
RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO

1	PREMESSA	2
2	NORMATIVA.....	3
3	DESCRIZIONE DELLE OPERE.....	4
4	CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI DELL'OPERA.....	13
5	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	15
6	CRITERI DI PROGETTO E DI CALCOLO.....	18
7	SEZIONI TIPO DI SCAVO ED INTERVENTI PREVISTI	21
7.1	SEZIONE TIPO A1	21
7.2	SEZIONE TIPO B0.....	23
7.3	SEZIONE TIPO B0V	25
7.4	SEZIONE TIPO B2V	27
7.5	SEZIONE TIPO C2V	29
7.6	SEZIONE TIPO C3V.....	31
7.7	INTERVENTI SUPPLEMENTARI.....	32

1 PREMESSA

La presente relazione tecnica generale delle opere in sotterraneo è redatta nell'ambito della progettazione definitiva della Strada delle tre valli Umbre – Tratto Eggi – Acquasparta – Il stralcio Firenzuola - Acquasparta.

Nell'ambito del progetto è prevista la realizzazione di due gallerie naturali, la galleria Colle delle Rose e la galleria Arezzo:

- Galleria Colle delle Rose, di lunghezza complessiva 3995.5m (20 m in artificiale GA02 – 3963.5 m in naturale – 12 m in artificiale GA03);
- Galleria Arezzo, di lunghezza complessiva 808.68 m (12 m in artificiale GA04 – 784.68 m in naturale – 12 m in artificiale GA05).

Per entrambe le gallerie è inoltre prevista la costruzione di un cunicolo parallelo realizzato tramite TBM, con la funzione di via di fuga.

In questa relazione si illustrano gli indirizzi progettuali, le tecniche di scavo ed i tipologici delle sezioni tipo adottate:

2 **NORMATIVA**

Le verifiche statiche e la redazione della presente relazione sono state eseguite in conformità alle seguenti Normative:

- Decreto Ministero Infrastrutture 17 gennaio 2018, Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”;
- Circolare n.7 del 21 gennaio 2019, Ministero Infrastrutture e Trasporti Istruzioni per l’applicazione dell’Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”;
- DM 05-11-01, n.6792 e s.m.i.: “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade”;
- Linee guida ANAS per la progettazione della sicurezza nelle Gallerie Stradali secondo la normativa vigente.

3 DESCRIZIONE DELLE OPERE

La sezione stradale prevista per l'itinerario è di tipo "C2" modificata per la presenza di banchine di larghezza maggiorata, pari a 1,375m.

La galleria Colle delle Rose presenta n. 12 piazzole di sosta; per la galleria Arezzo non sono previste piazzole in quanto di lunghezza inferiore ai 1000m.

Per entrambe le gallerie è previsto un cunicolo di evacuazione esterno alla sezione di scavo, realizzato mediante TBM, che consente l'iscrizione della prevista sezione della via di fuga pedonale di dimensioni 2,30 x 2,40 m. La distanza prevista tra asse delle gallerie stradali ed asse dei cunicoli è pari a 20m.

L'accesso al cunicolo è garantito, con interasse massimo 300m, attraverso collegamenti trasversali realizzati in sezione corrente o in piazzola di sosta (per la Colle delle Rose).

Le sagome interne delle sezioni delle due gallerie, entrambi circolari monocentriche, presentano delle differenze: per la galleria Colle delle Rose si è previsto un raggio pari a 6,45 m, derivante da richiesti superiori standard prestazioni funzionali e di sicurezza; per la galleria Arezzo il raggio è pari a 6.10m. Di seguito si riportano le viste delle sezioni funzionali correnti adottate.

RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO

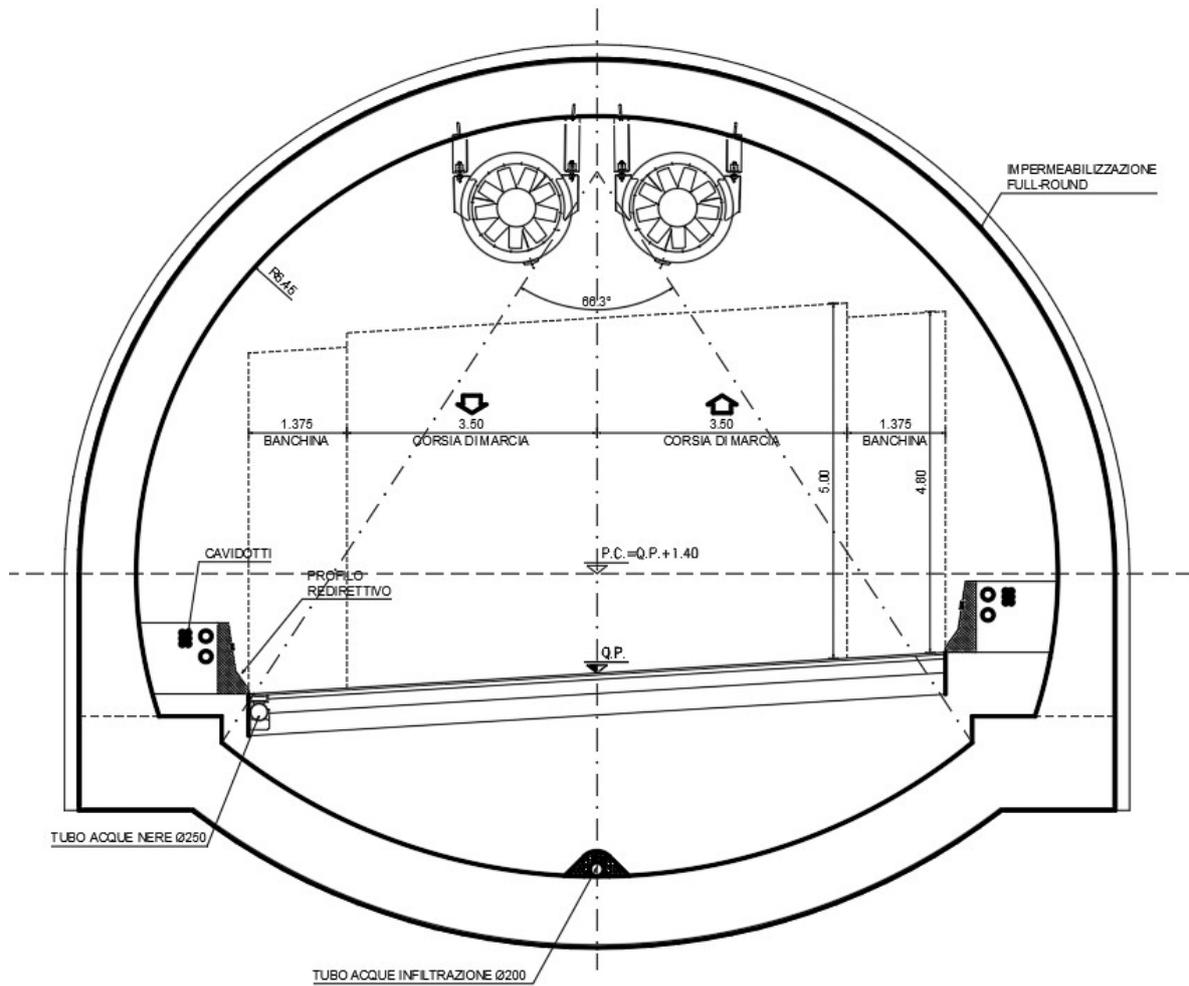


Figura 3.1: Funzionale sezione tipo standard – Galleria Colle delle Rose

RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO

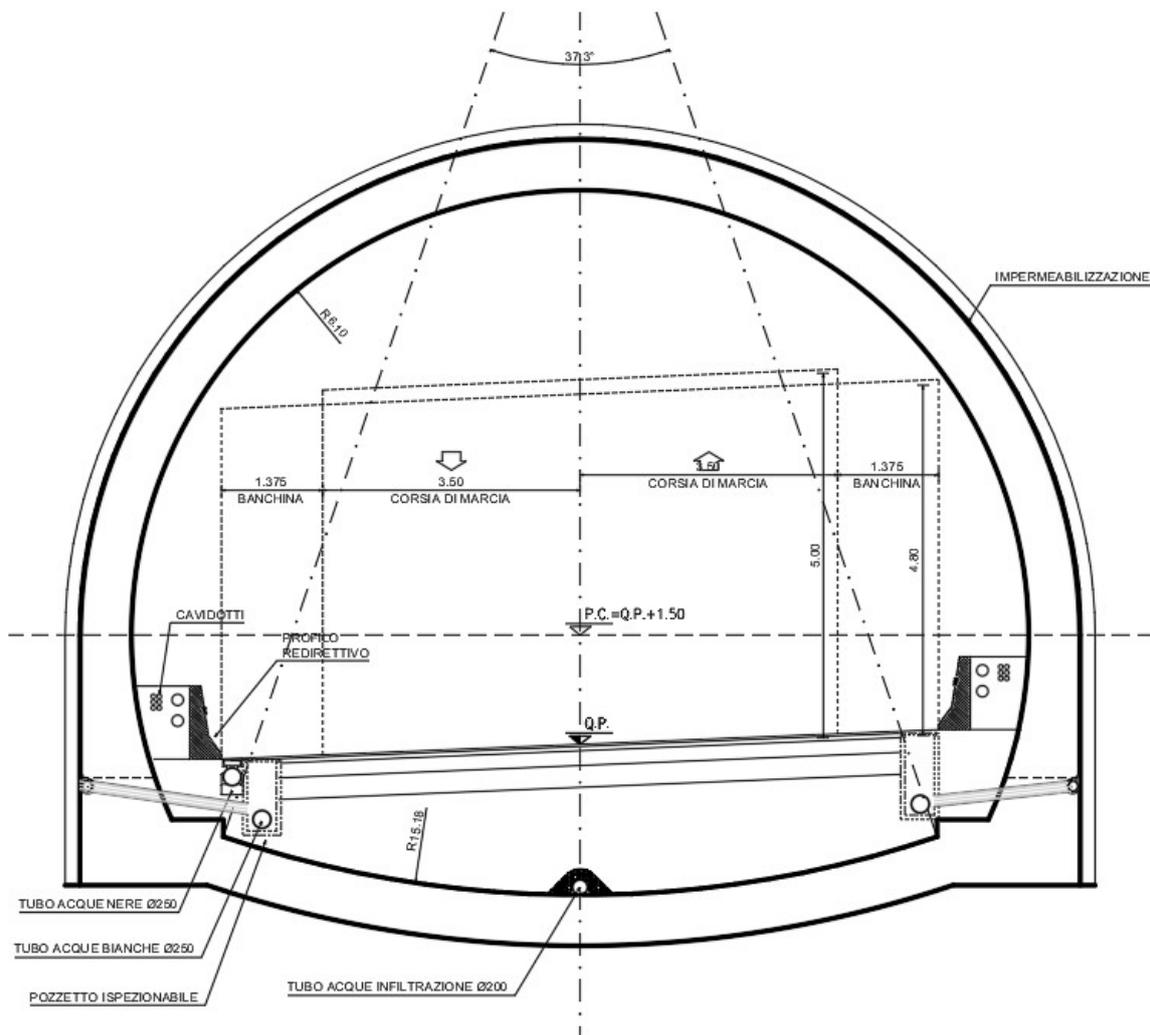


Figura 3.2: Funzionale sezione tipo standard – Galleria Arezzo

Di seguito la sezione tipo prevista in piazzola di sosta per la galleria Colle delle Rose.

RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO

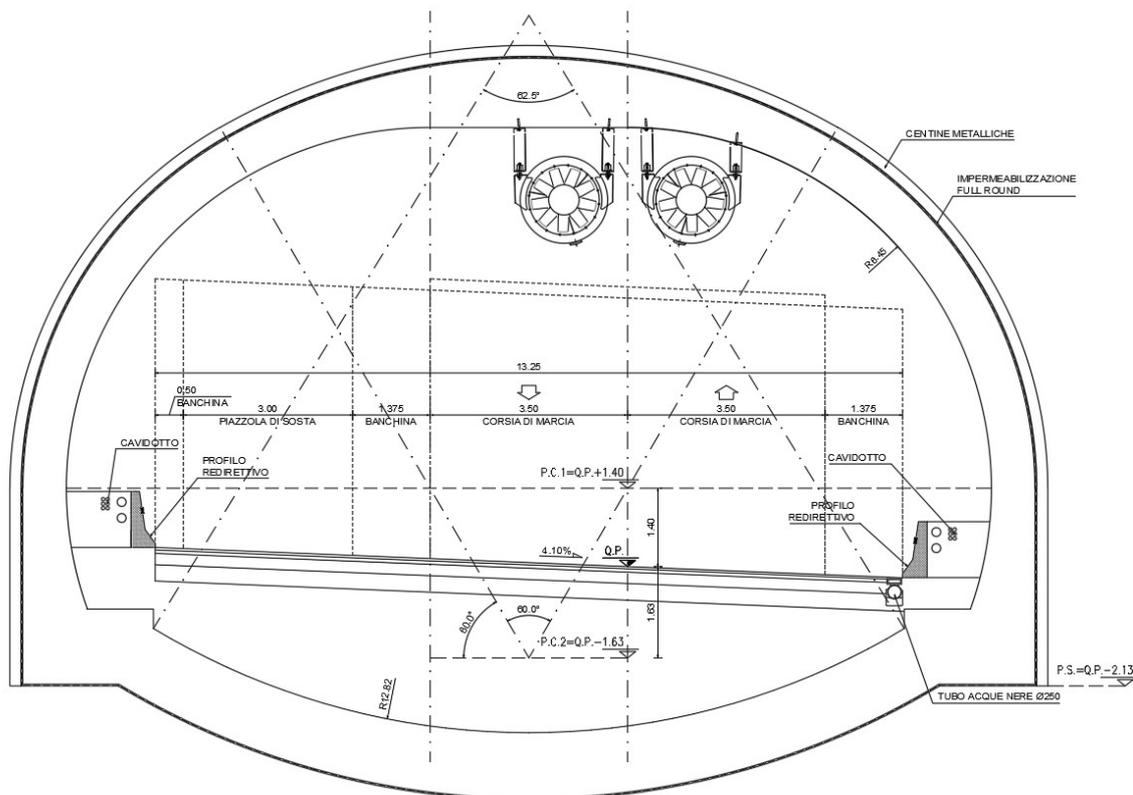


Figura 3.3: Funzionale sezione tipo Piazzola di sosta – Galleria Colle delle Rose

Nel dettaglio, la galleria Colle delle Rose si sviluppa dalla pk 1+447.5 alla 5+443.00, per uno sviluppo totale pari a 3995,5m. I tratti in artificiale sono “a portale”; lato Acquasparta è prevista una artificiale di lunghezza 20m, lato Firenzuola la lunghezza è pari a 12m. La soluzione con artificiale a portale è legata alla presenza, in adiacenza agli imbocchi, delle uscite del cunicolo di sicurezza.

La copertura massima della galleria è pari a circa 300 m.

La galleria Arezzo si sviluppa tra le pk 5+732.55 e 6541,23, per uno sviluppo totale pari a 808,68m. I tratti in artificiale, pari a 12 m per entrambi gli imbocchi, sono ancora del tipo a portale.

La copertura massima è pari a circa 70m.

Gli imbocchi sono realizzati mediante scavo preliminare con paratie di pali e micropali. Nelle zone di imbocco sono collocate le dotazioni impiantistiche come le cabine di alimentazione

RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO

elettrica, le stazioni di pompaggio per i sistemi antincendio nonché i relativi serbatoi, le vasche di raccolta di eventuali sversamenti.

Di seguito la vista planimetrica dei quattro imbocchi.

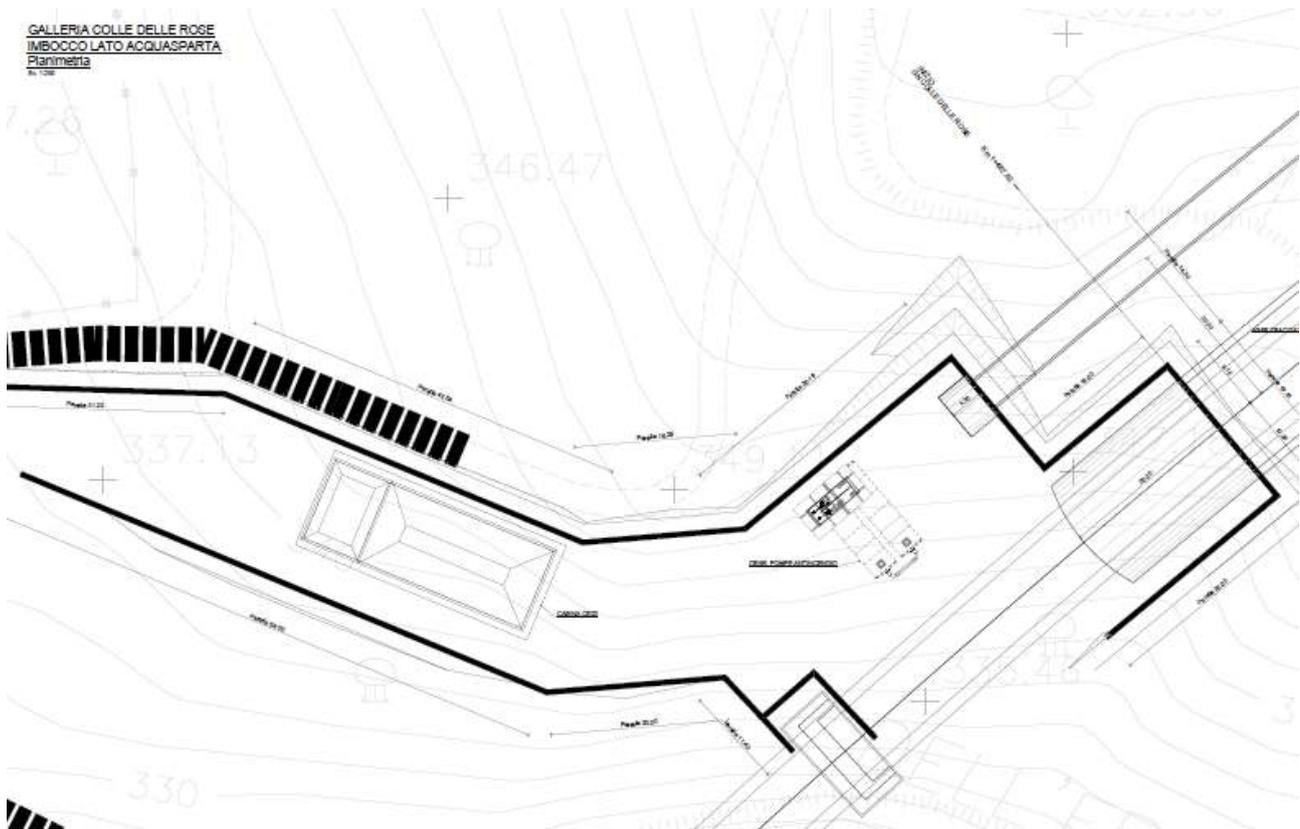


Figura 3.4: Galleria Colle delle Rose – Imbocco lato Acquasparta

RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO

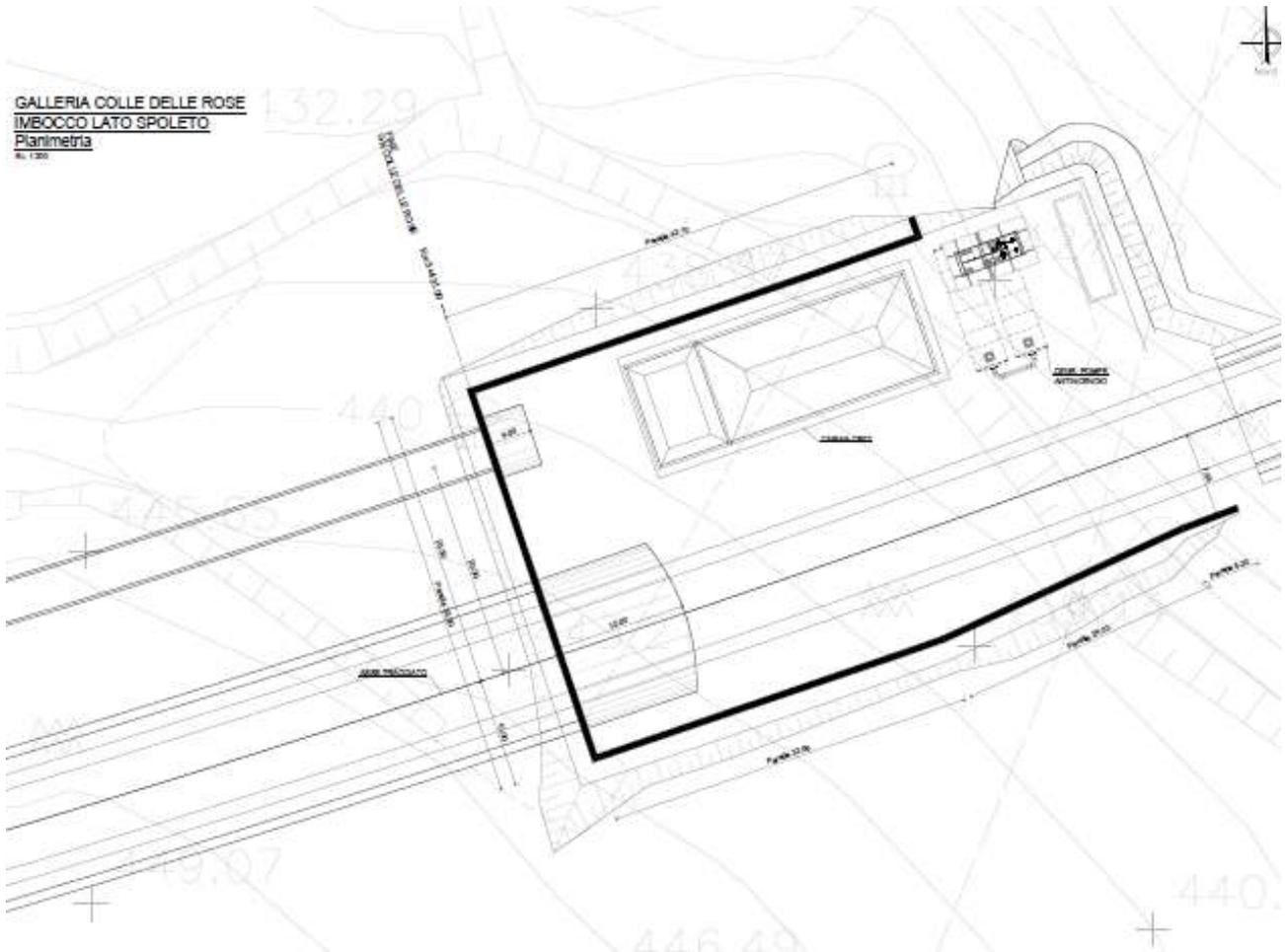


Figura 3.5: Galleria Colle delle Rose – Imbocco lato Firenzuola

RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO

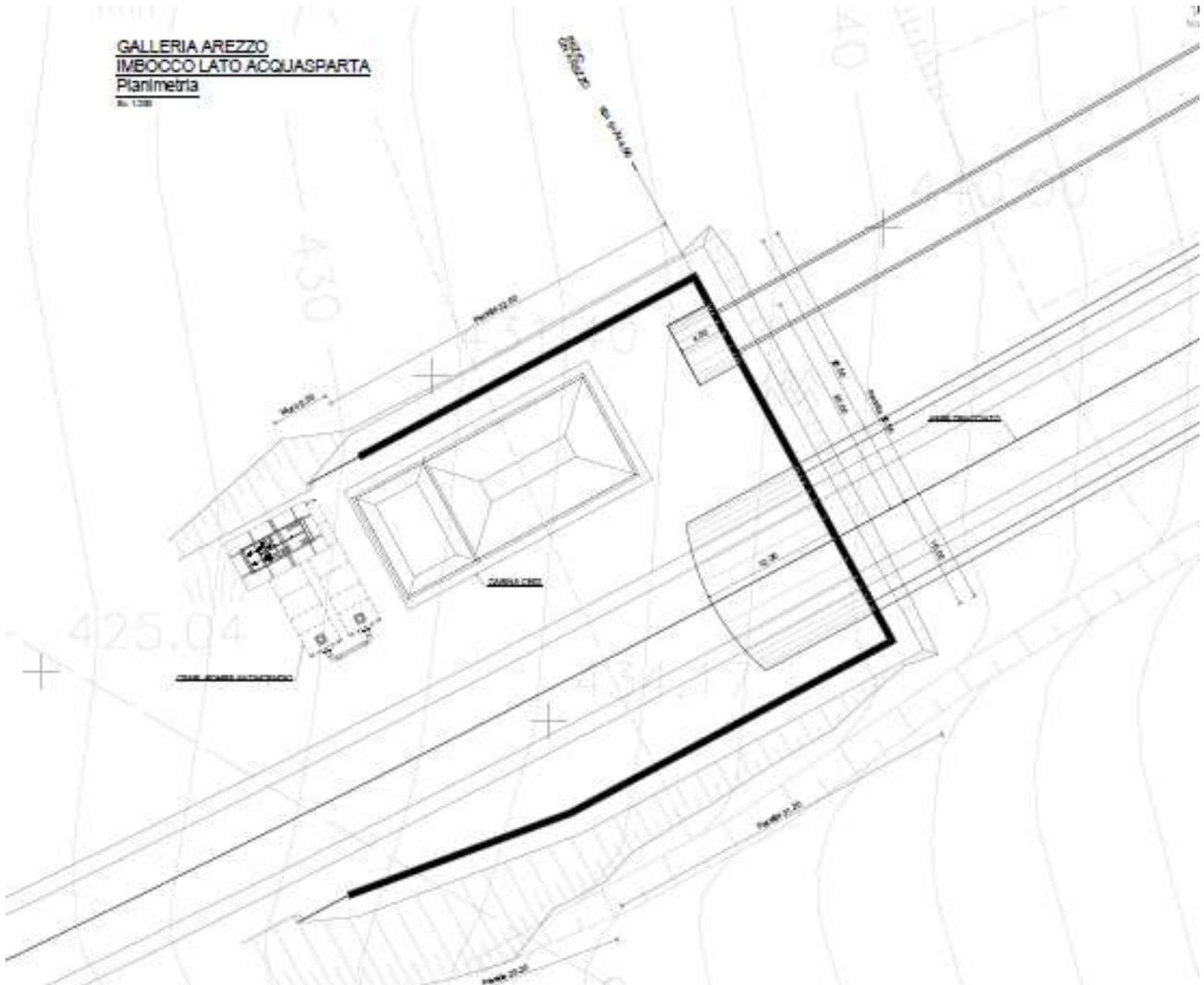


Figura 3.6: Galleria Arezzo – Imbocco lato Acquasparta

RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO

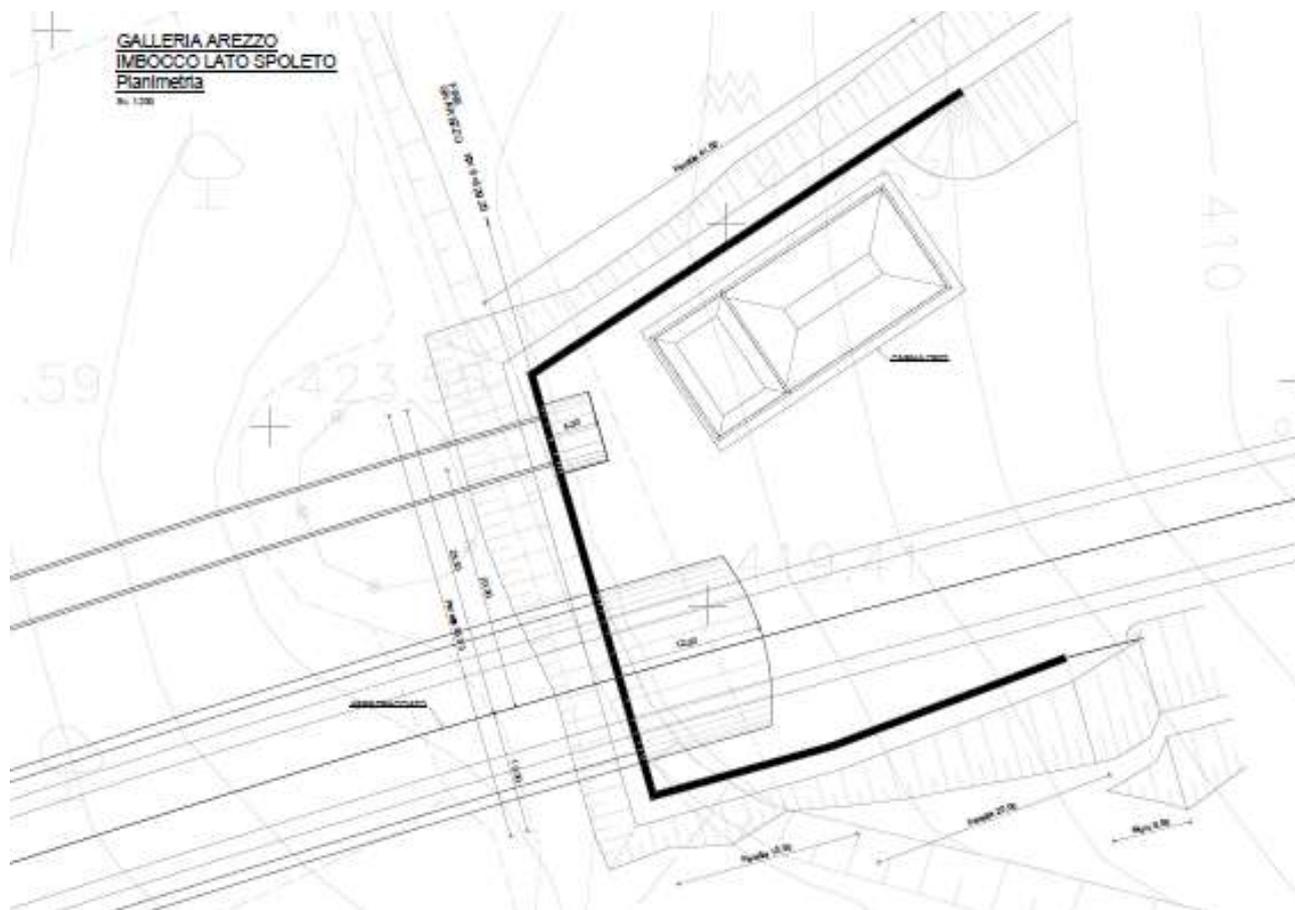


Figura 3.7: Galleria Arezzo – Imbocco lato Firenzuola

Per quanto riguarda la dotazione impiantistica della galleria Colle delle Rose, di lunghezza pari a circa 4000m, saranno predisposti, a seguito di specifica Analisi di Sicurezza:

- impianto di controllo qualità aria (CO e OP) e velocità (anemometro) nella galleria;
- impianto di fornitura in media tensione e trasformazione in bassa tensione, agli imbocchi, per la distribuzione nella galleria;
- impianto di alimentazione di riserva garantito tramite gruppi elettrogeni presenti in appositi locali tecnici localizzati agli imbocchi della galleria;
- alimentazione di sicurezza garantita da UPS alimentato in riserva dal gruppo elettrogeno;
- impianto di illuminazione di rinforzo, permanente e di sicurezza della galleria, realizzati mediante proiettori a LED;
- impianto di illuminazione di sicurezza nel cunicolo di emergenza;

RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO

- impianto di segnaletica luminosa, PMV e semaforico nella galleria;
- impianto di TVCC con analisi delle immagini per la rilevazione automatica degli incidenti;
- impianto di rivelazione incendio;
- impianto idrico antincendio con centrale di pressurizzazione;
- impianto telefonico di richiesta di soccorso (SOS);
- impianto di radiotrasmissione nella galleria;
- impianto di supervisione e controllo interfacciato con la sala operativa compartimentale mediante sistema RMT;
- impianti di illuminazione, forza motrice e speciali nei locali tecnologici.
- impianti di ventilazione

Tutti questi impianti saranno gestiti e controllati, localmente e da remoto, anche mediante un sistema di controllo centralizzato. Il sistema dovrà gestire il funzionamento degli impianti in modo automatico e con la sorveglianza continua di personale specializzato presente presso la Sala Operativa Compartimentale.

Nella progettazione sono state adottate le soluzioni che con maggior efficacia garantiscono i seguenti obiettivi:

- la sicurezza degli operatori, degli utenti e degli impianti;
- la semplicità ed economia di manutenzione;
- la scelta di apparecchiature improntata a criteri di uniformità, elevata qualità, semplicità e robustezza, per sostenere le condizioni di lavoro più gravose;
- il risparmio energetico.

Per quanto riguarda la dotazione antincendio, la galleria sarà provvista di impianto idrico ad idranti e di impianto di mitigazione automatico a diluvio di acqua. La riserva idrica sarà costituita da vasche interratoe situate agli imbocchi.

4 CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI DELL'OPERA

CALCESTRUZZO

CALCESTRUZZO MAGRO

- Classe di resistenza: C12/15

CALCESTRUZZO PER OPERE STRUTTURALI

- Classe di resistenza: C28/35 (C32/40 eventuale per tratti di galleria Colle delle Rose)
- Classe di esposizione: XC2
- Classe di consistenza: S4
- Diametro massimo degli inerti: 25mm

CLS PROIETTATO

- Classe: 28/35
- Resistenza media su carote $h/\varnothing=1$ (a 48h): $\geq 15\text{MPa}$
- Contenuto minimo di cemento: 300kg/mc
- Dosaggio di fibre: $>30\text{kg/mc}$
- In alternativa fibre di vetro dosaggio min. 12kg/mc
- In alternativa fibre in polipropilene dosaggio min. 3.5 – 4.0 kg/mc

FIBRE PER CLS PROIETTATO ACCIAIO

- Filo trafilato a freddo $\varnothing \geq 0.5\text{mm}$
 - o Resistenza a trazione $\geq 570\text{N/mm}^2$
 - o Rapporto di aspetto l/\varnothing compreso tra 50 e 80
- FIBRE PER CLS PROIETTATO (alternativo) FIBRE DI VETRO/POLIPROPILENE
 - o Resistenza a trazione $\geq 550\text{N/mm}^2$
 - o Rapporto di aspetto l/\varnothing compreso tra 50 e 80

ACCIAIO

- ARMATURA
 - o ACCIAIO B450C
 - o Tensione caratteristica a rottura f_{tk} : 540MPa
 - o Tensione di snervamento, f_{yk} : 450MPa

ARMATURA MICROPALI

- ACCIAIO S355
- Tensione di snervamento, f_{yk} : 355MPa

PROFILATI E PIASTRE PER CENTINE

- ACCIAIO S275
- Tensione caratteristica di snervamento, f_{yk} : 275MPa

MISCELE CEMENTIZIE

- PER CEMENTAZIONE INFILAGGI
 - o Classe di resistenza cls: C20/25

RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO

- Rapporto a/c: 0.6 - 0.7
- Additivo fluidificante e antiritiro
- PER INIEZIONI DI CONSOLIDAMENTO FRONTE
 - Classe di resistenza cls: C20/25
 - Rapporto a/c: 0.6÷0.7
 - Additivo fluidificante e antiritiro

ELEMENTI STRUTTURALI IN VETRORESINA

- piatti in VTR 40x6 mm ad aderenza migliorata mediante riporto di sabbia quarzosa e sabbia resinata
- contenuto di vetro $\geq 60\%$
- Resistenza a trazione f_{yk} : 500MPa
- Resistenza a taglio τ : 140MPa
- Modulo elastico E_v : 15000MPa
- Perforazione: $\geq \varnothing 90\text{mm}$
- In alternativa tubi VTR Tubo 60/40 spessore 10 mm
- Perforazione: $\geq \varnothing 90\text{mm}$
- contenuto di vetro $\geq 50\%$
- Resistenza a trazione f_{yk} : 450MPa
- Resistenza a taglio τ : 485MPa
- Modulo elastico E_v : 20000MPa

BULLONI TIPO SWELLEX Mn24

- Carico di rottura minimo: 200kN
- Perforazione: $> \varnothing 45\text{mm}$, max 51 mm

DRENAGGI

- Tubi in pvc $\varnothing 50/40\text{mm}$, larghezza fessure 1mm, distanza fessure massima 10mm, rivestito con tessuto non tessuto 500gr/mq

TELI IN PVC PER IMPERMEABILIZZAZIONE

- Spessore: $2 \pm 0.5\text{mm}$
- Peso specifico: $1.3\text{g/cm}^3 \pm 2\%$
- Resistenza a trazione media: $\geq 15\text{MPa}$

TESSUTO NON TESSUTO

- Massa unitaria: 500g/mq
- Spessore: $\geq 3.0\text{ mm}$ a 2kPa, $\geq 1.9\text{ mm}$ a 200kPa
- Resistenza a punzonamento: $\geq 4.0\text{ kN}$
- Resistenza a trazione media: $\geq 20\text{ kN/m}$

5 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Nella ricostruzione del contesto geologico del PFTE, attualmente in fase di aggiornamento in ragione delle indagini e studi in corso, lo scavo della galleria Colle delle Rose, a partire dall'imbocco lato Acquasparta, sarà scavata per un ampio tratto all'interno della formazione della Corniola (Co). Trattasi di Calcere stratificato di colore grigio chiaro o plumbeo talora con sfumature nocciola, di aspetto compatto con noduli e strati di selce grigia, talora con intercalazioni oolotiche (Giurassico medio).

Si prevede la presenza di disturbi tettonici che possono causare intensa fratturazione.

Il modello prevede quindi il passaggio alla formazione delle Maioliche (Ma), attraverso una probabile stretta successione di formazioni ascrivibili a Ra (Rosso ammonitico, marne e calcari) CD (Calcari Diaprigni, selciferi) e CP (Calcari e Marne a Posidonia, calcari e calcari marnosi grigi).

Al termine del passaggio attraverso la Maiolica potrebbe riscontrarsi una nuova successione ristretta di di Marne a Fucoidi (MF) e di Scaglia Bianca (Sb) seguita da Scaglia Rossa.

La rapida successione di formazioni calcaree e formazioni di tipo marnoso arenaceo potrebbe aver generato nell'ammasso la presenza di accumuli di acque di falda.

Nel tratto terminale della galleria l'orizzonte diventa più prettamente dominato da marne e calcari marnosi (formazioni della Scaglia cinerea e del Bisciario).

I principali rischi geotecnici correlati a questo scenario preliminare sono i seguenti:

- Presenza di cavità all'interno delle formazioni calcaree: tali cavità, di dimensioni potenzialmente estremamente variabili, possono presentarsi vuote, riempite di acqua e/o fango; possono quindi manifestarsi, oltre agli evidenti problemi di stabilità delle pareti e della volta, seri rischi associati al rilascio improvviso di acqua o materiale fangoso;
- Elevati battenti idraulici: tale problematica ha effetti negativi sia in fase di scavo, in particolare nei tratti in faglia, sia in fase definitiva, generando importanti azioni sui rivestimenti definitivi della galleria
- Presenza di faglie
- Condizioni di ridotte coperture nella parte terminale del tunnel all'interno di formazioni di natura marnosa, di probabili modeste caratteristiche meccaniche, come la scaglia cinerea e/o la formazione del Bisciario

RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO

Dal punto di vista ambientale, è necessario prendere adeguate contromisure contro il rischio di:

- depauperamento
- contaminazione

delle risorse idriche.

Il rischio di depauperamento risulta ovviamente più marcato all'interno delle formazioni calcaree, in cui il processo di filtrazione, che si manifesta prevalentemente come flusso secondario attraverso le fratture della roccia, può dare origine ad importanti portate drenate attraverso la galleria. Per tale motivo, si è prevista in progetto la costruzione di una galleria con impermeabilizzazione completa full-round.

Per quanto riguarda il rischio contaminazione, si prevede l'impiego di:

- Schiume poliuretatiche idroespansive certificate ai sensi del DM 174/04
- Trattamento in jet grouting al contorno solo all'interno di tratte in assenza di falda in movimento, per garantire stabilità e limitare i dilavamenti
- Agenti schiumogeni per TBM (per il condizionamento del terreno per scavo meccanizzato di gallerie) biodegradabili

Lo scavo della galleria Arezzo interesserà prevalentemente le formazioni marnoso arenacee e la scaglia cinerea.

I principali rischi sono connessi alle modeste caratteristiche meccaniche attese per tali formazioni, in particolare nelle condizioni di basse coperture.

Di seguito una valutazione preliminare delle portate attese per la galleria Colle delle Rose nella fase di scavo nelle formazioni calcaree, con permeabilità non trascurabile.

Si impiega, per la valutazione, la formulazione proposta da Ribacchi:

$$q_t = \frac{2\pi k L h_0}{\ln(2h_0/r)}$$

RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO

dove q_t è la portata drenata (m^3/s), k è la conducibilità idraulica (m/s), L è la lunghezza della tratta di tunnel presa in considerazione, h_0 è il carico idraulico in condizioni imperturbate (m) e r è il raggio del tunnel (m).

Si prende in considerazione un tratto di tunnel non rivestito pari a 20 m per lo scavo in tradizionale ($r = 7m$) e pari a 10 m per lo scavo in TBM ($r = 2.25 m$).

Dai dati attualmente disponibili si può porre inoltre (valori di picco):

$$h_0 = 30m$$

$$k = 1E -7 \div 1 E-6 m/s$$

Si ottengono i seguenti valori:

Scavo in TBM: portate massime comprese tra 0,1 e 0,5 l/s

Scavo in tradizionale: portate massime comprese tra 0,2 e 1,5 l/s

Per la Galleria Arezzo, il cui scavo è previsto in formazioni con permeabilità molto ridotte, si prevede l'aggottamento, durante la fase di scavo, di minime quantità di acqua.

È previsto un affinamento delle valutazioni sopra riportate in concomitanza con l'affinamento del quadro conoscitivo.

6 CRITERI DI PROGETTO E DI CALCOLO

Per il progetto delle gallerie naturali si impiegherà il metodo ADECO-RS. Tale metodo, in fase progettuale, si articola in tre fasi: una fase conoscitiva, riferita alla conoscenza geologica, geomeccanica ed idrogeologica del mezzo e all'analisi degli equilibri naturali preesistenti; una fase di diagnosi, riferita all'analisi e alla previsione, per via teorica, del comportamento del mezzo in termini di risposta deformativa, nell'ipotesi di assenza d'interventi di stabilizzazione, in funzione delle condizioni di stabilità del nucleo-fronte (categorie A, B e C); una fase di terapia, riferita, prima, alla definizione delle modalità di scavo e stabilizzazione del mezzo al fine di regimare, in accordo con le categorie di comportamento A, B e C, la risposta deformativa e poi alla valutazione, per via teorica, dell'efficacia delle soluzioni scelte; in questa fase sono composte le sezioni tipo prevedendo l'applicazione e le possibili variabilità in funzione del reale comportamento deformativo della galleria in fase di scavo che sarà misurato durante la costruzione della galleria.

Il comportamento del fronte di scavo, al quale è legato quello della cavità, può essere sostanzialmente ricondotto alle seguenti tre categorie di comportamento.

- CATEGORIA A: Galleria a fronte stabile
- CATEGORIA B: Galleria a fronte stabile a breve termine
- CATEGORIA C: Galleria a fronte instabile

Le tre categorie precedentemente introdotte secondo il metodo ADECO-RS sono definite secondo le seguenti caratteristiche.

Gallerie a fronte stabile (CASO A)

Se il fronte di scavo è stabile, 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 e tendono ad esaurirsi rapidamente.

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, se non localizzati ed in misura molto ridotta; il rivestimento definitivo costituirà allora il margine di sicurezza per la stabilità a lungo termine.

Gallerie a fronte stabile a breve termine (CASO B)

Questa condizione si verifica quando lo stato tensionale indotto dall'apertura della cavità supera le caratteristiche di resistenza meccanica del materiale al fronte, che in tal modo non può più avere un comportamento di tipo elastico, ed assume un comportamento di tipo elasto-plastico.

Tale situazione tensionale produce nell'ammasso roccioso al fronte una decompressione, che porta al superamento della resistenza del materiale e che induce fenomeni deformativi più accentuati del caso precedente.

Questa decompressione può essere opportunamente controllata e regimata con adeguati interventi di preconsolidamento al fronte e/o di preconsolidamento al contorno del cavo. In tal caso verrà fornito l'opportuno contenimento all'ammasso che potrà così essere condotto verso la stabilità ed il rivestimento definitivo costituirà il margine di sicurezza a lungo termine. In caso contrario lo stato tenso-deformativo potrà evolvere verso situazioni d'instabilità del cavo.

Gallerie a fronte instabile (CASO C)

L'instabilità progressiva del fronte di scavo è attribuibile ad un'accentuazione dei fenomeni deformativi nel campo plastico, che risultano immediati e più rilevanti manifestandosi prima ancora che avvenga lo scavo, oltre il fronte stesso. Di conseguenza tali deformazioni producono una decompressione più spinta nell'ammasso roccioso oltre il fronte e conducono ad un decadimento rapido e progressivo delle caratteristiche meccaniche d'ammasso anche a causa della formazione di microfratture, talora preesistenti e alla rottura dei legami intermolecolari.

Nella figura seguente si riporta un esempio delle tre tipologie di comportamento del fronte di scavo:

RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO

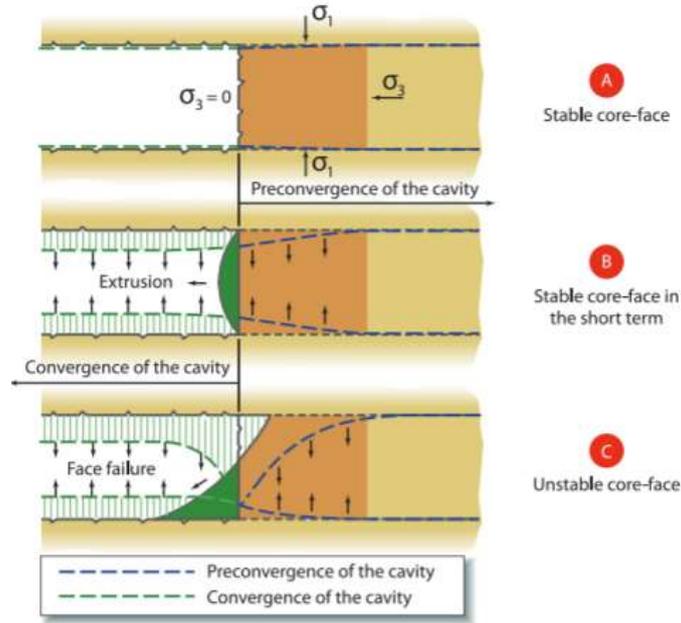


Figura 6.1: Definizione delle categorie di comportamento in riferimento alla stabilità del fronte di scavo

7 SEZIONI TIPO DI SCAVO ED INTERVENTI PREVISTI

Per lo scavo delle gallerie all'interno degli ammassi sinteticamente descritti sopra sono state predisposte le seguenti sezioni tipo correnti di scavo e avanzamento.

Si rappresenta che per la galleria Colle delle Rose si prevede l'adozione di una impermeabilizzazione completa del rivestimento definitivo.

Per la suddetta galleria, alla luce dei risultati finali della campagna di indagine, gli spessori di carpenteria di seguito indicati potranno subire variazioni in funzione dei battenti idraulici.

7.1 Sezione tipo A1

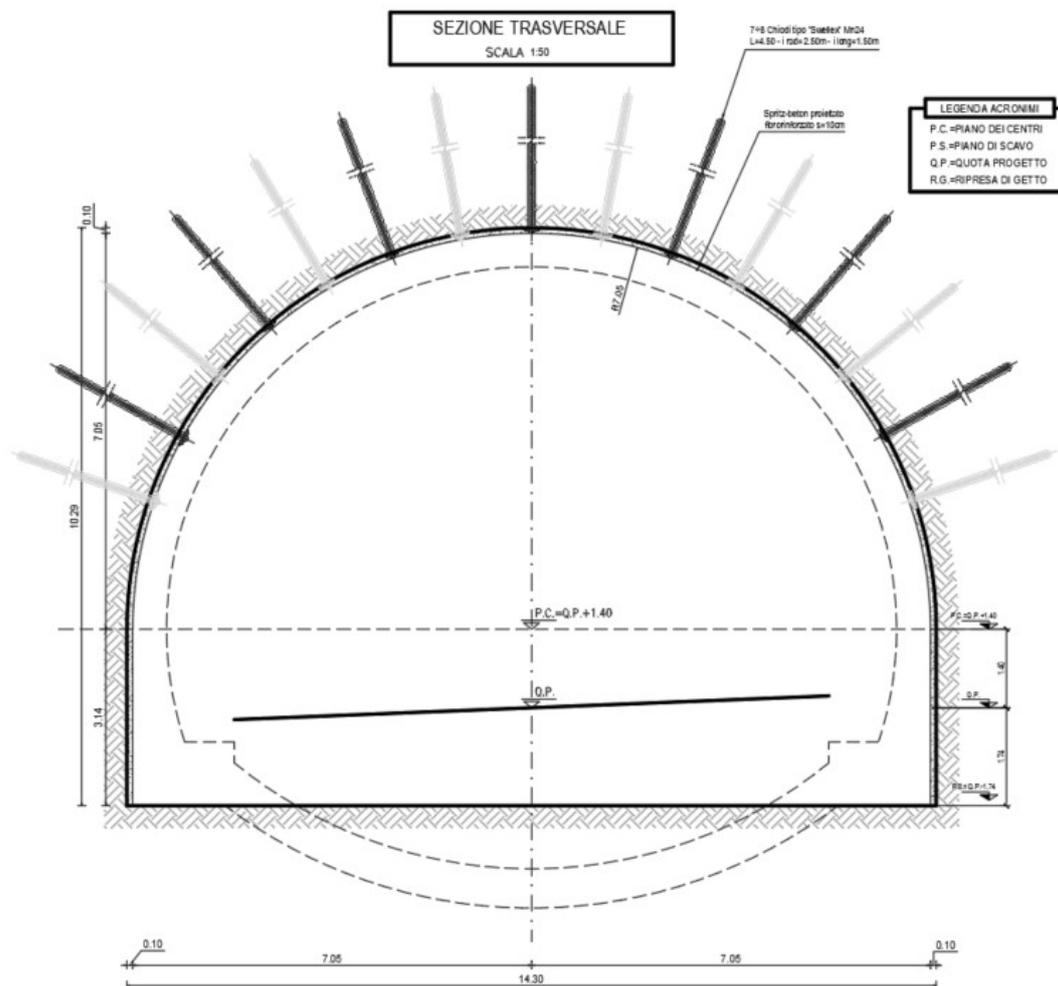
La sezione tipo A viene prevista in contesti geomeccanici particolarmente favorevoli, dove lo stato tensionale al contorno della cavità in prossimità del fronte si mantiene in campo elastico e i fenomeni deformativi osservabili sono di piccola entità e tendono ad esaurirsi rapidamente. In questo caso 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. Potrà essere previsto, per tale sezione tipo, l'abbattimento del fronte mediante esplosivo.

Alla luce del contesto geomeccanico ad oggi noto, tale sezione si applicherà alla sola galleria Colle delle Rose.

La sezione tipo A è caratterizzata da:

- 7-8 Chiodi di tipo SWELLEX Mn 24 L=4.50m irad.=2.50m ilong.=1.50m pririvestimento composto da uno strato di 10 cm (completamento) di spritz-beton proiettato fibrorinforzato ;
- scavo a sezione cilindrica per sfondi di lunghezza massima pari a 4 m;
- arco rovescio in ca di spessore 70 cm e murette gettate ad una distanza massima dal fronte non vincolata;
- impermeabilizzazione costituita da tessuto non tessuto e manto in PVC;
- rivestimento definitivo di calotta in ca dello spessore 60 cm gettato ad una distanza dal fronte non vincolata.

RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO



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 4m;
3. posa in opera del rivestimento di prima fase: al termine di ogni sfondo posa in opera di chiodi tipo Swellex e getto di spritz di completamento spessore 10cm
4. posa impermeabilizzazione;
5. getto di murette ed arco rovescio senza vincolo di distanza dal fronte;
6. getto del rivestimento definitivo senza vincolo di distanza dal fronte.

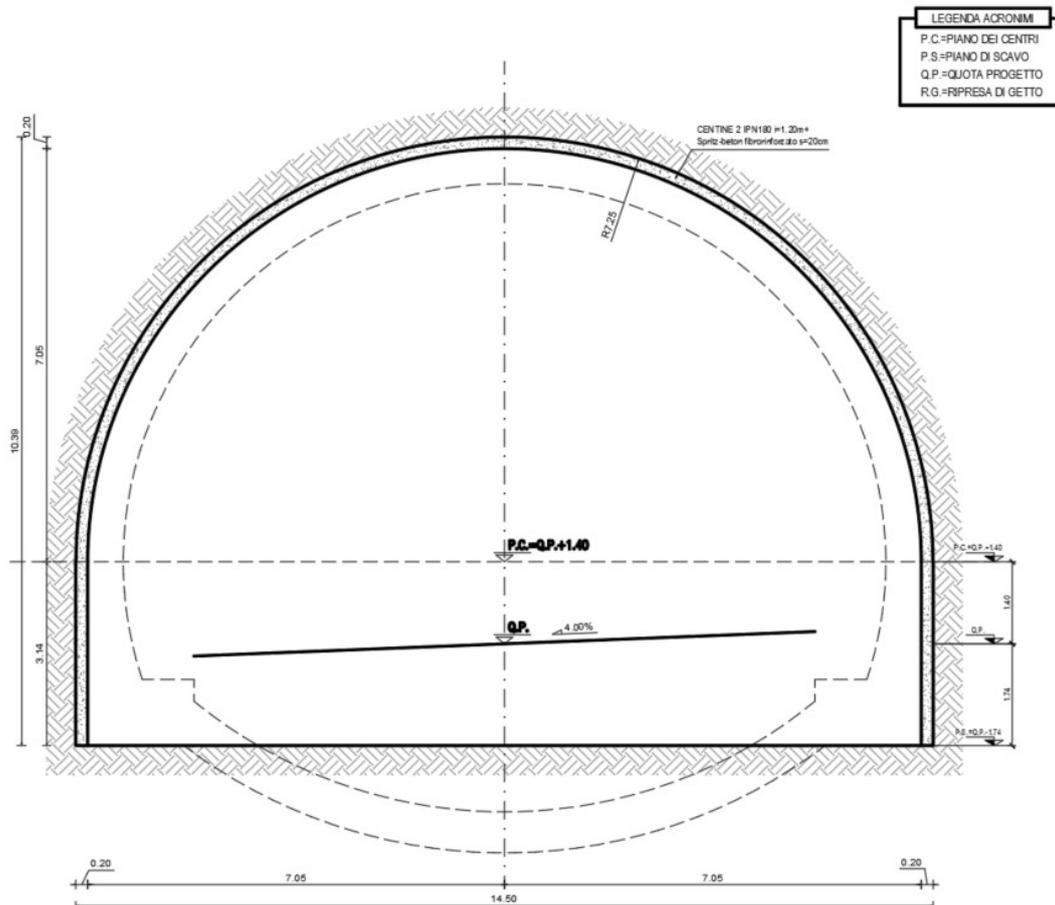
7.2 Sezione tipo B0

La sezione tipo B0 viene 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-media 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. Anche per tale sezione si potrà valutare l'abbattimento del fronte mediante esplosivo.

La sezione tipo B0 è caratterizzata da:

- Eventuali drenaggi in avanzamento (galleria Arezzo)
- prerivestimento composto da uno strato di 20 cm di spritz-beton proiettato fibrorinforzato e doppie centine IPN180 con passo 1.2 m;
- scavo a sezione cilindrica per sfondi di lunghezza massima pari a 1.2m;
- arco rovescio in ca di spessore 70 cm e murette gettate ad una distanza massima dal fronte non vincolata;
- impermeabilizzazione costituita da tessuto non tessuto e manto in PVC;
- rivestimento definitivo di calotta in ca dello spessore 60 cm gettato ad una distanza dal fronte non vincolata.

RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO



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 4.0 m, sagomando il fronte a forma concava;
3. rivestimento di prima fase: posa in opera di centine metalliche e spritz beton spessore 15cm;
4. posa impermeabilizzazione e sistema di drenaggio (drenaggio per la sola Arezzo);
5. getto di murette ed arco rovescio eseguito ad una distanza dal fronte non vincolata;
6. getto del rivestimento definitivo ad una distanza non vincolata.

7.3 Sezione tipo B0v

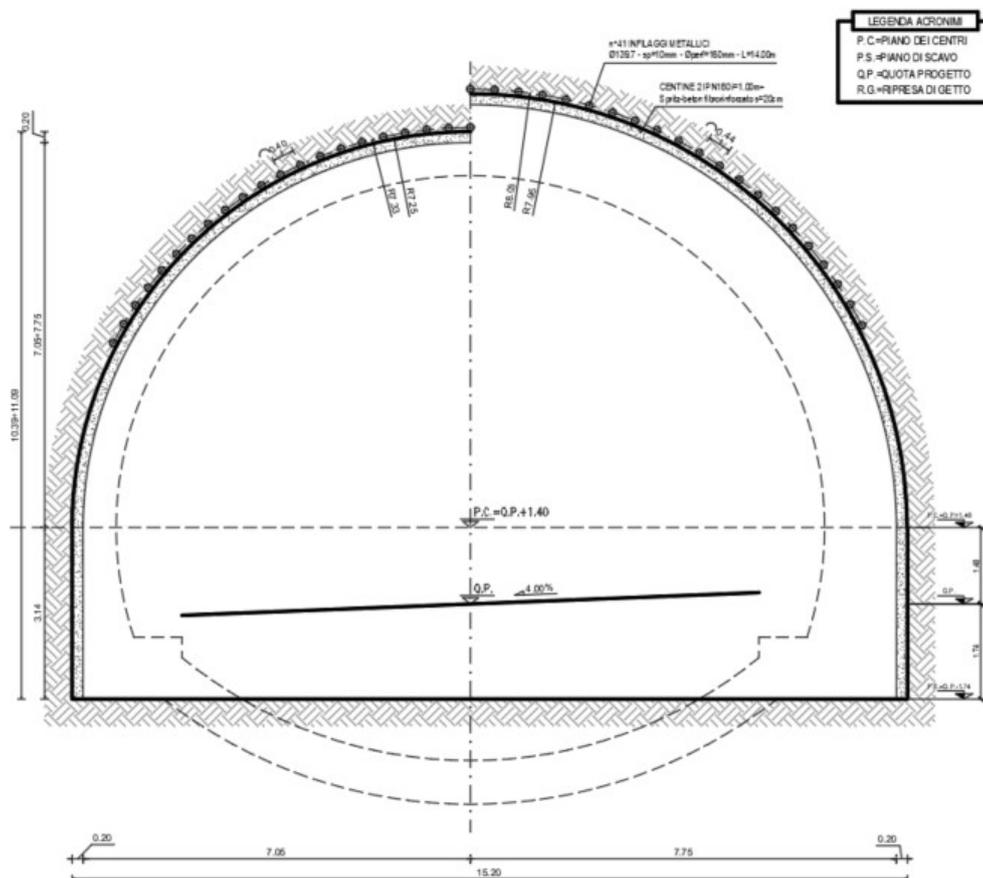
La sezione tipo B0v è prevista nelle tratte a basse coperture, nelle zone di pre-faglia e/o in contesti geomeccanici con matrice di buone caratteristiche ma in presenza di intensa fratturazione, in modo da migliorare le condizioni di stabilità del cavo durante le fasi realizzative dell'opera.

L'adozione di questa sezione tipo permette di garantire alla volta un'auto portanza per un tempo sufficiente alla posa del rivestimento temporaneo. L'abbattimento avverrà mediante mezzi meccanici.

La sezione tipo B0v è caratterizzata da:

- 3+3 drenaggi in avanzamento, L=25.5 m, sovrapp.=8.5 m, rivestiti con calza TNT;
- pre-contenimento del cavo mediante n.41 tubi metallici ϕ 127mm sp. 10mm lunghezza 14 m e lunghezza utile di 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 cilindrica per sfondi di lunghezza 1.0m;
- arco rovescio in ca di spessore 80 cm e murette gettate ad una distanza massima dal fronte di 2 diametri.
- 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 di 5 diametri per coperture modeste e non vincolata per le alte coperture.

RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO



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. 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 15 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 20cm;
6. posa impermeabilizzazione e sistema di drenaggio;
7. getto di murette ed arco rovescio eseguito ad una distanza massima dal fronte di 2 diametri;
8. getto del rivestimento definitivo ad una distanza massima dal fronte di 5 diametri per coperture modeste e non vincolata per le alte coperture.

7.4 Sezione tipo B2v

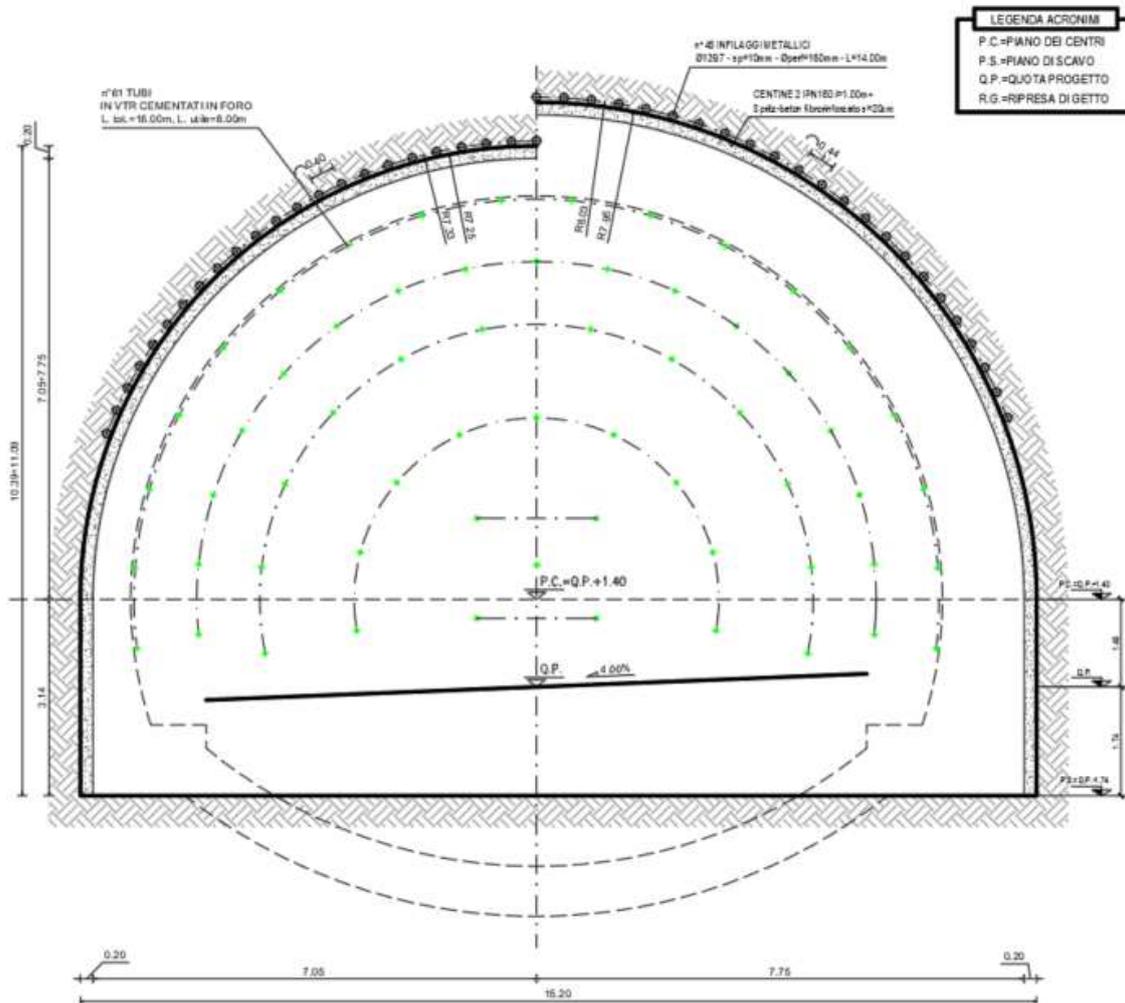
La sezione tipo B2v è prevista nelle tratte a basse coperture e nelle zone di faglia in modo da migliorare le condizioni di stabilità del cavo e del fronte durante le fasi realizzative dell'opera.

L'abbattimento avverrà mediante mezzi meccanici.

La sezione tipo B2v è caratterizzata da:

- 3+3 drenaggi in avanzamento, L=25.5 m, sovrapp.=8.5 m, rivestiti con calza TNT;
- pre-contenimento del cavo mediante n.45 tubi metallici ϕ 139mm sp. 10 mm lunghezza totale 14 m e lunghezza utile di 6m;
- pre-consolidamento del nucleo d'avanzamento mediante 61 tubi in VTR cementati in foro, lunghezza totale 15m e lunghezza utile 8.5;
- 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 80 cm e murette gettate ad una distanza massima dal fronte di 2 diametri.
- 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 di 5 diametri per coperture modeste e non vincolata per le alte coperture.

RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO



Si prevedono le seguenti fasi:

1. esecuzione sul fronte di avanzamento di uno strato di spritz beton di spessore 15 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;
5. esecuzione di uno strato di spritz beton di spessore 15 cm al fronte (ad ogni sfondo);
6. rivestimento di prima fase: posa in opera di centine metalliche e spritz beton spessore 20cm;
7. posa impermeabilizzazione e sistema di drenaggio;

RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO

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 5 diametri per coperture modeste e non vincolata per le alte coperture.

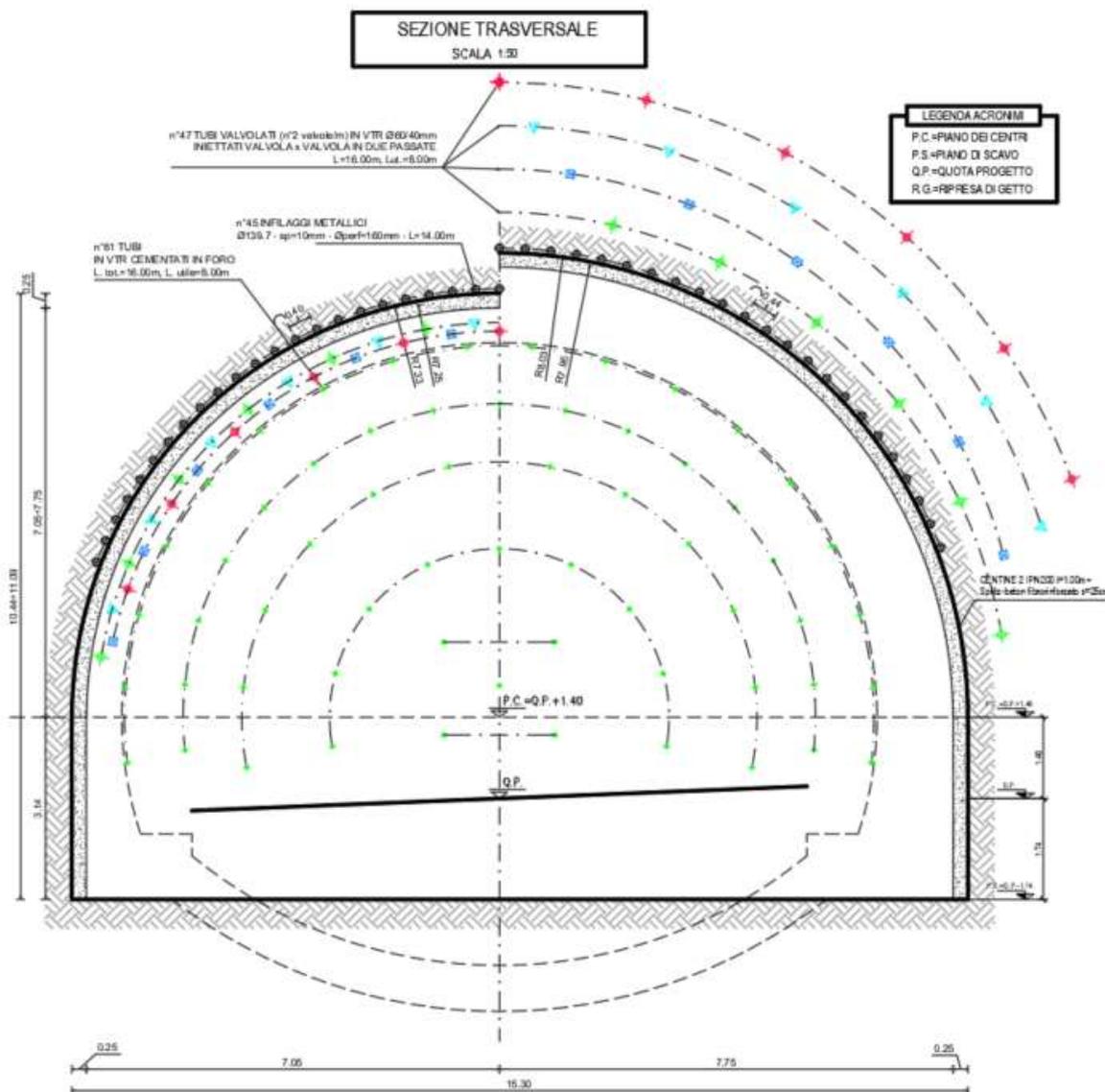
7.5 Sezione tipo C2v

La sezione tipo C2v è prevista nelle tratte a basse coperture e scadenti caratteristiche meccaniche, nonché nei tratti in faglia in cui non si prevede la presenza di imponenti battenti idraulici. L'abbattimento avverrà mediante mezzi meccanici.

La sezione tipo C2 è caratterizzata da:

- 3+3 drenaggi in avanzamento, L=25.5 m, sovrapp.=8.5 m, rivestiti con calza TNT;
- pre-contenimento del cavo mediante n.45 tubi metallici ϕ 139mm sp. 10 mm lunghezza totale 14 m e lunghezza utile di 6m;
- pre-sostegno del cavo mediante una coronella di 47 tubi in VTR valvolati (2 valvole/m) ϕ 60/40mm iniettati valvola per valvola in 2 passate, lunghezza totale 16m, lunghezza utile 8.0m;
- pre-consolidamento del nucleo d'avanzamento mediante 61 tubi in VTR cementati in foro, lunghezza totale 16m e lunghezza utile 8;
- 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 80 cm e murette gettate ad una distanza massima dal fronte di 2 diametri.
- 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 di 5 diametri per coperture modeste e non vincolata per le alte coperture.

RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO



Si prevedono le seguenti fasi operative:

1. esecuzione sul fronte di avanzamento di uno strato di spritz beton di spessore 15 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;

RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO

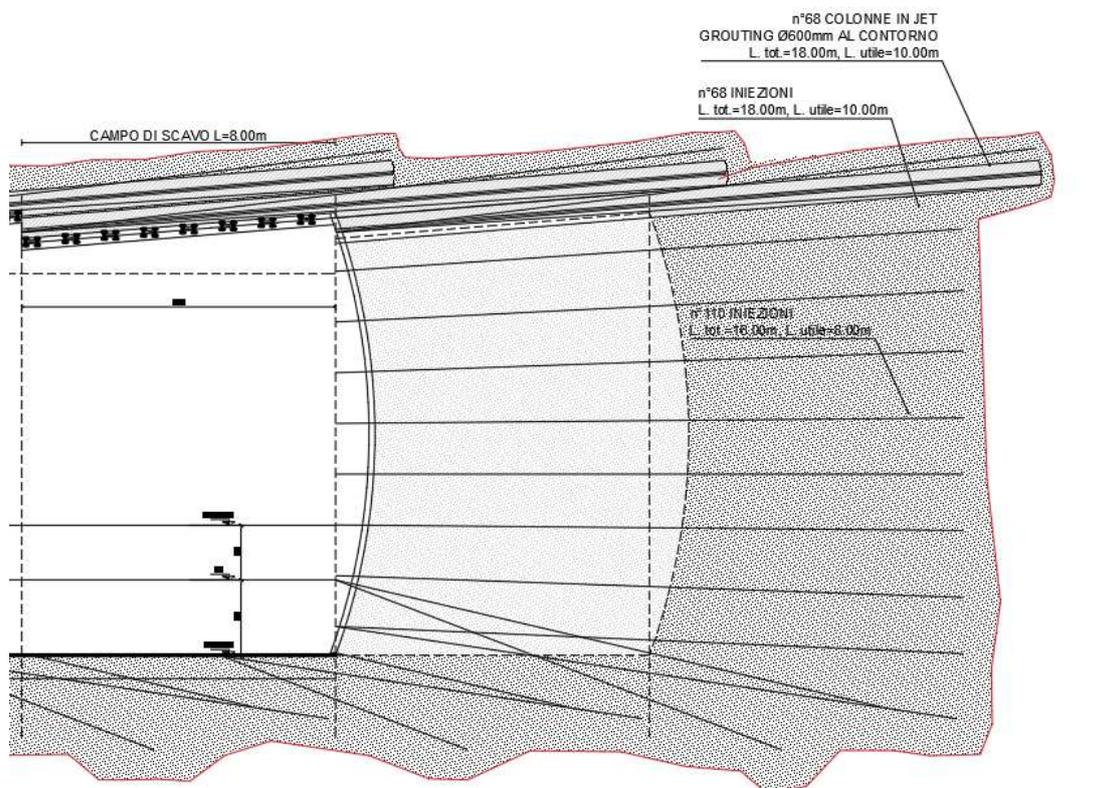
6. esecuzione di uno strato di spritz beton di spessore 15 cm al fronte (ad ogni sfondo);
7. rivestimento di prima fase: posa in opera di centine metalliche e spritz beton spessore 20cm;
8. posa impermeabilizzazione e sistema di drenaggio;
9. getto di murette ed arco rovescio eseguito ad una distanza massima dal fronte di 2 diametri;
10. getto del rivestimento definitivo ad una distanza massima dal fronte di 5 diametri per coperture modeste e non vincolata per le alte coperture.

7.6 Sezione tipo C3v

La sezione tipo C2v è prevista nelle tratte di passaggio tra formazioni marnose e calcari, in condizioni di alte coperture ed imponenti battenti idraulici. L'abbattimento avverrà mediante mezzi meccanici.

La sezione tipo C3 è caratterizzata da:

- pre-contenimento del cavo mediante iniezioni in jet – grouting al contorno;
- diffuse iniezioni di intasamento al contorno ed al fronte di scavo
- prerivestimento composto da uno strato di 30 cm di spritz-beton proiettato fibrorinforzato e doppie centine IPN240 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 diametri.
- 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 di 4 diametri.



7.7 Interventi supplementari

Indagini in avanzamento. Lo scavo della galleria Colle delle Rose avverrà prevalentemente all'interno di formazioni calcaree, in condizioni di alte coperture.

Per anticipare le problematiche relative alla presenza di cavità e zone in faglia si prevede di inserire all'interno del progetto un programma di indagine costituito da perforazioni a carotaggio continuo ed a distruzione dal fronte di scavo.

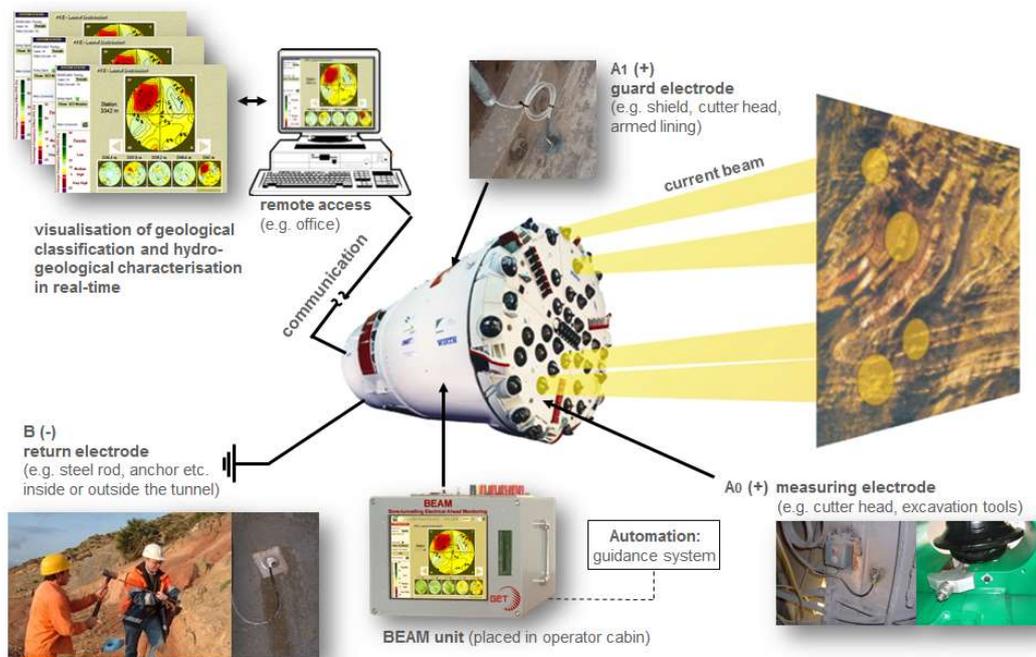
Per lo scavo con TBM, tale programma di indagine potrà essere parzialmente sostituito dall'adozione di sistemi di geofisica in avanzamento, quali ad esempio:

- Sistema BEAM
- Sistema TSP

Il metodo Bore-Tunnelling Electrical Ahead Monitoring (BEAM) è un sistema di indagine non invasiva ed un metodo di previsione appositamente sviluppato per la realizzazione di opere in

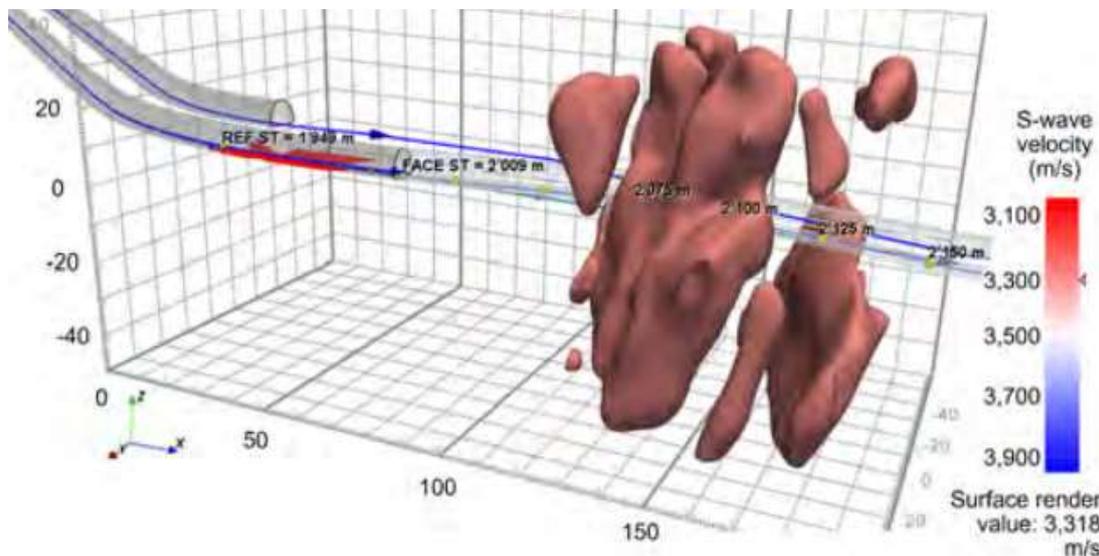
RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO

sotterraneo. L'acquisizione dei dati e la loro interpretazione è condotta in automatico e i risultati della previsione sono mostrati in tempo reale permettendo rapide decisioni in sito durante l'avanzamento dello scavo.



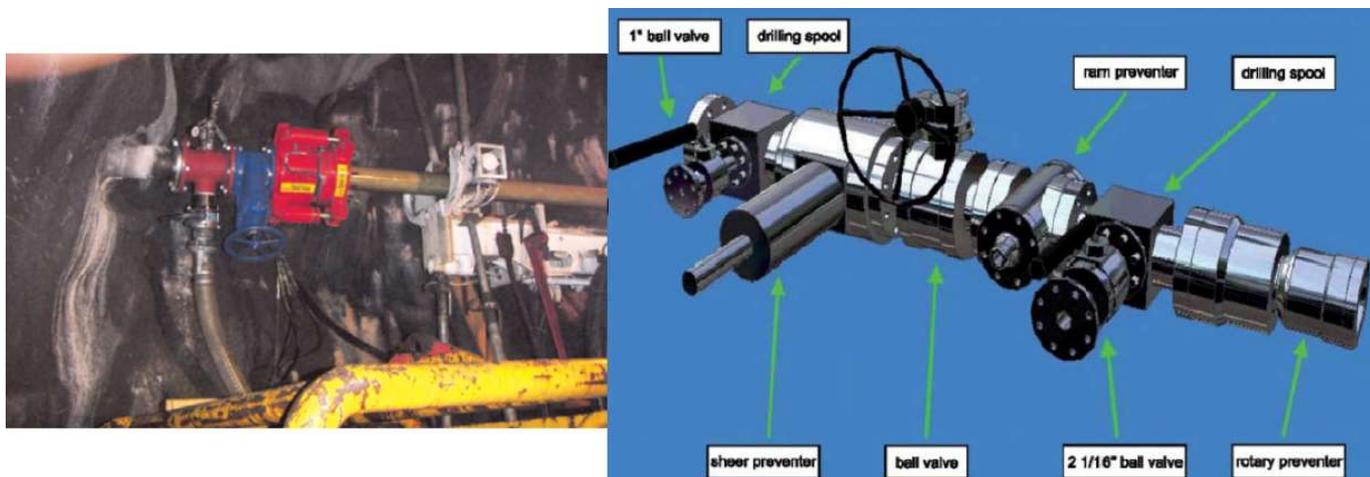
Il sistema 3D Tunnel Seismic Prediction consente di ottenere informazioni in avanzamento attraverso la misura della velocità di propagazione delle onde P ed S nel terreno.

RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO



Entrambi i metodi, come detto, consentono di indagare le caratteristiche meccaniche e l'eventuale presenza di importanti cavità in avanzamento rispetto al fronte di scavo, consentendo una riduzione dei sondaggi in avanzamento (che richiedono fermi della macchina di scavo), l'approntamento di adeguate contromisure contro scenari sfavorevoli in tempo utile ed infine il sensibile incremento delle condizioni di sicurezza.

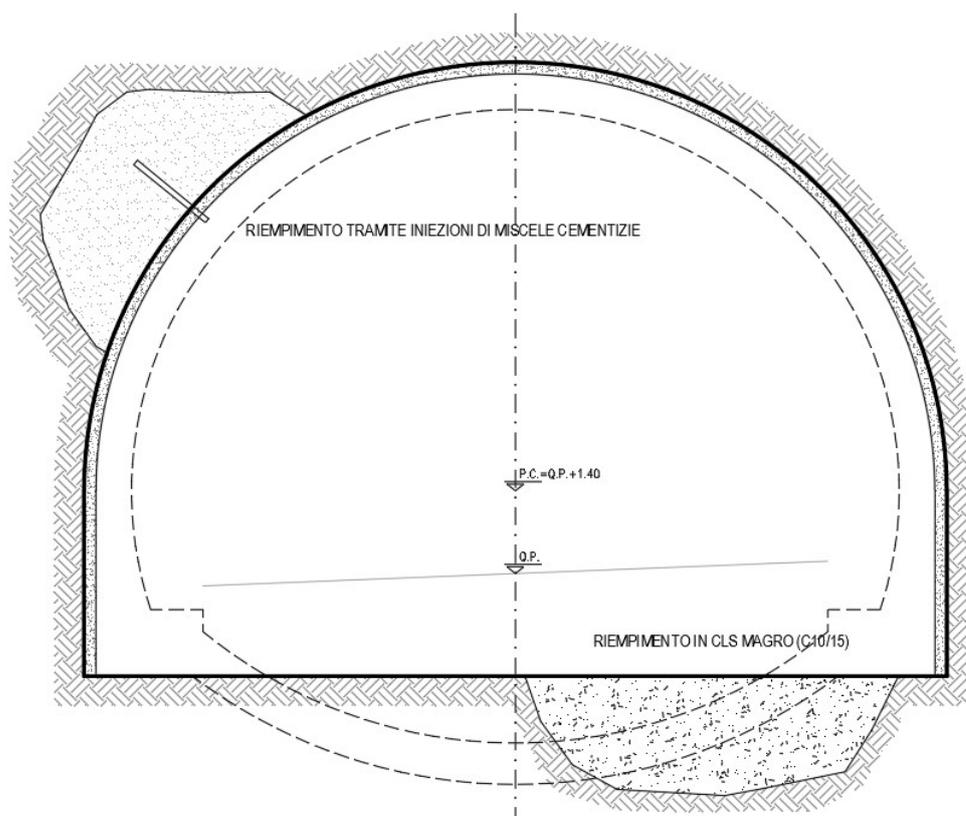
Nelle zone critiche dal punto di vista idrogeologico, come ad esempio tratti in faglia, sarà in ogni caso necessario approntare misure di pressione dell'acqua. Si prevede di impiegare, in tali circostanze, un sistema di misura provvisto di preventer per garantire la tenuta del sistema ed evitare importanti rifluimenti.



RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO

Cavità sotterranee. Le indagini geofisiche in corso consentiranno di ottenere informazioni riguardo l'eventuale presenza di cavità di notevoli dimensioni.

Per quanto riguarda cavità di dimensioni lineari indicative fino a 2 x 4 m se ne prevede l'intasamento tramite iniezioni con miscele cementizie attraverso il prerivestimento, se in sommità, o getti di magrone, se alla base.



Faglie\zone di intensa fratturazione all'interno delle formazioni calcaree in presenza di importanti battenti idraulici. In caso di attraversamento di zone in faglia e concomitanti livelli di falda che danno origine ad importanti battenti idraulici, è previsto l'impiego di iniezioni di impermeabilizzazione localizzate. Tali iniezioni saranno impiegate sia per lo scavo del cunicolo con TBM, sia per la galleria stradale, realizzata con metodo tradizionale.

Si prevede l'impiego di resine poliuretatiche espansive in ragione di:

- Elevate stabilità e durabilità

RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO

- Ottime capacità di permeazione
- Tempi di indurimento estremamente contenuti
- Raggiungimento di resistenze meccaniche elevate
- Possibilità di impiego in contesti ambientali protetti