

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:



MANDANTI:



IL DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE:

Ing. Paolo Cucino

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROV. DI TRENTO  
Dot. Paolo Cucino  
Responsabile integrazione fra le varie prestazioni specialistiche  
ISCRIZIONE ALBO N° 2218

## 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 analisi dei parametri macchina

APPALTATORE		SCALA:
IL DIRETTORE TECNICO  Ing. Pietro Gianvecchio		-

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 4    C

Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione	F.Amadini	24/12/2021	C.lasiello	30/12/2021	D.Buttafoco (Dolomiti)	19/01/2022	IL PROGETTISTA P.Cucino ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROV. DI TRENTO Dot. Paolo Cucino ISCRIZIONE ALBO N° 2218
B	Emissione a seguito di indicazioni Committenza	F.Amadini	18/07/2022	C.lasiello	19/07/2022	D.Buttafoco (Dolomiti)	20/07/2022	
C	Emissione a seguito di indicazioni Committenza	F.Amadini	13/04/2023	C.lasiello	14/03/2023	D.Buttafoco (Dolomiti)	15/03/2023	

File: IB0U1BEZZRHGN0300004C.docx

n. Elab.: X

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>08 - GALLERIE</b> Relazione di analisi dei parametri macchina	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0300004	REV. C	FOGLIO. 2 di 24

## SOMMARIO

<b>1. PREMESSA.....</b>	<b>3</b>
<b>2. MONITORAGGIO PARAMETRI MACCHINA .....</b>	<b>3</b>
2.1 MONITORAGGIO SCUDI.....	5
2.2 TESTA FRESANTE E CAMERA DI SCAVO .....	5
2.3 SISTEMA DI SPINTA .....	5
2.4 SISTEMA INIEZIONE ADDITIVI.....	6
2.5 SISTEMA INTASAMENTO A TERGO.....	6
2.6 SISTEMA INIEZIONE GRASSO .....	6
2.7 SISTEMA ESTRAZIONE MATERIALE.....	6
2.8 DATI DI PRODUZIONE.....	6
2.9 MONITORAGGIO ATMOSFERICO.....	7
2.10 RACCOMANDAZIONI SUL MONITORAGGIO .....	7
<b>3. ANALISI DEI PRINCIPALI DATI MACCHINA .....</b>	<b>8</b>
3.1 ENERGIA SPECIFICA DI SCAVO.....	9
3.2 FORZA DI SPINTA .....	10
3.3 COPPIA.....	12
3.4 VELOCITA' DI ROTAZIONE.....	13
3.5 PENETRAZIONE E VELOCITA' DI AVANZAMENTO.....	13
3.6 PESO DEL MATERIALE ESTRATTO .....	14
3.7 PRESSIONE NELLA CAMERA DI SCAVO .....	16
3.8 VOLUME E PRESSIONE DI INTASAMENTO.....	17
3.9 DEVIAZIONE PLANO-ALTIMETRICA.....	19
<b>4. CONCLUSIONI .....</b>	<b>21</b>

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>08 - GALLERIE</b> Relazione di analisi dei parametri macchina	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0300004	REV. C	FOGLIO. 3 di 24

## 1. PREMESSA

Per il progetto del Lotto 1 è previsto l'utilizzo di una TBM-EPB per lo scavo della Finestra di Forch. La presente relazione ha lo scopo di illustrare i parametri macchina che devono essere registrati dalla fresa e fornisce una analisi dei principali parametri significativi per l'interpretazione del comportamento durante lo scavo.

I dati ottenuti durante lo scavo meccanizzato mediante fresa devono fornire indicazioni complete sull'avanzamento, sulle lavorazioni giornaliere e sul funzionamento delle macchine.

I parametri di funzionamento della fresa dovranno essere registrati con un intervallo minimo di 10 secondi.

I dati raccolti vanno quindi gestiti ed organizzati in una banca dati, operando un filtro pesato sugli intervalli di avanzamento che permetta di determinare i valori medi per ogni spinta effettuata, corrispondente indicativamente alla corsa di 1.8 m. Ai dati così organizzati verrà quindi assegnata la progressiva di inizio e di fine spinta.

Dovrà inoltre essere effettuata un'analisi qualitativa delle caratteristiche litologiche del materiale di scavo, ponendo particolare attenzione alle variazioni fisiche significative. Campioni di materiale verranno raccolti in sacchetti catalogatori.

I dati così determinati costituiscono la base di una serie di elaborazioni che hanno lo scopo di integrare i dati forniti dalle indagini in avanzamento.

In seguito, l'analisi più approfondita di questi dati permetterà di confrontare i valori di avanzamento con quelli riscontrati in terreni/ammassi rocciosi con caratteristiche e comportamento allo scavo simili.

Il confronto dei parametri fresa con i dati forniti dai rilievi geomeccanici (oppure campioni di smarino) e dalle indagini in avanzamento permetterà di ricercare, sulla base di un'analisi di tipo logico e statistico, delle correlazioni tra i parametri di fresa e le caratteristiche geomeccaniche del terreno / ammasso roccioso.

Questo approccio permetterà quindi di determinare in continuo i parametri geotecnici necessari per la verifica del modello geotecnico di progetto lungo la Finestra di Forch. Il monitoraggio dei parametri macchina e il sistema di acquisizione e gestione dei dati devono rispettare quanto indicato al capitolato RFI PARTE II-sezione 11 paragrafo 11.6.2.3.

## 2. MONITORAGGIO PARAMETRI MACCHINA

Di seguito viene riportata una lista dei principali parametri della macchina che il computer di bordo della fresa deve essere in grado di registrare. Nei capitoli successivi invece verranno analizzati i principali parametri macchina utili per la comprensione del comportamento del terreno in relazione alla conduzione dello scavo. I parametri indicati sono da interpretare diversamente per la tratta scavata in terreno in modalità chiusa per i primi 500 metri, rispetto alla successiva tratta di 800 metri da scavare in ammasso roccioso.

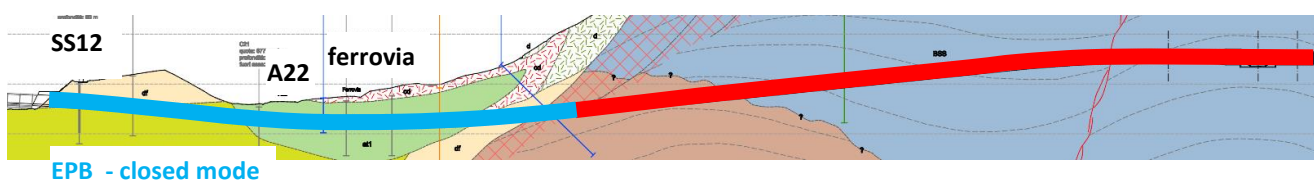


Fig. 1 – Profilo Geotecnico di Forch

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>08 - GALLERIE</b> Relazione di analisi dei parametri macchina	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0300004	REV. C	FOGLIO. 4 di 24

Le principali caratteristiche geometriche dell'anello che definiscono la carpenteria di progetto sono riportate nella seguente tabella. Nei capitoli successivi vengono descritte le analisi condotte per tale definizione.

Tipo di Anello	Universale
Raggio Interno	4.95 m
Diametro Esterno	10.70 m
Diametro Scavo	11.05 m
Spessore conci	40 cm
Lunghezza media	1.80 m
Geometria conci	Trapezoidali / romboidali
Svasatura	17 mm
Raggio di curvatura minimo	1500 m (1200 m di calcolo)
Numero di conci	8+0
Connessioni anello / anello	n° 3 connettori (n° 24 totali)
Connessioni concio / concio	Facce inclinate con barra guida
Barra guida	Ø 50 L = 800 mm
Guarnizioni	EPDM P ≥ 10 bar

Tabella 2-1: Caratteristiche sezione tipo

Nella seguente tabella vengono riassunte le principali caratteristiche geometriche della macchina ipotizzata in questa fase di progetto. Le caratteristiche sono da considerarsi preliminari e potranno subire variazioni in seguito alla definizione di dettaglio della macchina.

<b>Descrizione</b>	<b>u.m.</b>	<b>Valore</b>
<i>Diametro di scavo nominale</i>	mm	11050
<i>Diametro di scavo massimo</i>	mm	11130
<i>Eccentricità cutterhead – scudo frontale</i>	mm	5
<i>Diametro ext scudo frontale</i>	mm	11020
<i>Spessore scudo frontale</i>	mm	70
<i>Diametro ext scudo posteriore</i>	mm	11000
<i>Spessore scudo posteriore</i>	mm	70
<i>Conicità (differenza sul raggio)</i>	mm	10
<i>Lunghezza scudi</i>	mm	11126
<i>Lunghezza macchina</i>	mm	12019
<i>Gap scavo nominale – estradosso tail shield</i>	mm	30
<i>Gap intradosso tail shield – estradosso concio (spazzole)</i>	mm	80 (45)

Tabella 2-2: Caratteristiche geometriche della macchina

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>08 - GALLERIE</b> Relazione di analisi dei parametri macchina	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0300004	REV. C	FOGLIO. 5 di 24

## 2.1 MONITORAGGIO SCUDI

Lo scudo deve essere fornito di un sistema di controllo e registrazione dei parametri spaziali della macchina in rapporto all'asse teorico della galleria, basato sull'impiego di raggio laser, sistemi di rilevamento del punto laser sulla sezione di scavo, sistema inclinometrico dell'assetto assiale e trasversale del corpo macchina, elaboratore dei dati strumentali, schermo di lettura degli scostamenti attuali e previsti dell'asse plano-altimetrico reale dello scavo rispetto all'asse teorico.

Devono essere fornite almeno le seguenti informazioni:

- Posizione altimetrica rispetto all'asse teorico.
- Posizione planimetrica rispetto a quella teorica.
- Inclinazione verticale ed orizzontale rispetto all'asse teorico.
- Tendenza (sia verticale sia orizzontale) rispetto all'asse teorico.
- Rullaggio dello scudo (rotazione intorno al proprio asse).
- Rilevamento in coordinate della posizione dello scudo.
- Rilevamento della progressiva d'avanzamento riferita al bordo anteriore dello scudo.
- Suggerimento per la posizione della chiave nell'anello da installare.

Gli spostamenti ammissibili plano-altimetrici dell'asse reale rispetto a quello teorico potranno avere una tolleranza non superiore a +/- 10 cm, sia altimetricamente che planimetricamente.

## 2.2 TESTA FRESANTE E CAMERA DI SCAVO

I parametri da registrare sono almeno i seguenti:

- Momento torcente della ruota di scavo.
- Velocità di rotazione della ruota di scavo.
- Penetrazione testa fresante.
- Direzione di rotazione della testa fresante.
- Consumo corrente motori testa fresante.
- Profilo della sezione di extrascavo.
- Pressione dei sensori nella camera di scavo.
- Pressione e portata aria compressa in fase di manutenzione.
- Pressione e portata bentonite in fase di fermo macchina con camera piena.

## 2.3 SISTEMA DI SPINTA

I parametri da registrare sono almeno i seguenti:

- Pressione dei martinetti di spinta.
- Corsa martinetti di spinta.
- Velocità d'avanzamento.
- Forza totale di avanzamento.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
<b>08 - GALLERIE</b>		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di analisi dei parametri macchina		IBOU	1BEZZ	RH	GN0300004	C	6 di 24

## 2.4 SISTEMA INIEZIONE ADDITIVI

I parametri da registrare sono almeno i seguenti:

- Quantità, pressione e tipologia additivi iniettati per ogni linea della testa fresante.
- Quantità, pressione e tipologia additivi iniettati per ogni linea della camera di scavo.
- Quantità, pressione e tipologia additivi iniettati per ogni linea della coclea.
- Per ogni tipologia di additivo le sue caratteristiche fisiche/meccaniche principali.
- Per ogni generatore di schiuma: FIR (Foam injection rate), FER (foam expansion rate), Cf (Concentrazione agente schiumogeno), Q (portata schiuma prodotta).

## 2.5 SISTEMA INTASAMENTO A TERGO

I parametri da registrare sono almeno i seguenti:

- Pressione linee di iniezione misurata in prossimità del punto di iniezione.
- Portata di ogni pompa.
- Volume iniettato da ogni linea per ogni anello in confronto con il valore teorico.

## 2.6 SISTEMA INIEZIONE GRASSO

I parametri da registrare sono almeno i seguenti:

- Pressione grasso in ogni punto terminale delle linee di alimentazione.
- Portata grasso in ogni punto terminale delle linee di alimentazione.

## 2.7 SISTEMA ESTRAZIONE MATERIALE

I parametri da registrare sono almeno i seguenti:

- Velocità di rotazione della coclea.
- Coppia impegnata .
- Pressione di terra all'entrata, all'uscita e in un punto intermedio della coclea .
- Coefficiente riempimento della coclea.
- Misura della corsa portello della coclea.
- Misura gas metano all'uscita della coclea.
- Forza di tiro (solo per Gardena).
- Peso del materiale scaricato, attraverso le due bilance installate sul nastro.
- Volume del materiale scaricato, attraverso scanner installato sul nastro in confronto al volume teorico.

## 2.8 DATI DI PRODUZIONE

Per ogni ciclo di scavo e avanzamento devono essere registrati i seguenti parametri al fine di conoscere in dettaglio i dati di ciascun anello scavato e le statistiche generali per ottimizzare il processo di scavo.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>08 - GALLERIE</b> Relazione di analisi dei parametri macchina	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0300004	REV. C	FOGLIO. 7 di 24

- a) Numero anello.
- b) Progressiva inizio / fine anello.
- c) Posizione del concio di chiave.
- d) Tempo/data di inizio anello.
- e) Tempo data di completamento anello.
- f) Tempo totale per anello.
- g) Tempo totale in avanzamento.
- h) Tempo totale di assemblaggio concio.
- i) Tempo totale di fermo (suddiviso per problematica).

## 2.9 MONITORAGGIO ATMOSFERICO

Sistemi di monitoraggio atmosferico in grado di rilevare, tramite sensori, carenza di ossigeno, la presenza di gas infiammabili tossici e radioattivi (es. radon).

Dovrà essere misurata anche la portata d' aria fresca che raggiunge il fronte mediante il sistema di ventilazione.

I valori misurati devono essere confrontati con le relative soglie di concentrazione, ed attivare al loro superamento segnali acustici e ottici con eventuale fermo totale della macchina.

## 2.10 RACCOMANDAZIONI SUL MONITORAGGIO

Il sistema di registrazione ed elaborazione dei dati deve permettere la rappresentazione dei risultati mediante grafici immediatamente comprensibili con unità di misura e scala dei tempi opportuna.

Il software di gestione dei dati deve permettere ulteriori operazioni matematiche sulla serie di misure per agevolarne l'interpretazione.

Tutti i dati sopra elencati devono essere messi in relazione con i dati provenienti dal monitoraggio, come previsto in progetto, in modo da modificare i parametri della lavorazione.

Tutti i dati relativi ai parametri di scavo, ai parametri operativi della macchina nel suo complesso, alle deformazioni indotte sia in profondità che in superficie, devono essere messi a disposizione della Direzione Lavori e del Progettista, in modo assolutamente trasparente. Tali dati devono essere disponibili in continuo o con la periodicità indicata, sia in cantiere che in ogni altra sede, compreso all'interno della macchina stessa, sotto forma di grafici immediatamente leggibili, strutturati ed elaborati secondo quanto indicato dalla Direzione Lavori o dal Progettista.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>08 - GALLERIE</b> Relazione di analisi dei parametri macchina	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0300004	REV. C	FOGLIO. 8 di 24

### 3. ANALISI DEI PRINCIPALI DATI MACCHINA

Nel presente capitolo verranno presi in esame i principali parametri macchina ed analizzati in relazione alle condizioni geomeccaniche dell' ammasso, in condizioni di ordinaria conduzione dello scavo e in prossimità di zone critiche.

I principali parametri diretti o calcolati presi in esame sono i seguenti:

- 1) energia specifica di scavo (MJ/m<sup>3</sup>);
- 2) forza di spinta (kN);
- 3) coppia (MNm);
- 4) velocità di rotazione (rpm);
- 5) penetrazione (mm/giro) e velocità di avanzamento (mm/min);
- 6) peso del materiale estratto (tons) in relazione al peso teorico per ciascun avanzamento;
- 7) pressione nella camera di scavo (bar);
- 8) volume e pressione di intasamento (m<sup>3</sup>);
- 9) velocità di deviazione plano-altimetrica (mm/m);

Nella seguente tabella sono indicati i valori di penetrazione e avanzamento previsti per le formazioni litologiche attese durante lo scavo della finestra di Forch

Tipologia TBM	Modalità Operativa	Formazione	UCS di riferimento Mpa	Penet./giro Mm/giro	Vel. Rotazione Testa rpm	Velocità avanz. mm/min
TBM Forch EPB	EPB	Depositi detritici/alluvionali	-	20-40	1.5-3	30-60
	Open	Filladi	60-100	15-8	3	45-24



APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
Mandatario:	Mandanti:	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
<b>08 - GALLERIE</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di analisi dei parametri macchina	IB0U	1BEZZ	RH	GN0300004	C	9 di 24

### 3.1 ENERGIA SPECIFICA DI SCAVO

L'energia specifica necessaria per la perforazione è definita come l'energia richiesta per scavare un volume unitario di roccia e rappresenta un indice della resistenza opposta dall'ammasso allo scavo. L'energia specifica viene calcolata in base ai risultati dei parametri di scavo misurati con la seguente espressione (Teale, 1965):

$$E = \left(\frac{F}{A}\right) + \frac{2\pi N \cdot T}{V \cdot A}$$

Dove:

E = energia specifica (kJ/m<sup>3</sup>);

F = spinta sull'utensile (kN);

N = velocità di rotazione (giri/s);

T = coppia di rotazione (kNm);

V = velocità di avanzamento istantanea (m/s);

A = area di scavo (m<sup>2</sup>).

L'energia specifica di scavo varia considerevolmente con la qualità dell' ammasso roccioso / terreno e con la sua litologia.

Per una roccia scadente (quindi facilmente scavabile, con poca energia) con RMR inferiore a 30-40 punti, l'ordine di grandezza si attesta intorno ai 30-40 MJ/m<sup>3</sup>.

Per una roccia più competente con valori di RMR maggiori di 60-70 punti l'ordine di grandezza del valore di Energia Specifica può superare valori di 100-150 MJ/m<sup>3</sup>.

I valori forniti si riferiscono a condizioni lineari di scavo, senza considerare complicazioni dovute a incipienti fenomeni di caving o di squeezing, dove per ammassi rocciosi fortemente tettonizzati, il valore di Energia Specifica si impenna vertiginosamente per le aumentate difficoltà di scavo (aumento della spinta e della coppia).

Per uno scavo in terreno l'energia specifica dipende da molteplici fattori e non solo dalla tipologia del terreno incontrato. La pressione al fronte, il condizionamento e la copertura influiscono notevolmente sulla spinta e sulla coppia che la macchina deve adottare per avanzare con lo scavo. Pertanto l'energia specifica in questo caso potrebbe variare significativamente da 30 a 60 MJ/m<sup>3</sup>.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>08 - GALLERIE</b> Relazione di analisi dei parametri macchina	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0300004	REV. C	FOGLIO. 10 di 24

### 3.2 FORZA DI SPINTA

La forza di spinta totale varia molto in funzione del comportamento allo scavo ed è il risultato principalmente della combinazione della forza necessaria per vincere gli attriti dello scudo e della spinta agente sulla testa di scavo.

In condizione di instabilità del fronte, dove la macchina viene condotta in modalità chiusa con applicazione di pressione al fronte, la spinta sui martinetti deriva maggiormente dagli attriti agenti sul rivestimento e dalla pressione agente sul fronte di scavo per garantirne la stabilità.

Considerando un diametro di scavo di 11 metri ed una pressione al fronte di circa 1.2 bar previsti con una copertura di circa 15 metri si attende il seguente valore di spinta.

La spinta totale della TBM "P" è definita come la somma di diverse componenti

$$P = \sum P_i = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6$$

P1 – Attrito scudo-terreno: è la spinta richiesta per superare l'attrito (adesione) tra lo scudo della TBM e il terreno dovuto dalla pressione della terra/roccia

$$P_1 = \mu \cdot [\pi D_b \cdot L_b \cdot \sigma + W_b]$$

- $\mu$ : è il coefficiente di attrito ( $\mu = 0,35$ ),
- $\sigma$ : è la pressione radiale del terreno sullo scudo.
- $W_b$ ,  $D_b$  e  $L_b$ : sono il peso, il diametro e la lunghezza dello scudo, compresa la coda dello scudo.

P2 – Pressione al fronte: la spinta necessaria per contrastare la pressione che agisce sulla testa.

$$P_2 = p \cdot \frac{\pi D^2}{4}$$

P3 – Forza motrice (Drive force): spinta necessaria per imporre modifiche di direzione. In caso di galleria rettilinea (curvatura == 0), P3 può essere considerata 0

$$P_3 = \mu_1 \cdot D \cdot \frac{L_s}{2} \cdot \frac{q}{2}$$

- $\mu_1$ : è il coefficiente di attrito ( $\mu = 0,35$ ),
- $q$ : Pressione per il cambio di direzione
- $L_s$ : lunghezza dello scudo

P4 – Attrito segmenti-tail seals: spinta richiesta per contrastare la forza d'attrito tra i segmenti e le spazzole (solo nel caso di terreni)

$$P_4 = \mu_2 \cdot [\pi \cdot D_o \cdot L_{s-t} \cdot \sigma]$$

P5 - Back-up: spinta richiesta per trascinare il treno di back-up

$$P_5 = \mu_3 \cdot P_{ts}$$

- $\mu$ : è il coefficiente di attrito "ruota-rotai" ( $\mu = 0,1$  suggerito dal cliente).
- $P_{ts}$ : è il peso del back-up.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>08 - GALLERIE</b> Relazione di analisi dei parametri macchina	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0300004	REV. C	FOGLIO. 11 di 24

P6 – Forza di penetrazione: spinta necessaria ai cutter per scavare

$$P_6 = N_C \cdot F_n$$

- NC : è il numero di utensili installati sulla testa di scavo,
- Fn : è la forza normale esercitata dai dischi per garantire la penetrazione richiesta.

In base alle condizioni geotecniche previste per i primi 500 metri di scavo i valori di spinta attesi sono tra i 20 ed i 40 MN indicativamente.

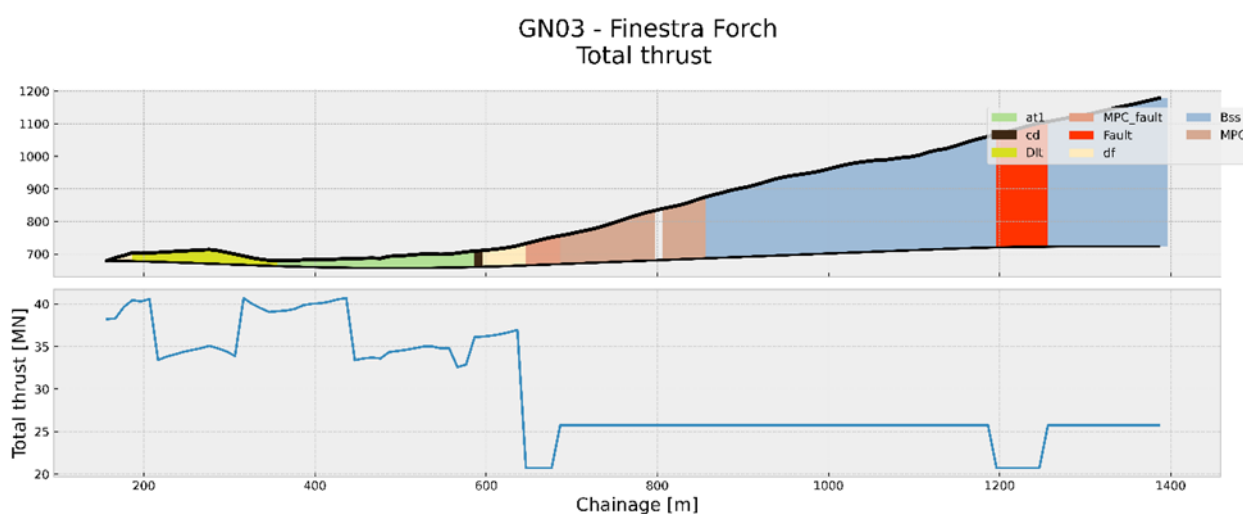


Figura 3-1 Gn03: profilo di spinta.

In allegato si riportano i valori calcolati per la spinta.

In questo caso il valore della forza di spinta è direttamente proporzionale alla qualità dell' ammasso roccioso, sempre restando nel range di normale conduzione di scavo della macchina, ed escludendo quindi incipienti fenomeni di blocco o spinte per vincere attriti sugli scudi.

La TBM sarà dotata di circa 64 cutters da 18 pollici aventi una resistenza di 250 kN e pertanto la massima spinta possibile sulla testa di scavo è pari a 16'000 kN in assenza di attriti e senza considerare il peso di trascinamento della macchina stessa.

Per fissare il limite superiore della forza di scavo della macchina è necessario sommare alla spinta massima possibile sui cutter la forza necessaria per lo spostamento dello scudo e della testa fresante così come il trascinamento del back-up. Il contributo di queste ultime due componenti è stimato intorno a 5'000 kN da confermare in base alle reali caratteristiche della macchina.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
<b>08 - GALLERIE</b>		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di analisi dei parametri macchina		IBOU	1BEZZ	RH	GN0300004	C	12 di 24

### 3.3 COPPIA

La macchina prevista per lo scavo della Finestra di Forch ha una coppia massima "Breakout Torque" pari a circa 31 MN, mentre la coppia alla massima velocità è pari a circa 13 MN.

Nella tratta di scavo in terreno con EPB in modalità chiusa e pressione al fronte la coppia durante l'avanzamento sarà mantenuta sempre prossima alla coppia nominale come mostrato nel grafico seguente per poter sfruttare il massimo della capacità di avanzamento.

La coppia totale della TBM può essere similmente interpretata come la somma di diverse componenti:

$$T = \sum T_i = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + T_6$$

T1: Coppia per l'attrito con la superficie frontale della testa di scavo

$$T_1 = \frac{\pi D^3}{12} \cdot \mu \cdot \sigma \cdot (1 - \eta)$$

T2: Coppia per l'attrito sulla superficie circolare della testa di scavo

$$T_2 = \frac{\pi D^2}{4} \cdot \mu \cdot 2 \cdot \sigma \cdot L_t$$

T3: Coppia d'attrito sulla superficie posteriore della testa di scavo (solo per macchina in pressione)

$$T_3 = \frac{\pi D^3}{12} \cdot \mu \cdot \sigma \cdot (1 - \eta) \frac{p}{\sigma_c}$$

T4: Coppia richiesta per superare la resistenza tra cutters e materiale scavato (sia roccia che terreno)

$$T_4 = 0,3 (D + 2 O_c) \cdot N_c \cdot F_r$$

T5: Coppia di taglio sulle aperture della camera della testa di scavo (camera piena anche per i tratti in roccia)

$$T_5 = 0,35 \frac{\pi D^3}{12} \cdot \mu \cdot \sigma \cdot \eta$$

T6: Coppia necessaria per superare la resistenza del rimescolamento del materiale scavato (sia roccia che terreno)

$$T_6 = \mu \cdot p \cdot [n_b \cdot (L_b \cdot D_b) \cdot R_b + n_p \cdot (L_p \cdot D_p) \cdot R_p]$$

$D$ : diametro di scavo,

$N_c$ : numero di cutter sulla testa della TBM,

$F_r$ : forza radiale esercitata dai cutter per garantire la penetrazione desiderata,

$\mu$ : coefficienti d'attrito (0.35 – 0.5),

$\eta$ : è il tasso di apertura della testa,

$\sigma$ : pressione del terreno sullo scudo,

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>08 - GALLERIE</b> Relazione di analisi dei parametri macchina	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0300004	REV. C	FOGLIO. 13 di 24

$\sigma_c$ : pressione del terreno sulla camera,

$L_t$  : spessore (lunghezza) della testa,

$O_c$ : valore di overcut applicato,

$p$ : pressione al fronte applicata dalla EPB nei tratti in terreno.

Nella figura seguente si riporta il valore della coppia prevista lungo la finestra di Forch.

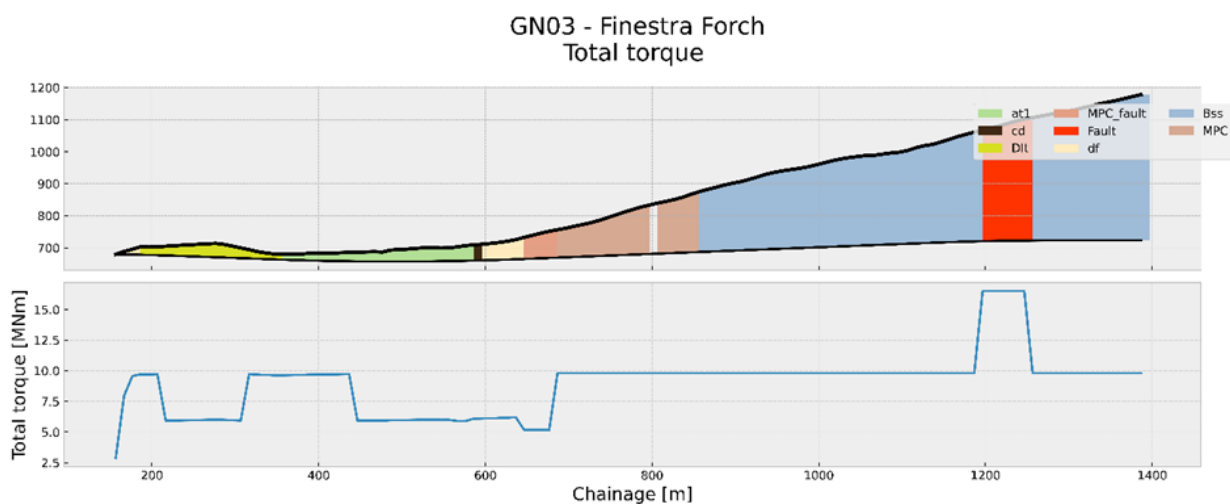


Figura 3-2 GN03 Torque

In allegato si riportano i valori di coppia utilizzati

### 3.4 VELOCITA' DI ROTAZIONE

La velocità di rotazione è uno dei principali parametri sul quale l'operatore alla guida della macchina può agire durante la conduzione dello scavo.

La macchina è dotata di due marce di avanzamento con due diverse velocità di rotazione pari rispettivamente a 1.54 rpm e 3.07 rpm.

In base al valore di velocità cambia la coppia massima che può sopportare il cuscinetto della testa fresante.

### 3.5 PENETRAZIONE E VELOCITA' DI AVANZAMENTO

Il valore di penetrazione (mm/giro) è proporzionale alla velocità di avanzamento (mm/min) a parità di velocità di rotazione (giri/min). La penetrazione è tanto maggiore quanto è scadente il materiale roccioso scavato.

La TBM in oggetto ha una velocità di avanzamento massima pari a 80 mm/min e considerando la velocità di rotazione massima pari a 3.07 rpm porta ad una penetrazione massima di 26 mm/giro.

La variabilità del valore di penetrazione atteso in normali condizioni di scavo in roccia è tra i 5 e i 20 mm/giro. In presenza di zone altamente tettonizzate / faglia, il valore della penetrazione si impenna vertiginosamente ed è associabile al superamento delle soglie attese anche da parte degli altri indicatori dei parametri di scavo.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>08 - GALLERIE</b> Relazione di analisi dei parametri macchina	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0300004	REV. C	FOGLIO. 14 di 24

Nel caso in questione è stato calcolato il valore della penetrazione prevista

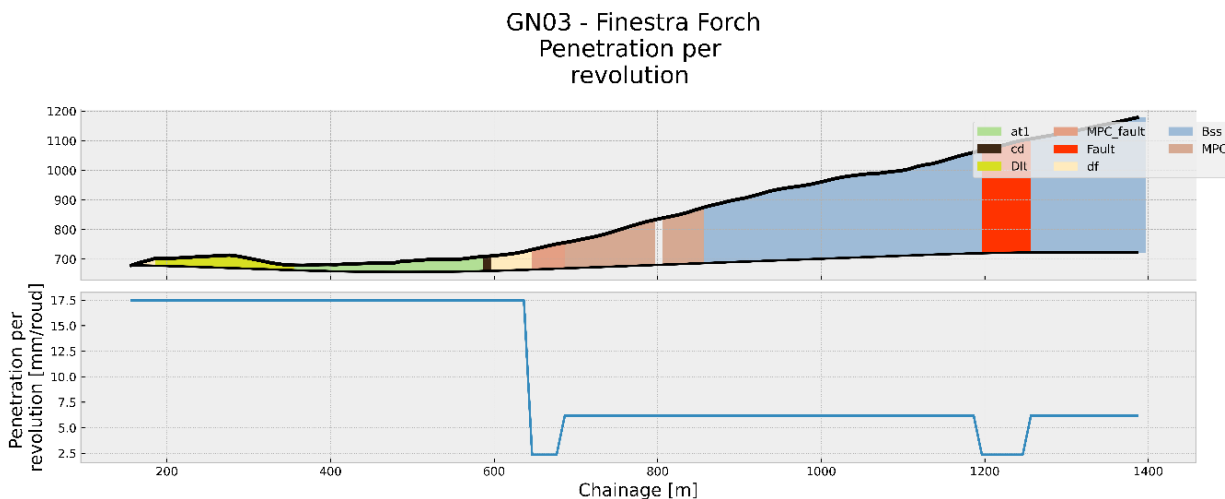


Figura 3-3 GN03: Penetrazione (mm/round)

### 3.6 PESO DEL MATERIALE ESTRATTO

Il nastro deve essere fornito di due bilance per la pesatura del materiale di scavo per il controllo del peso estratto, installate quanto più vicino possibile al fronte e in modo che risentano il meno possibile di effetti dinamici. La misura deve essere costantemente relazionata all'avanzamento della fresa per il controllo immediato di eventuali flussi di terreno in camera, ed evitare così l'innesco di pericolosi fornelli o la formazione di cavità. Le bilance devono essere sottoposte a taratura periodica.

Il peso del materiale estratto, misurato dalle bilance deve crescere linearmente con l'estensione dei martinetti di spinta, fino a raggiungere il valore teorico totale al completamento del ciclo di spinta.

Considerando un diametro di scavo nominale di 11050 mm risulta un'area di scavo di 95,90 m<sup>2</sup>.

Pertanto, ciascun avanzamento di 1.8 metri produce un volume di scavo pari a 172.6 m<sup>3</sup> che considerando un peso specifico di 18-27 kN/m<sup>3</sup> porta ad un valore teorico di smarino per ciascun avanzamento pari a 3'107-4660kN (rispettivamente per terreno e roccia).

Questo valore teorico è valido solo nelle condizioni di scavo nominali, quindi senza l'introduzione di valori di extra-scavo e per un avanzamento ideale di 1.8 m esatti. Il peso teorico non è quindi fissato, ma calcolato per ciascun avanzamento e dipendente dal peso specifico valutato per le diverse formazioni litologiche. Il peso del materiale estratto va quindi confrontato con il peso teorico della relativa spinta e un'eventuale variazione percentuale sopra le soglie di allerta sarà un chiaro indicatore di problematiche geologiche che potrebbero influire anche sul profilo di scavo.

Il valore del peso di materiale estratto deve seguire un andamento regolare per entrambe le bilance come illustrato nei primi 5 avanzamenti di scavo dell'immagine seguente. Una variazione sopra il 5-10% del peso teorico deve essere un chiaro indicatore che qualcosa non sta funzionando correttamente.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	Mandataria: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>08 - GALLERIE</b> Relazione di analisi dei parametri macchina	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0300004	REV. C	FOGLIO. 15 di 24

Verifica Volumi bilance

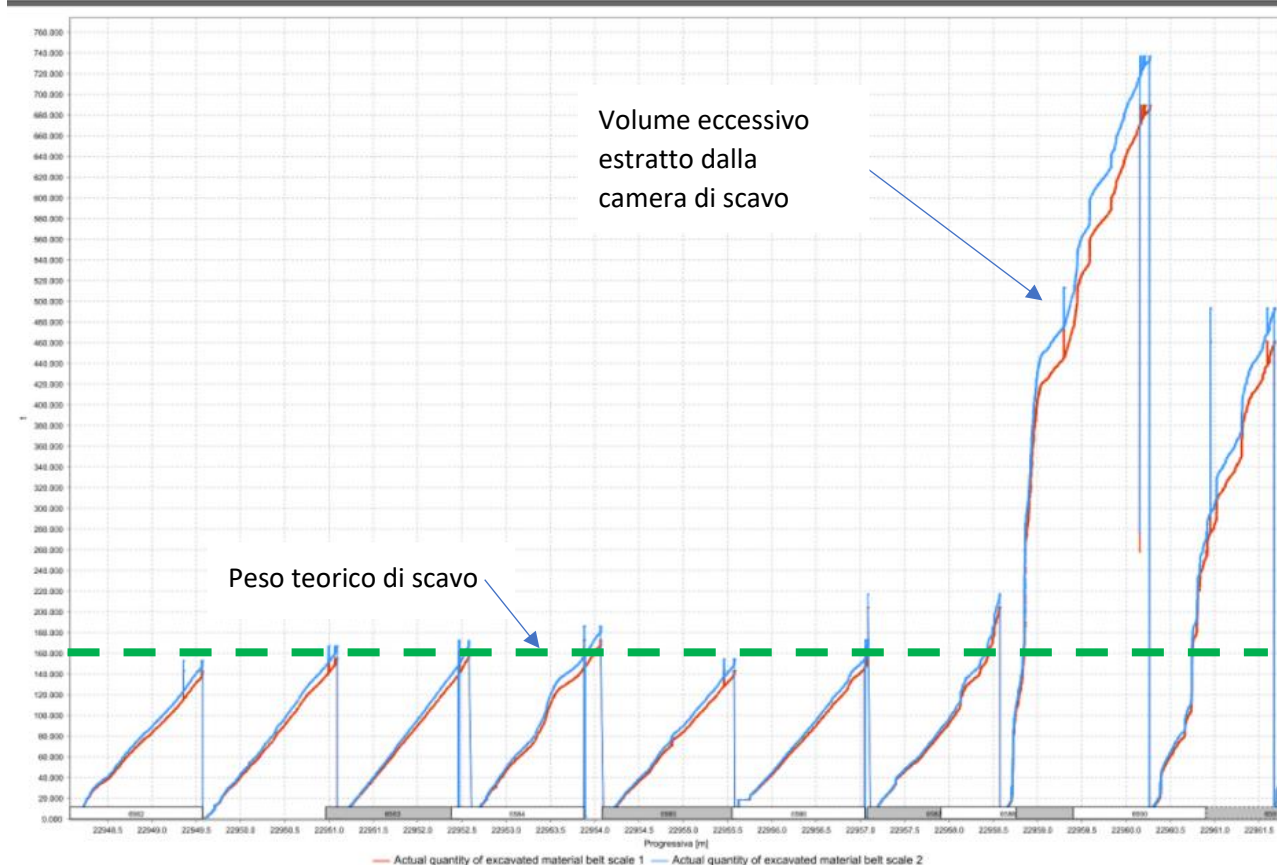


Fig. 2 – esempio di pesatura del materiale estratto

Se le bilance sono state costantemente tarate, bisogna riporre molta attenzione in un eventuale incremento incontrollato del peso di materiale estratto, che deve essere contenuto come prima azione chiudendo la ghigliottina della coclea.

Una eccessiva estrazione di materiale potrebbe causare cedimenti superficiali non pienamente controllabili.

APPALTAZIONE: 	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>08 - GALLERIE</b> Relazione di analisi dei parametri macchina	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0300004	REV. C	FOGLIO. 16 di 24

### 3.7 PRESSIONE NELLA CAMERA DI SCAVO

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.

In caso di valori di pressioni fuori dai limiti, una regolazione dei parametri della coclea (velocità di rotazione, ecc) potrebbe riportarci velocemente all'interno dei limiti stabiliti.

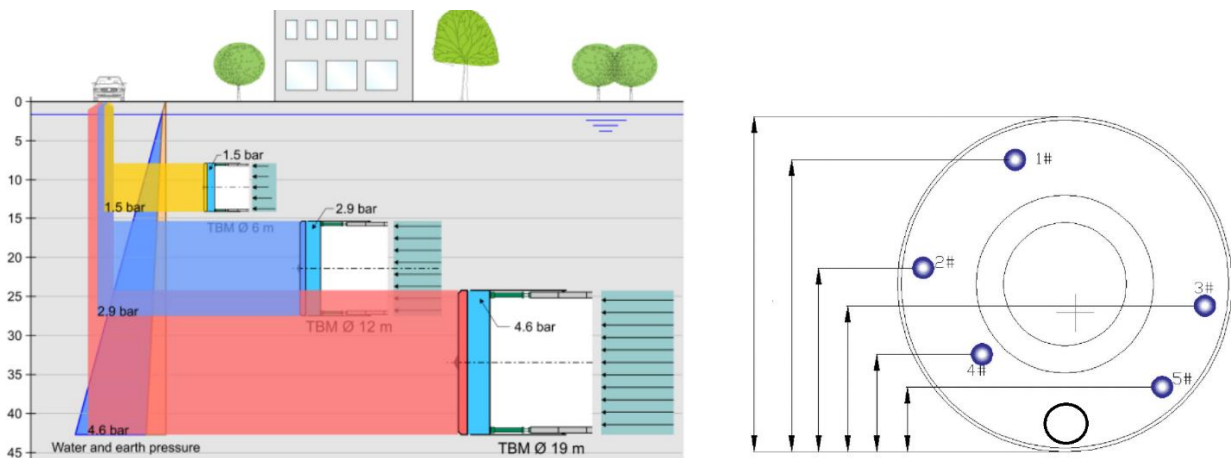


Fig. 3 – valutazione della pressione al fronte mediante celle installate nella camera di scavo

Il valore di pressione applicato al fronte non deve superare come limite inferiore il valore di spinta attiva (calcolato ad esempio secondo la formulazione di Anagnostu & Kovari) per garantire la stabilità del fronte e come limite superiore il valore di blow-up per evitare problemi di sollevamento in superficie.

$$P_{\text{blow-out}} = 0.9 \times \gamma_{\text{min}} \times H_{\text{calotta}}$$

Dove :

$P_{\text{blow-out}}$  = è la pressione massima di sollevamento

$\gamma_{\text{min}}$  = è il peso minimo specifico del terreno

$H_{\text{calotta}}$  = è la copertura di terreno riferita alla calotta



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 analisi dei parametri macchina	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	RH	GN0300004	C	17 di 24

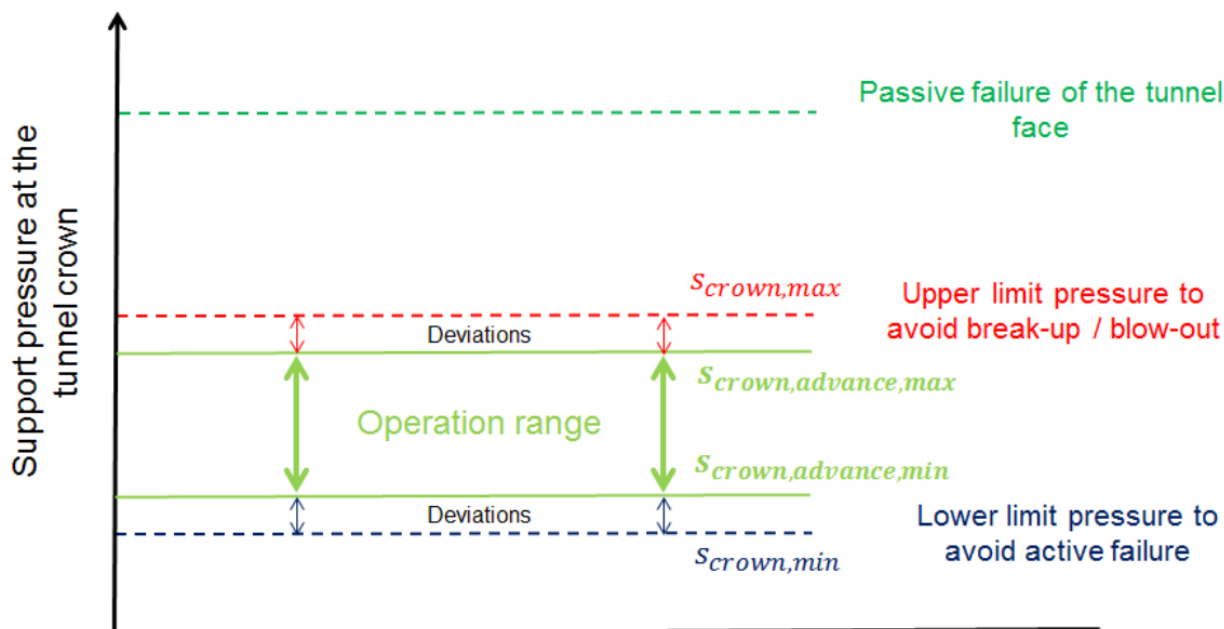


Fig. 4 – pressioni di lavoro ammissibili in calotta per una macchina EPB (DAUB)

Per i valori di pressione da adottare fare riferimento alla relazione sul monitoraggio e al profilo geotecnico della Finestra di Forch.

### 3.8 VOLUME E PRESSIONE DI INTASAMENTO

Il volume di intasamento a tergo dei conci mediante bi-componente deve essere costantemente monitorato in maniera analoga a quanto illustrato per il peso di materiale estratto. Questo parametro ha una forte influenza sull'immediato confinamento dell'anello e il contenimento dei cedimenti. Un cattivo intasamento a tergo e il non adeguato confinamento del gap anulare porta solitamente a fessurazioni e cedimenti eccessivi in superficie.

Il volume iniettato deve essere circa almeno il 10% in più del volume teorico e la pressione di iniezione deve essere almeno 0.5 bar maggiore della pressione di lavoro della camera di scavo alla stessa quota.

La bi-componente non deve comunque refluire attraverso lo scudo e la testa, altrimenti le spazzole non stanno funzionando adeguatamente.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:						
Mandataria:	Mandanti:	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
<b>08 - GALLERIE</b> Relazione di analisi dei parametri macchina	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0300004	REV. C	FOGLIO. 18 di 24

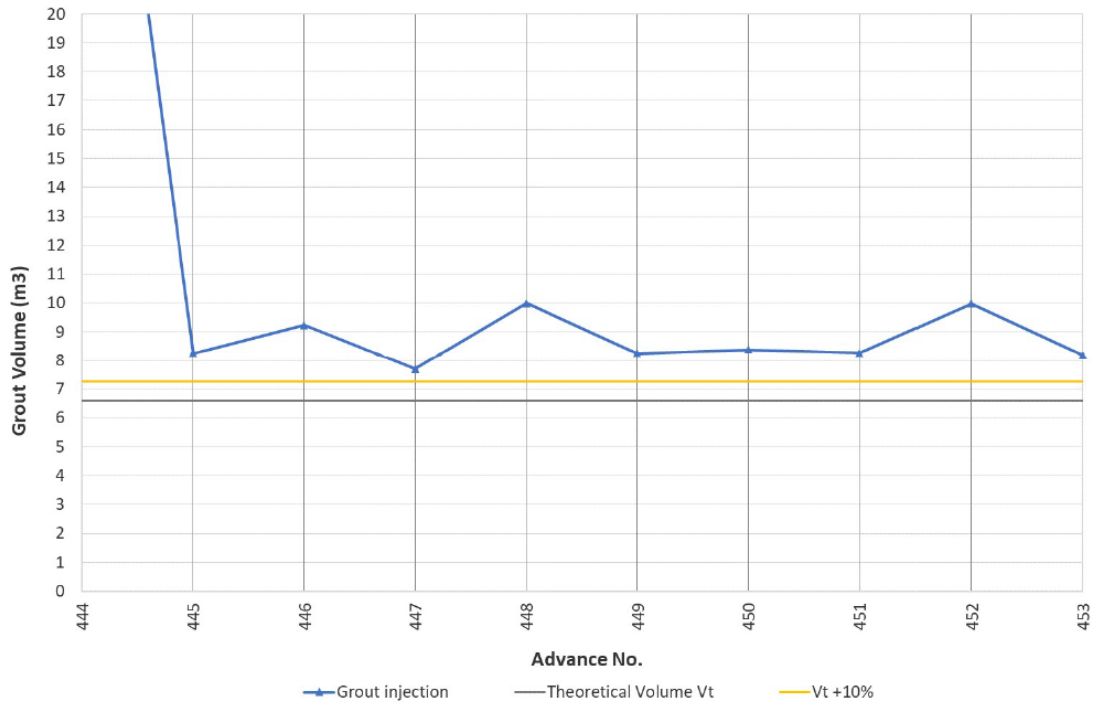


Fig. 5 – esempio di volume iniettato di bi-componente da tail skin

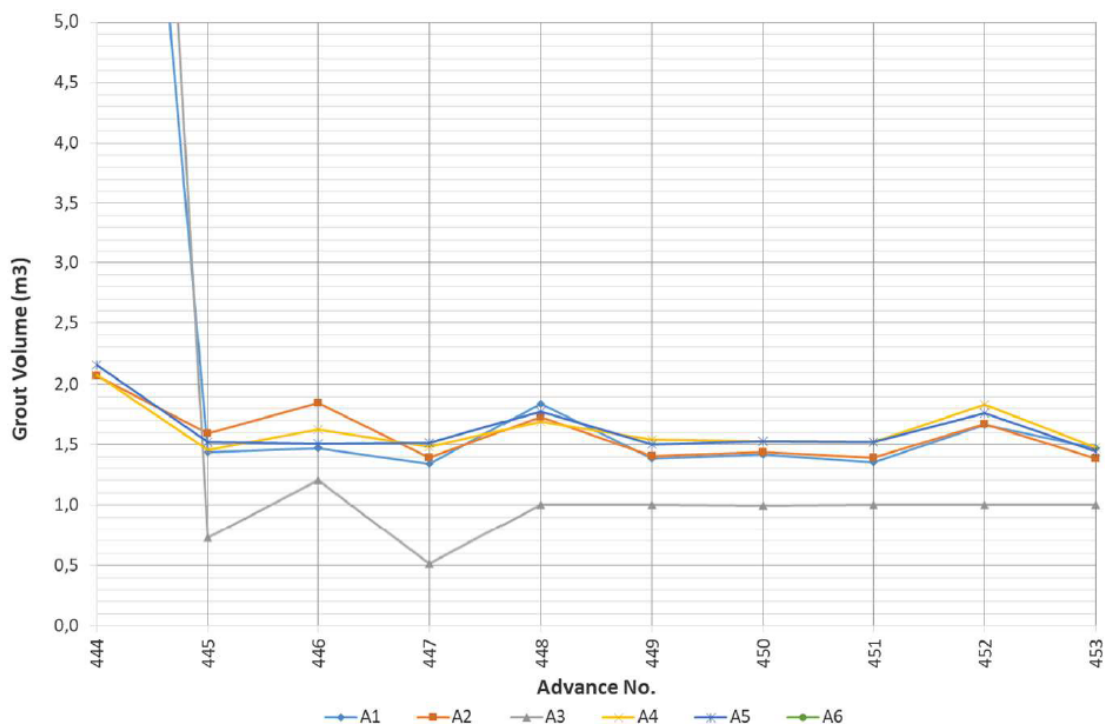


Fig. 6 – esempio di pressione della bi-componente iniettato da tail skin

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>08 - GALLERIE</b> Relazione di analisi dei parametri macchina	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0300004	REV. C	FOGLIO. 19 di 24

### 3.9 DEVIAZIONE PLANO-ALTIMETRICA

Durante la normale conduzione degli scavi ed in assenza di transizioni litologiche la deviazione orizzontale e verticale rispetto al tracciato teorico rimane entro un range di  $\pm 20$  mm.

In presenza di zone fortemente tettonizzate o di transizione litologica con variazione di modulo elastico, la macchina tende a risentire di queste variazioni e sbandare rispetto al tracciato teorico.

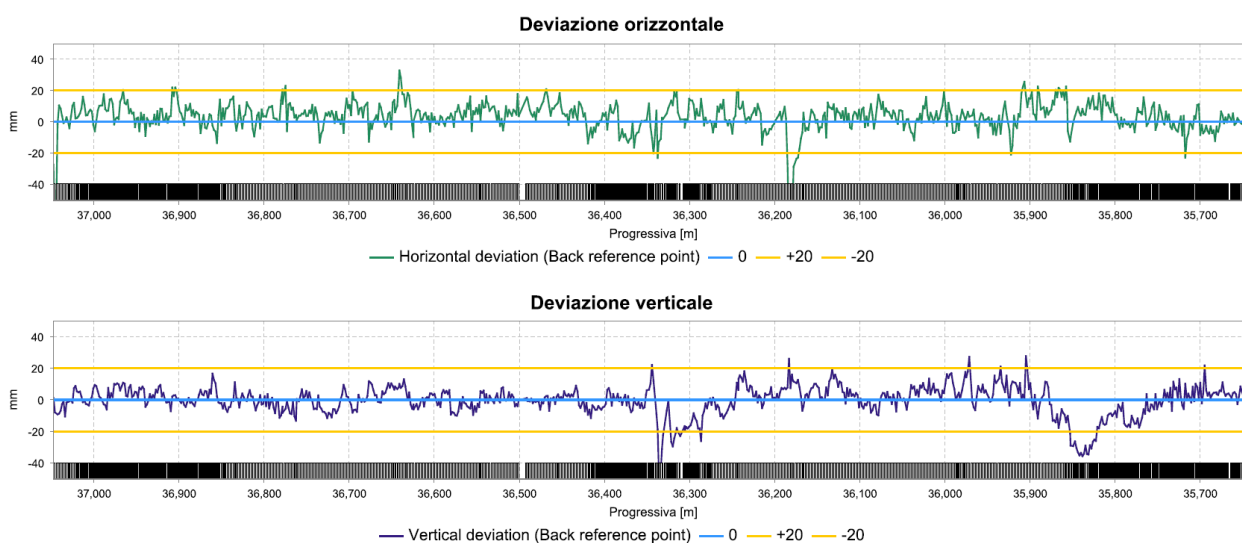


Fig. 7 – esempio di deviazione piano altimetrica

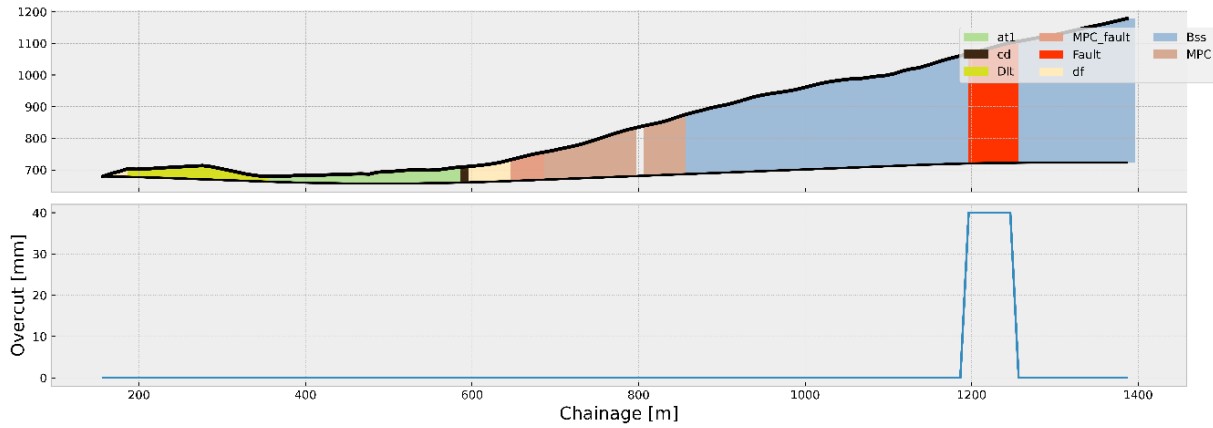
Normalmente nell' attraversamento delle zone di faglia risulta evidente la rapida e forte deviazione della direzione di scavo rispetto al tracciato teorico, dove si riscontrano velocità di deviazione maggiori di 1mm/metro per più anelli consecutivi. Questo ulteriore indicatore correlato agli altri parametri descritti nel presente report può anticipare o descrivere l' attraversamento di un ammasso fortemente fratturato o addirittura un fenomeno di blocco.

### 3.10 SOVRASCAVO

Le analisi svolte sono hanno tenuto in conto, per ridurre le spinte e migliorare l'efficienza della spinta sui conci, di un sovrascavo di 4 cm sul raggio della TBM nella zona della presunta faglia in roccia attorno alla pk 1+200. Qui di seguito si riporta il grafico con il profilo richiesto di sovrascavo.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>08 - GALLERIE</b> Relazione di analisi dei parametri macchina	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0300004	REV. C	FOGLIO. 20 di 24

GN03 - Finestra Forch  
Overcut



APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<b>Mandatario:</b> SWS Engineering S.p.A.	<b>Mandanti:</b> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>08 - GALLERIE</b> Relazione di analisi dei parametri macchina	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0300004	REV. C	FOGLIO. 21 di 24

## 4. CONCLUSIONI

Il presente report ha illustrato i principali parametri macchina fornendo una analisi di correlazione tra i valori misurati e le condizioni al contorno dello scavo meccanizzato per una EPB che si troverà a lavorare in terreni e rocce molto differenti tra loro.

Non è però corretto cercare di fornire una soluzione puramente numerica nell' interpretazione dei dati macchina singolarmente in quanto solo una analisi complessiva di tutti i parametri congiuntamente ad una profonda conoscenza geologica del contesto e della macchina può condurre alla corretta comprensione dello scavo meccanizzato.

Risulta di estrema importanza però gestire ed elaborare costantemente i dati di monitoraggio forniti dalla macchina per anticipare eventuali fenomeni di blocco o subsidenze eccessive ed intervenire tempestivamente con contromisure idonee per ciascuna condizione, siano esse semplici correzioni dei parametri di guida o interventi di consolidamento al contorno.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
Mandatario:	Mandanti:	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	IBOU	1BEZZ	RH	GN0300004	C	22 di 24
<b>08 - GALLERIE</b>							
Relazione di analisi dei parametri macchina							

## ALLEGATO 1 VALORI DI SPINTA ED OVERCUT CALCOLATI

chainage [m]	overcut [m]	total thrust [kN]
156.5	0	28638.02863
806.5	0	25742.78662
166.5	0	28702.99847
816.5	0	25742.78662
176.5	0	30055.18923
826.5	0	25742.78662
186.5	0	30859.68793
836.5	0	25742.78662
196.5	0	30711.72845
846.5	0	25742.78662
206.5	0	30986.86146
856.5	0	25742.78662
216.5	0	23822.90716
866.5	0	25742.78662
226.5	0	24222.55007
876.5	0	25742.78662
236.5	0	24492.59001
886.5	0	25742.78662
246.5	0	24786.6929
896.5	0	25742.78662
256.5	0	25001.02977
906.5	0	25742.78662
266.5	0	25213.30064
916.5	0	25742.78662
276.5	0	25493.15101
926.5	0	25742.78662
286.5	0	25194.0865
936.5	0	25742.78662
296.5	0	24828.73169
946.5	0	25742.78662
306.5	0	24291.92847
956.5	0	25742.78662
316.5	0	31107.65922
966.5	0	25742.78662
326.5	0	30421.20391
976.5	0	25742.78662
336.5	0	29909.42698
986.5	0	25742.78662
346.5	0	29469.37509
996.5	0	25742.78662

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
<b>08 - GALLERIE</b>		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di analisi dei parametri macchina		IBOU	1BEZZ	RH	GN0300004	C	23 di 24

356.5	0	29561.79445
1006.5	0	25742.78662
366.5	0	29638.30748
1016.5	0	25742.78662
376.5	0	29836.22011
1026.5	0	25742.78662
386.5	0	30274.72083
1036.5	0	25742.78662
396.5	0	30434.61276
1046.5	0	25742.78662
406.5	0	30497.12492
1056.5	0	25742.78662
416.5	0	30680.9575
1066.5	0	25742.78662
426.5	0	30951.81154
1076.5	0	25742.78662
436.5	0	31105.70553
1086.5	0	25742.78662
446.5	0	23804.14641
1096.5	0	25742.78662
456.5	0	24008.88681
1106.5	0	25742.78662
466.5	0	24108.90987
1116.5	0	25742.78662
476.5	0	24009.51846
1126.5	0	25742.78662
486.5	0	24756.86869
1136.5	0	25742.78662
496.5	0	24885.3072
1146.5	0	25742.78662
506.5	0	25025.29981
1156.5	0	25742.78662
516.5	0	25207.38089
1166.5	0	25742.78662
526.5	0	25408.47777
1176.5	0	25742.78662
536.5	0	25436.14622
1186.5	0	25742.78662
546.5	0	25203.22653
1196.5	0.04	20721.88614
556.5	0	25237.49634
1206.5	0.04	20721.88614
566.5	0	22997.03758

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
<b>08 - GALLERIE</b>		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di analisi dei parametri macchina		IBOU	1BEZZ	RH	GN0300004	C	24 di 24

1216.5	0.04	20721.88614
576.5	0	23285.38641
1226.5	0.04	20721.88614
586.5	0	26523.37243
1236.5	0.04	20721.88614
596.5	0	26577.4765
1246.5	0.04	20721.88614
606.5	0	26696.08972
1256.5	0	25742.78662
616.5	0	26860.69812
1266.5	0	25742.78662
626.5	0	27089.80055
1276.5	0	25742.78662
636.5	0	27355.13462
1286.5	0	25742.78662
646.5	0	20721.88614
1296.5	0	25742.78662
656.5	0	20721.88614
1306.5	0	25742.78662
666.5	0	20721.88614
1316.5	0	25742.78662
676.5	0	20721.88614
1326.5	0	25742.78662
686.5	0	25742.78662
1336.5	0	25742.78662
696.5	0	25742.78662
1346.5	0	25742.78662
706.5	0	25742.78662
1356.5	0	25742.78662
716.5	0	25742.78662
1366.5	0	25742.78662
726.5	0	25742.78662
1376.5	0	25742.78662
736.5	0	25742.78662
1386.5	0	25742.78662
746.5	0	25742.78662
756.5	0	25742.78662
766.5	0	25742.78662
776.5	0	25742.78662
786.5	0	25742.78662