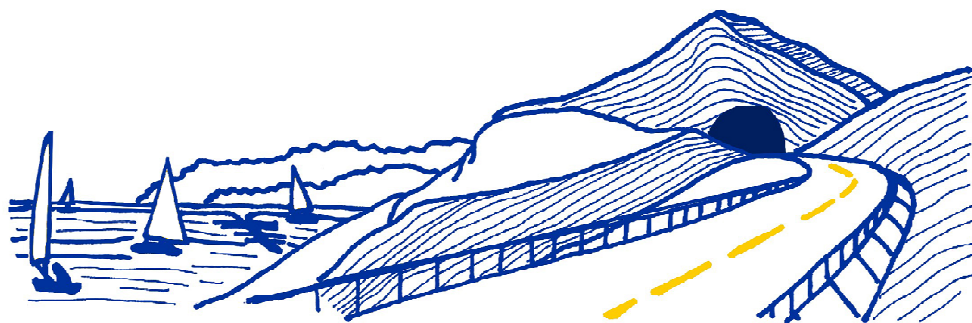


**VARIANTE ALLA S.S.1 AURELIA (AURELIA BIS)  
VIABILITA' DI ACCESSO ALL' HUB PORTUALE DI LA SPEZIA  
INTERCONNESSIONE TRA I CASELLI DELLA A-12 E IL PORTO DI LA SPEZIA  
3° LOTTO TRA FELETTINO E IL RACCORDO AUTOSTRADALE**

**PROGETTO ESECUTIVO DI STRALCIO E COMPLETAMENTO C - 3° TRATTO**

**PROGETTO ESECUTIVO**

**GE265**



VISTO: IL RESPONSABILE  
DEL PROCEDIMENTO

RESPONSABILE  
DELL'INTEGRAZIONE DELLE  
PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

PROGETTISTA SPECIALISTA

IL COORDINATORE DELLA  
SICUREZZA IN FASE DI  
PROGETTAZIONE

Ing. Fabrizio CARDONE

Ing. Alessandro RODINO

Ing. Alessandro RODINO

Dott. Domenico TRIMBOLI

**OPERE MAGGIORI  
GALLERIE NATURALI  
GALLERIA NATURALE FELETTINO III  
PARTE GENERALE  
LINEE GUIDA PER L' APPLICAZIONE DELLE SEZIONI TIPO IN GALLERIA NATURALE**

CODICE PROGETTO

NOME FILE

REVISIONE

SCALA:

PROGETTO LIV. PROG. N. PROG.

0000\_P00GN03GETRE02\_A

DPGE0265 E 20

CODICE ELAB. P00GN03GETRE02

A

VARIE

B

A

EMISSIONE A SEGUITO ISTRUTTORIA ANAS

Ottobre 2021

E. Giraudò

M. Barale

A. Rodino

REV.

DESCRIZIONE

DATA

REDATTO

VERIFICATO

APPROVATO



<b>INDICE</b>	<b>Pag.</b>
1. PREMESSA .....	1
2. INDAGINI E STUDI EFFETTUATI DOPO L'EVOLVERSI DELLA SITUAZIONE DI DISSESTO .....	2
2.1 Attività di indagine nelle sedi progettuali di PD e PE .....	2
3. MODALITÀ REALIZZATIVE PER IL COMPLETAMENTO .....	3
3.1 Sezioni tipo di avanzamento .....	4
3.2 Interventi propedeutici alla ripartenza da sud .....	9
4. LINEE GUIDA PER L'APPLICAZIONE DELLE SEZIONI TIPO .....	13





## 1. Premessa

La presente Relazione viene redatta nell'ambito della redazione del Progetto Esecutivo di Completamento dello "Stralcio C" dei "Lavori di costruzione della variante alla S.S. 1 Aurelia (Aurelia bis), viabilità di accesso all'HUB portuale di La Spezia, interconnessione tra i caselli della A 12 e il porto di La Spezia – 3° Lotto tra Felettino ed il raccordo autostradale".

In particolare, vengono analizzate le problematiche relative ai lavori di completamento della galleria naturale Felettino III, della lunghezza complessiva di 198.00 m, con particolare riferimento alle Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo per la realizzazione della galleria naturale.

Come risulta dagli elaborati di As-Built il fronte di scavo si trova alla pk. 3+312,07 e pertanto il tratto realizzato presenta una lunghezza di circa 105.21 m a partire dall'imbocco Sud posto alla pk. 3+417,28.

Negli atti amministrativi e progettuali disponibili viene evidenziato come la realizzazione della galleria abbia avuto notevoli difficoltà a causa della presenza di un ammasso di scadenti caratteristiche geomeccaniche. Si è altresì generata un'estesa situazione di dissesto caratterizzata da movimenti di versante profondi, che hanno coinvolto un edificio (indicato negli atti progettuali come Edificio n° 8) ubicato nel tratto centrale della galleria a breve distanza dal tracciato.

In sede realizzativa sono stati pertanto effettuati monitoraggi, indagini geognostiche integrative e studi mirati alla comprensione del fenomeno di dissesto.

A seguito delle indagini e degli studi effettuati era stata rianalizzata la condizione statica del versante e definite le modalità di intervento che sono state sostanzialmente condivise.

Nel seguito, vengono richiamate le modalità realizzative da adottarsi per il completamento della Galleria, previste nella presente sede, rimandando per i dettagli agli elaborati progettuali.

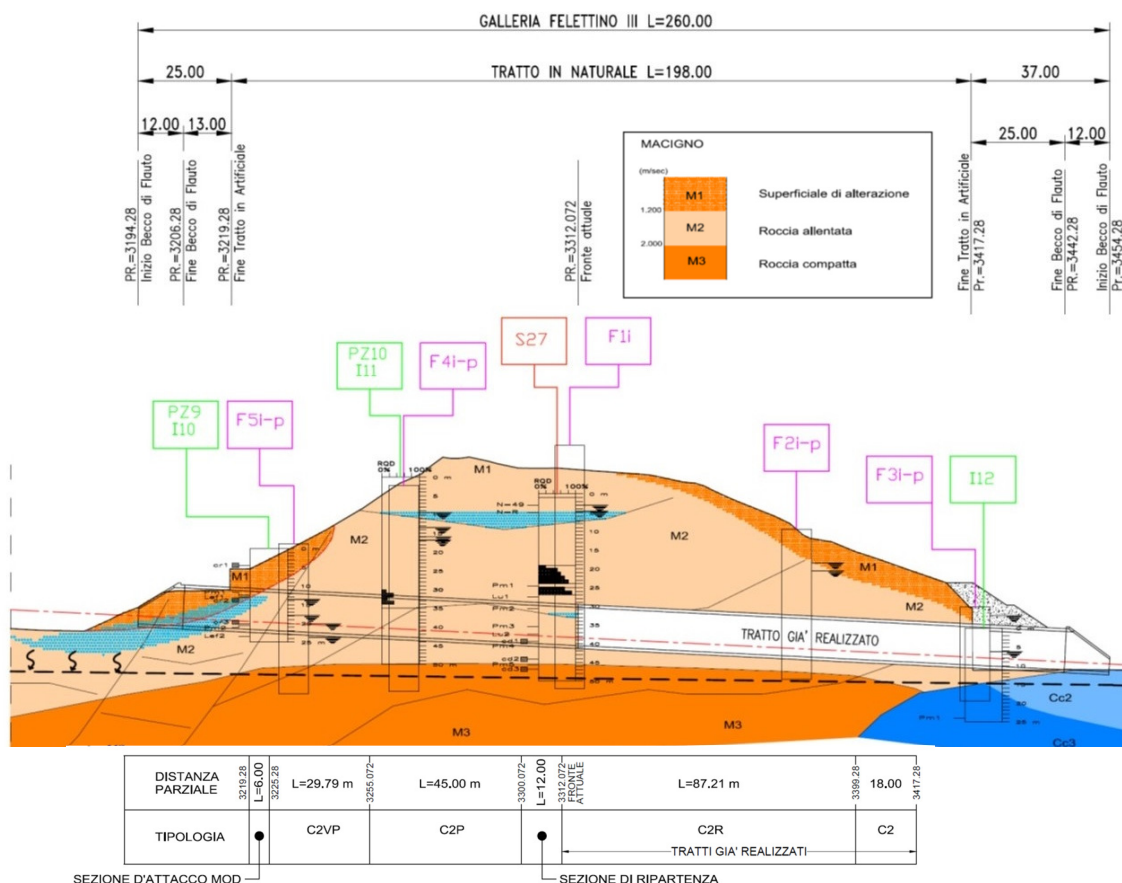
## 2. Indagini e studi effettuati dopo l'evolversi della situazione di dissesto

### 2.1 Attività di indagine nelle sedi progettuali di PD e PE

Le fasi di indagine di base per la redazione della Progettazione definitiva della galleria Felettino III (2000-2001) e della successiva Progettazione Esecutiva (2007 e 2010-2011), avevano previsto l'effettuazione di numerosi sondaggi geognostici, di indagini sismiche e la posa di inclinometri e di piezometri.

A seguito dell'evolversi della situazione di dissesto, era stata eseguita una modellazione numerica di back-analysis (Rocksoil S.p.A., 2017) basata sulle misure di convergenza eseguite al fine di ottenere una simulazione, quanto più possibile affidabile, delle effettive condizioni riscontrate in sito.

Alla luce delle indagini, dei rilievi geologico-geomeccanici effettuati al fronte di avanzamento dello scavo e del complesso di studi svolti, era stato elaborato un profilo geomeccanico che viene riportato nell'immagine seguente. Per approfondimenti si rimanda agli specifici elaborati.



**Figura 1 – Stralcio profilo geomeccanico**

### 3. Modalità realizzative per il completamento

Sulla base dei risultati della back-analysis e della generale compressione del fenomeno di dissesto, in sede della Progettazione Costruttiva erano state definite nuove sezione tipo di intervento per il completamento della galleria.

Nel caso in esame il fronte è certamente classificabile come instabile nel breve termine e ricade quindi nella categoria C, e richiede specifici interventi per assicurarne la stabilità.

Tale obiettivo è ottenuto mediante il contenimento del nucleo-fronte, mediante l'incremento del numero dei consolidamenti VTR.

Inoltre è indispensabile l'utilizzo di una centina chiusa in arco rovescio con puntone metallico, che, oltre a contrastare le convergenze, permetterà di ripartire i carichi gravitativi su una maggiore superficie d'appoggio, contenendo i fenomeni di cedimento per punzonamento al piede centina.

Per prevenire da un lato fenomeni di instabilità al contorno del cavo dettati dall'intensa tettonizzazione dei materiali presenti e, dall'altro, per consentire l'artificiale creazione di un effetto arco e ridistribuire così i sovraccarichi tensionali, è necessario realizzare efficace coronella di materiale consolidato al contorno (Sezione tipo C2P).

Per raggiungere l'effetto richiesto tramite iniezioni selettive in pressione con VTR valvolati, sono introdotte modifiche operative mediante una specifica procedura per ottenere adeguati assorbimenti nell'ammasso (riduzione della portata d'iniezione fino a 5 l/min, pressioni d'iniezione non superiori a 10-15 bar, incremento rapporto a/c fino a 1).

Cionondimeno, nelle zone a più ridotta copertura a partire dall'imbocco Nord alla coronella consolidata al contorno verrà integrato un intervento di presostegno metallico (Sezione tipo C2VP).

### 3.1 Sezioni tipo di avanzamento

Nel seguito vengono descritti gli interventi per le due sezioni tipo previste, la sezione C2P e la sezione C2VP.

#### Caratteristiche della Sezione tipo C2P

La sezione tipo in fase costruttiva è costituita da:

- spritz-beton fibrorinforzato al contorno ed in arco rovescio  $sp = 25$  cm;
- centine 2IPE200/1.00 m;
- n° 81 elementi strutturali in VTR cementati al fronte,  $L=18$  m, sovr.= 9m;
- n° 57 elementi strutturali in VTR valvolati (2vlv/m) iniettati al contorno,  $L=18$  m, sovr.=9m;
- n° 4 drenaggi eventuali, di lunghezza  $L = 27.00$  m e sovr.=18.00m.
- murette e A.R. in C.A. di spessore minimo 0.80 m, gettato ad una distanza  $< 0.5-1 \phi$  dal fronte;
- impermeabilizzazione full-round;
- calotta in C.A. di spessore in chiave di 0.60 m, gettata ad una distanza  $\leq 2 \phi$  dal fronte.

#### Caratteristiche della Sezione tipo C2VP

La sezione tipo in fase costruttiva è costituita da:

- spritz-beton fibrorinforzato al contorno ed in arco rovescio  $sp = 25$  cm;
- centine 2IPE200/1.00 m + puntone in arco rovescio;
- n° 81 elementi strutturali in VTR cementati al fronte,  $L=18$  m, sovr.= 9m;
- n° 61 elementi strutturali in VTR valvolati (2vlv/m) iniettati al contorno,  $L=18$  m, sovr.=9m;
- n° 36 tubi in metallici  $\phi 114.3$  sp 8 mm in calotta,  $L=15$  m, sovr.= 6 m;
- n° 4 drenaggi eventuali, di lunghezza  $L = 27.00$  m e sovr.=18.00m.
- murette e A.R. in C.A. di spessore minimo 0.80 m, gettato ad una distanza  $< 0.5-1 \phi$  dal fronte;
- impermeabilizzazione full-round;
- calotta in C.A. di spessore variabile in chiave, da un minimo di 0.60 m ad un massimo di 1.25 m, gettata ad una distanza  $\leq 2 \phi$  dal fronte.

Nelle immagini seguenti si riportano i dettagli delle sezioni tipo.

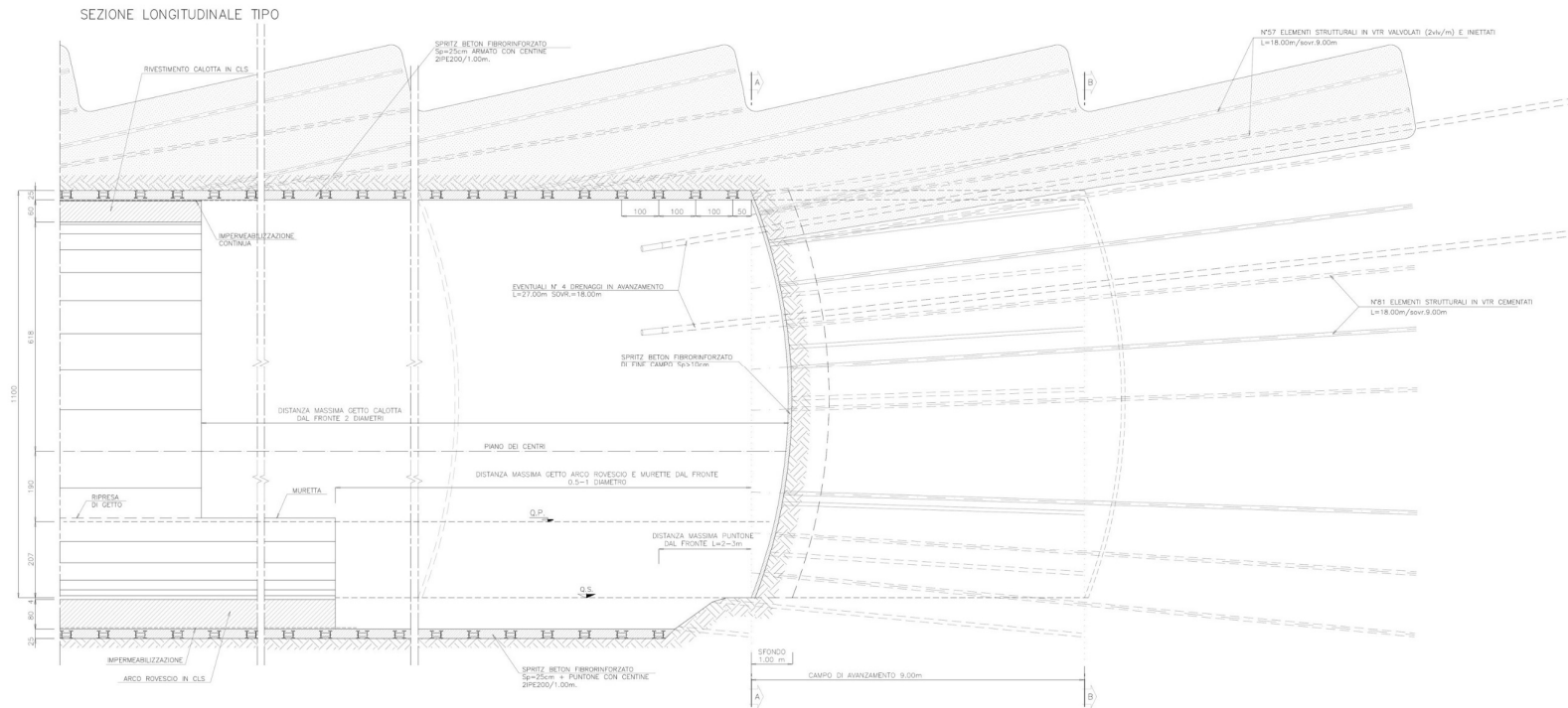


Figura 2 – Sezione C2P – Sezione longitudinale

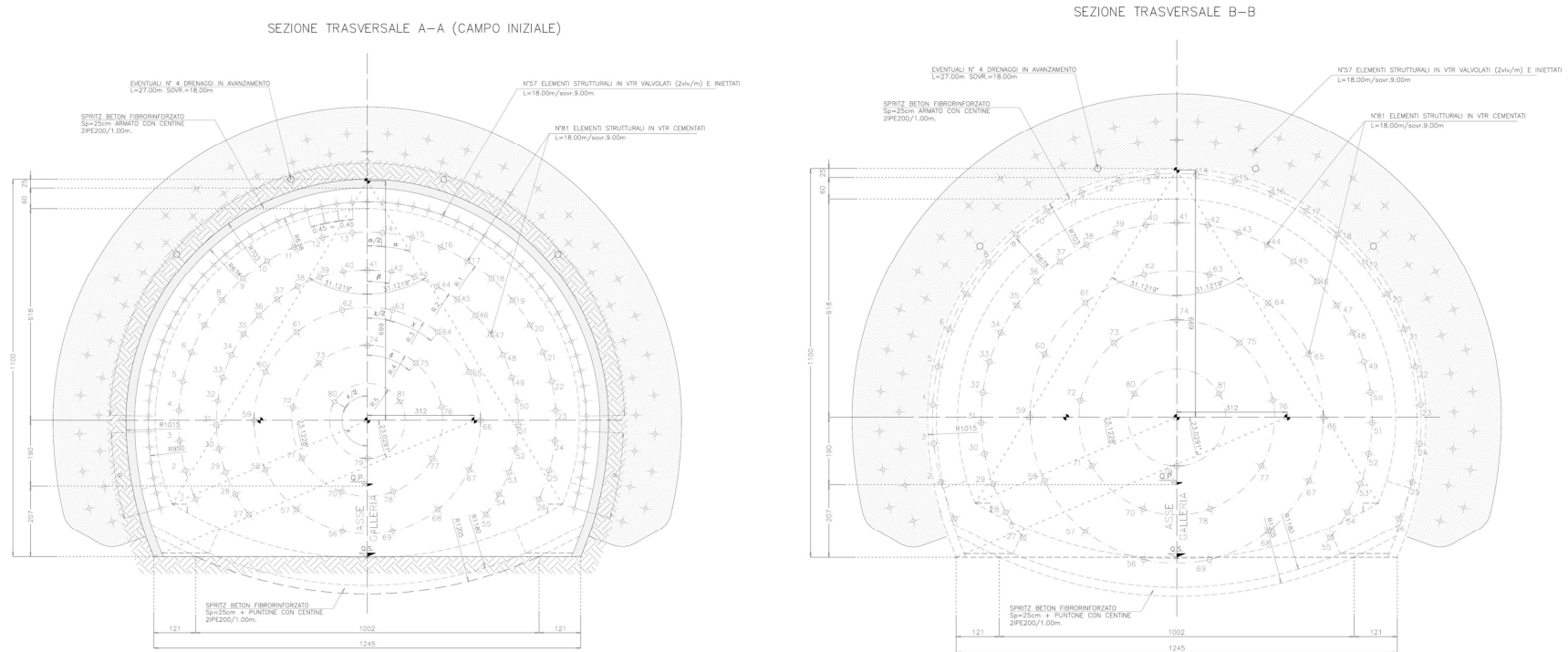
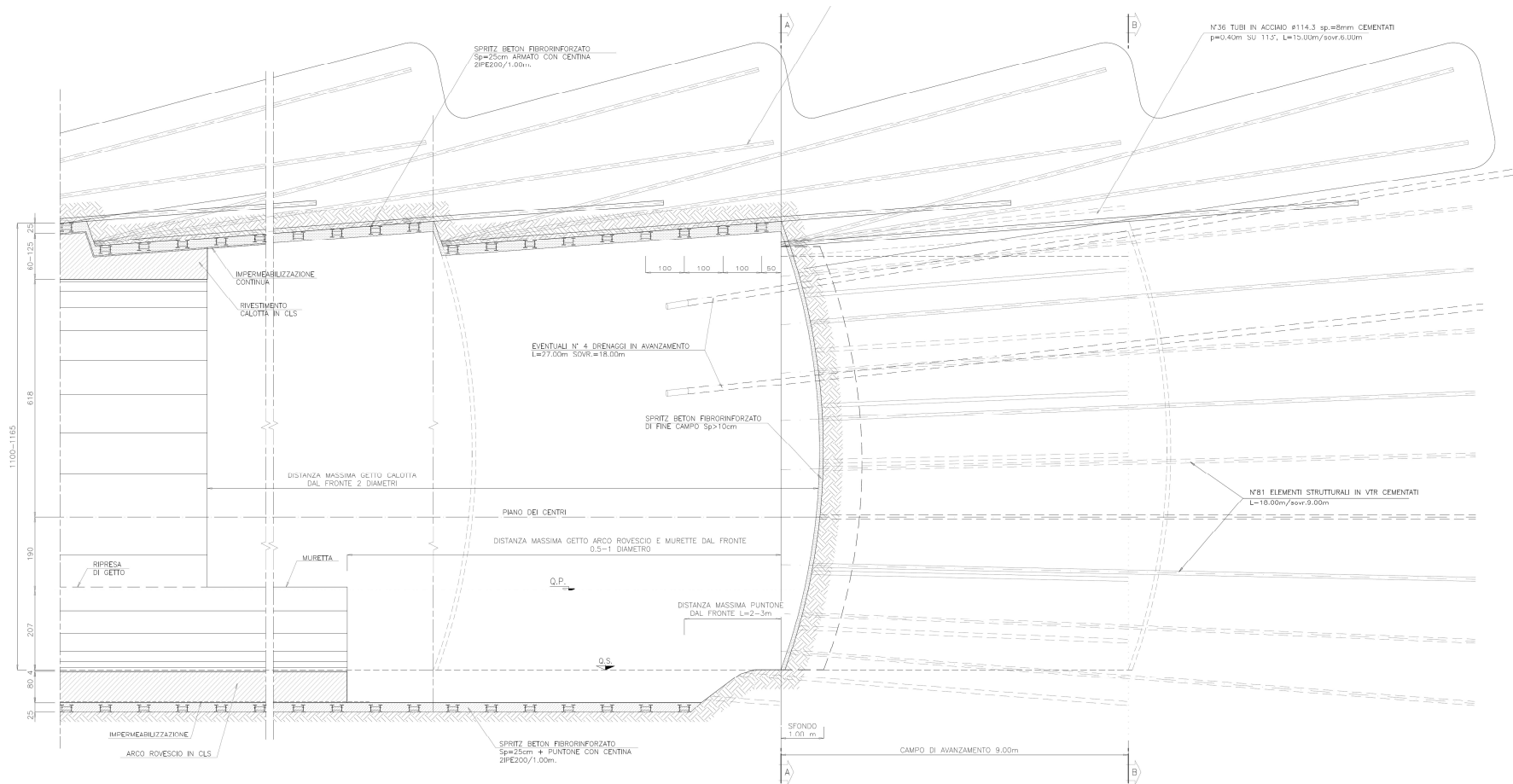
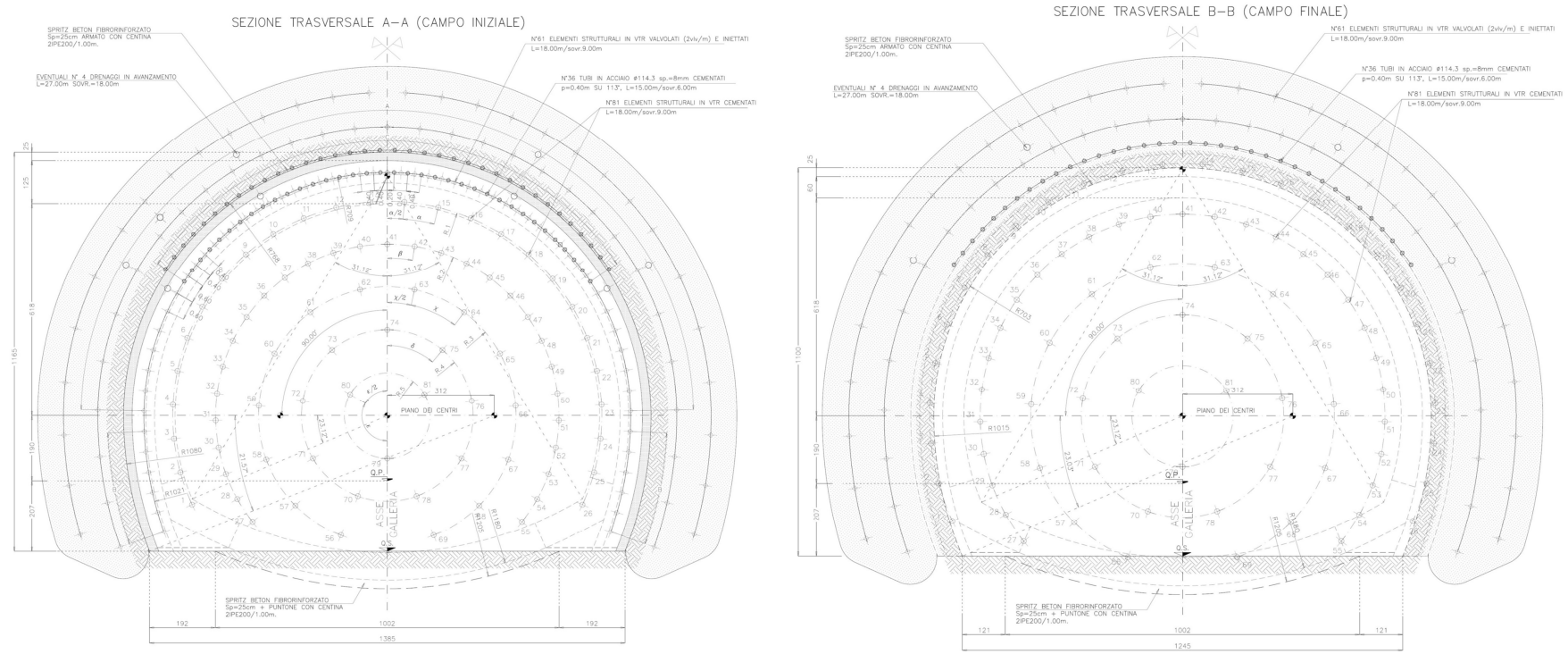


Figura 3 – Sezione C2P – Sezioni trasversali





**Figura 4 – Sezione C2VP – Sezione longitudinale**



**Figura 5 – Sezione C2VP – Sezioni trasversali**



### 3.2 Interventi propedeutici alla ripartenza da sud

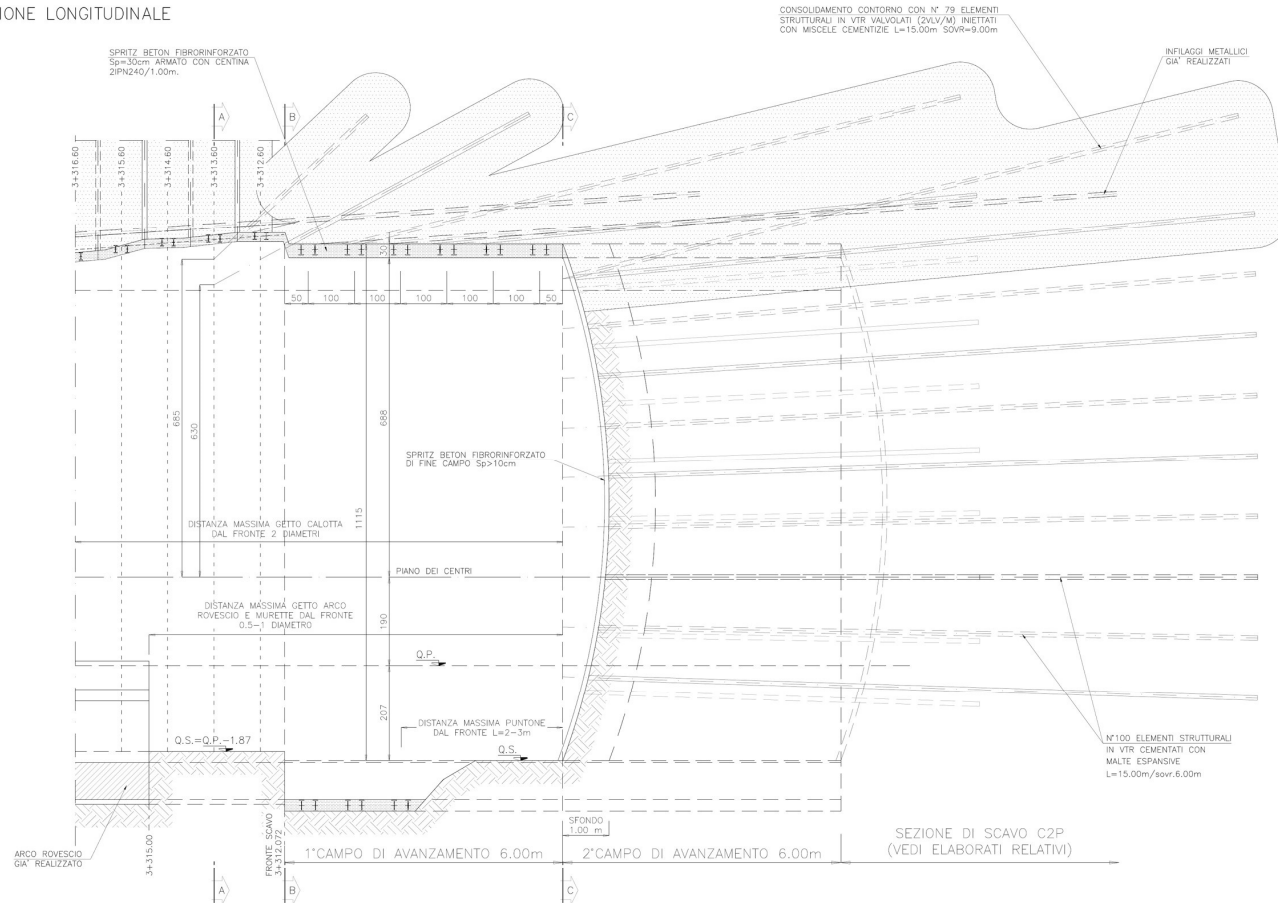
Come già previsto dalla fase progettuale costruttiva da che il fronte di scavo è fermo da molti anni, si sono certamente verificati fenomeni di detensionamento dell'ammasso roccioso.

Per riprendere gli scavi, ed in particolare per i primi 2 campi di 6 m ciascuno, si prevede un potenziamento degli interventi al fronte (n° 100 VTR cementati con malte espansive) e al contorno, come di seguito:

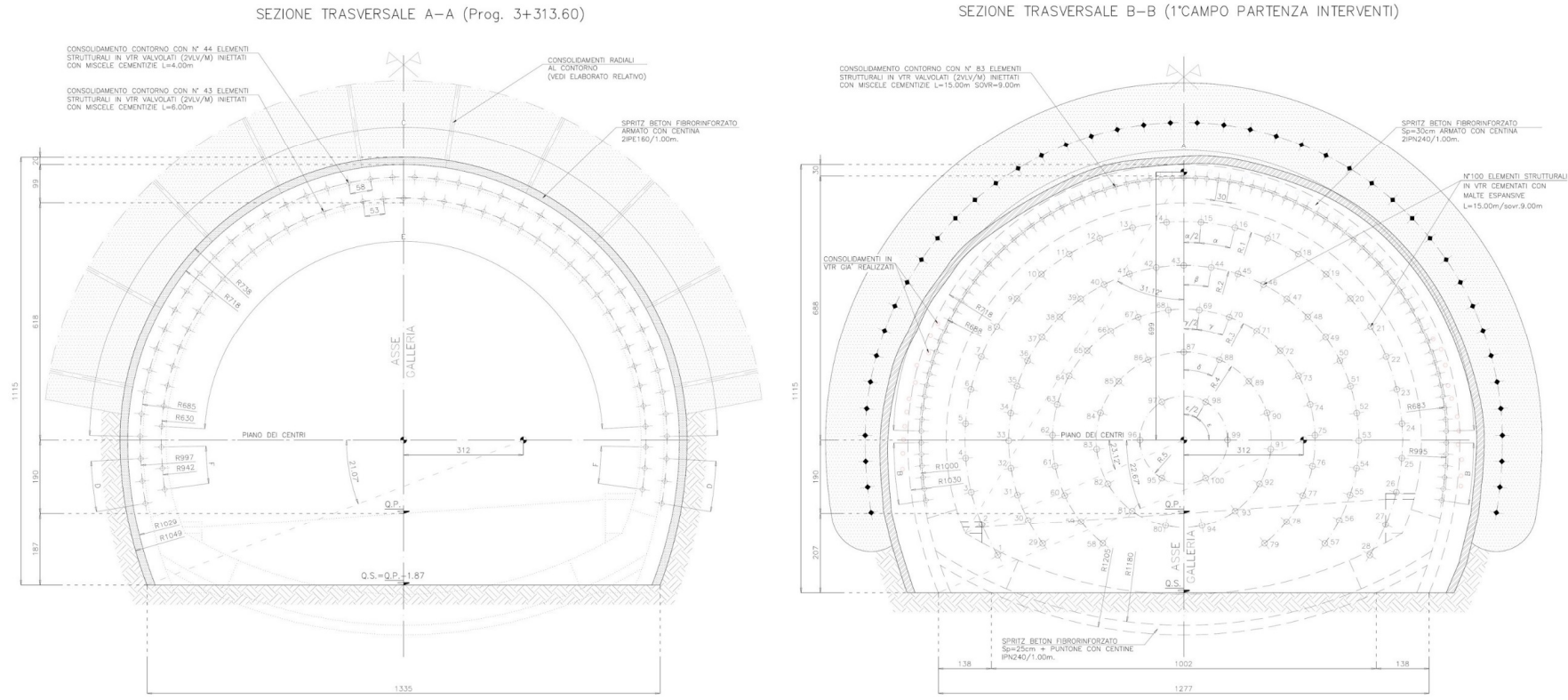
- per primo campo, consolidamento al contorno con n° 44 elementi strutturali in VTR valvolati (2vlv/m) iniettati con miscele cementizie L=4m + n° 43 VTR L=6m.
- per secondo campo, consolidamento al contorno con n° 83 elementi strutturali in VTR valvolati (2vlv/m) iniettati con miscele cementizie L=15m e sovr.=9m + n° 79 VTR L=15m e sovr.=6m.

Nelle immagini seguenti si riportano i dettagli delle sezioni tipo.

SEZIONE LONGITUDINALE



**Figura 6 – Schema consolidamenti per la ripartenza – Sezione longitudinale**



**Figura 7 – Schema consolidamenti per la ripartenza – Sezione trasversale 1 di 2**

SEZIONE TRASVERSALE C-C (2°CAMPO PARTENZA INTERVENTI)

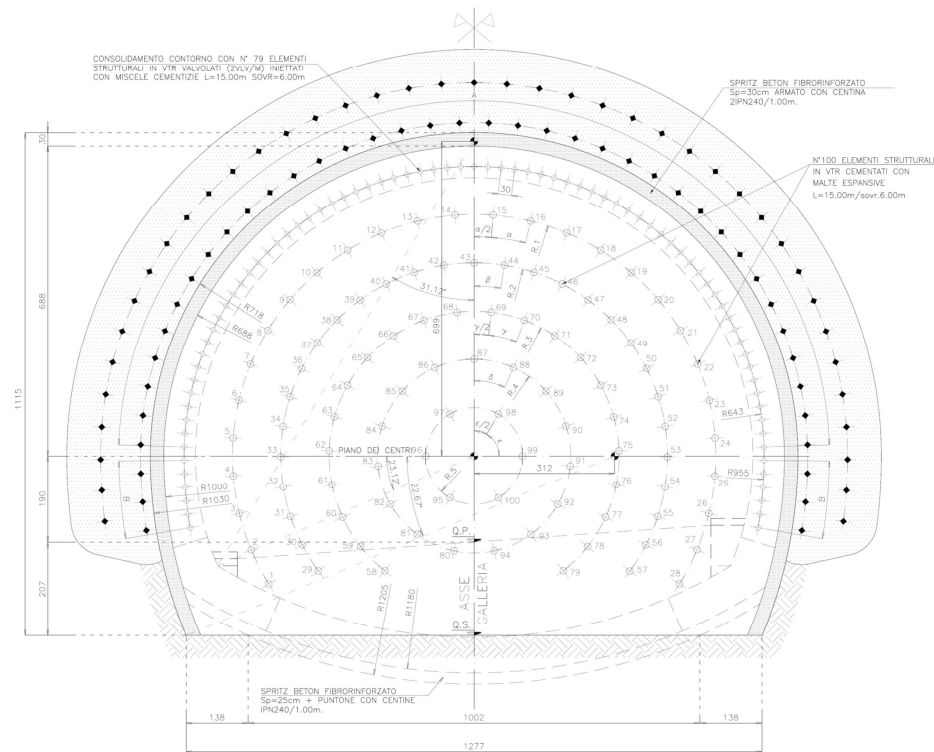


Figura 8 – Schema consolidamenti per la ripartenza – Sezione trasversale 2 di 2

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

L'analisi del comportamento deformativo appare fondamentale per la gestione degli avanzamenti. Accanto all'analisi del comportamento deformativo, un ruolo fondamentale è rappresentato dalla raccolta dei dati geomeccanici dei fronti (rilievo geomeccanico) e dal monitoraggio in avanzamento (estrusometro).

Il monitoraggio piezometrico consentirà inoltre di ricevere conferme sui dati piezometrici assunti in progetto.

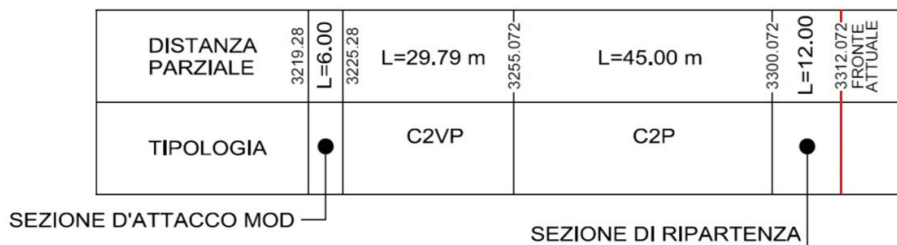
L'approccio proposto permette dunque di confermare la correttezza delle previsioni progettuali o di definire, eventualmente, la strategia di variazione delle caratteristiche strutturali delle sezioni di avanzamento in funzione di quanto osservato durante le lavorazioni.

Il cambiamento di sezione tipo o la variazione, per una medesima sezione tipo, degli interventi di consolidamento dovrà considerare la tendenza di comportamento della cavità.

Nella fase di Progettazione esecutiva, veniva indicato che l'analisi di comportamento della cavità doveva essere condotta per due campi di avanzamento per condurre a variazioni nel terzo campo. L'approccio progettuale identificava questo processo come:

- campo 1: situazione di allerta/raccolta dati
- campo 2: verifica di quanto evidenziato nel campo 1
- campo 3: situazione di intervento.

Tale modo di procedere è condivisibile. Ora anche per il tratto residuo da realizzare, estremamente ridotto di estensione, consentirebbe tale approccio tuttavia possibile anche se maggiormente problematico. Dovrà porsi estrema attenzione ai dati desunti dal monitoraggio con particolare riferimento alla stabilità del fronte di scavo, oltre che dei risultati dei monitoraggi superficiali.



**Figura 9 – Tratto da realizzare – Sezioni tipo previste -**

Per entrambe le sezioni di avanzamento previste lo scavo a piena sezione avverrà per sfondi da 1 m e campi di consolidamento della lunghezza di 9 m.

In particolare, i dispositivi di sostegno provvisorio dello scavo saranno costituiti da:

- betoncino proiettato rinforzato con fibre in poliestere nella misura di 5 kg al mc, di spessore 25 cm,
- centina metallica costituita da 2 IPE 160 accoppiate, passo 1.0 m.

Il rivestimento definitivo sarà costituito da calcestruzzo armato di spessore 80 cm in arco rovescio e 60 cm (minimo) in calotta, con getto della calotta e dell'arco rovescio alla distanza massima di 0.5 - 1 diametri e 2 diametri dal fronte rispettivamente, dopo la messa in opera dell'impermeabilizzazione continua costituita da teli in PVC e geotessile in polipropilene.

La previsione del comportamento deformativo del fronte di scavo e l'analisi di dettaglio del comportamento del cavo, condotta nel presente progetto esecutivo, permetterà, sulla base dei rilievi e delle osservazioni condotte nel corso degli avanzamenti, l'adozione della presente sezione con riferimento ai seguenti casi:

- se le condizioni geomeccaniche al fronte e/o i valori di convergenza risultano **coerenti** con quanto previsto si procede con la sezione tipo prevista. Il monitoraggio della convergenza del cavo consentirà inoltre di definire nel dettaglio le distanze dal fronte per il getto dei diversi elementi strutturali definitivi (arco rovescio, murette e calotta). Nel caso in cui le convergenze del cavo risultino inferiori delle previsioni di progetto, potranno essere adottate le massime distanze previste dal fronte di scavo per il getto dell'arco rovescio e della calotta; per quest'ultima, in caso di convergenze trascurabili sia nel valore che nel gradiente, potranno essere adottate distanze ancora maggiori, in funzione delle esigenze operative. Prima dell'esecuzione dei getti si dovrà comunque verificare che l'evoluzione nel tempo delle convergenze sia stabilizzata su gradienti trascurabili, per consentire una adeguata maturazione dei getti stessi e uno sviluppo delle resistenze conforme ai requisiti richiesti dal Progetto.
- se le condizioni geomeccaniche al fronte risultano migliori di quelle attese (minore grado di fratturazione) e/o valori di convergenza risultano minori di quelli attesi si potrà procedere per passi e controlli successivi, dapprima con la diminuzione del numero dei consolidamenti al fronte (barre in VTR), successivamente con l'aumento del passo delle centine da 1.0 m a 1.2 m.

In particolare:

- per valori di convergenza minori rispetto alle previsioni del  $10 \div 20$  % o punteggio del GSI (come risultante dall'analisi del fronte di scavo tramite la scheda riportata nella Relazione di Monitoraggio) maggiorato di 4 punti rispetto al valore riportato nel profilo geomeccanico il numero di consolidamenti al fronte sarà portato a 57;
- per valori di convergenza minori rispetto alle previsioni del  $20 \div 30$  % o GSI maggiorato di 6 punti il numero di consolidamenti al fronte sarà portato a 40 e il passo delle centine sarà portato a 1,20 m;
- per valori di convergenza minori di oltre il 50% o GSI maggiorato di oltre 10 punti potrà essere effettuata una apposita nuova modellazione.