

**E45 - SISTEMAZIONE STRADALE DEL NODO DI PERUGIA  
Tratto Madonna del Piano - Collestrada**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**PG 372**

**ANAS - DIREZIONE TECNICA**

<p>IL GEOLOGO</p> <p><i>Dott. Geol. Marco Leonardi</i> Ordine Geologi Regione Lazio n. 1541</p>	<p>I PROGETTISTI SPECIALISTICI</p> <p><i>Ing. Ambrogio Signorelli</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. A25143511 settore a-b-c</p>	<p>PROGETTAZIONE ATI: (Mandataria)</p> <p><b>GP INGENGNERIA</b> GESTIONE PROGETTI INGENGNERIA srl</p> <p><b>cooprogetti</b></p> <p><b>engeko</b></p> <p><b>AIM</b> Studio di Architettura e Ingegneria Moderna</p>
<p>COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE</p> <p><i>Arch. Santo Salvatore Vermiglio</i> Ordine Architetti Provincia di Reggio Calabria n. 1270</p>	<p><i>Ing. Moreno Panfili</i> Ordine Ingegneri Provincia di Perugia n. A2657</p> <p><i>Ing. Giovanni C. Alfredo Dalenz Cultrera</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 14069</p>	<p>(Mandante)</p> <p>(Mandante)</p>
<p>VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO</p> <p><i>Ing. Alessandro Micheli</i></p>	<p><i>Ing. Giuseppe Resta</i></p>	<p>IL PROGETTISTA RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE. (DPR207/10 ART 15 COMMA 12):</p> <p><i>Dott. Ing. GIORGIO GUIDUCCI</i> Ordine Ingegneri ROMA N° 14035</p>
<p>VISTO: IL RESP. DEL PROGETTO</p> <p><i>Arch. Pianif. Marco Colazza</i></p>	<p>Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 20629</p>	<p><i>Dott. Ing. GIORGIO GUIDUCCI</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 14035</p>

**OPERE D'ARTE MAGGIORI**

Gallerie

Elaborati generali

Relazione tecnica generale delle opere in sotterraneo

CODICE PROGETTO			NOME FILE	REVISIONE	SCALA
PROGETTO	LIV.PROG.	ANNO	T00GN00OSTRE02_B		
DTPG372	D	22	CODICE ELAB. T00GN00OSTRE02	B	-
D					
C					
B	Rev. a seguito istruttorie Prot. U.0834569 e U.0862037	Gen. '23	Martelli	Signorelli	Guiducci
A	EMISSIONE	Ottobre '22	Martelli	Signorelli	Guiducci
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

## INDICE

<b>1.</b>	<b><u>PREMESSA.....</u></b>	<b><u>2</u></b>
<b>2.</b>	<b><u>CARATTERISTICHE DELLE FORMAZIONI ATTRAVERSATE.....</u></b>	<b><u>3</u></b>
<b>3.</b>	<b><u>SEZIONI TIPO DI SCAVO E INTERVENTI PREVISTI.....</u></b>	<b><u>4</u></b>
3.1	SEZIONE TIPO B0 E PROTESI.....	5
3.2	SEZIONE TIPO B1.....	6
3.3	SEZIONE TIPO B1V.....	7
3.4	SEZIONE TIPO B2V.....	8
3.5	SEZIONE TIPO C3V.....	10
3.6.	SEZIONE TIPO BPZ.....	11
3.7.	SEZIONE TIPO CPZ.....	13
3.8.	SEZIONE TIPO BYPASS PEDOCARRABILE.....	14
3.9.	SEZIONE TIPO BYPASS PEDONALE.....	15
<b>4.</b>	<b><u>CONVERGENZE: VALORI DI RIFERIMENTO.....</u></b>	<b><u>17</u></b>
<b>5.</b>	<b><u>CRITERI DI APPLICAZIONE DELLE SEZIONI TIPO.....</u></b>	<b><u>18</u></b>
<b>6.</b>	<b><u>PRESCRIZIONI PER I FERMI PROLUNGATI DEL FRONTE.....</u></b>	<b><u>20</u></b>

## **1. PREMESSA**

La presente relazione fa parte della documentazione inerente al Progetto Definitivo della galleria naturale "Collestrada" facente parte del progetto denominato "E45 – Sistemazione stradale del Nodo di Perugia Tratto Madonna del Piano – Collestrada".

Nella fattispecie si riportano in questo documento le Linee Guida per l'Applicazione delle Sezioni Tipo di scavo delle gallerie naturali.

All'interno della Relazione di calcolo delle gallerie naturali sono state esaminate le problematiche progettuali e realizzative delle tratte in naturale e sono state definite le sezioni tipo di scavo da utilizzare. Questo documento viene redatto allo scopo di proporre delle linee guida per l'applicazione delle diverse sezioni tipo individuate nel progetto della galleria naturale durante la fase di costruzione dell'opera.

Lo scopo delle presenti Linee Guida è:

- confermare la sezione tipo riportata nel profilo geomeccanico del progetto;
- definire le variabilità previste per gli interventi di consolidamento e preconsolidamento che, senza modificare strutturalmente le caratteristiche finali dell'opera, devono adeguarsi alle reali condizioni geomeccaniche riscontrate al fronte di avanzamento, nonché al comportamento estrusivo del fronte stesso e deformativo del cavo;
- individuare una diversa sezione tipo, tra quelle previste in questa tratta o comunque previste in Progetto nella stessa formazione, qualora le condizioni realmente riscontrate risultino difformi da quelle ipotizzate.

## **2. CARATTERISTICHE DELLE FORMAZIONI ATTRAVERSATE**

L'esame di tutti i dati ottenuti dalle indagini in sito ed in laboratorio eseguite per la caratterizzazione geologico-geomeccanica dei terreni interessati dalla galleria naturale ha consentito di individuare e suddividere l'area interessata dal tracciato stradale in zone a caratteristiche litologiche omogenee e di effettuare un'ulteriore discretizzazione di zone a comportamento geomeccanico omogeneo.

L'analisi è stata condotta sulla scorta dei dati ottenuti da tutte le indagini geologiche, geostrutturali, geomeccaniche disponibili in questa fase progettuale.

Partendo dall'imbocco ovest (imbocco Madonna del Piano), per un tratto di circa 30m, si riscontra la formazione dei depositi alluvionali terrazzati (UG1). Successivamente e per la maggior parte del tracciato incontriamo la formazione marnoso-arenacea (UGR), preceduta da un breve tratto alterato e seguito successivamente dalla facies competente. Proseguendo incontriamo la parte relativa alle basse coperture, situata circa tra le pk 5+870 e 6+060, in questa zona troviamo un'alternanza tra la parte alterata della formazione marnoso arenacea (UGR) e coltri eluvio-colluviali. In questa zona, in considerazione delle modeste coperture, è prevista la realizzazione di una protesi in CA, preceduta e seguita da un intervento con pali plastici. Proseguendo si incontra nuovamente la formazione marnoso arenacea per poi trovare le Litofacies di Sant'Egidio (UG4) che interessano l'imbocco EST (imbocco Collestrada).

PROGETTAZIONE ATI:

### **3. SEZIONI TIPO DI SCAVO E INTERVENTI PREVISTI**

La galleria naturale Collestrada è composta da due fornicì, l'asse sinistro si sviluppa tra le p.k. 4+740.00 e 6+315.00 per una lunghezza complessiva di 1575 m mentre l'asse destro si sviluppa tra le p.k. 4+700.00 e 6+350.00 per una lunghezza complessiva di 1650 m.

Di seguito si riassumono gli interventi che interessano la galleria artificiale e naturale:

Asse SX	Pk	
	da	a
GA scatolare	4+607.28	4+646.71
GA1	4+646.71	4+740.00
GN	4+740.00	5+875.45
Consolidamento con pali plastici	5+875.45	5+930.00
Protesi	5+930.00	6+078.00
Consolidamento con pali plastici	6+078.00	6+132.00
GN	6+132.00	6+315.00
GA3	6+315.00	6+340.00
GA1	6+340.00	6+819.48

Asse DX	Pk	
	Da	a
GA scatolare	4+588.23	4+627.66
GA1	4+627.66	4+700.00
GN	4+700.00	5+872.00
Consolidamento con pali plastici	5+872.00	5+920.00
Protesi	5+920.00	6+000.00
Consolidamento con pali plastici	6+000.00	6+054.00
GN	6+054.00	6+350.00
GA2	6+350.00	6+591.86
GA3	6+591.86	6+620.00
GA2	6+620.00	6+830.65

Il tracciato si sviluppa con una pendenza longitudinale variabile da 0.1% fino al 2.8%, con coperture massime di 100m. L'area di scavo varia da un minimo di 133 mq per la sezione di scavo cilindrica più leggera ad un massimo di 185 mq circa per la sezione più pesante troncoconica.

L'avanzamento in sotterraneo viene realizzato con tecnica di scavo tradizionale, a piena sezione; dopo ogni singolo sfondo è prevista l'esecuzione del rivestimento di prima fase costituito da centine e spritz beton fibrorinforzato. Lo scavo a piena sezione è preceduto da eventuali interventi di pre-consolidamento del fronte e del contorno e di pre-contenimento; a distanza dal fronte di scavo, variabile a seconda della sezione tipo, si procede al getto del rivestimento definitivo di arco rovescio e murette e al getto del rivestimento definitivo di calotta. A tergo del rivestimento definitivo di calotta è prevista la posa in opera dell'impermeabilizzazione, mentre su ciascun piedritto è disposto un tubo micro fessurato per il drenaggio e lo smaltimento delle acque eventualmente presenti nell'ammasso.

La galleria naturale è stata suddivisa in tratte a comportamento omogeneo in funzione delle caratteristiche geomeccaniche dell'ammasso interessato, delle coperture e della risposta dell'ammasso allo scavo in termini di variazione dello stato tensionale e deformazioni; per ogni tratta vengono specificate le sezioni tipo da applicare e la relativa lunghezza di applicazione nel Profilo Geomeccanico.

Si riporta di seguito la descrizione delle sezioni tipo di scavo e consolidamento previste per la galleria naturale.

### 3.1 SEZIONE TIPO B0 E PROTESI

La sezione tipo B0 viene prevista in corrispondenza dell'intervento di protesi e in contesti geomeccanici particolarmente favorevoli, dove lo stato tensionale al contorno della cavità in prossimità del fronte si mantiene in campo elastico e i fenomeni deformativi osservabili sono di piccola entità e tendono ad esaurirsi rapidamente. In questo caso anche il comportamento del cavo sarà stabile (rimanendo in campo elastico) e quindi non si rendono necessari interventi preventivi di consolidamento; il rivestimento definitivo costituirà allora il margine di sicurezza per la stabilità a lungo termine.

La sezione tipo B0 è caratterizzata da:

- eventuali 2+2 drenaggi in avanzamento, L=24, sovrapp.= 8 m, rivestiti con calza TNT;
- prerivestimento composto da uno strato di 25 cm di spritz-beton proiettato fibrorinforzato e doppie centine IPN220 con passo 1.2 m;
- scavo a sezione cilindrica per sfondi di lunghezza massima pari a 1.2 m;
- arco rovescio in ca di spessore 90 cm e murette gettate ad una distanza massima dal fronte max  $4\Phi$ ;
- impermeabilizzazione costituita da tessuto non tessuto e manto in PVC;
- rivestimento definitivo di calotta in ca dello spessore 80 cm gettato ad una distanza dal fronte non vincolata.

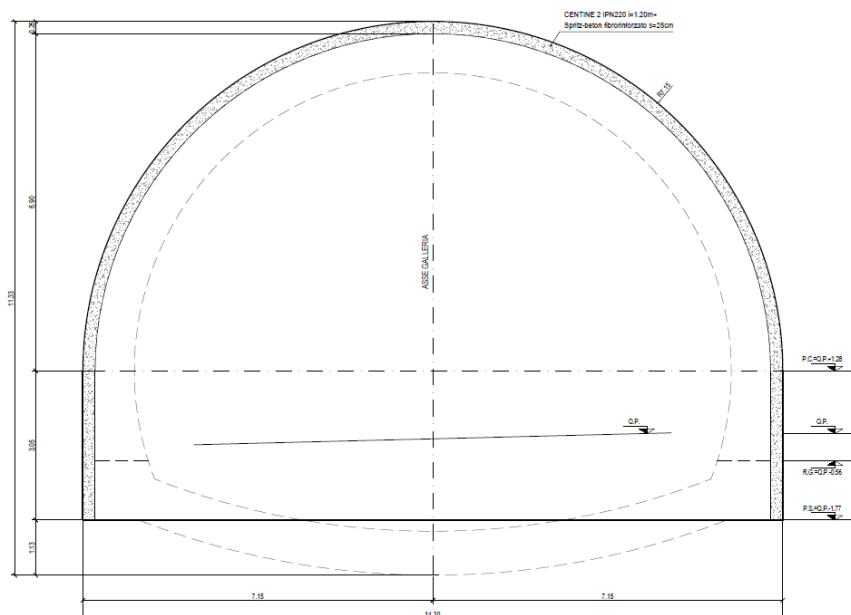


Figura 3-1 – Sezione tipo B0

Si prevedono le seguenti fasi operative:

1. esecuzione sul fronte di avanzamento di uno strato di spritz beton di spessore 10 cm (fine campo);
2. scavo: esecuzione scavo a piena sezione per singoli sfondi di lunghezza massima 1.2m, sagomando il fronte a forma concava;

PROGETTAZIONE ATI:

3. esecuzione di uno strato di spritz beton di spessore 10 cm al fronte e 5 cm al contorno (ad ogni sfondo);
4. rivestimento di prima fase: posa in opera di centine metalliche e spritz beton spessore 25cm;
5. posa impermeabilizzazione e sistema di drenaggio;
6. getto di murette ed arco rovescio eseguito ad una distanza dal fronte max  $4\Phi$ ;
7. getto del rivestimento definitivo ad una distanza non vincolata.

### 3.2 SEZIONE TIPO B1

La sezione tipo B1 viene prevista in contesti geomeccanici in cui il comportamento del mezzo nelle vicinanze del fronte di scavo inizia ad evidenziare fenomeni di instabilità. In questi contesti, per garantire una maggiore sicurezza durante le lavorazioni di scavo, sono previsti interventi di consolidamento del nucleo d'avanzamento mediante l'utilizzo di elementi in VTR.

La sezione tipo B1 è caratterizzata da:

- eventuali 2+2 drenaggi in avanzamento, L=24 m, sovrapp.= 8 m, rivestiti con calza TNT;
- prerivestimento composto da uno strato di 25 cm di spritz-beton proiettato fibrorinforzato e doppie centine IPN220 con passo 1.0 m;
- pre-consolidamento del nucleo d'avanzamento mediante 50 tubi in VTR cementati in foro, lunghezza totale 18m e sovrapposizione 6m;
- scavo a sezione cilindrica per sfondi di lunghezza massima pari a 1.0m;
- arco rovescio in ca di spessore 90 cm e murette gettate ad una distanza massima dal fronte max  $4\Phi$ ;
- impermeabilizzazione costituita da tessuto non tessuto e manto in PVC;
- rivestimento definitivo di calotta in ca dello spessore 80 cm gettato ad una distanza dal fronte max  $8\Phi$ .

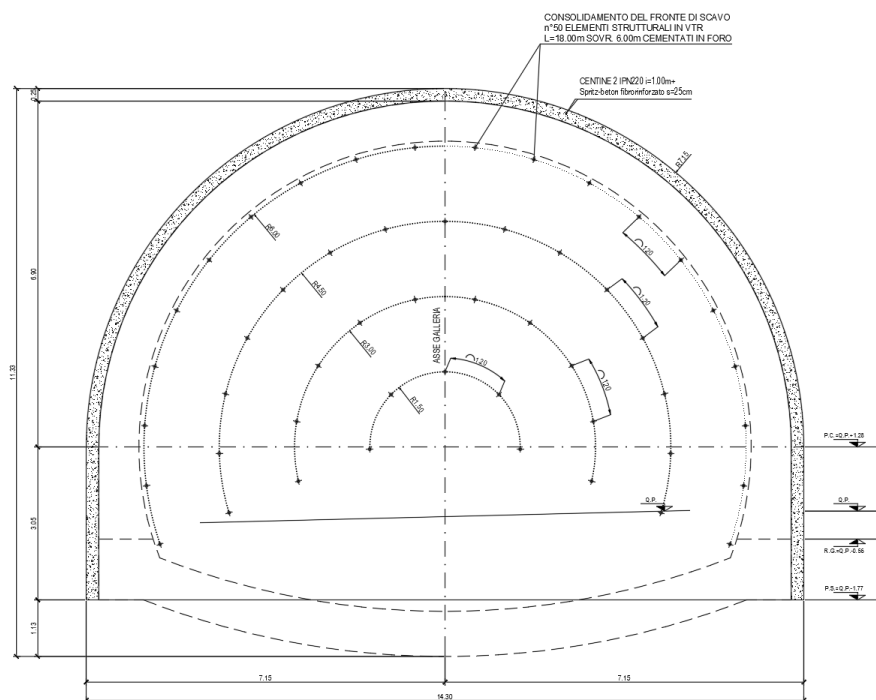


Figura 3-2 – Sezione tipo B1

PROGETTAZIONE ATI:

Si prevedono le seguenti fasi operative:

1. esecuzione sul fronte di avanzamento di uno strato di spritz beton di spessore 10 cm (fine campo);
2. preconsolidamento al fronte mediante tubi in VTR cementati in foro;
3. scavo: esecuzione scavo a piena sezione per singoli sfondi di lunghezza massima 1.0 m, sagomando il fronte a forma concava;
4. esecuzione di uno strato di spritz beton di spessore 10 cm al fronte e 5 cm al contorno (ad ogni sfondo);
5. rivestimento di prima fase: posa in opera di centine metalliche e spritz beton spessore 25cm;
6. posa impermeabilizzazione e sistema di drenaggio;
7. getto di murette ed arco rovescio eseguito ad una distanza dal fronte max  $4\Phi$ ;
8. getto del rivestimento definitivo ad una distanza max  $8\Phi$ .

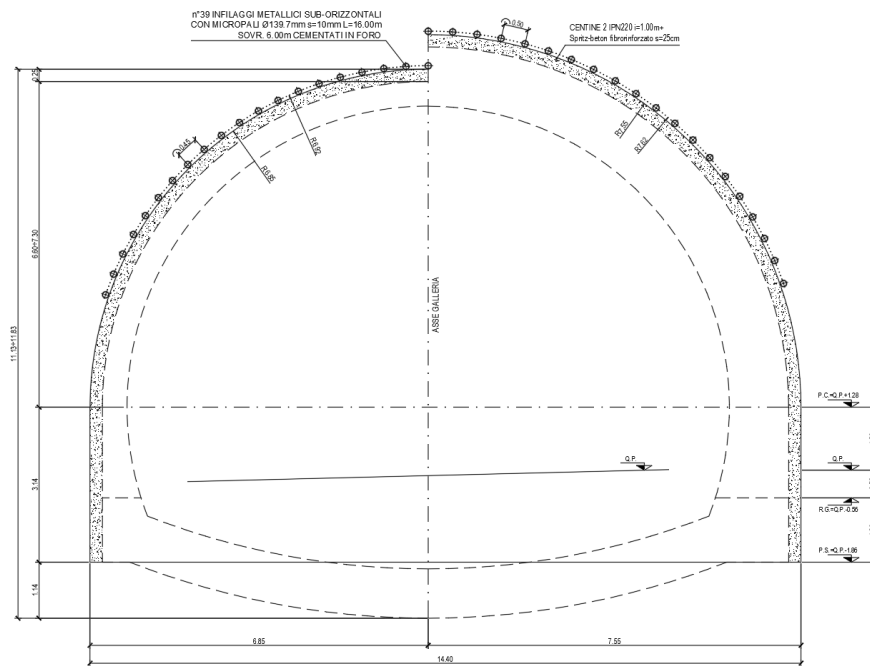
### **3.3 SEZIONE TIPO B1V**

La sezione tipo B1v è prevista nelle tratte omogenee in cui sono presenti zone caratterizzate da disturbi tettonici. In particolare è prevista la sua applicazione in prossimità delle basse coperture, in corrispondenza dell'intervento mediante l'esecuzione dei pali plastici.

La sezione tipo B1v è caratterizzata da:

- eventuali 2+2 drenaggi in avanzamento, L=24 m, sovrapp.=8 m, rivestiti con calza TNT;
- presostegno al contorno con 39 tubi metallici  $\Phi 139.7$  sp.10mm, L=16m, sovrapposizione 6.0m
- prerivestimento composto da uno strato di 25 cm di spritz-beton fibrorinforzato e doppie centine IPN220 con passo 1.0m;
- scavo a sezione tronco conica per sfondi di lunghezza pario a 1.0m;
- arco rovescio in ca di spessore 100 cm e murette gettate ad una distanza massima dal fronte  $4\Phi$ .
- impermeabilizzazione costituita da tessuto non tessuto e manto in PVC;
- rivestimento definitivo di calotta in ca dello spessore di 50cm (sezione minima) e 120cm (sezione massima) gettato ad una distanza massima dal fronte  $8\Phi$ .





**Figura 3-3 – Sezione tipo B1v**

Si prevedono le seguenti fasi operative:

1. esecuzione sul fronte di avanzamento di uno strato di spritz beton di spessore 10 cm (fine campo);
2. presostegno al contorno del cavo mediante tubi metallici;
3. scavo: esecuzione scavo a piena sezione per singoli sfondi di lunghezza pari a 1.0m, sagomando il fronte a forma concava;
4. esecuzione di uno strato di spritz beton di spessore 10 cm al fronte e 5 cm al contorno (ad ogni sfondo);
5. rivestimento di prima fase: posa in opera di centine metalliche e spritz beton spessore pari a 25cm;
6. posa impermeabilizzazione e sistema di drenaggio;
7. getto di murette ed arco rovescio eseguito ad una distanza dal fronte pari a  $4\Phi$ ;
8. getto del rivestimento definitivo ad una distanza max  $8\Phi$ .

### 3.4 SEZIONE TIPO B2V

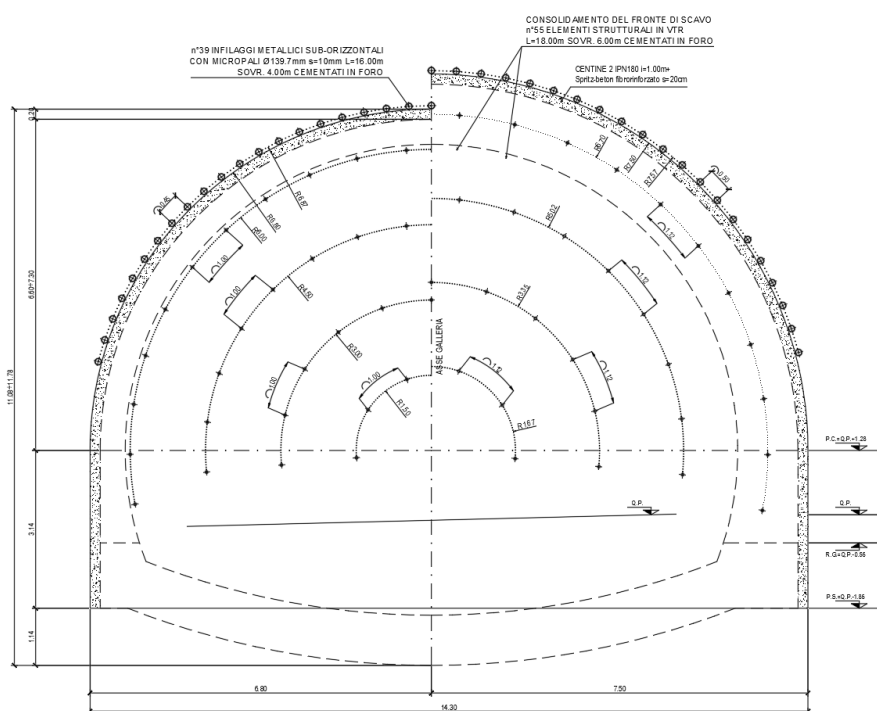
La sezione tipo B2v è prevista nelle tratte a basse coperture, nelle zone che presentano una possibile interazione degli scavi con la porzione alterata della formazione marnoso-arenacea. In questi contesti si prevede l'adozione di interventi di consolidamento del fronte e di presostegno del cavo in modo tale da consolidare il nucleo d'avanzamento del fronte e di effettuare un presostegno del cavo in virtù dell'ammasso disturbato.

La sezione tipo B2v è caratterizzata da:

- Eventuali 3+3 drenaggi in avanzamento,  $L=24$  m, sovrapp.=12 m, rivestiti con calza TNT;
- pre-contenimento del cavo mediante n.39 tubi metallici  $\phi$  139.7mm sp. 10mm lunghezza 16 m e sovrapposizione di 4m;

PROGETTAZIONE ATI:

- pre-consolidamento del nucleo d'avanzamento mediante 55 tubi in VTR cementati in foro, lunghezza totale 18m e sovrapposizione 6m;
- prerivestimento composto da uno strato di 20 cm di spritz-beton proiettato fibrorinforzato e doppie centine IPN180 con passo 1.0m;
- scavo a sezione tronco conica per sfondi di lunghezza 1.0m;
- arco rovescio in ca di spessore 100 cm e murette gettate ad una distanza massima dal fronte di 4Φ.
- impermeabilizzazione costituita da tessuto non tessuto e manto in PVC;
- rivestimento definitivo di calotta in ca dello spessore di 50cm (sezione minima) e 120cm (sezione massima) gettato ad una distanza massima dal fronte 8Φ.



**Figura 3-4 – Sezione tipo B2v**

Si prevedono le seguenti fasi operative:

1. esecuzione sul fronte di avanzamento di uno strato di spritz beton di spessore 10 cm (fine campo);
2. presostegno al contorno del cavo mediante tubi metallici iniettati;
3. preconsolidamento al fronte mediante tubi in VTR cementati in foro;
4. scavo: esecuzione scavo a piena sezione per singoli sfondi di lunghezza 1.0m, sagomando il fronte a forma concava;
5. esecuzione di uno strato di spritz beton di spessore 10 cm al fronte e 5 cm al contorno (ad ogni sfondo);
6. rivestimento di prima fase: posa in opera di centine metalliche e spritz beton spessore 25 cm;
7. posa impermeabilizzazione e sistema di drenaggio;

PROGETTAZIONE ATI:

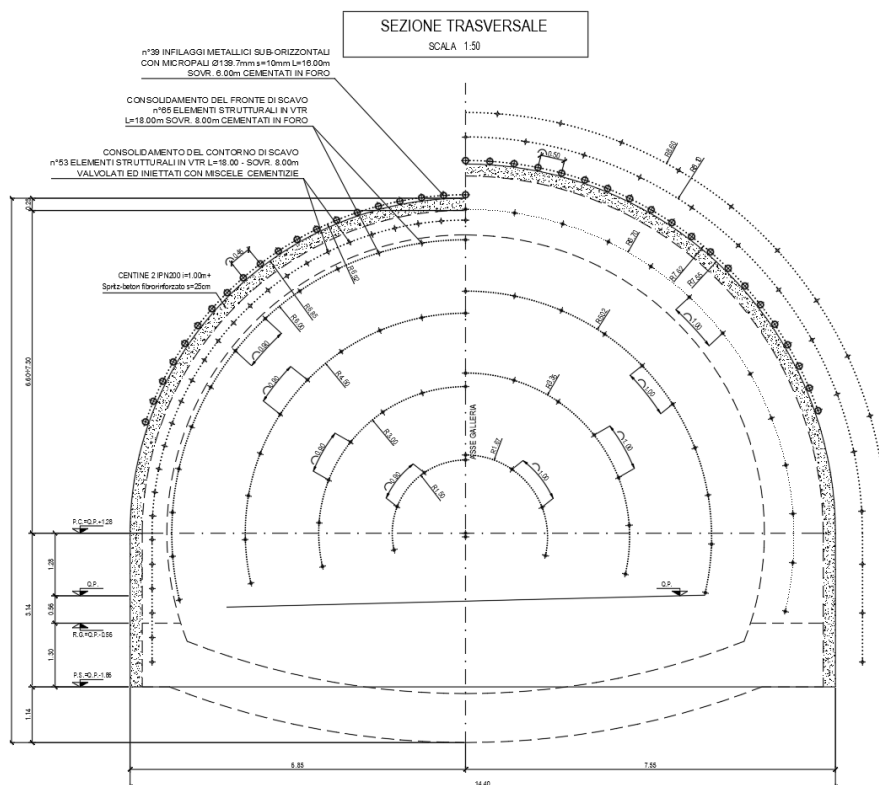
8. getto di murette ed arco rovescio eseguito ad una distanza massima dal fronte di 4 diametri;
9. getto del rivestimento definitivo ad una distanza massima dal fronte di 8 diametri.

### **3.5 SEZIONE TIPO C3V**

La sezione tipo C3v è prevista in corrispondenza degli imbocchi, in cui lo scavo è coinvolto da formazioni di ridotte caratteristiche di resistenza e deformabilità. La sezione, a differenza della precedente, dispone di un preconsolidamento sul contorno di scavo costituito da 53 elementi in VTR che garantiscono un'ulteriore azione protettiva e di rinforzo sulla stabilità del cavo.

La sezione tipo C3v è caratterizzata da:

- eventuali 3+3 drenaggi in avanzamento, L=24 m, sovrapp.=12 m, rivestiti con calza TNT;
- pre-contenimento del cavo mediante n.39 tubi metallici  $\phi$  139.7mm sp. 10mm lunghezza 16 m e sovrapposizione di 6m;
- preconsolidamento al contorno del cavo mediante 53 tubi in VTR valvolati ed iniettati con miscele cementizie, lunghezza 18m, sovrapposizione 8m;
- pre-consolidamento del nucleo d'avanzamento mediante 65 tubi in VTR cementati in foro, lunghezza totale 18m e sovrapposizione 8m;
- prerivestimento composto da uno strato di 25 cm di spritz-beton proiettato fibrorinforzato e doppie centine IPN200 con passo 1.0m;
- scavo a sezione tronco conica per sfondi di lunghezza 1.0m;
- arco rovescio in ca di spessore 100 cm e murette gettate ad una distanza massima dal fronte di  $1\Phi$ .
- impermeabilizzazione costituita da tessuto non tessuto e manto in PVC;
- rivestimento definitivo di calotta in ca dello spessore di 50cm (sezione minima) e 120cm (sezione massima) gettato ad una distanza massima dal fronte  $5\Phi$ .



**Figura 3-5 – Sezione tipo C3v**

Si prevedono le seguenti fasi operative:

1. esecuzione sul fronte di avanzamento di uno strato di spritz beton di spessore 10 cm (fine campo);
2. preconsolidamento al contorno del cavo mediante tubi in VTR valvolati ed iniettati;
3. preconsolidamento al fronte mediante tubi in VTR cementati in foro;
4. presostegno al contorno del cavo mediante tubi metallici iniettati;
5. scavo: esecuzione scavo a piena sezione per singoli sfondi di lunghezza 1.0m, sagomando il fronte a forma concava;
6. esecuzione di uno strato di spritz beton di spessore 10 cm al fronte e 5 cm al contorno (ad ogni sfondo);
7. rivestimento di prima fase: posa in opera di centine metalliche e spritz beton spessore 25 cm;
8. posa impermeabilizzazione e sistema di drenaggio;
9. getto di murette ed arco rovescio eseguito ad una distanza massima dal fronte di 1 diametro;
10. getto del rivestimento definitivo ad una distanza massima dal fronte di 5 diametri.

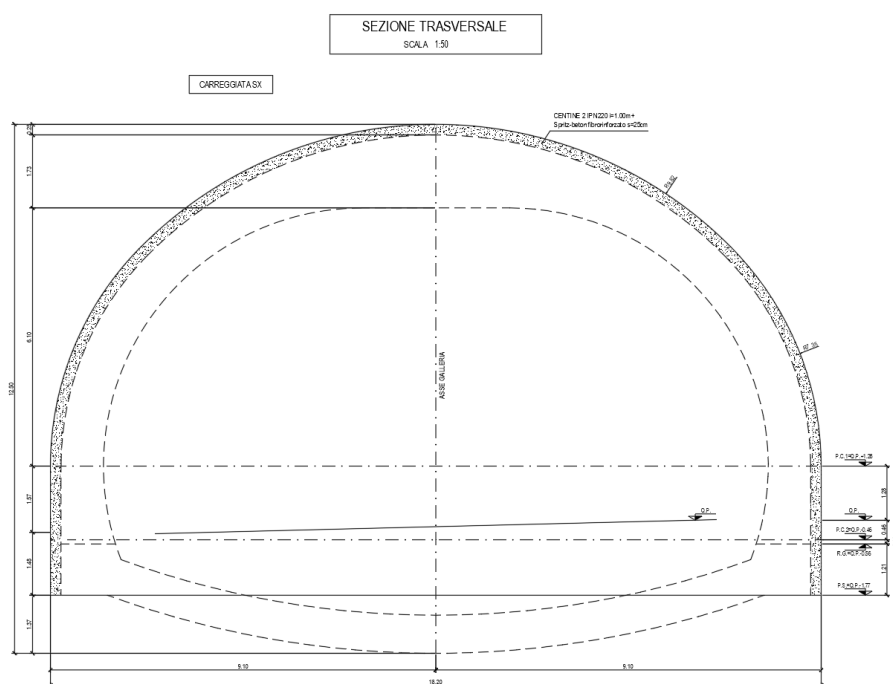
### 3.6. SEZIONE TIPO BPZ

La sezione tipo BPZ è prevista in contesti geomeccanici favorevoli, dove lo stato tensionale al contorno della cavità in prossimità del fronte si mantiene in campo prevalentemente elastico e i fenomeni deformativi osservabili sono di piccola entità. In questo caso anche il comportamento del cavo sarà stabile (rimanendo prevalentemente in campo elastico) e quindi non si rendono necessari interventi preventivi di consolidamento.

PROGETTAZIONE ATI:

La sezione tipo BPZ è caratterizzata da:

- eventuali 3+3 drenaggi in avanzamento, L=24 m, sovrapp.=12 m, rivestiti con calza TNT;
- prerivestimento composto da uno strato di 25 cm di spritz-beton proiettato fibrorinforzato e doppie centine IPN220 con passo 1.0m;
- scavo a sezione cilindrica per sfondi di lunghezza 1.0m;
- arco rovescio in ca di spessore 90 cm e murette gettate ad una distanza massima dal fronte di 4Φ.
- impermeabilizzazione costituita da tessuto non tessuto e manto in PVC;
- rivestimento definitivo di calotta in ca dello spessore di 100cm gettato ad una distanza massima dal fronte non vincolata.



**Figura 3-6 – Sezione tipo BPZ**

Si prevedono le seguenti fasi operative:

1. esecuzione sul fronte di avanzamento di uno strato di spritz beton di spessore 10 cm (fine campo);
2. scavo: esecuzione scavo a piena sezione per singoli sfondi di lunghezza 1.0m, sagomando il fronte a forma concava;
3. eseguire uno strato di spritz beton di spessore 10 cm al fronte e 5 cm al contorno (ad ogni sfondo);
4. rivestimento di prima fase: al termine di ogni sfondo posa in opera di centine metalliche e spritz beton spessore 25 cm;
5. posa impermeabilizzazione e sistema di drenaggio;
6. getto di murette ed arco rovescio eseguito ad una distanza max 4Φ;
7. getto del rivestimento definitivo ad una distanza non vincolata.

PROGETTAZIONE ATI:

### 3.7. SEZIONE TIPO CPZ

La sezione tipo CPZ è prevista nelle zone di bassa copertura e per far fronte alle situazioni in cui lo scavo è coinvolto da formazioni di ridotte caratteristiche di resistenza e deformabilità.

La sezione tipo CPZ è caratterizzata da:

- eventuali 3+3 drenaggi in avanzamento, L=24 m, sovrapp.=14 m, rivestiti con calza TNT;
- pre-contenimento del cavo mediante n.71 tubi metallici  $\phi$  139mm sp. 10mm lunghezza 15 m e sovrapposizione di 5m;
- pre-consolidamento del nucleo d'avanzamento mediante 78 tubi in VTR cementati in foro aventi lunghezza 15m, sovrapposizione 5m;
- prerivestimento composto da uno strato di 25 cm di spritz-beton proiettato fibrorinforzato e doppie centine IPN220 con passo 1.0m;
- scavo a sezione tronco conica per sfondi di lunghezza 1.0m;
- arco rovescio in ca di spessore 90 cm e murette gettate ad una distanza massima dal fronte di 2 $\Phi$ .
- impermeabilizzazione costituita da tessuto non tessuto e manto in PVC;
- rivestimento definitivo di calotta in ca dello spessore di 60cm (sezione minima) e 130cm (sezione massima) gettato ad una distanza massima dal fronte 4 $\Phi$ .

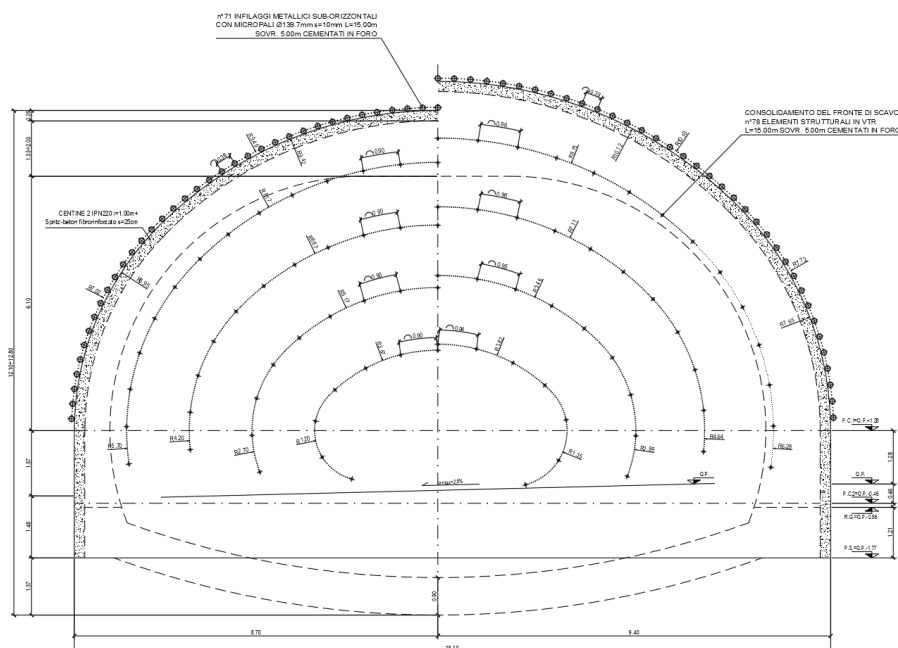


Figura 3-7 – Sezione tipo CPZ

Si prevedono le seguenti fasi operative:

1. esecuzione sul fronte di avanzamento di uno strato di spritz beton di spessore 10 cm (fine campo);
2. preconsolidamento al fronte mediante tubi in VTR cementati in foro;
3. presostegno al contorno del cavo mediante tubi metallici;
4. scavo: esecuzione scavo a piena sezione per singoli sfondi di lunghezza 1.0m, sagomando il fronte a forma concava;

PROGETTAZIONE ATI:

5. esecuzione di uno strato di spritz beton di spessore 10 cm al fronte e 5 cm al contorno (ad ogni sfondo);
6. rivestimento di prima fase: posa in opera di centine metalliche e spritz beton spessore 25 cm;
7. posa impermeabilizzazione e sistema di drenaggio;
8. getto di murette ed arco rovescio eseguito ad una distanza massima dal fronte di 2 diametri;
9. getto del rivestimento definitivo ad una distanza massima dal fronte di 4 diametri.

### 3.8. SEZIONE TIPO BYPASS PEDOCARRABILE

La sezione tipo Bypass è caratterizzata da:

- eventuali 3+3 drenaggi in avanzamento, rivestiti con calza TNT;
- pre-consolidamento del nucleo d'avanzamento mediante 36 tubi in VTR cementati in foro aventi lunghezza variabile, sovrapposizione 5m;
- prerivestimento composto da uno strato di 20 cm di spritz-beton proiettato fibrorinforzato e doppie centine IPN180 con passo 1.0m;
- scavo a sezione cilindrica per sfondi di lunghezza 1.0m;
- arco rovescio in ca di spessore 70 cm e murette gettate ad una distanza massima dal fronte di  $0.5\Phi$ .
- impermeabilizzazione costituita da tessuto non tessuto e manto in PVC;
- rivestimento definitivo di calotta in ca dello spessore di 60cm gettato ad una distanza massima dal fronte  $1\Phi$ .

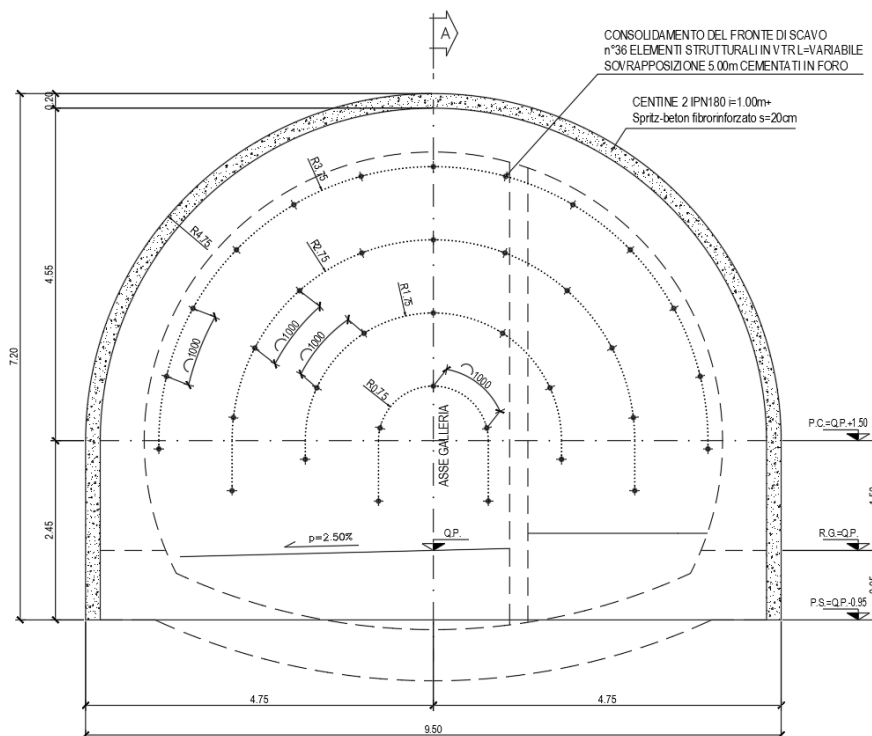


Figura 3-8 – Sezione tipo Bypass pedocarrabile

PROGETTAZIONE ATI:



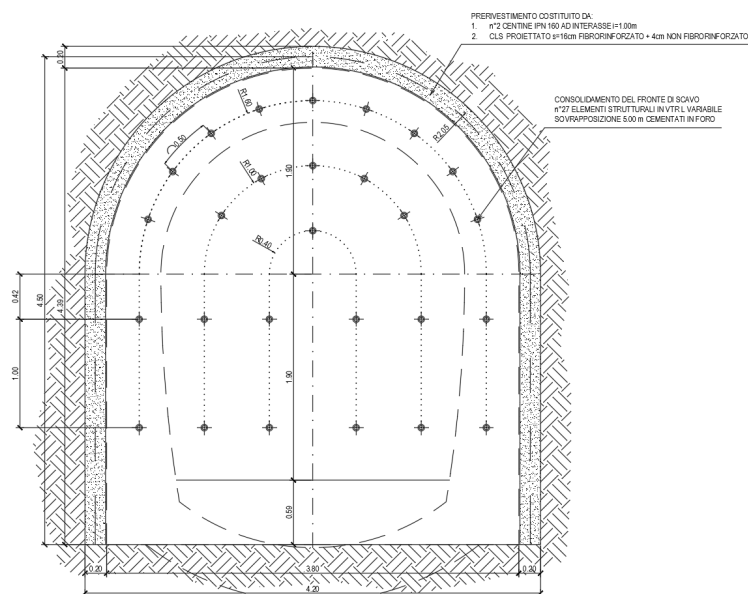
Si prevedono le seguenti fasi operative:

1. esecuzione sul fronte di avanzamento di uno strato di spritz beton di spessore 10 cm (fine campo);
2. preconsolidamento al fronte mediante tubi in VTR cementati in foro;
3. scavo: esecuzione scavo a piena sezione per singoli sfondi di lunghezza 1.0m, sagomando il fronte a forma concava;
4. esecuzione di uno strato di spritz beton di spessore 10 cm al fronte e 5 cm al contorno (ad ogni sfondo);
5. rivestimento di prima fase: posa in opera di centine metalliche e spritz beton spessore 20 cm;
6. posa impermeabilizzazione e sistema di drenaggio;
7. getto di murette ed arco rovescio eseguito ad una distanza massima dal fronte di 0.5 diametri;
8. getto del rivestimento definitivo ad una distanza massima dal fronte di 1 diametro.

### 3.9. SEZIONE TIPO BYPASS PEDONALE

La sezione tipo Bypass è caratterizzata da:

- eventuali 3+3 drenaggi in avanzamento, rivestiti con calza TNT;
- pre-consolidamento del nucleo d'avanzamento mediante 27 tubi in VTR cementati in foro aventi lunghezza variabile, sovrapposizione 5m;
- prerivestimento composto da uno strato di 16 cm di spritz-beton proiettato fibrorinforzato + 4cm di spritz non fibrorinforzato e doppie centine IPN160 con passo 1.0m;
- scavo a sezione cilindrica per sfondi di lunghezza 1.0m;
- arco rovescio in ca di spessore 50 cm e murette gettate ad una distanza massima dal fronte di 5m.
- impermeabilizzazione costituita da tessuto non tessuto e manto in PVC;
- rivestimento definitivo di calotta in ca dello spessore di 50cm gettato ad una distanza massima dal fronte 10m.



**Figura 3-9 – Sezione tipo Bypass pedonale**

PROGETTAZIONE ATI:



Si prevedono le seguenti fasi operative:

1. esecuzione sul fronte di avanzamento di uno strato di spritz beton di spessore 10 cm (fine campo);
2. preconsolidamento al fronte mediante tubi in VTR cementati in foro;
3. scavo: esecuzione scavo a piena sezione per singoli sfondi di lunghezza 1.0m, sagomando il fronte a forma concava;
4. esecuzione di uno strato di spritz beton di spessore 10 cm al fronte e 5 cm al contorno (ad ogni sfondo);
5. rivestimento di prima fase: posa in opera di centine metalliche e spritz beton spessore 20 cm;
6. posa impermeabilizzazione e sistema di drenaggio;
7. getto di murette ed arco rovescio eseguito ad una distanza massima dal fronte di 5m;
8. getto del rivestimento definitivo ad una distanza massima dal fronte di 10m.

PROGETTAZIONE ATI:

#### 4. **CONVERGENZE: VALORI DI RIFERIMENTO**

Di seguito vengono riepilogati i valori delle convergenze calcolati in Progetto Definitivo sulla base delle caratteristiche geomeccaniche prese a riferimento per l'ammasso interessato. In particolare, i valori delle convergenze sono stati ottenuti attraverso le simulazioni numeriche relative ad una sezione trasversale in condizioni di deformazione piana e adottando la reale geometria dello scavo e dello stato di sforzo. Inoltre, i valori di convergenza, riportati in seguito, sono riferiti alla convergenza diametrale relativa alle murette.

I calcoli hanno individuato valori di convergenze diametrali pari a:

- Sez. tipo B0            1.5 cm
- Sez. tipo B1            2.0 cm
- Sez. tipo B1v          2.5 cm
- Sez. tipo B2v          2.3 cm
- Sez. tipo C3v          3.5 cm
- Sez. tipo BPZ          3.0 cm
- Sez. tipo CPZ          3.6 cm

Nella pratica è necessario inoltre tenere conto dell'importanza di altri fattori difficilmente schematizzabili e modellabili numericamente per la valutazione e l'interpretazione delle misure stesse, quali anisotropie nel comportamento deformativo del cavo, condizioni geomeccaniche particolari e localizzate, fasi esecutive e cadenze d'avanzamento. Per questi motivi i valori delle convergenze diametrali attese possono essere più elevati ed eventualmente rivisitati, come indicato nella

Tabella 4.1. Inoltre, anche l'estrusione del fronte e lo sforzo normale misurato nelle centine possono aiutare a valutare la scelta della sezione da applicare. Tali parametri dovranno essere monitorati secondo quanto indicato nel piano di monitoraggio della galleria.

In base alle evidenze dei rilievi e del monitoraggio, si concerterà con la Direzione Lavori variare il passo centine di un +/- 20%, i consolidamenti al fronte di un +/- 15% e le distanze massime tra fronte-arco rovescio e fronte-calotta.

**Tabella 4.1:** Soglie di attenzione e di allarme per l'applicazione delle sezioni tipo.

Sezione tipo	Valore teorico di riferimento	Soglia di attenzione	Soglia di Allarme
	Convergenze (cm)	Convergenze (cm)	Convergenze (cm)
B0	1.5	1.8	2.25
B1	2	2.4	3
B1V	2.5	3	3.75
B2V	2.3	2.76	3.45
C3V	3.5	4.2	5.25
BPZ	3	3.6	4.5
CPZ	3.5	4.2	5.25

In particolare, la soglia di attenzione viene raggiunta al superamento del 120% dei valori teorici di riferimento. La soglia di allarme, invece, viene raggiunta al superamento del 150% dei valori teorici di riferimento.

## **5. CRITERI DI APPLICAZIONE DELLE SEZIONI TIPO**

Come descritto nell'introduzione, l'obiettivo del presente documento è la definizione di uno strumento in grado di definire i criteri che si adotteranno in corso d'opera per:

- scegliere in ogni tratta omogenea quando applicare la sezione tipo prevalente e quando quelle secondarie, nel rispetto delle percentuali di applicazione delle stesse riportate nel profilo geomeccanico;
- modulare, se necessario, gli interventi di consolidamento e presostegno nel rispetto della variabilità degli stessi prevista in progetto. Globalmente la variabilità degli interventi in sezione è coperta dagli importi previsti nei lavori del contratto di appalto per la specifica voce in esame.

L'individuazione di percentuali di applicazione delle varie sezioni tipo riportate all'interno di ogni tratta omogenea non deve tradursi in una rigida applicazione associata a determinate progressive del tracciato, bensì ad una previsione di utilizzo globale sull'intera lunghezza associata alla singola zona omogenea. Di conseguenza si potrà, in corso d'opera, applicare localmente l'una o l'altra sezione tipo già previste nella tratta omogenea in funzione delle condizioni geomeccaniche realmente riscontrate durante gli scavi; si prevede tuttavia che complessivamente, all'interno della medesima tratta, siano sostanzialmente rispettate le lunghezze di applicazione previste per le varie sezioni tipo. La variabilità prevista in progetto è adeguata a coprire tutte le situazioni che, allo stato delle conoscenze, possano presentarsi. Si ritiene inoltre che le valutazioni quantitative a base dei computi, sviluppate con le quantità medie, siano adeguate a far sì che gli importi complessivi per ciascuna tratta omogenea vengano rispettati.

Nella logica dell'approccio osservazionale adottato, eventuali incrementi o riduzioni, dovranno essere gestite dalla DDLL, in ragione delle condizioni effettivamente riscontrate e dagli esiti del monitoraggio previsto e, così come previsto in progetto, contabilizzato.

L'iter procedurale da seguire ai fini del raggiungimento dell'obiettivo può essere schematizzato dal diagramma di flusso in Figura 5.1. L'insieme delle elaborazioni dei rilievi e dei dati di monitoraggio devono essere comunicati alla Direzione Lavori; alla stessa dovrà essere fornito anche il rilievo delle fasi esecutive, ovvero l'indicazione delle lavorazioni eseguite, della distanza dell'arco rovescio dal fronte, della distanza della calotta dal fronte per ogni lettura di monitoraggio eseguita. Tutti i dati di monitoraggio e rilievo devono essere analizzati, interpretati e confrontati con le previsioni di progetto, eventualmente ricalibrate sulla base del set di dati ricavati dalle back analysis.

A questo scopo, affinché possano essere efficacemente utilizzate, così come imposto dal piano di monitoraggio, la restituzione di misure e rilievi deve avvenire in tempo reale (poche ore dopo il rilievo e l'esecuzione delle misure).

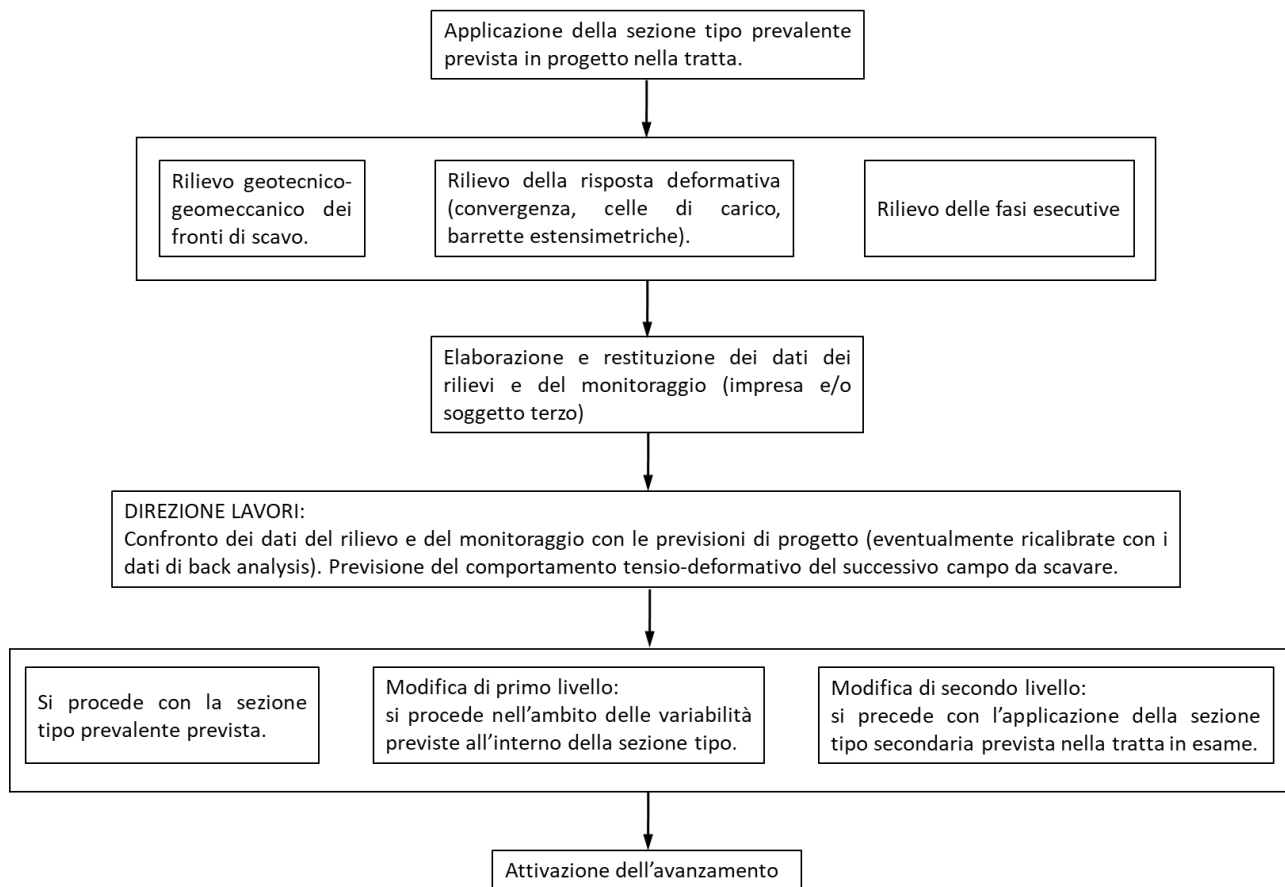


Figura 5.1 Schema di flusso delle informazioni per la gestione degli avanzamenti in galleria

In linea generale si affronterà lo scavo applicando la sezione definita quale prevalente per la tratta omogenea per poi, in funzione dei rilievi e dei dati di monitoraggio, decidere se continuare lo scavo con la medesima sezione o alleggerire/incrementare la stessa (utilizzando la variabilità prevista) o passare alla sezione tipo secondaria prevista nella tratta omogenea.

In generale, escludendo le zone di imbocco, è possibile distinguere due diversi approcci che sono stati adottati per definire le percentuali di applicazione delle sezioni tipo in funzione delle unità geotecniche interessate dallo scavo della galleria.

## **6. PRESCRIZIONI PER I FERMI PROLUNGATI DEL FRONTE**

Qualora le operazioni vengano interrotte per un periodo prossimo alle 24 ore, sarà necessario porre in opera uno strato di spritz-beton di 15 cm al fronte.

Se il fermo risulta pari o maggiore a 48 ore (festività o fermi di qualsiasi natura), il ciclo delle lavorazioni dovrà necessariamente terminare con il consolidamento (eventualmente incrementato) del fronte appena eseguito, previa sagomatura a forma concava ed esecuzione dello strato di spritz-beton armato con spessore pari a 20cm, e con il rivestimento di prima fase, l'arco rovescio e le murette portati a ridosso del fronte stesso.

PROGETTAZIONE ATI: