate almeno una volta al giorno fino alla stabilizzazione o al successivo scavo di by-pass o opere sotterranee interferenti.

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			
08 - GALLERIE Relazione di monitoraggio	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0300002	REV. C	FOGLIO. 22 di 25

Gli anelli strumentati sono previsti in corrispondenza delle zone di faglia o delle zone critiche e sono indicati nei profili geotecnici.

Le sollecitazioni devono essere calcolate a partire dai valori di deformazione restituiti dagli estensimetri e dai valori del modulo di deformazione del calcestruzzo per i valori a compressione e del modulo dell' acciaio per i valori a trazione.

Per i conci armati con fibre il modulo di deformazione sarà il medesimo sia per i valori di trazione che di compressione. In questo caso gli estensimetri saranno montati su una armatura di pelle per il corretto posizionamento all' interno del concio.

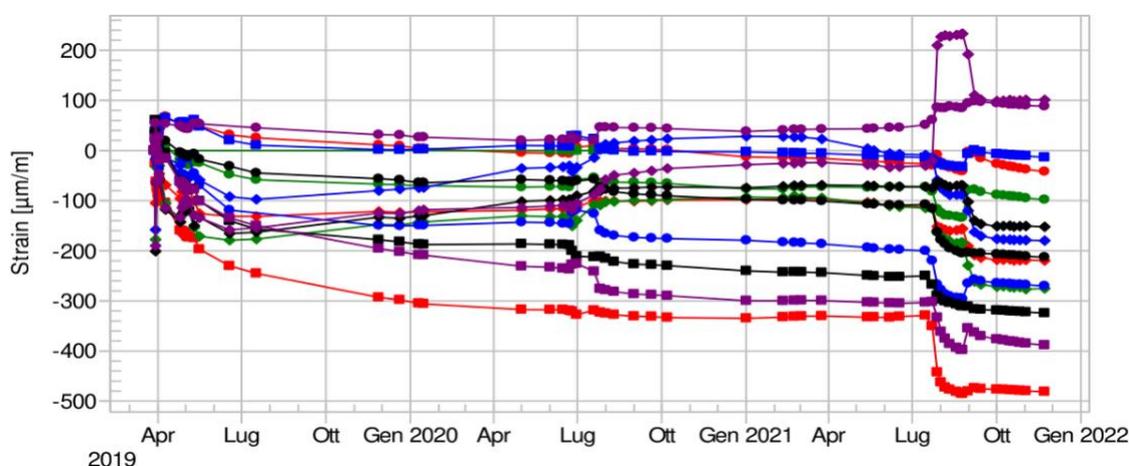


Fig. 15 – valori di micro-deformazione restituiti dalla strumentazione

Laddove richiesto dalla DL potranno essere installati ulteriori anelli strumentati per monitorare in modo più approfondito le zone critiche di interesse, o le zona adiacenti ad intersezioni, by-pass o demolizioni.

5. MONITORAGGIO SCAVO TRADIZIONALE

La finestra di Forch presenta anche una parte in scavo in tradizionale, come si evince dall'elaborato IB0U1BEZZCLGN0300005.

Il grosso dello scavo tradizionale, per la finestra di Forch è da considerarsi come l'allargo dopo lo scavo in TBM per creare il camerone di manovra e collegamento tra la finestra e le gallerie di linea.

L'interpretazione corretta del comportamento tenso-deformativo del fronte e al cavo passa quindi attraverso:

- A) Determinazione dei valori di soglia: tali valori risultano essere dei valori di riferimento rispetto alle ipotesi progettuali. I valori di soglia definiti in questa sede sono suffragati dall'esito delle modellazioni numeriche e dei modelli analitici (linee caratteristiche e discretizzazione alle differenze finite) utilizzati in fase di diagnosi e terapia. I valori scelti risultano rappresentativi delle

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		
08 - GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di monitoraggio	IBOU	1BEZZ	RH	GN0300002	C	23 di 25

deformazioni attese in condizioni di esercizio essendo l'intervallo individuato funzione degli stati tensionali (coperture) e della variabilità della parametrizzazione geotecnica individuata.

I valori di soglia riportati nei paragrafi seguenti dovranno essere, in ogni caso, tarati sulla base dei risultati di "back analysis" da effettuare a seguito delle misure di monitoraggio, in quanto, comunque, le deformazioni registrate in galleria risentono di vari fattori che, inevitabilmente, intervengono nella pratica esecutiva, difficilmente simulabili per via puramente analitica.

- B) Interpretazione dei dati di monitoraggio: la corretta interpretazione del comportamento tenso-deformativo al fronte e al contorno del cavo richiede un'analisi congiunta di tutti i dati provenienti dal monitoraggio.

I principali documenti di riferimento usati per la definizione dei valori di soglia sono:

- "Relazione di calcolo Finestra Forch scavo tradizionale"
- "Relazione tecnica delle opere in sotterraneo"
- " Profilo Geotecnico "

I valori dei livelli deformativi servono a dare indicazioni sul campo dei valori più attesi per le sezioni applicate in progetto e andranno comunque tarati in corso d'opera attraverso un processo di "back analysis" seguente all'elaborazione delle misure di monitoraggio.

I valori dei livelli deformativi ipotizzati servono a dare indicazioni sul campo dei valori più attesi per le sezioni applicate in progetto e andranno comunque tarati in corso d'opera attraverso un processo di "back analysis" seguente all'elaborazione delle misure di monitoraggio.

I valori attesi sono da intendersi come una "soglia di attenzione". Nell'eventualità tali valori vengano superati, ma che comunque siano inferiori ai valori di soglia, si procederà al cambio di sezione e a un incremento delle misure di monitoraggio.

Il superamento del valore di soglia (da intendere come "soglia di allarme") dovrà invece comportare una ritaratura delle soluzioni progettuali individuate, come ad esempio l'adozione di una sezione tipo differente e più robusta.

I valori più sopra riportati sono da intendersi come valori totali a tempo infinito. Siccome il posizionamento delle sezioni di convergenza dovrebbe avvenire a ridosso del fronte, dai suddetti valori si dovrebbe detrarre la quota di deformazione già avvenuta a monte del fronte che nel caso specifico si può stimare in circa il 30% del totale.

Le soglie di attenzione ed allarme dei parametri acquisiti dal monitoraggio vengono definite in relazione ai modelli di calcolo e dimensionamento delle strutture e alla risposta attesa dall'interazione terreno-struttura.

Per le misure di convergenza le soglie sono state valutate utilizzando i risultati di calcolo numerico Plaxis. Al fine di tenere conto della tempistica di installazione della strumentazione di monitoraggio rispetto all'avanzamento dello scavo, le convergenze radiali di calcolo sono state decurtate della quota parte di spostamento che avviene prima dell'installazione delle mire ottiche.

I criteri di definizione delle soglie di attenzione e allarme sono presentati di seguito:

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					
Mandataria:	Mandanti:	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	IBOU	1BEZZ	RH	GN0300002	C	24 di 25
08 - GALLERIE Relazione di monitoraggio							

Convergenze radiali:

- soglia di attenzione = valore atteso: è assunto pari al 100% del valore dai calcolo numerico (depurato della convergenza persa prima dell'installazione delle mire ottiche)
- soglia di allarme = 150% del valore atteso

Tensione nell'acciaio (monitorata per mezzo delle barrette estensimetriche):

- soglia di attenzione = valore massimo atteso, pari al 80% della tensione ideale di calcolo
- soglia di allarme = 100% del valore atteso

In merito ai valori di progetto, si riassumono nelle tabelle che seguono, per ogni galleria naturale monitorata, le sezioni tipo con i corrispondenti valori delle soglie di attenzione e allarme.

Soglie di attenzione (100% dei valori attesi)				80% f_{yd}
Sezione Tipo	Estrusione (mm)	Convergenza radiale (mm)		Tensione centine (MPa)
		Calotta	Piedritto	
A2	-	-	-	210
B1*	5	5	5	210
Camerone di Manovra	15	10	10	210
Galleria di Collegamento	30	20	20	210
Innesto su galleria tecnologica	30	20	20	210

Tabella 5-1: Soglie di attenzione

Soglie di allarme (150% dei valori attesi)				100% f_{yd}
Sezione Tipo	Estrusione (mm)	Convergenza radiale (mm)		Tensione centine (MPa)
		Calotta	Piedritto	
A2	5	5	5	262
B1*	8	8	8	262
Camerone di Manovra	20	15	15	262
Galleria di Collegamento	45	30	30	262
Innesto su galleria tecnologica	45	30	30	262

Tabella 5-2: Soglie di allarme

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					
08 - GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di monitoraggio	IBOU	1BEZZ	RH	GN0300002	C	25 di 25

La progettazione delle sezioni tipo è stata condotta conformemente ai dati ad oggi disponibili. Qualora dovessero verificarsi, in fase di scavo, condizioni geomeccaniche/geotecniche e/o idrogeologiche (stress tettonici, rapporto tra tensioni verticali ed orizzontali nel terreno, etc.) diverse da quanto oggi ipotizzabile in base ai dati raccolti e disponibili, sarà necessario procedere ad una rivisitazione degli interventi, in particolar modo delle caratteristiche dei rivestimenti definitivi.

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

6. CONCLUSIONI

Nel presente documento sono state illustrate le principali indagini e prospezioni previste per lo scavo meccanizzato TBM-EPB e per lo scavo tradizionale della Finestra di Forch.

Sono state definite le attività da condurre in modo sistematico durante l' avanzamento della TBM e le attività di indagine da condurre puntualmente, in prossimità di transizioni litologiche e zone altamente tettonizzate.

Infine è stato mostrato il monitoraggio previsto per il rivestimento definitivo realizzato con anelli di conci prefabbricati, composto principalmente da barrette estensimetriche.