

S.S. 45bis - Gardesana Occidentale

Opere di costruzione della galleria in variante tra il km 86+567 e il km 88+800 finalizzata a sottendere le attuali gallerie ogivali a sezione ristretta

PROGETTO DEFINITIVO

COD. MI92

PROGETTAZIONE: ANAS - DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI

PROGETTISTA:

*Dott. Ing. Antonio Scalamandrè
Ordine Ing. di Frosinone n. 1063*

IL GEOLOGO

*Dott. Geol. Serena Majetta
Ordine Geol. di Roma n. 928*

IL RESPONSABILE DEL S.I.A.

*Dott. Ing. Laura Troiani
Ordine Ing. di Roma n. 31890*

COORDINATORE DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE

Geom. Fabio Quondam

VISTO IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Dott. Ing. Giancarlo Luongo

PROTOCOLLO

DATA

GALLERIE NATURALI

Relazione tecnica

CODICE PROGETTO

PROGETTO

LIV. PROG.

DPMI0092 D 18

NOME FILE

T00GE00OSTRE01A

REVISIONE

SCALA

CODICE ELAB.

T00GE00OSTRE01

A

-

D

C

B

A

EMISSIONE

Gen 2020

REV.

DESCRIZIONE

DATA

REDATTO

VERIFICATO

APPROVATO

INDICE

1.	PREMESSA.....	2
2.	RIFERIMENTI NORMATIVI	3
3.	STATO DI FATTO.....	4
3.1	GALLERIA D'ACLI	5
3.2	GALLERIA EUTENIA	9
3.3	GALLERIA DEI CICLOPI	12
3.4	CAVERNA IMPIANTI	17
4.	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOTECNICO	18
4.1	DESCIZIONE DELLE UNITÀ GEOLOGICHE	19
4.2	DEFINIZIONE DELLE UNITÀ GEOTECNICHE	21
5.	DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI	23
5.1	GALLERIA MUSLONE.....	23
5.1.1	Tratto in Naturale	24
5.1.1.1	Sezione tipo A1.....	24
5.1.1.2	Sezione A2.....	25
5.1.1.3	Sezione B1	26
5.1.1.4	Sezione B2.....	27
5.1.1.5	Sezione Piazzola.....	28
5.1.1.6	Sezione By-Pass Carrabile	29
5.1.1.7	Sezione By-Pass Pedonale.....	30
5.1.2	Imbocco Sud.....	31
5.1.2.1	Paratia di micropali	31
5.1.2.2	Galleria artificiale	33
5.1.3	Imbocco Nord.....	35
5.1.3.1	Parete chiodata	36
5.1.3.2	Becco capovolto e dima.....	37
5.2	INTERVENTI SULLE GALLERIE ESISTENTI	38
5.2.1	Alesaggio e rivestimento galleria Dei Ciclopi	38
5.2.2	Setti di sicurezza sulle finestre.....	42
5.3	INTERVENTI SULLA "GALLERIA IMPIANTI"	43

1. PREMESSA

La presente relazione geotecnica generale si inserisce nell'ambito del *Progetto Definitivo* della *Variante alla S.S.45 bis "Gardesana occidentale" tra il km 86+567 ed il km 88+800* nei comuni di Gargnano e Tignale in provincia di Brescia.

Il progetto prevede lo scavo di una galleria naturale che ospiterà la carreggiata in direzione Nord-Sud della futura S.S.45 bis. La sede attuale della viabilità sarà impiegata esclusivamente come carreggiata in direzione Sud-Nord.

In corrispondenza dell'imbocco Sud della galleria è prevista la realizzazione di un tombino in c.a..

In corrispondenza dell'imbocco Nord sarà realizzata una rotatoria dove convergeranno entrambe le corsie dell'attuale Strada Provinciale per Tignale, la futura carreggiata Sud-Nord in sede all'attuale S.S.45 bis e la nuova carreggiata Nord-Sud.

Nell'area d'intervento, inoltre, in alcune aree considerate esposte al rischio caduta massi, saranno realizzate opere di protezione impiegando tecnologie di difesa passiva e attiva, costituite da reti metalliche in aderenza rinforzate con funi e opportunamente chiodate alle pareti e barriere paramassi dislocate nei pendii a valle dei costoni lapidei.

Nel presente scritto si riporta una descrizione tecnica degli interventi previsti, relativamente alle opere sotterranee di nuova realizzazione e in termini di interventi sulle opere in sottterraneo esistenti.

2. RIFERIMENTI NORMATIVI

- [1] D.M. del 17.01.2018 "Aggiornamento delle *Norme Tecniche per le costruzioni*".
- [2] Circolare 21 gennaio 2019 n.7/C.S:LL:PP: "*Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme tecniche per le Costruzioni*".

3. STATO DI FATTO

L'infrastruttura esistente, nel tratto sotteso dall'intervento, è rappresentata dalla tratta di S.S.45 bis dal km 86+567 al km 88+800, in cui la sede attuale è quasi totalmente in galleria, fatta esclusione di limitati tratti all'aperto localizzati sostanzialmente ad inizio e fine intervento.

Nel dettaglio, si tratta di tre gallerie consecutive a sezione ogivale/policentrica, la cui costruzione risale ai primi decenni del 1900:

- Galleria "D'Acli".
- Galleria "Eutenia".
- Galleria "Dei Ciclopi".

Tali opere si sviluppano a breve distanza dal costone roccioso, con coperture che variano dai 20 agli oltre 100 m.

La piattaforma pavimentata varia tra 6.20 m e 7.40 m con una corsia per senso di marcia, di modulo circa 3.00 – 3.25 m e banchine pressoché inesistenti o al massimo pari a 0.25 m.

Le gallerie sono quasi interamente rivestite in cls, a meno di un tratto di circa 150-175 m di galleria Dei Ciclopi, non rivestita e con cavo lasciato a roccia viva.

Preliminarmente alla progettazione definitiva in oggetto si è proceduto con un'indagine strutturale sui rivestimenti delle gallerie, dalla quale è emerso che il calcestruzzo che costituisce il rivestimento definitivo si caratterizza per valori di resistenza a rottura cubica variabili, da un minimo di circa 10 MPa a un massimo di 33 MPa.

In termini geometrici si è osservato anche una forte variabilità dello spessore dei rivestimenti, da un minimo di 20-25 cm a un massimo di circa 100 cm.

In tutte e tre le gallerie sono inoltre presenti diverse aperture dal lato del lago, ossia delle finestre in sotterraneo di lunghezza fino a 15 m.



Figura 1 – Finestra lato lago su galleria D'Acli

3.1 GALLERIA D'ACLI

La Galleria "D'Acli" è interamente rivestita in calcestruzzo e presenta una lunghezza complessiva pari a circa 930 metri.

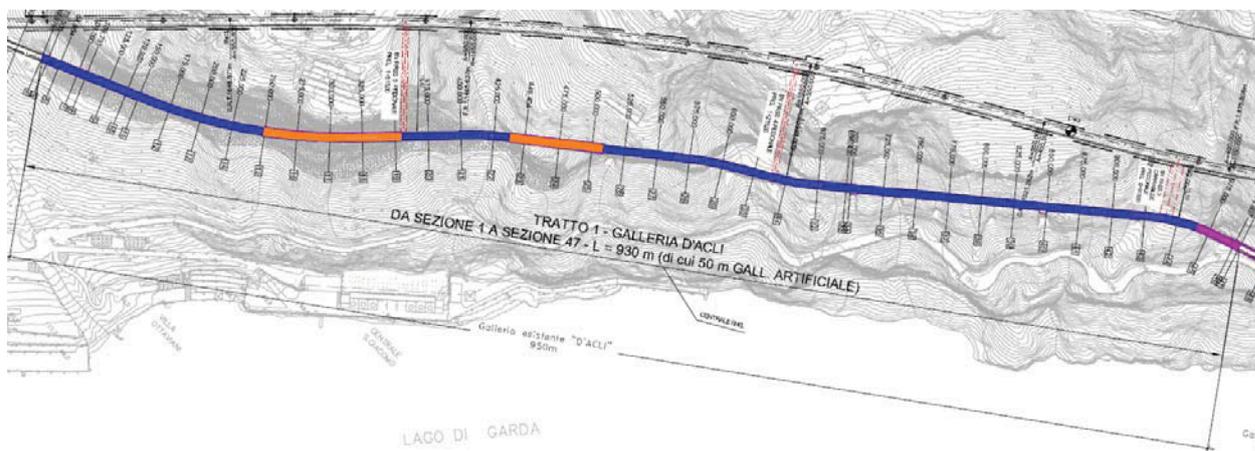


Figura 2 – Stralcio planimetrico galleria D'Acli

Con riferimento alla planimetria sopra, le sezioni tipo trasversali che la caratterizzano sono sostanzialmente 3:

- Ogivale stretta (tratto in blu)

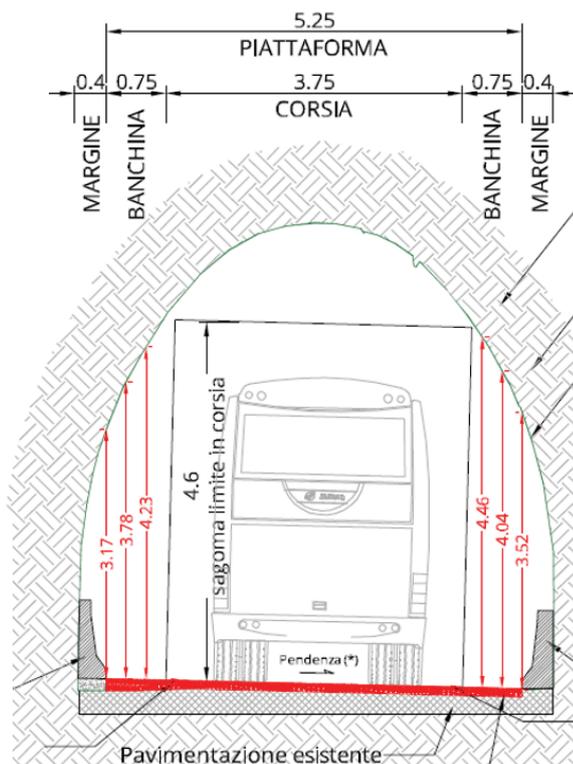


Figura 3 – Ogivale stretta

- Ogivale larga (tratti in arancione)

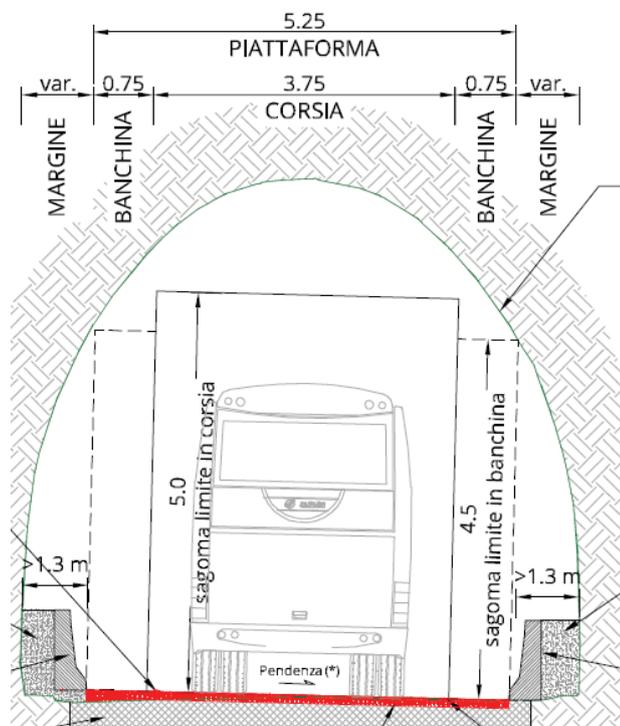


Figura 4 - Ogivale larga

- Rettangolare (tratti in viola).

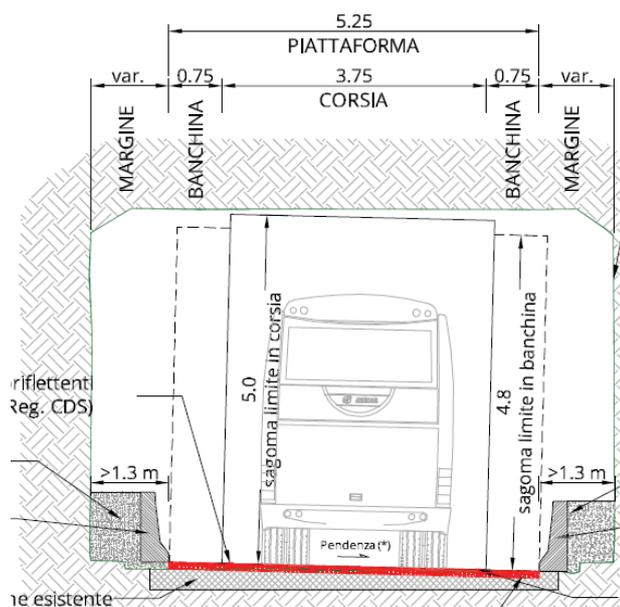


Figura 5 - Rettangolare

In corrispondenza dei tratti di "Ogivale stretta", si osserva una riduzione del franco altimetrico in banchina esterna a circa 3.50 – 4.00 m e tale criticità diventa di emergenza durante il passaggio contemporaneo di mezzi pesanti in una direzione e nell'altra: ciò ha determinato un urgente intervento da parte di Anas, seppur a carattere provvisorio, di limitazione del traffico nel senso bidirezionale. Nello specifico è stato difatti necessario installare un impianto semaforico prima della Galleria per il controllo e regolamentazione del traffico pesante in corrispondenza del tratto di sezione ridotta.

Di seguito le immagini degli imbocchi.



Figura 6 – D'Acili imbocco Sud



Figura 7 – D'Acili imbocco Nord

Come si può vedere all'imbocco nord è presente una galleria artificiale paramassi in c.a.a sezione rettangolare.

3.2 GALLERIA EUTENIA

La Galleria "Eutenia" è interamente rivestita in calcestruzzo e presenta una lunghezza complessiva pari a circa 65 metri.



Figura 8 – Stralcio planimetrico galleria Eutenia

La sezione tipo trasversale che la caratterizza è

- Ogivale stretta

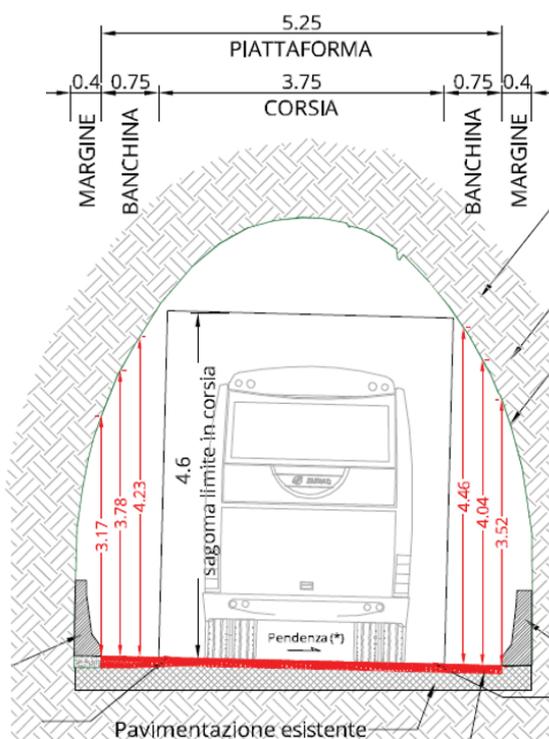


Figura 9 – Ogivale stretta

Di seguito le immagini degli imbocchi.



Figura 10 – D'Acli imbocco Sud



Figura 11 – D'Acili imbocco Nord

3.3 GALLERIA DEI CICLOPI

La Galleria "Dei Ciclopi" è parzialmente rivestita in calcestruzzo e presenta una lunghezza complessiva pari a circa 930 metri.



Figura 12 – Stralcio planimetrico galleria D'Acli

Di seguito un dettaglio del tratto non rivestito.



Figura 13 – Roccia a vista Dei Ciclopi

Con riferimento alla planimetria sopra, le sezioni tipo trasversali che la caratterizzano sono sostanzialmente 4:

- Ogivale stretta (tratto in rosso)

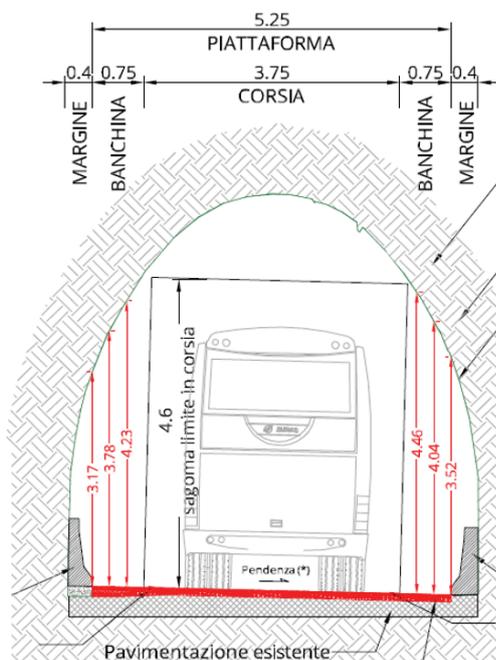


Figura 14 – Ogivale stretta

- Roccia a vista (tratti in giallo). In verde in figura sotto si riporta la sagoma della roccia a vista.

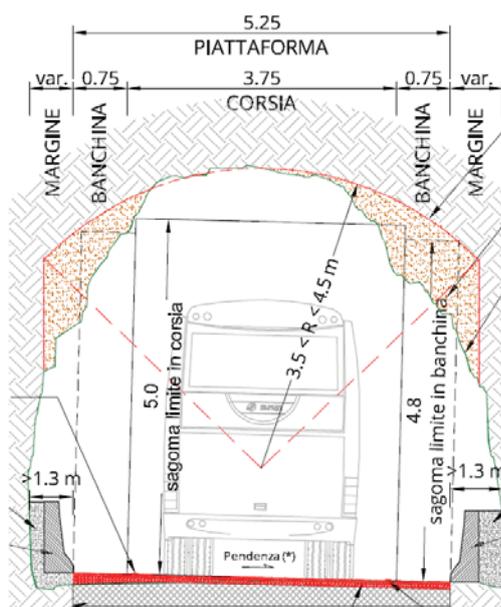


Figura 15 – Roccia a vista

- Ogivale Larga (tratti in celeste).

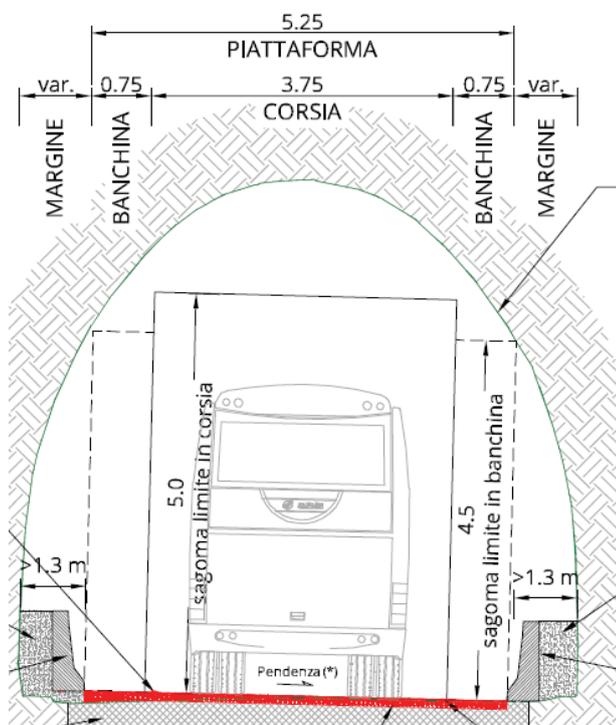


Figura 16 – Ogivale larga

- Policentrica Ordinaria (tratti in rosa), di più recente costruzione.

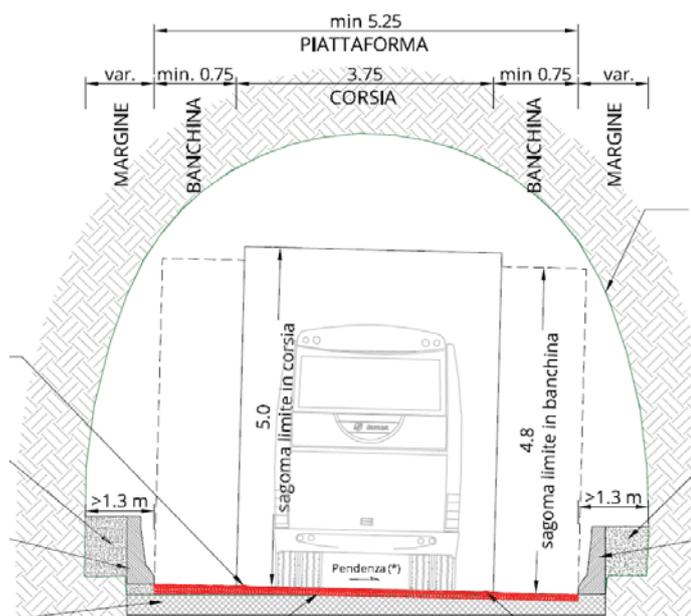


Figura 17 – Policentrica ordinaria

Di seguito le immagini degli imbocchi.



Figura 18 – Dei Cicli imbocco Sud



Figura 19 – Dei Ciclopi imbocco Nord

3.4 CAVERNA IMPIANTI

In adiacenza all'imbocco Nord della Galleria Dei Ciclopi, come si può vedere dalla Figura 19, è presente l'imbocco di un'ulteriore galleria, nel seguito denominata "Caverna Impianti", poiché al suo interno sono alloggiati le cabine impianti e la vasca di sicurezza a servizio delle attuali gallerie della Gardesana.

La sezione trasversale della Caverna è ogivale ed è parzialmente rivestita.

In particolare il rivestimento è presente per i primi 30m, il tratto interessato dalla presenza delle dotazioni impiantistiche.

Oltre questi primi metri è presente solo il rivestimento provvisorio della galleria, costituito da centine metalliche a contatto con l'ammasso roccioso retrostante.

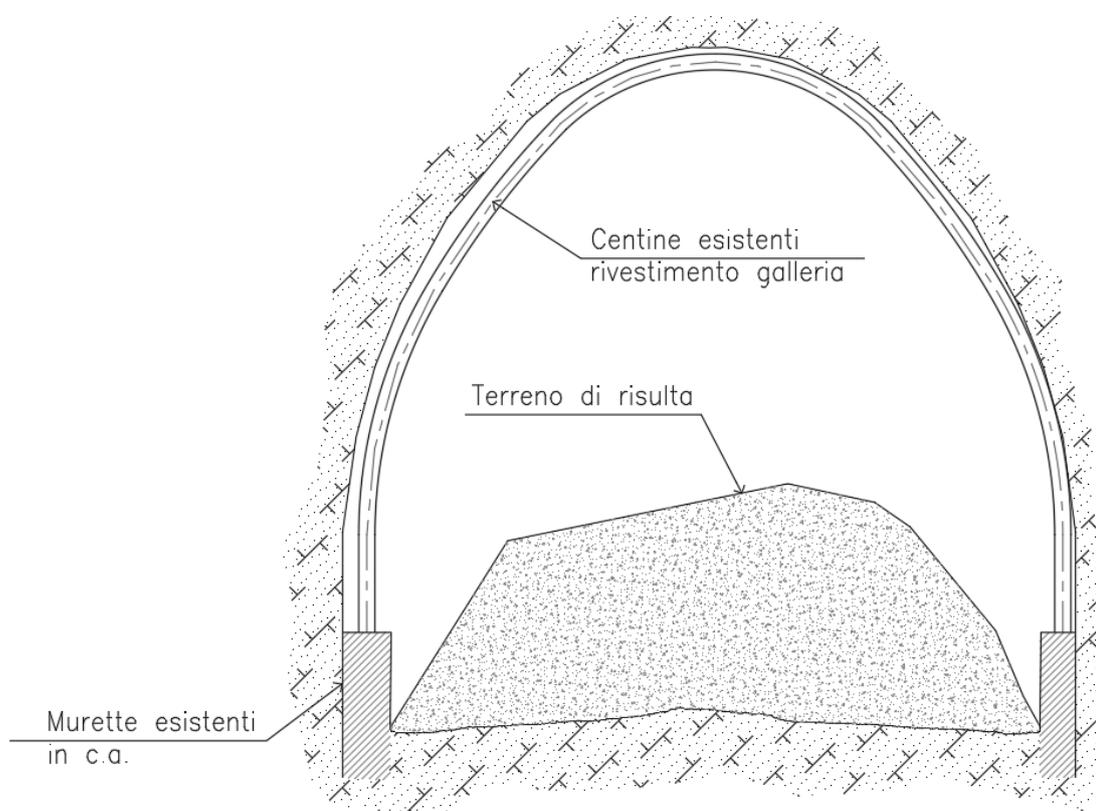


Figura 20 – Sezione trasversale stato di fatto Galleria Impianti

Come si può vedere nella figura sopra, è inoltre presente un cumulo di terreno posto sopra il piano di calpestio della galleria, realizzato con lo smarino estratto dallo scavo dell'attuale Galleria Impianti, interrotto in maniera definitiva dopo 120m circa dall'imbocco, a causa della formazione di un fornello esteso sino all'esterno.

4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOTECNICO

L'area di studio si inquadra nell'ambito delle Prealpi bresciane, il cui assetto strutturale è caratterizzato da una serie di superfici tettoniche sud e sud-est vergenti che generano sovrascorrimenti di notevole entità delle successioni più antiche, e quindi originariamente più profonde, su quelle più recenti. Pertanto, la caratteristica che risalta maggiormente nell'assetto geometrico delle formazioni rocciose, è costituito dal progressivo ringiovanimento delle successioni procedendo da nord a sud (dalla Formazione della Corna a nord, culminazione del Monte Comero, alla formazione della Scaglia Lombarda a sud, in località Amburana).

A livello geologico-generale, la zona di interesse progettuale è inserita nel sistema del Bacino lombardo orientale, posizionato fra la direttrice della Linea delle Giudicarie Sud e la Linea di Ballino – Garda.

Procedendo da nord-ovest verso sud-est è infatti possibile individuare tre domini geologico-strutturali differenti:

1. Area di affioramento del Basamento cristallino (il sistema è rappresentato dal "Massiccio delle tre valli bresciane" ed è costituito dalle intrusioni magmatiche dell'Adamello e la sua copertura vulcanica);
2. Monoclinal dolomitica sovrascorsa, costituita, a grande scala, da un esteso "piastrone" di dolomie noriche e retiche a comportamento rigido;
3. Fronte di accavallamento Tremosine-Tignale e fascio di pieghe frontali ad esso associato.

Dal punto di vista geodinamico le strutture tettoniche presenti, in generale, si sono originate, secondo le interpretazioni più recenti, da fenomeni essenzialmente compressivi causati principalmente dal movimento (intrusione) verso sud del blocco crostale più rigido costituito dal corpo dell'Adamello, che nella traslazione sarebbe stato delimitato a meridione dalla linea della Val Trompia (essenzialmente compressiva) e verso est dalla linea delle Giudicarie (trascorrente più a nord) e con caratteri transpressivi nella zona del Garda.

Le principali lineazioni tettoniche rilevabili nell'area possono essere raggruppate secondo due principali direzioni strutturali:

1. Un sistema a direzione orobica-valsuganese (con direzioni variabili da E-W a ENEWSW);
2. Un sistema a direzione giudicariense (con direzioni variabili da NNE-SSW a NE-SW).

Andando più nel dettaglio, il più importante lineamento ad andamento giudicariense, rilevabile sulla sponda occidentale del Lago di Garda, è rappresentato dal sovrascorrimento Tremosine-Tignale, vergente verso sud-est che provoca, a grande scala, la sovrapposizione della Dolomia principale sulla successione dei terreni mesozoici.

Alla scala del territorio del Comune di Gargnano (porzione a lago), è presente, in corrispondenza del rilievo del M.te Comero, il sovrascorrimento associato al lineamento di Tremosine-Tignale, ove si rendono manifeste le strutture frontali associate a tale struttura: anticlinale del M.te Comero, in cui la Formazione della Corna appare piegata rigidamente secondo un'ampia struttura plicativa sud – vergente e al letto (fascia montuosa-collinare prospiciente la sponda lacustre) le formazioni via via più recenti in successione rovesciata (Medolo, F.ne di Concesio, Maiolica, Scaglia Lombarda che hanno reagito all'applicazione dello stress deformandosi in pieghe e andando a costituire, dal punto di vista tettonico, il fascio di piegamenti frontali e basali associati alla struttura di compressione principale, di cui la principale è la sinclinale di Muslone.

Le strutture plicative di maggior significato, di dimensioni da ettometriche a chilometriche, evidenziano prevalenti assi a direzione N40°-220° disposte parallelamente al fronte di accavallamento e alla sponda benacense.

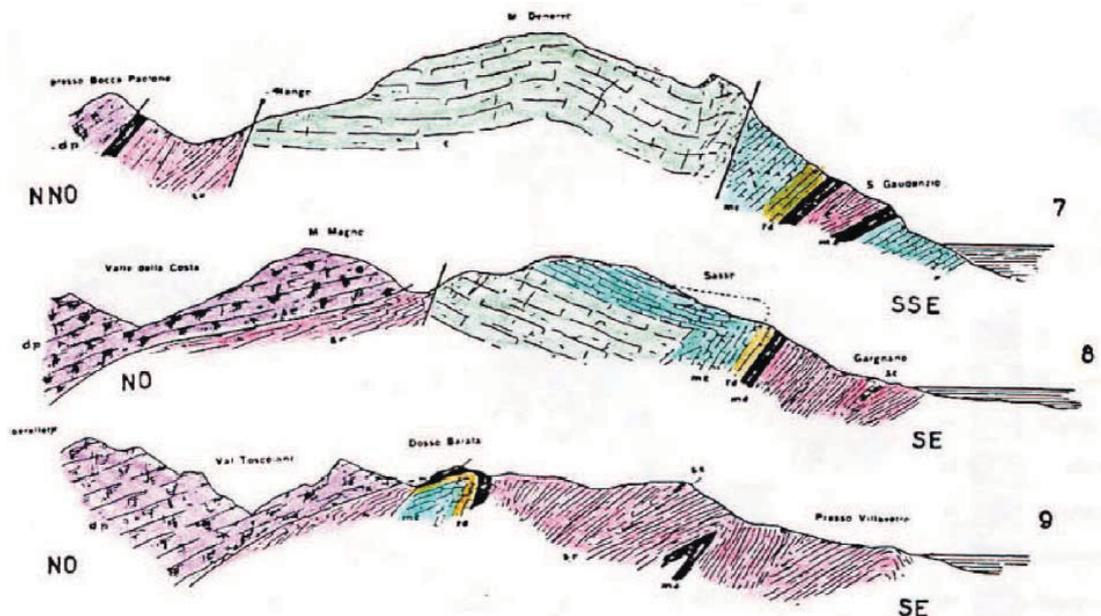


Figura 21 - Sezioni geologiche ad orientamento NW-SE da M.te Denervo, M.te Magno e Dossò Barata a lago.

Quest'ultima, caratterizzata, al nucleo, dalla presenza della Scaglia Lombarda mentre i fianchi comprendono le formazioni giurassiche stratificate (dalla Maiolica al Medolo), assume una posizione da inclinata a rovesciata passando da S. Gaudenzio alla zona del Gaz. Contemporaneamente, a monte, il contatto della formazione della Corna con il Medolo in posizione rovesciata si realizza mediante un passaggio stratigrafico nella parte centrale ed evolve in sovrascorrimento sud-est vergente, con l'accavallamento delle masse e rovesciamento completo della sinclinale a livello della località Pis.

Vengono di seguito esposte le principali caratteristiche stratigrafiche delle unità formazionali che costituiscono il substrato roccioso meso-cenozoico, con la distinzione tra le diverse formazioni della Successione Stratigrafica Pre-quadernaria e le coperture quadernarie e recenti.

4.1DESCIZIONE DELLE UNITÀ GEOLOGICHE

Di seguito vengono descritte le formazioni **pre-quadernarie**, dalla più antica alla più recente.

Medolo. Si tratta di calcari per lo più marnosi, di colore chiaro o scuro, ad evidente stratificazione, con letti e noduli di selce e con intercalazioni di più o meno abbondanti di marne fino ad argilliti grigio-verdastre. Localmente è possibile la distinzione nei due membri che la costituiscono: il calcare di Gardone Val Trompia e il Calcare di Domaro. Il limite inferiore è rappresentato dalla Corna o dal Corso o da altre formazioni; il limite superiore è invece rappresentato dalla Formazione di Concesio. La potenza massima stimata è di circa 800 m. La formazione affiora diffusamente lungo tutta l'area, ad una quota che va da quella del Lago di Garda fino ad un massimo di 210 m nel settore nord. La formazione affiora diffusamente lungo tutta l'area, ad una quota che va da quella del Lago di Garda fino ad un massimo di 210 m nel settore nord. La formazione affiora lungo tutto il taglio stradale della vecchia S.S.45bis Gardesana (Via San Giacomo) che passa a valle delle gallerie esistenti; si presenta come alternanze di calcari selciferi in strati da pochi centimetri a 15 cm di spessore, con marne argillose e scagliose grigio verdastre, fissili. All'interno della formazioni sono presenti liste, arnioni e noduli di selce nera.

Formazione di Concesio. E' costituita da calcari, anche marnosi, e talora più o meno detritici, da grigiastri a nocciola, frequentemente selciosi, a stratificazione evidente, con intercalazioni di marne grigio-verdastre talora abbondanti. Localmente sono distinguibili due membri: i calcari nocciola e calcari medoloidi. La formazione appare molto simile alla F.ne del Medolo, da cui spesso non è facilmente distinguibile. La potenza è variabile fra i 100 e i 300 m, il limite inferiore è rappresentato in generale dal Medolo, mentre superiormente passa alla Formazione di Navone o al Selcifero lombardo. Nell'area di studio la formazione affiora diffusamente al di sopra del Medolo, fino ad una quota massima di 370 m slm nel settore nord. Essa costituisce le imponenti pareti sub-verticali che sovrastano l'imbocco sud della galleria esistente.

Formazione di Navone. La formazione è costituita da calcari marnoso silicei, da grigio chiari a grigio scuri, con selci in prevalenza grigiastre in noduli liste o letti, localmente molto abbondanti, ad evidente stratificazione; sono presenti veli o intercalazioni di litotipi marnoso-argillosi grigio-verdolini. La potenza non raggiunge mai valori molto elevati con caratteri di transizione tra i calcari medoloidi della F.ne di Concesio, coincidente con il limite inferiore, ed il Selcifero lombardo (limite superiore). Nell'area di studio la formazione assume uno spessore medio di 20/25 m e viene dislocata dalle faglie ad alto angolo trasversali alla struttura plicativa; la formazione affiora ad una quota compresa tra un minimo di 270 m slm all'imbocco sud e un massimo 400 m slm nell'area dell'imbocco nord, sempre superiore alla quota di scavo della galleria in progetto.

Selcifero Lombardo. Si tratta di una formazione costituita da radiolariti identificate con selci policrome, con colore che va dal bruno, giallastro, grigio e rosso ruggine, con intercalate marne calcaree e silicee, grigio scuro e grigio verdastro, e selci nere, passanti a marne calcareo-silicee con colorazione grigio verdi, giallastre, e selci verde oliva e arancioni con bordi neri. La formazione si colloca superiormente alla Formazione di Navone ed ha un'età compresa tra il Bajociano superiore e il Titoniano inferiore. Nell'area della galleria in progetto assume uno spessore medio di circa 40 m, affiorando da una quota minima di 270 m slm all'imbocco sud, fino ad una quota massima di 420 m slm nell'area dell'imbocco nord.

Maiolica. Si tratta di calcari bianchi e biancastri, grigi esternamente e bianco lattei all'interno, compatti, microcristallini a frattura concoide, ben stratificati, con selci grigio scure e azzurrine in orizzonti o noduli; sono interessate diffusamente da suture stilolitiche e minute fessure riempite di calcite secondaria; il contenuto paleontologico si riferisce a microfossili come Calpionelle e radiolari. Presenza locale di intercalazioni argillose a volte bituminose, nerastre, frequentemente fogliettate, di differente spessore. La Maiolica si colloca al di sopra del Selcifero Lombardo, con una potenza media nell'area di progetto di circa 65 m. Lungo la strada che sale verso l'abitato di Muslone, la Maiolica affiora lungo i tagli di sbancamento di monte, a luoghi ricoperta da una spessa coltre di depositi detritici di alterazione.

Scaglia Lombarda. Suddivisa in tre unità Scaglia Variegata, Scaglia Rossa e Scaglia Cinerea, caratterizzate da marne fogliettate, di colore in prevalenza grigiastro e nerastro, alternatisi inizialmente con altre rosso vinate e grigio verdastre (SV) passante a marne e marne argillose rosa salmone intenso e rosso mattone, con intercalazioni di calcari marnosi compatti e di calcari arenacei (Scaglia rossa-SR); la scaglia cinerea (SC) è rappresentata da marne argillose grigio giallastre, marne, marne calcaree sino a calcari marnosi, ad alterazione grigio cenere, localmente con calcareniti ad elementi organogeni e con quarzo ed olivina. Nell'area di studio, la Formazione è rappresentata esclusivamente dal termine più basso riferito alla Scaglia Rossa. Essa affiora principalmente, in maniera discontinua, lungo i tagli stradali di Via Muslone, spesso ricoperta dai depositi di alterazione detritica. A tergo del muro della galleria artificiale che si trova prima dell'abitato di San Gaudenzio, realizzata a protezione della caduta massi dalle pareti rocciose sovrastanti, affiora il limite stratigrafico tra la Maiolica e la Scaglia Rossa.

Di seguito vengono descritte le formazioni **quaternarie e recenti**.

Depositi morenici. Sono depositi di origine glaciale, costituiti da sedimenti massivi privi di orientazione degli elementi litoidi in forza al meccanismo di messa in posto (ghiacciaio). Si tratta, in generale, di terreni misti, costituiti da ghiaie sabbiose con ciottoli e trovanti esotici e di natura poligenica immersi in una matrice limosa. In generale le morene sormontano il substrato roccioso afferente alla Scaglia lombarda/Maiolica, con spessori modesti. In generale, i depositi morenici sormontano il substrato roccioso afferente alla Scaglia lombarda/Maiolica, ad una quota variabile con potenze variabili, da pochi metri a circa 15-20 m.

Detrito cementato. E' rappresentato da un'alternanza di orizzonti e lenti prevalentemente ghiaiose e/o sabbiose, con ciottoli e trovanti a basso grado di arrotondamento, soggetti a cementazione, che fornisce al deposito una consistenza litoide o pseudolitoide. Questi depositi affiorano limitatamente nella zona dello svincolo della S.P. che sale per Tignale, per uno spessore di circa 2 m, poggianti direttamente sul Medolo. A tratti, sono ricoperti in superficie da una coltre detritica sciolta, di modesto spessore. L'età di riferimento è olocenica.

Coltre eluvio-colluviale e detriti di conoide. Si tratta di terreni eterogenei, a granulometria da ghiaioso-sabbiosa a limoso-argillosa, talvolta anche ciottolosa, con colorazioni variabili da rossastro a bruno giallastro, a basso grado di addensamento, derivati dall'alterazione e smantellamento dei rilievi rocciosi rappresentati dal substrato pre-quaternario (calcarei dolomitici, calcari e marne) e dai depositi morenici. In questo gruppo sono stati accorpate anche i depositi di conoide pedemontana, che hanno subito trasporto per opera dei corsi d'acqua e successivo deposito per gravità, generando una tipica forma a cono/ventaglio. Tali depositi affiorano diffusamente in tutta l'area di studio, principalmente nelle aree a minore pendenza, con spessori variabili da qualche metro a decine di metri. I depositi detritici sono riferiti, anch'essi, all'Olocene.

Depositi antropici. Si tratta di materiali di riporto, eterogeneo e incoerente, costituenti i riempimenti di antiche depressioni morfologiche e i rilevati stradali esistenti.

La falda è posta ben al di sotto del piano di scavo delle opere, pertanto non è interessata dagli interventi in progetto.

4.2 DEFINIZIONE DELLE UNITÀ GEOTECNICHE

L'ammasso roccioso/terroso interessato dal progetto della variante in galleria è stato oggetto di due campagne di indagini geognostiche e geofisiche tali da definirne in maniera accettabile, i parametri necessari per la progettazione:

- Campagna indagini 2017, condotta preliminarmente alla redazione del PTFE (Progetto di Fattibilità Tecnico-Economica).
- Campagna indagini 2019, condotta a integrazione della campagna 2017, finalizzata dalla Progettazione Definitiva, oggetto del presente studio.

Sulla base delle indagini condotte emerge che le unità geotecniche interessate dalle opere previste in progetto sono sostanzialmente tre, una di natura terrosa e due di natura rocciosa:

- **Unità A**, costituita dalla Coltre eluvio-colluviale e detriti di conoide.
- **Unità B**, costituita dal Detrito cementato a comportamento essenzialmente litoide.
- **Unità C**, costituita dall'Ammasso calcareo interessato dalle opere, nel quale rientrano il Medolo e la formazione di Concesio. Principalmente ai fini della progettazione delle opere in sotterraneo, l'unità in esame è stata a sua volta suddivisa in due sottounità:

- **Unità C₁**, costituisce le porzioni di ammasso non interessate dalle superfici di scorrimento. I parametri caratteristici si posizionano in corrispondenza dei valori medi tra quelli ricavati dalle indagini.
- **Unità C₂**, costituisce le porzioni di ammasso tipo C interessate dalle superfici di scorrimento. I parametri caratteristici si posizionano in corrispondenza dei valori minimi tra quelli ricavati dalle indagini.

Sulla base di quanto esposto nei paragrafi precedenti, per le unità geotecniche **A**, **B** e **C** si possono assumere gli intervalli di parametri riepilogati nella tabella seguente.

SINTESI PARAMETRI GEOTECNICI										
Unità	Peso dell'unità di volume (kN/m ³)	Resistenza a compressione monoassiale roccia intatta σ_{ci} (MPa)		GSI	m_i	Modulo elastico roccia intatta E_i (GPa)		Coesione drenata c' (kPa)	Angolo d'attrito ϕ'	Modulo elastico ammasso E_m (MPa)
A	20							0	32	35
B	24	8		46	20	3.9				
C	26	35	÷ 50	27 ÷ 45	8	27	÷ 50	102 ÷ 548	30 ÷ 51	500-3100

5. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI

5.1 Galleria Muslone

L'intervento ha inizio sulla rotatoria di progetto nella quale convergono i due rami di progetto monodirezionali della S.P.45bis, la S.P.38 per l'abitato di Tignale e la prosecuzione a doppio senso della S.p.45bis direzione Ovest.

La galleria è compresa tra progressive 0+009.00 e 1+821.00 e ha quindi uno sviluppo totale di 1812 m, di cui:

- 1790 m in naturale.
- 6 m in galleria artificiale in corrispondenza dell'imbocco Nord.
- 16 m in galleria artificiale in corrispondenza dell'imbocco Sud.

Si tratta di una galleria a canna unica, caratterizzata, nella sezione corrente, da un raggio interno di 4.90 m, con un pavimento di larghezza complessiva pari a 7.00 m, comprendenti:

- la corsia di marcia da 4.00 m;
- le due banchine laterali da 1.00 e 2.00 m ciascuna.

Queste ultime sono delimitate, come previsto dalla vigente normativa, da New Jersey a ridosso dei piedritti della galleria stessa, con a tergo il vano per l'alloggiamento dei cavidotti per gli impianti.

Di seguito la sezione d'intradosso della galleria.

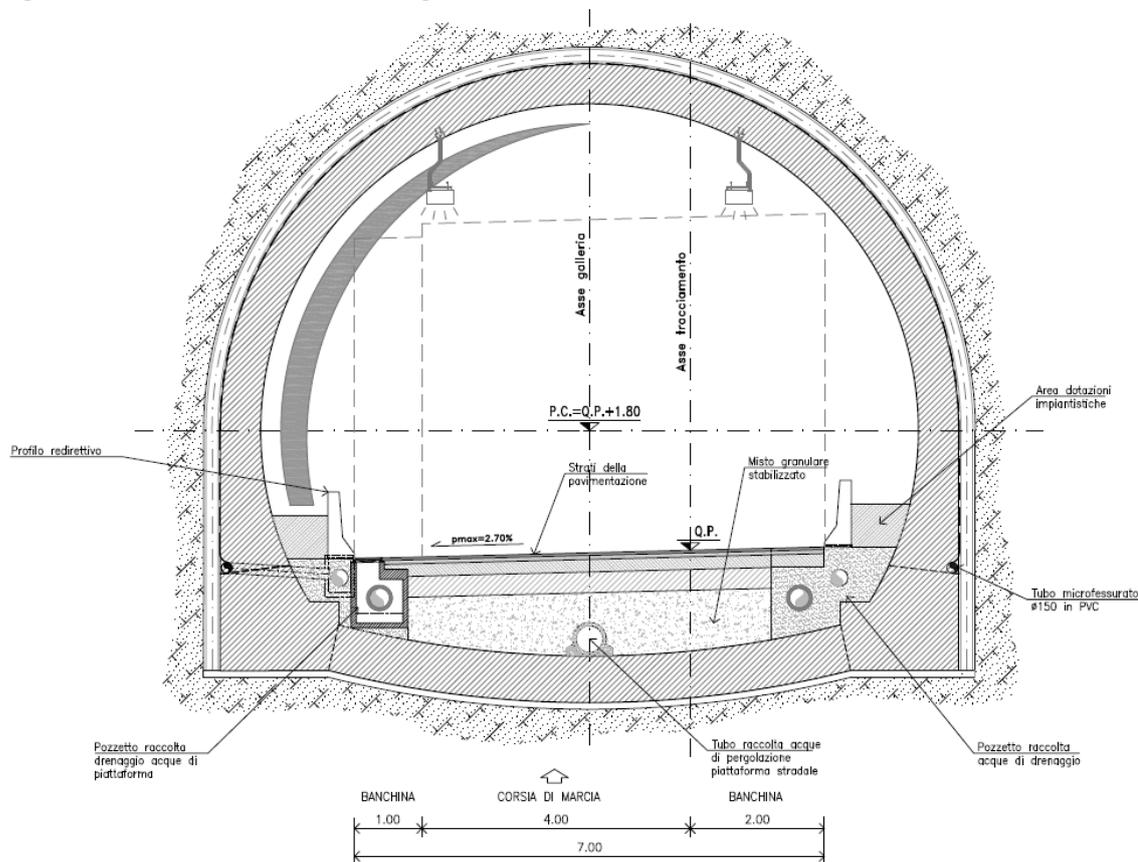


Figura 22 – Sezione d'intradosso galleria

Ai fini della sicurezza stradale, è prevista la realizzazione di due piazzole di sosta tra loro distanti 600 m, e di cinque by-pass di collegamento con le gallerie naturali esistenti posti ogni 300 m circa, dei quali 4 pedonali e quello centrale carrabile/pedonale.

L'imbocco Nord è di tipo diretto, mentre l'imbocco Sud verrà realizzato con l'ausilio di una paratia di micropali multirantata.

5.1.1 Tratto in Naturale

Il tratto in naturale interessa sostanzialmente l'ammasso calcareo marnoso (unità C), a meno di un breve tratto all'imbocco Sud dove è prevista la presenza di coltre eluvio-colluviale (Unità A) nella parte alta della sagoma del cavo.

La copertura litostatica varia tra un minimo di circa 4 m agli imbocchi fino ad un massimo di 170 m nel settore centrale.

La tipologia di avanzamento prevede lo scavo a piena sezione con la realizzazione di consolidamenti al contorno e/o al fronte nelle zone a maggior fratturazione e in corrispondenza degli imbocchi e solo con centine e spritz o solo chiodi e spritz dove l'ammasso presenta coperture adeguate e migliori caratteristiche geomeccaniche.

Lo scavo avverrà con l'impiego di esplosivo/mezzi meccanici per i tratti a sufficiente distanza dalle gallerie esistenti e in porzioni di ammasso con caratteristiche geomeccaniche migliori, con martellone (o con mezzi meccanici alternativi) nei restanti tratti. Inoltre, nei tratti di affiancamento alle gallerie esistenti e per i by-pass si dovrà impiegare mezzo di scavo meccanico con limitazione dei mezzi di produzione, al fine di non arrecare danni alle preesistenze.

Per lo scavo della **Sezione Corrente** della galleria sono previste 4 sezioni tipo di scavo e consolidamento.

Per lo scavo della **Piazzola** è prevista 1 sezione tipo di scavo e consolidamento.

Per lo scavo del **By-Pass carrabile/pedonale** è prevista 1 sezione tipo di scavo e consolidamento.

Per lo scavo dei **By-Pass pedonali** è prevista 1 sezione tipo di scavo e consolidamento.

Di seguito la descrizione delle sezioni sopra elencate.

5.1.1.1 Sezione tipo A1

La sezione tipo A1 è cilindrica e viene utilizzata nei tratti di galleria naturale in cui lo scavo interessa l'Unità C1 in condizioni di galleria profonda.

La sezione tipo A1 è caratterizzata da:

- Scavo a piena sezione con sfondo massimo pari a 3 m;
- 3+3 drenaggi (eventuali) in avanzamento, L=36 m, sovrapp.=18 m, rivestiti con calza TNT;
- impermeabilizzazione costituita da tessuto non tessuto e manto in PVC;
- intervento di presostegno del cavo mediante 11/12 chiodi tipo Superswellex, L=4.5 m, disposti a quinconce con maglia 1.50 m x 1.50 m;
- prerivestimento composto da uno strato di 20 cm di spritz-beton fibrorinforzato;
- strato (eventuale) di 5 cm di spritz-beton fibrorinforzato al fronte;
- arco rovescio in ca di spessore 70 cm e murette gettate ad una distanza massima dal fronte pari a 5 diametri;
- rivestimento definitivo di calotta in ca dello spessore 60 cm.

Si prevede di eseguire lo scavo mediante l'impiego di esplosivo/mezzi meccanici; nei tratti in vicinanza della galleria esistente si procederà mediante martellone (o con mezzi meccanici alternativi ma con limitazione dei sistemi di produzione) come definito nel Profilo geomeccanico.

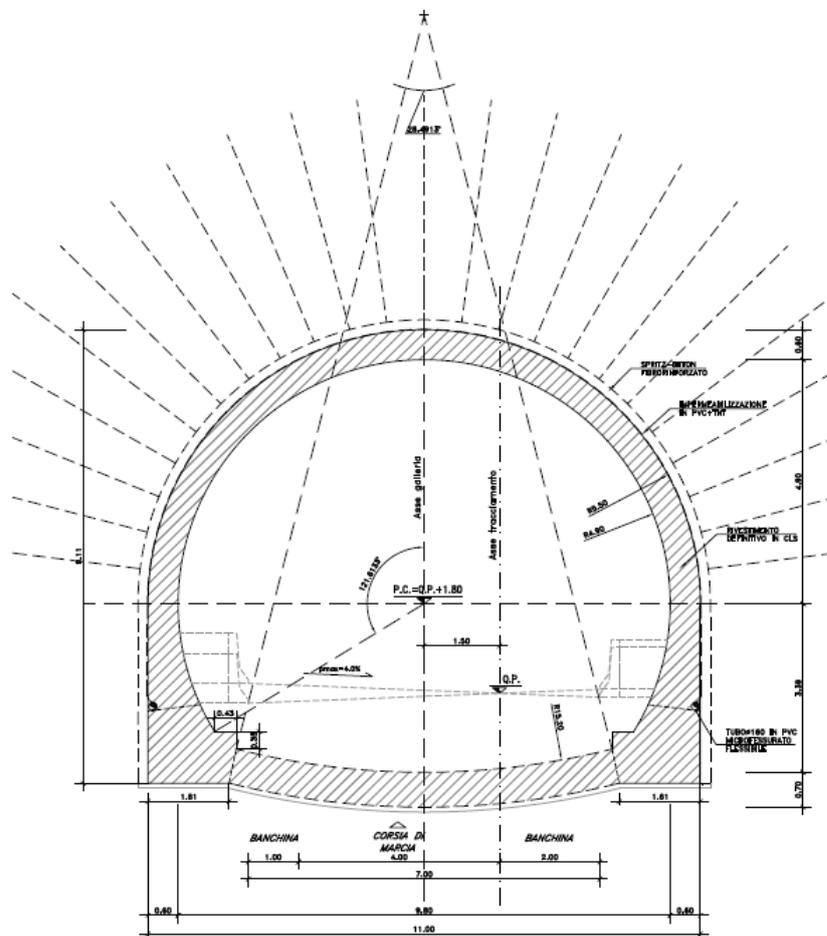


Figura 23 – Sezione tipo di avanzamento A1

5.1.1.2 Sezione A2

La sezione tipo A2 è cilindrica e viene utilizzata nei tratti di galleria naturale in cui lo scavo interessa l'Unità C1 in condizioni di galleria profonda.

La sezione tipo A2 è caratterizzata da:

- Scavo a piena sezione con sfondo massimo pari a 1.20 m;
- 3+3 drenaggi (eventuali) in avanzamento, $L=36$ m, sovrapp.=18 m, rivestiti con calza TNT;
- impermeabilizzazione costituita da tessuto non tessuto e manto in PVC;
- priverivestimento composto da doppie centine IPN180 con passo 1.20 m e da uno strato di 25 cm di spritz-beton fibrorinforzato;
- strato (eventuale) di 5 cm di spritz-beton fibrorinforzato al fronte;
- arco rovescio in ca di spessore 70 cm e murette gettate ad una distanza massima dal fronte pari a 5 diametri;
- rivestimento definitivo di calotta in ca dello spessore 60 cm.

Si prevede di eseguire lo scavo mediante l'impiego di esplosivo/mezzi meccanici; nei tratti in vicinanza della galleria esistente si procederà mediante martellone (o con mezzi meccanici alternativi ma con limitazione dei sistemi di produzione) come definito nel Profilo geomeccanico.

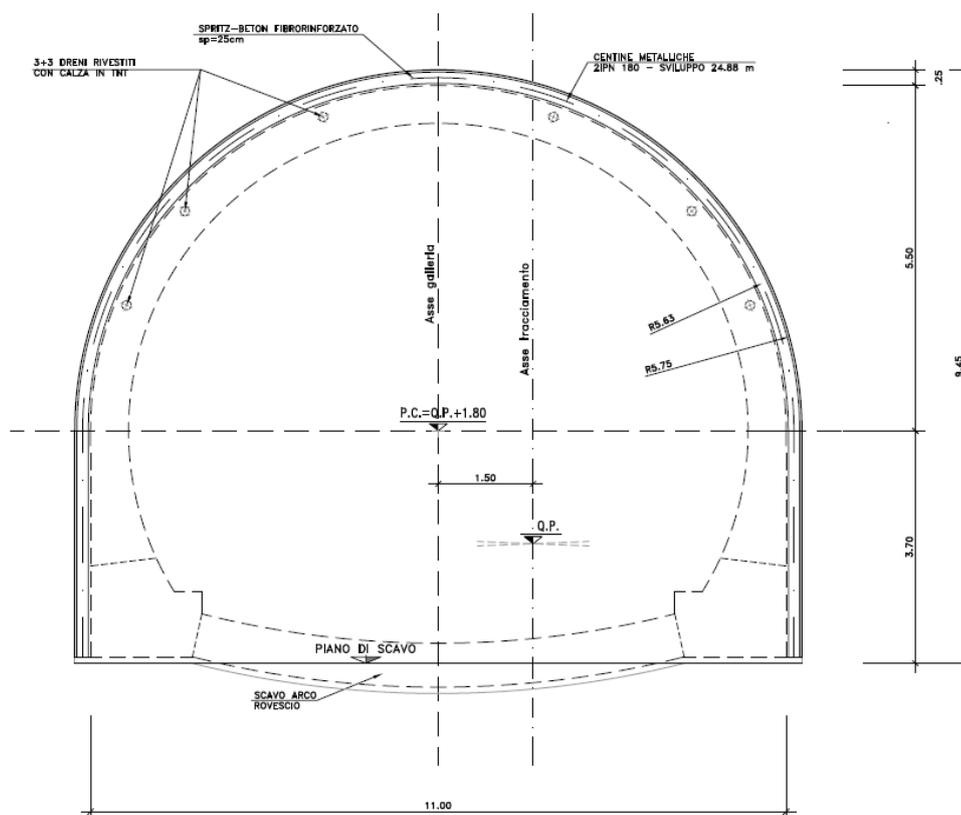


Figura 24 – Sezione tipo di avanzamento A2

5.1.1.3 Sezione B1

La sezione tipo B1 è troncoconica e viene utilizzata nei tratti di galleria naturale in cui lo scavo interessa l'Unità C2 in condizioni di galleria profonda.

La sezione tipo B1 è caratterizzata da:

- Scavo a piena sezione con sfondo massimo pari a 1.0 m;
- 3+3 drenaggi (eventuali) in avanzamento, L=36 m, sovrapp.=27 m, rivestiti con calza TNT;
- impermeabilizzazione costituita da tessuto non tessuto e manto in PVC;
- intervento di presostegno del cavo mediante infilaggi metallici costituiti da 37 tubi Φ 114.3 e spessore 10 mm, L=15.0 m, sovrapposizione minima 6.0 m, valvolati;
- priverestimento composto da doppie centine IPN200 con passo 1.0 m e da uno strato di 30 cm di spritz-beton fibrorinforzato;
- strato di 10 cm di spritz-beton fibrorinforzato al fronte;
- arco rovescio in ca di spessore 80 cm e murette gettate ad una distanza massima dal fronte pari a 1.5 diametri;
- rivestimento definitivo di calotta in ca di spessore variabile da 60 a 105 cm gettato ad una distanza massima dal fronte pari a 3 diametri.

Si prevede di eseguire lo scavo mediante martellone (o con mezzi meccanici alternativi).

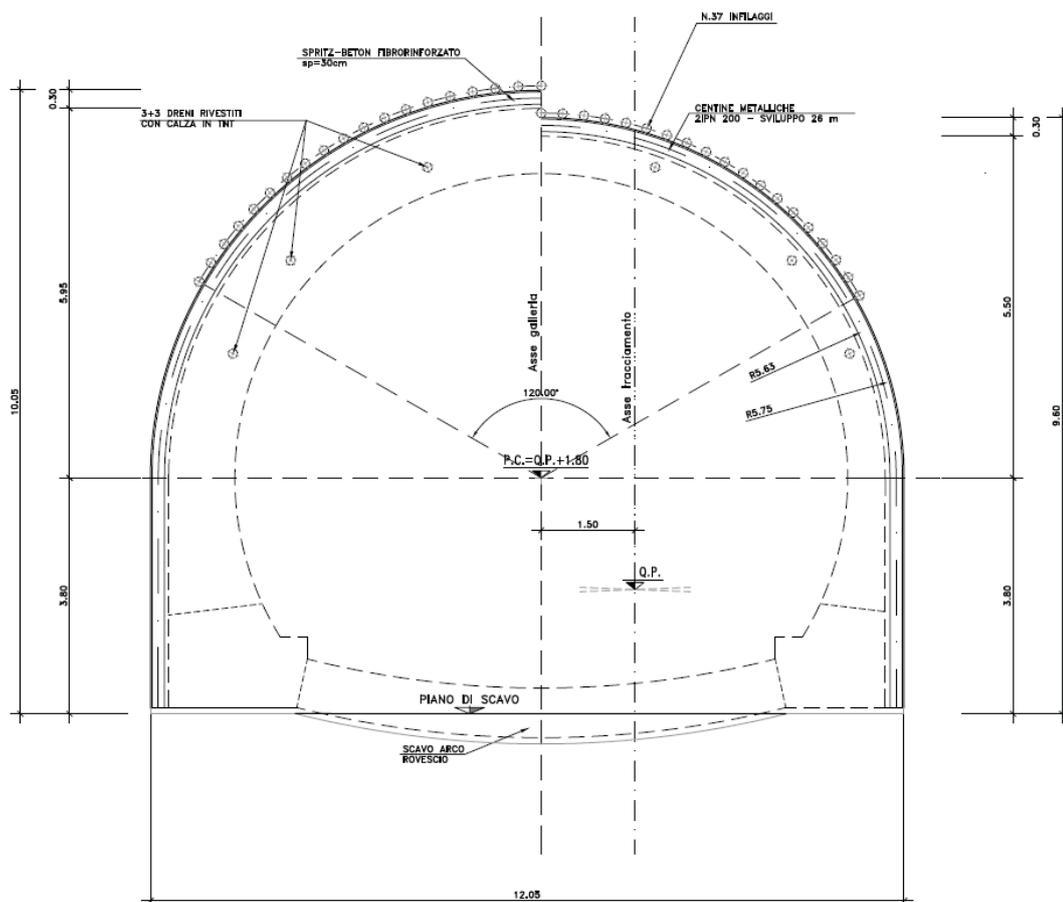


Figura 25 – Sezione tipo di avanzamento B1

5.1.1.4 Sezione B2

La sezione tipo B2 è troncoconica e viene utilizzata nei tratti di galleria naturale in cui lo scavo interessa l'Unità A nella porzione sommitale del fronte e in calotta in condizioni di galleria superficiale, in corrispondenza dell'Imbocco Sud.

La sezione tipo B2 è caratterizzata da:

- Scavo a piena sezione con sfondo massimo variabile da 0.80 a 1.2 m;
- 3+3 drenaggi (eventuali) in avanzamento, L=36 m, sovrapp.=27 m, rivestiti con calza TNT;
- impermeabilizzazione costituita da tessuto non tessuto e manto in PVC;
- intervento di consolidamento del fronte mediante la posa in opera di $44 \pm 10\%$ elementi strutturali in vtr L=18.0 m, sovrapposizione minima 9.0 m, cementati in foro con miscele espansive;
- intervento di presostegno del cavo mediante infilaggi metallici costituiti da 37 tubi Φ 114.3 e spessore 10 mm, L=15.0 m, sovrapposizione minima 6.0 m, valvolati;
- priverstimento composto da doppie centine IPN200 con passo variabile da 0.80 a 1.2 m e da uno strato di 30 cm di spritz-beton fibrorinforzato;
- strato di 10 cm di spritz-beton fibrorinforzato al fronte;
- arco rovescio in ca di spessore 80 cm e murette gettate ad una distanza massima dal fronte pari a 1.5 diametri;

- rivestimento definitivo di calotta in ca di spessore variabile da 60 a 105 cm gettato ad una distanza massima dal fronte pari a 3 diametri.

Si prevede di eseguire lo scavo mediante martellone (o con mezzi meccanici alternativi ma con limitazione dei sistemi di produzione).

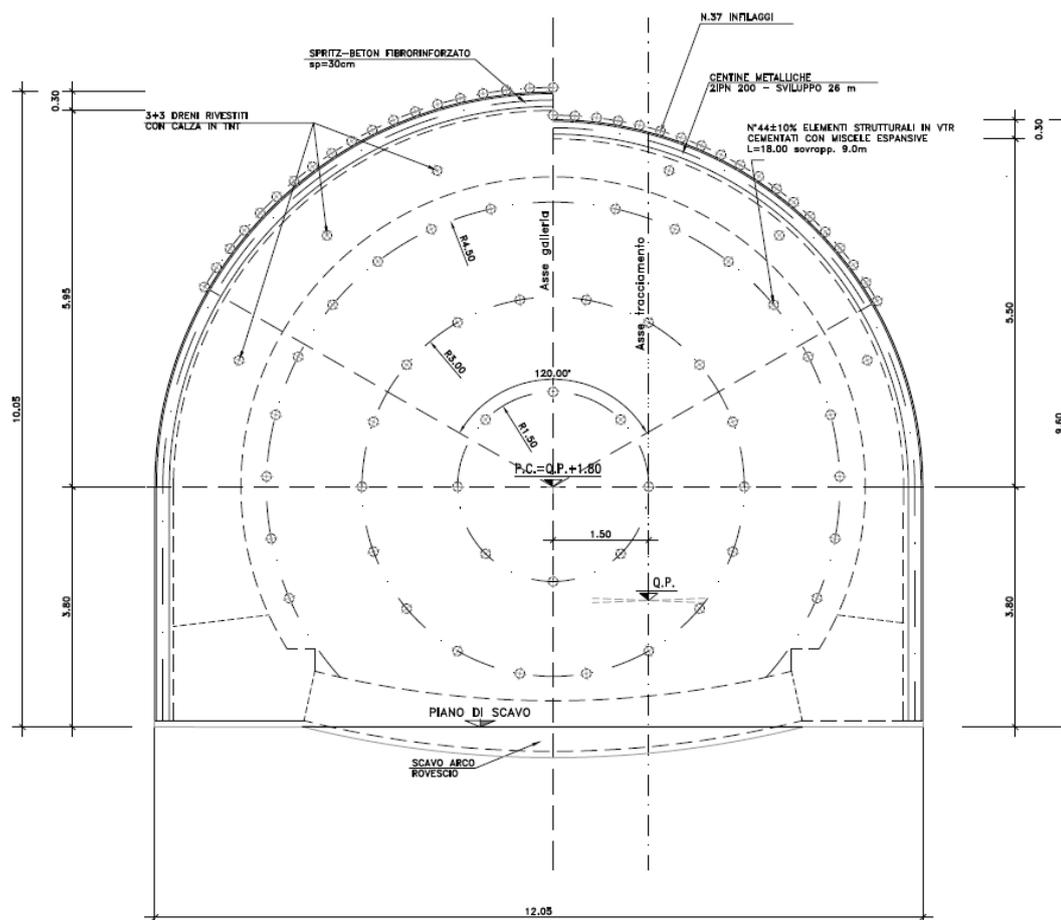


Figura 26 – Sezione tipo di avanzamento B2

5.1.1.5 Sezione Piazzola

La sezione tipo Piazzola è cilindrica e viene utilizzata nei tratti di galleria naturale in cui si prevede l'inserimento di una piazzola di sosta e lo scavo interessa l'Unità C1 in condizioni di galleria profonda.

La sezione tipo Piazzola è caratterizzata da:

- Scavo a piena sezione con sfondo massimo pari a 1.0 m;
- 3+3 drenaggi (eventuali) in avanzamento, L=36 m, sovrapp.=18 m, rivestiti con calza TNT;
- impermeabilizzazione costituita da tessuto non tessuto e manto in PVC;
- prerivestimento composto da doppie centine IPN200 con passo 1.0 m e da uno strato di 30 cm di spritz-beton fibrorinforzato;
- strato (eventuale) di 5 cm di spritz-beton fibrorinforzato al fronte;
- arco rovescio in ca di spessore 70 cm e murette gettate ad una distanza massima dal fronte pari a 5 diametri;

- rivestimento definitivo di calotta in ca dello spessore 60 cm.
- Si prevede di eseguire lo scavo mediante esplosivi/mezzi meccanici.

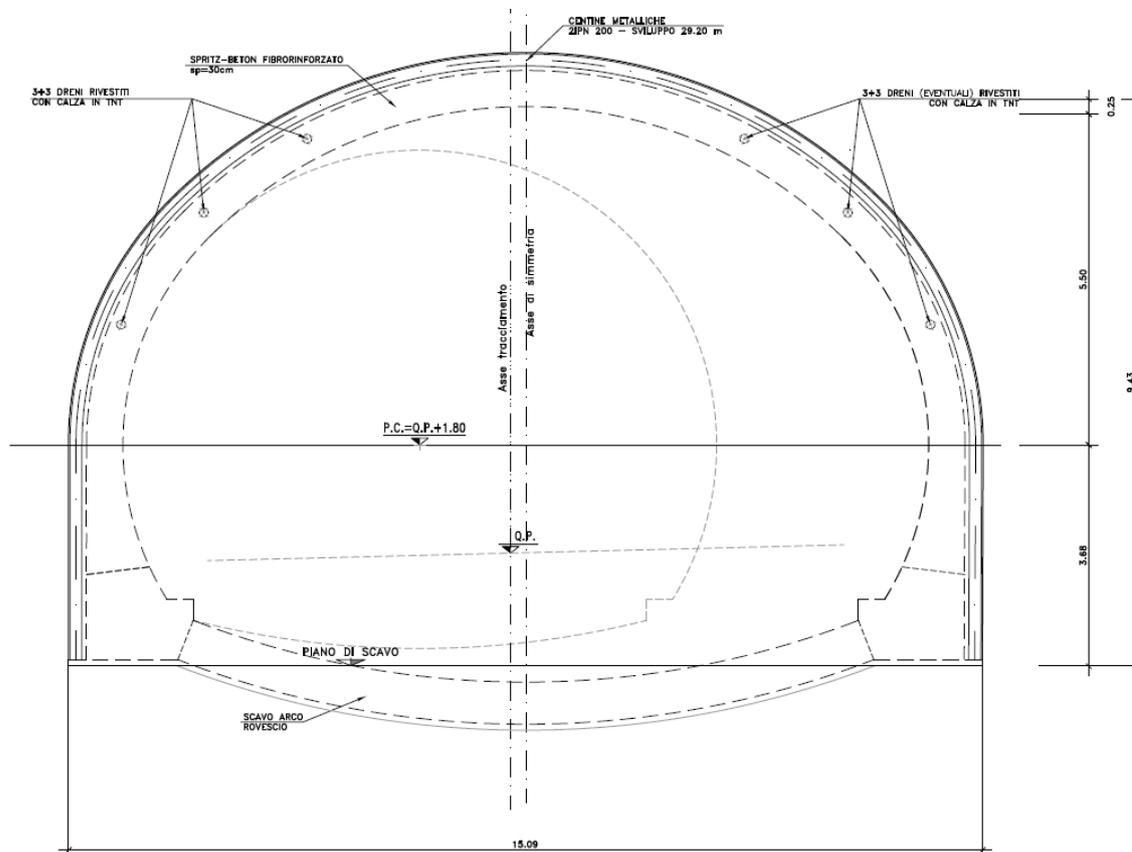


Figura 27 – Sezione tipo di avanzamento Piazzola

5.1.1.6 Sezione By-Pass Carrabile

La sezione tipo By-Pass Carrabile è cilindrica e viene utilizzata nei tratti di galleria naturale in cui si prevede l'inserimento del By-Pass carrabile di collegamento tra la galleria Muslone e la galleria esistente e lo scavo interessa l'Unità C1 in condizioni di galleria profonda.

La sezione tipo By-Pass Carrabile è caratterizzata da:

- Scavo a piena sezione con sfondo massimo pari a 1.2 m;
- 3+3 drenaggi (eventuali) in avanzamento, rivestiti con calza TNT;
- impermeabilizzazione costituita da tessuto non tessuto e manto in PVC;
- prerivestimento composto da doppie centine IPN180 con passo 1.2 m e da uno strato di 25 cm di spritz-beton fibrorinforzato;
- strato (eventuale) di 5 cm di spritz-beton fibrorinforzato al fronte;
- arco rovescio in ca di spessore 70 cm e murette gettate ad una distanza massima dal fronte pari a 5 diametri;
- rivestimento definitivo di calotta in ca dello spessore 60 cm.

Si prevede di eseguire lo scavo mediante martellone (o con mezzi meccanici alternativi ma con limitazione dei sistemi di produzione) per minimizzare gli effetti sulle gallerie esistenti.

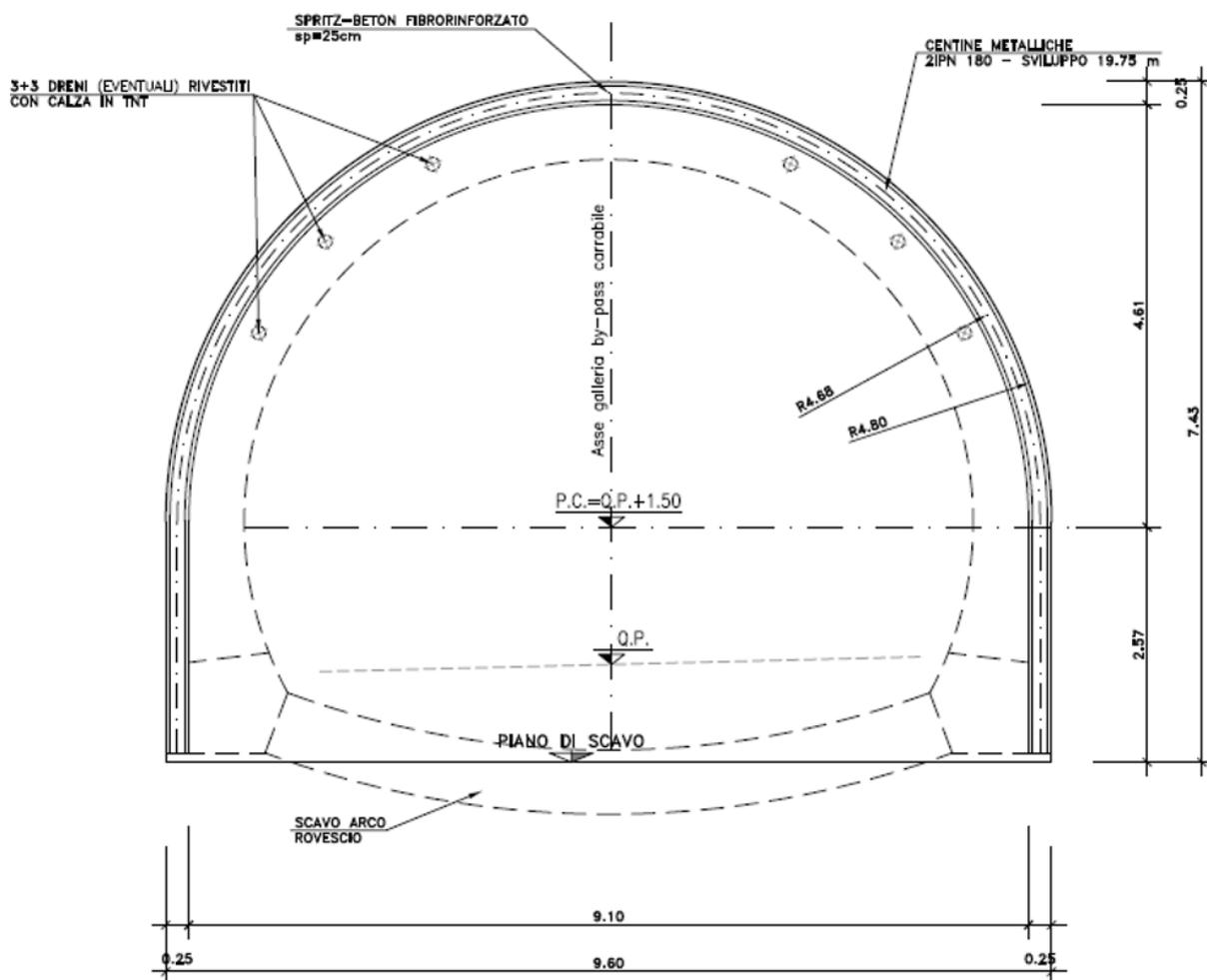


Figura 28 – Sezione tipo di avanzamento By-Pass Carrabile

5.1.1.7 Sezione By-Pass Pedonale

La sezione tipo By-Pass Pedonale è cilindrica e viene utilizzata nei tratti di galleria naturale in cui si prevede l'inserimento dei By-Pass pedonali di collegamento tra la galleria Muslone e la galleria esistente e lo scavo interessa l'Unità C1 in condizioni di galleria profonda.

La sezione tipo By-Pass Pedonale è caratterizzata da:

- Scavo a piena sezione con sfondo massimo pari a 1.0 m;
- impermeabilizzazione costituita da tessuto non tessuto e manto in PVC;
- prerivestimento composto da doppie centine IPN160 con passo 1.0 m e da uno strato di 20 cm di spritz-beton fibrorinforzato;
- strato (eventuale) di 5 cm di spritz-beton fibrorinforzato al fronte;
- arco rovescio in ca di spessore 40 cm e murette gettate ad una distanza massima dal fronte pari a 3 diametri;
- rivestimento definitivo di calotta in ca dello spessore 40 cm gettato ad una distanza massima dal fronte pari a 3 diametri.

Si prevede di eseguire lo scavo mediante martellone (o con mezzi meccanici alternativi ma con limitazione dei sistemi di produzione) per minimizzare gli effetti sulle gallerie esistenti.

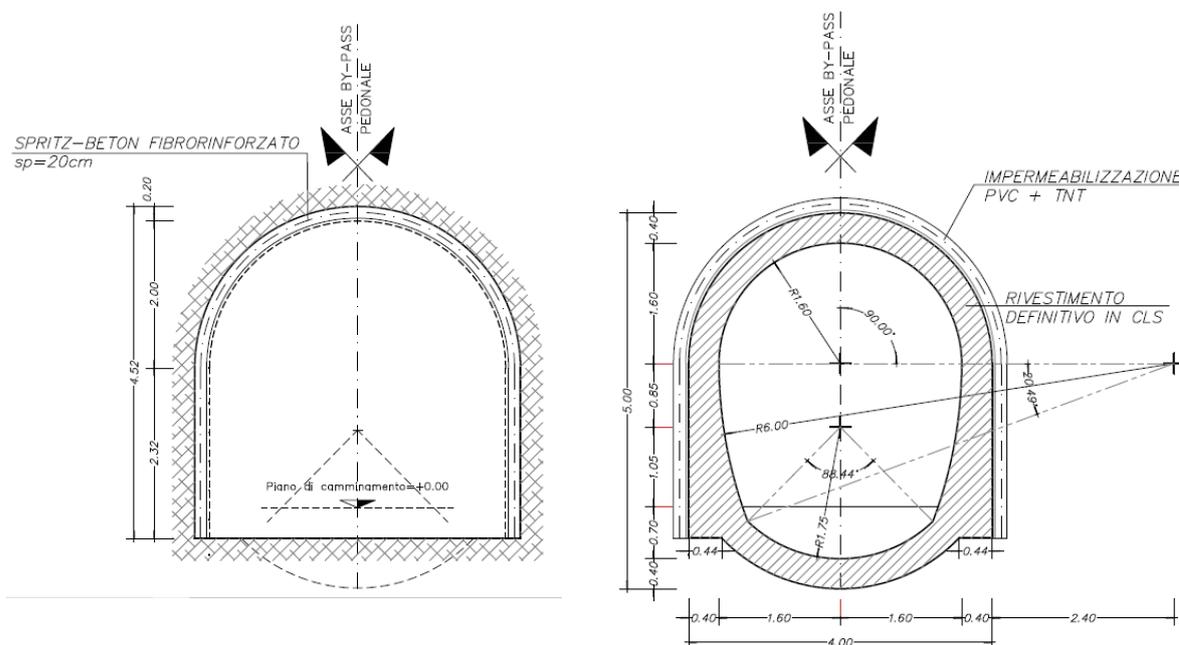


Figura 29 – Sezione tipo di avanzamento e carpenteria By-Pass Pedonale

5.1.2 Imbocco Sud

Vista la presenza della coltre eluvio-colluviale sul substrato roccioso di base, all'imbocco sud della Galleria Muslone è previsto un tratto di galleria artificiale tradizionale in c.a., da realizzarsi in scavo previa esecuzione di una paratia di micropali multirantata.

La struttura di transizione tra galleria artificiale e naturale è costituita dalla dima con sottostante concio di attacco.

5.1.2.1 Paratia di micropali

La paratia di micropali presenta le seguenti caratteristiche:

- Altezza massima di scavo: 15 m circa
- Diametro perforazione: $\Phi 240$ mm.
- Lunghezza: variabile da 12 m a 21 m.
- Interasse: 40 cm.
- Armatura: tubi in acciaio dn193.7 mm sp10 mm.

I tiranti sono provvisori, sono previsti in acciaio armonico e presentano le seguenti caratteristiche:

- Attivi a 3-4-5 trefoli.
- Inclinati di 0° - 25° - 35° rispetto all'orizzontale
- Posti a un interasse orizzontale di 2.4m.

Le travi portatiranti degli ordini intermedi sono costituite da profilati in acciaio tipo HEB180 accoppiati.

Di seguito la sviluppata della paratia e la disposizione dei tiranti.

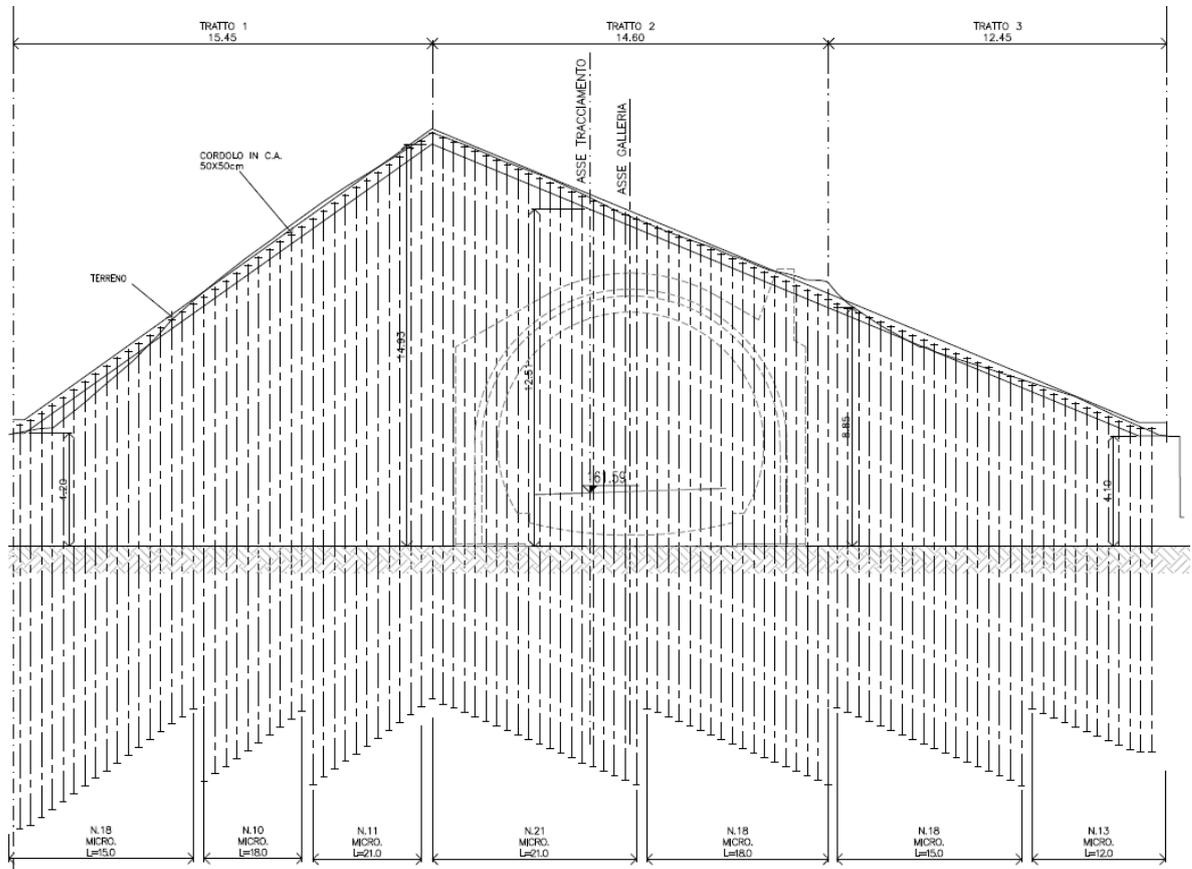


Figura 30 – Sviluppata paratia imbocco sud

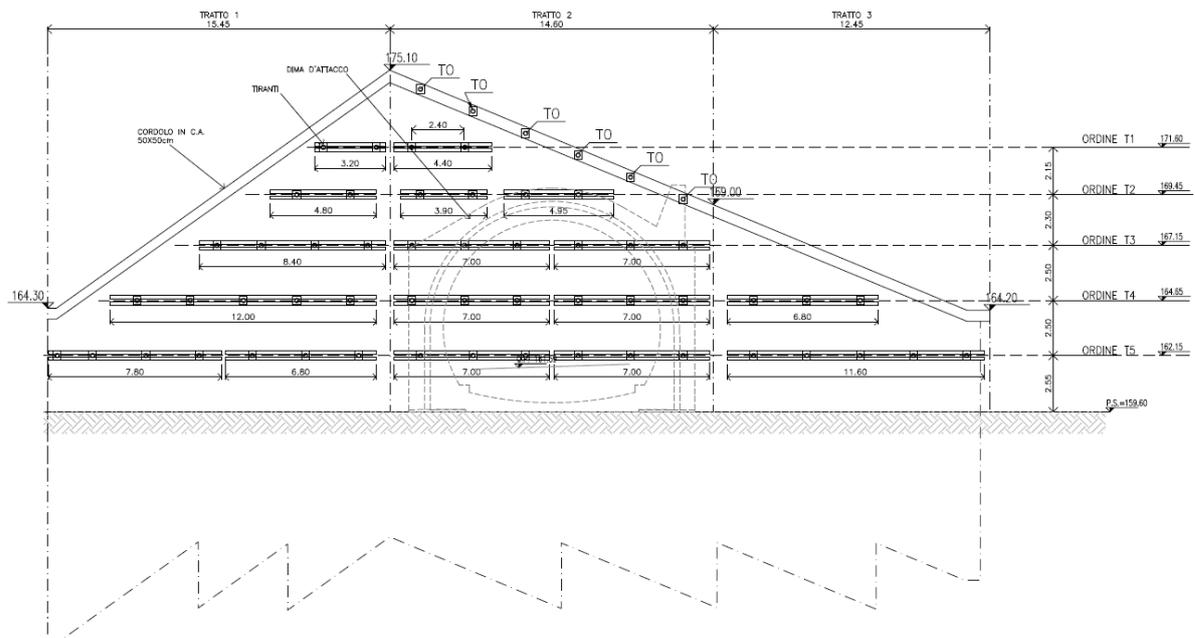


Figura 31 – Tiranti paratia imbocco sud

5.1.2.2 Galleria artificiale

La galleria artificiale è policentrica, è lunga 11 m, presenta la medesima sagoma d'intradosso della galleria naturale. E' sormontata da un muretto in c.a. che spicca dal piedritto lato lago e risvolta al di sopra del portale d'imbocco e che è necessario per il contenimento laterale del terreno di ricoprimento della struttura.

Lo spessore del ricoprimento della galleria varia da un minimo di 50 cm a un massimo di circa 4 m in asse struttura.

Di seguito la planimetria della galleria artificiale e le sezioni trasversali di carpenteria.

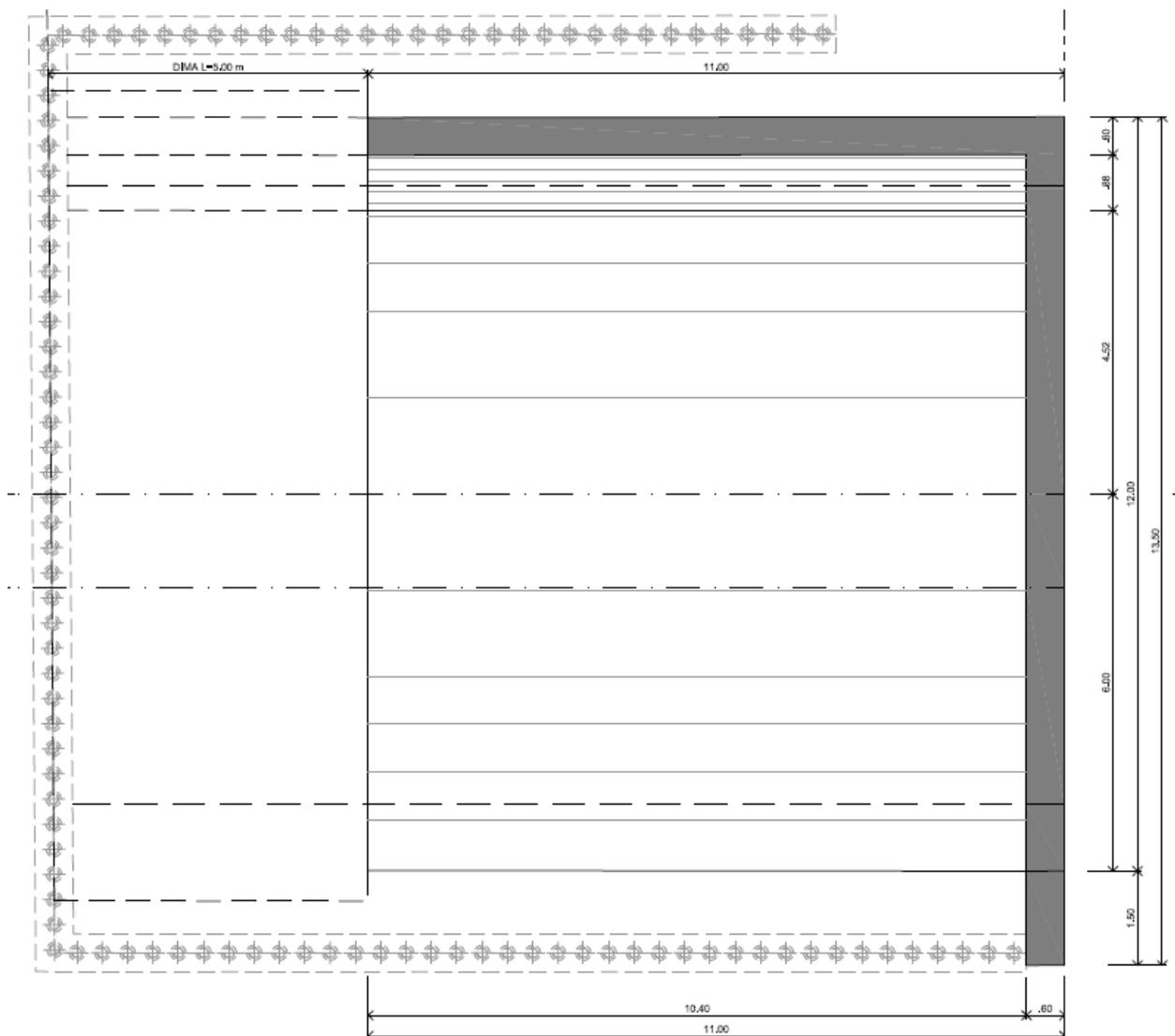


Figura 32 – Planimetria ga

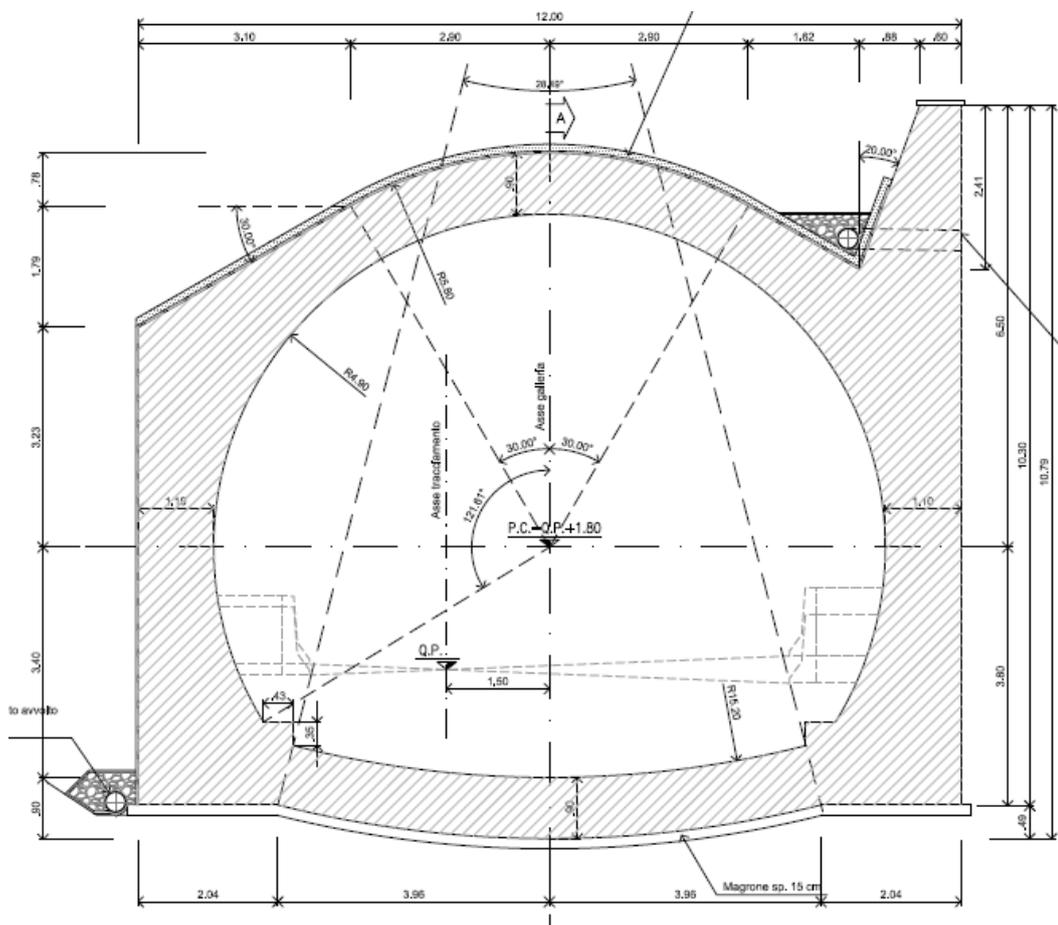


Figura 33 – Sezione trasversale ga

5.1.3.1 Parete chiodata

Nella seguente immagine viene illustrata la sezione trasversale d'imbocco.

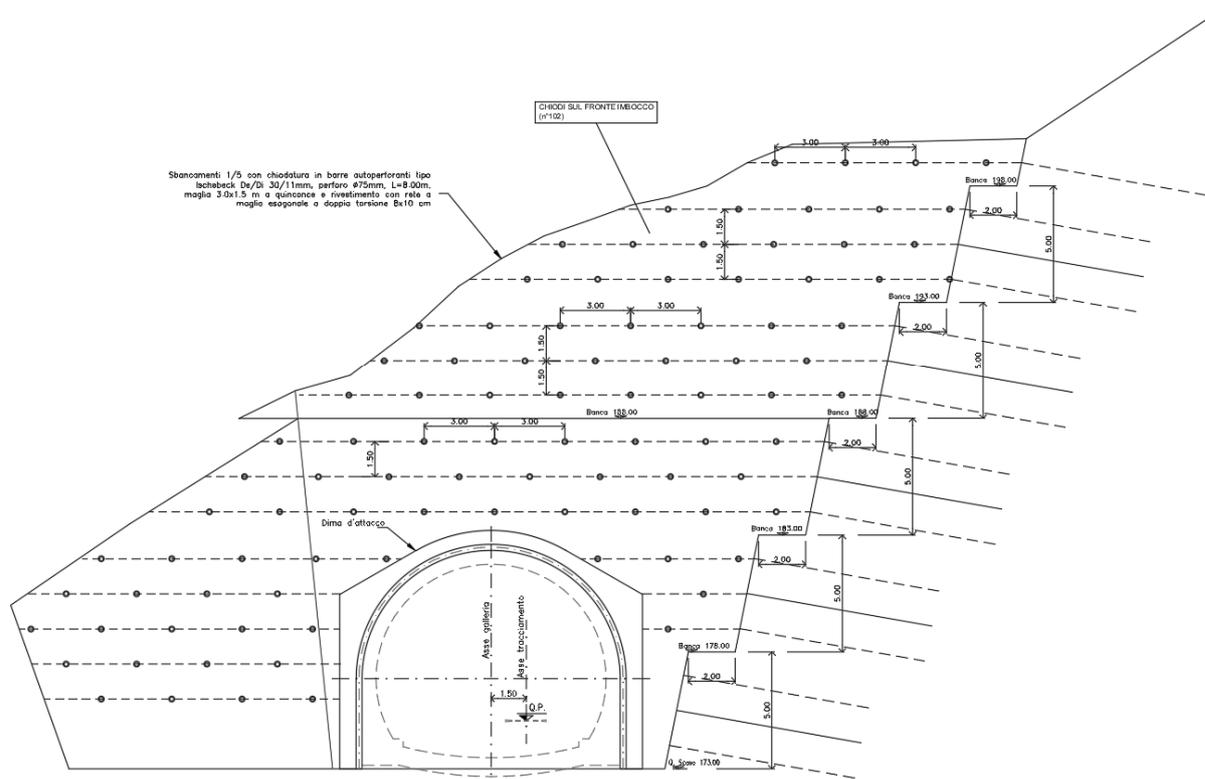


Figura 35 – Prospetto imbocco Nord

Le lavorazioni di messa in sicurezza della parete rocciosa prevedono la realizzazione di una diffusa maglia di rinforzo costituita da chiodatura con barre di ancoraggio passive cave, a filettatura continua, disposte su maglia a quinconce ad interasse 3.0 m (h) x 1.5 m (v), di lunghezza pari a 8 m, alloggiate e intasate con malta cementizia su tutta la lunghezza all'interno di perfori di diametro $\phi = 75$ mm.

La massima altezza di chiodatura del fronte roccioso risulta pari a circa 27 m.

Le scarpate chiodate vengono profilate con scarpa di progetto pari a 5/1 V/O (80° sull'orizzontale), interponendo delle banche con funzione rompitratta (ogni 5 m di altezza della scarpata viene eseguita una berma di larghezza L=2m), che riducono l'acclività della scarpata effettivamente gravante.

La previsione operativa è quella di eseguire lo scavo alternando l'uso del martello demolitore, nelle porzioni più tenaci e competenti dell'ammasso, a quello della benna rinforzata da roccia, per le parti più tenere.

L'intervento di consolidamento è completato da un rivestimento in teli di rete a doppia torsione con maglia tipo 8x10, e filo del diametro pari a 3.0mm, zincato, necessario per evitare fenomeni di instabilizzazione di detrito tra due chiodi adiacenti, e dalla formazione del reticolo di funi in acciaio disposte longitudinalmente e diagonalmente tra le varie file di ancoraggi.

5.1.3.2 Becco capovolto e dima

Il becco capovolto ha sviluppo longitudinale contenuto (3 m), vista la vicinanza con la rotatoria, mentre la dima è lunga 5 m.

Di seguito sezione longitudinale delle opere.

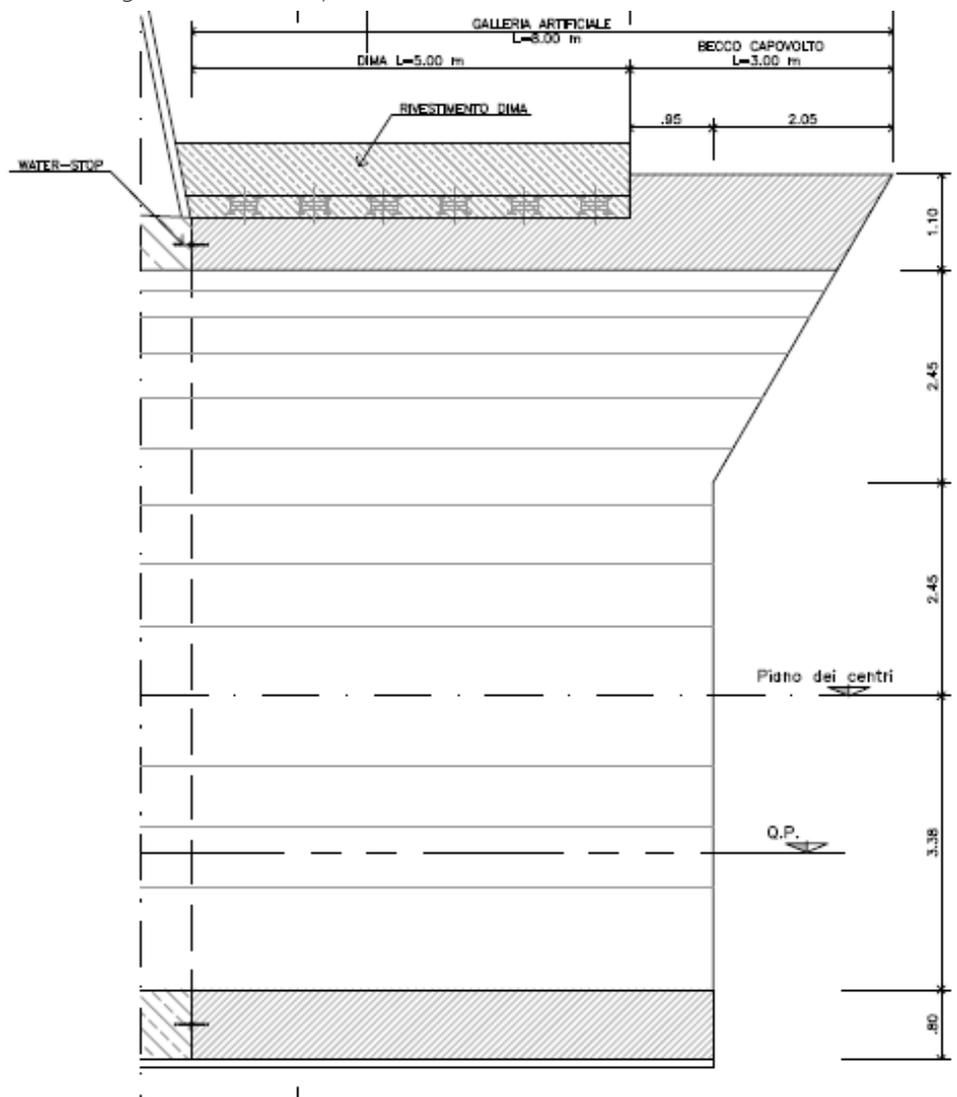


Figura 36 – Sezione longitudinale imbocco Nord

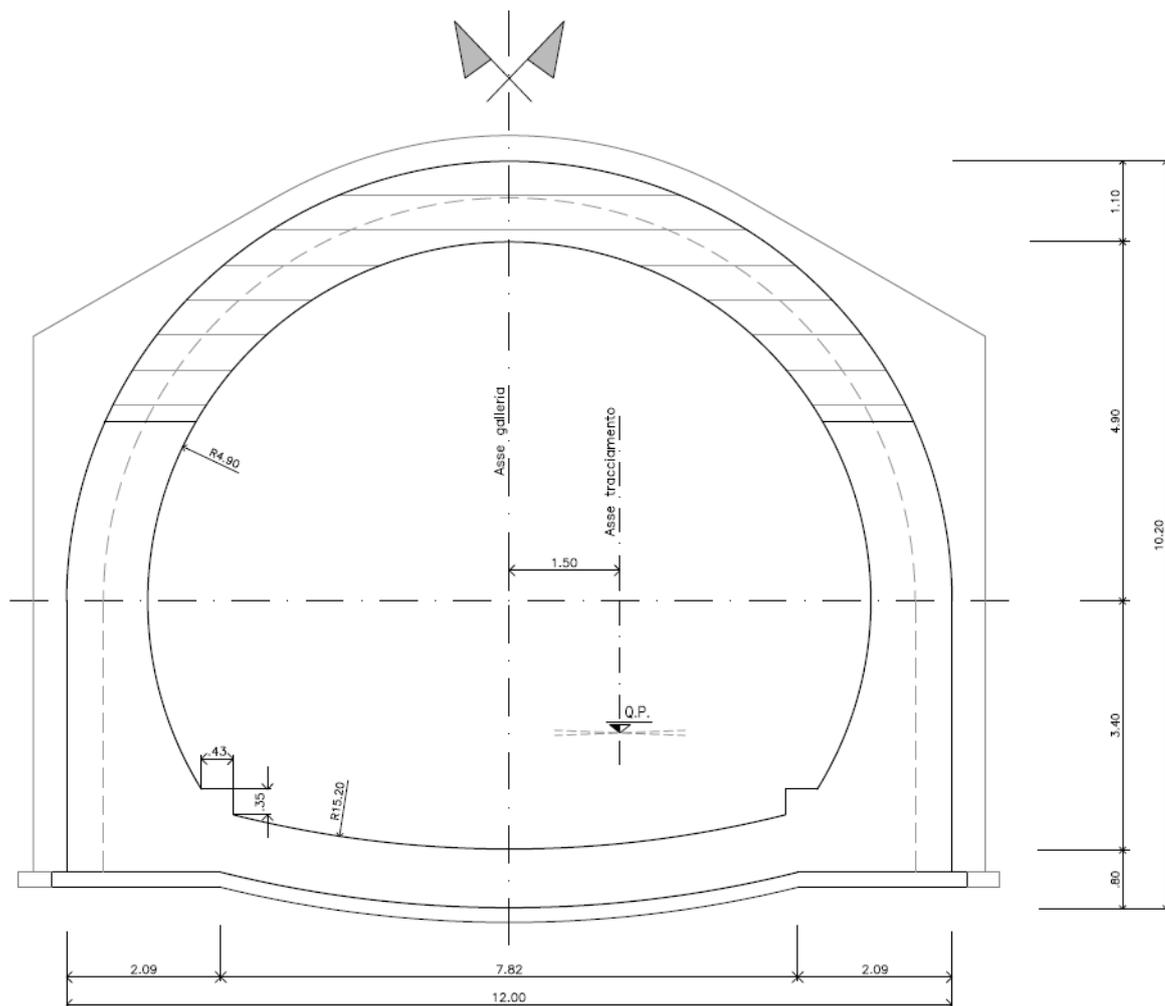


Figura 37 – Sezione trasversale imbocco Nord

5.2 INTERVENTI SULLE GALLERIE ESISTENTI

La messa in sicurezza delle gallerie naturali esistenti consiste nell'esecuzione di due interventi:

- Alesaggio e rivestimento del tratto non rivestito della galleria Dei Ciclopi.
- Realizzazione di setti in c.a. in corrispondenza delle aperture lato lago ("finestre") delle gallerie, al fine di fornire un contrasto ai dispositivi di ritenuta di progetto previsti.

5.2.1 Alesaggio e rivestimento galleria Dei Ciclopi

Come già descritto in precedenza, la galleria Dei Ciclopi presenta un tratto a roccia vista per una lunghezza di circa 175 m.

La messa in sicurezza di questo tratto di galleria consiste nella realizzazione di un rivestimento definitivo in c.a., da realizzare previa fresatura dell'ammasso.

Di seguito si riportano le 7 fasi esecutive previste per la realizzazione dell'intervento. Le fasi da 1 a 4 dovranno essere ripetute ogni 9 m.

- *Fase 1 – Consolidamento del cavo mediante chiodature in VTR*
Al fine di consolidare l'ammasso e sostenere eventuali blocchi di ammasso instabili si provvederà all'esecuzione del consolidamento al contorno mediante 7/8 tubi in VTR $\phi 60/40$ cementati ad aderenza migliorata di lunghezza pari a 6 m lato monte e 4 m lato valle disposti a interasse longitudinale pari a 1.5 m e trasversale pari a 1.5 m a quinconce.
- *Fase 2 – Rimozione rete metallica*
Successivamente agli interventi di consolidamento si procederà alla rimozione della rete metallica attualmente presente sul contorno del cavo.

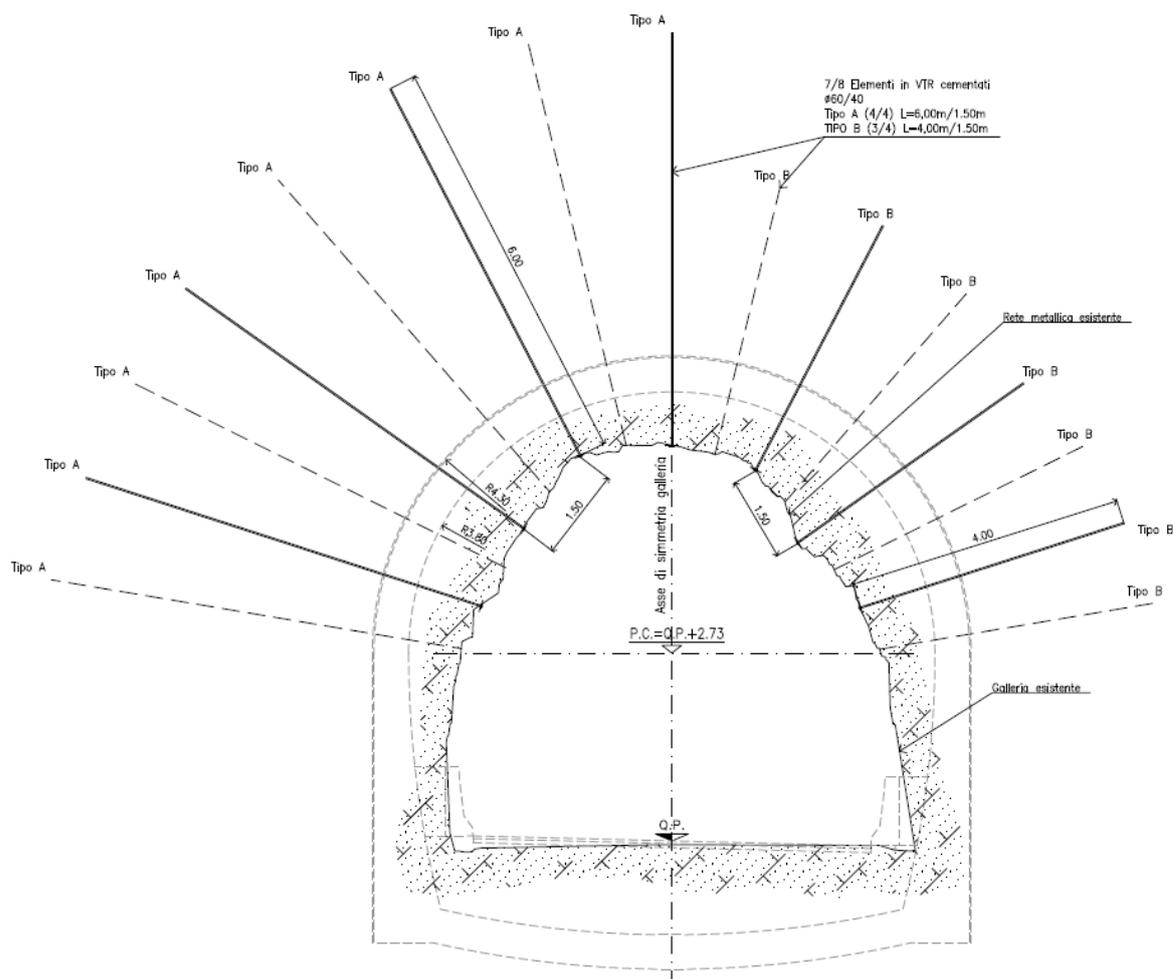


Figura 38 – Chiodatura con VTR

- *Fase 3 – Fresatura ammasso fino a nuova sagoma di progetto e taglio eventuali chiodi metallici di ancoraggio rete metallica*
In questa fase si procederà con la fresatura dell'ammasso di una profondità sufficiente a realizzare il rivestimento di progetto secondo gli elaborati di carpenteria. Ove presenti si procederà al taglio dei chiodi di ancoraggio della rete metallica.
- *Fase 4 – Regolarizzazione del contorno del cavo previa getto di 5 cm di spritz-beton*
Al termine di ogni campo si procederà all'immediata posa in opera dello spritz-beton fibrorinforzato di regolarizzazione di spessore pari a 5 cm.

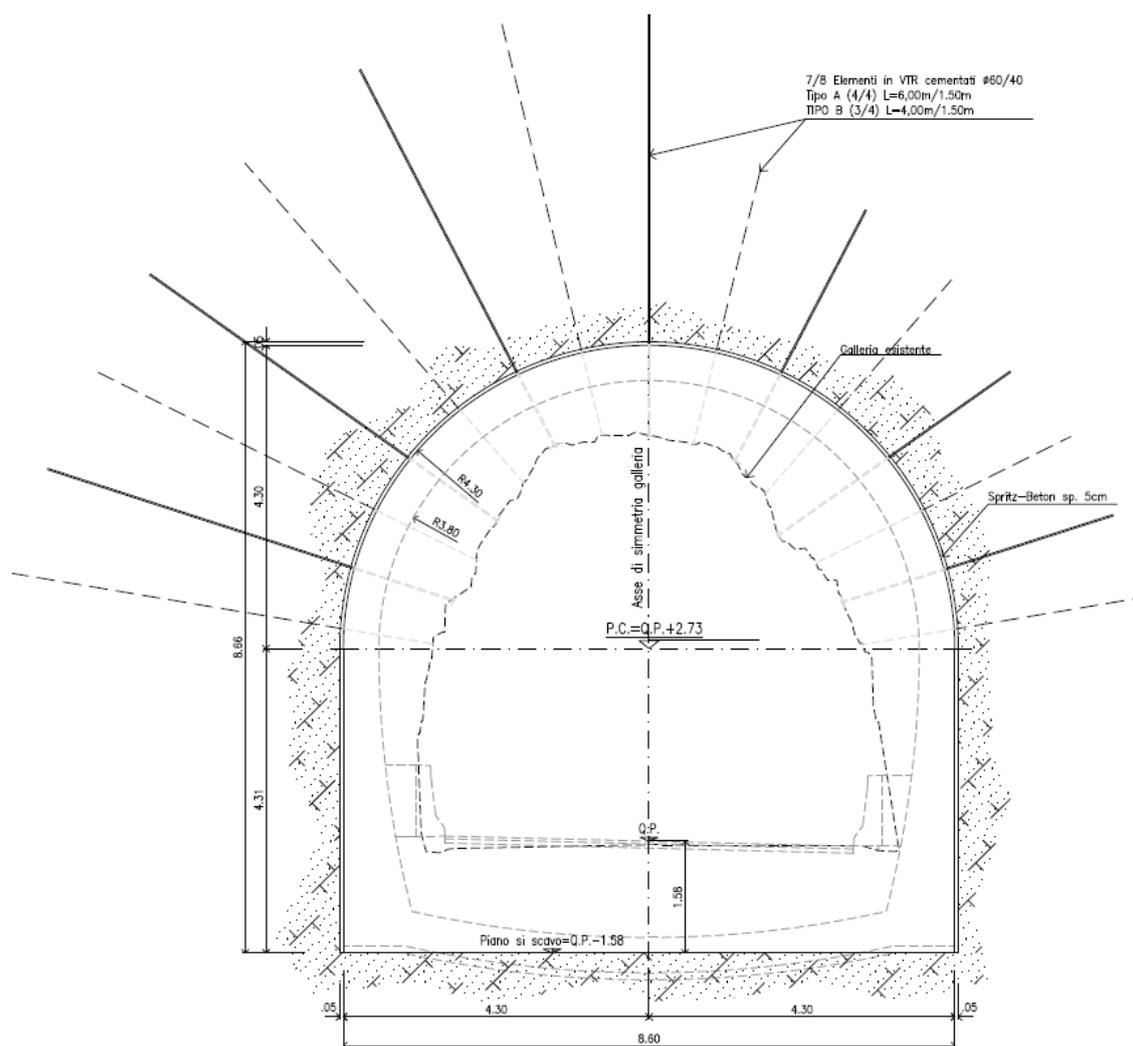


Figura 39 – Fasi 3-4: Alesaggio ammasso e posa spritz

- Fase 5 – Posa armature e getto arco rovescio e murette
Una volta realizzato lo spritz, si procederà alla posa delle armature e al getto di arco rovescio e murette. Si prevede uno spessore minimo pari a 50 cm con incidenza armatura pari a 80 kg/m³
- Fase 6 – Posa impermeabilizzazione
All'intorno del cavo a contatto con lo spritz si prevede la messa in opera di uno strato protettivo di tessuto non tessuto e di un telo impermeabilizzante in PVC.
- Fase 7 – Posa armature e getto piedritti e calotta
Una volta posata l'impermeabilizzazione si procederà alla posa delle armature e al getto del rivestimento definitivo di completamento della struttura (calotta e piedritti). Si prevede uno spessore minimo pari a 50 cm con incidenza armatura pari a 80 kg/m³

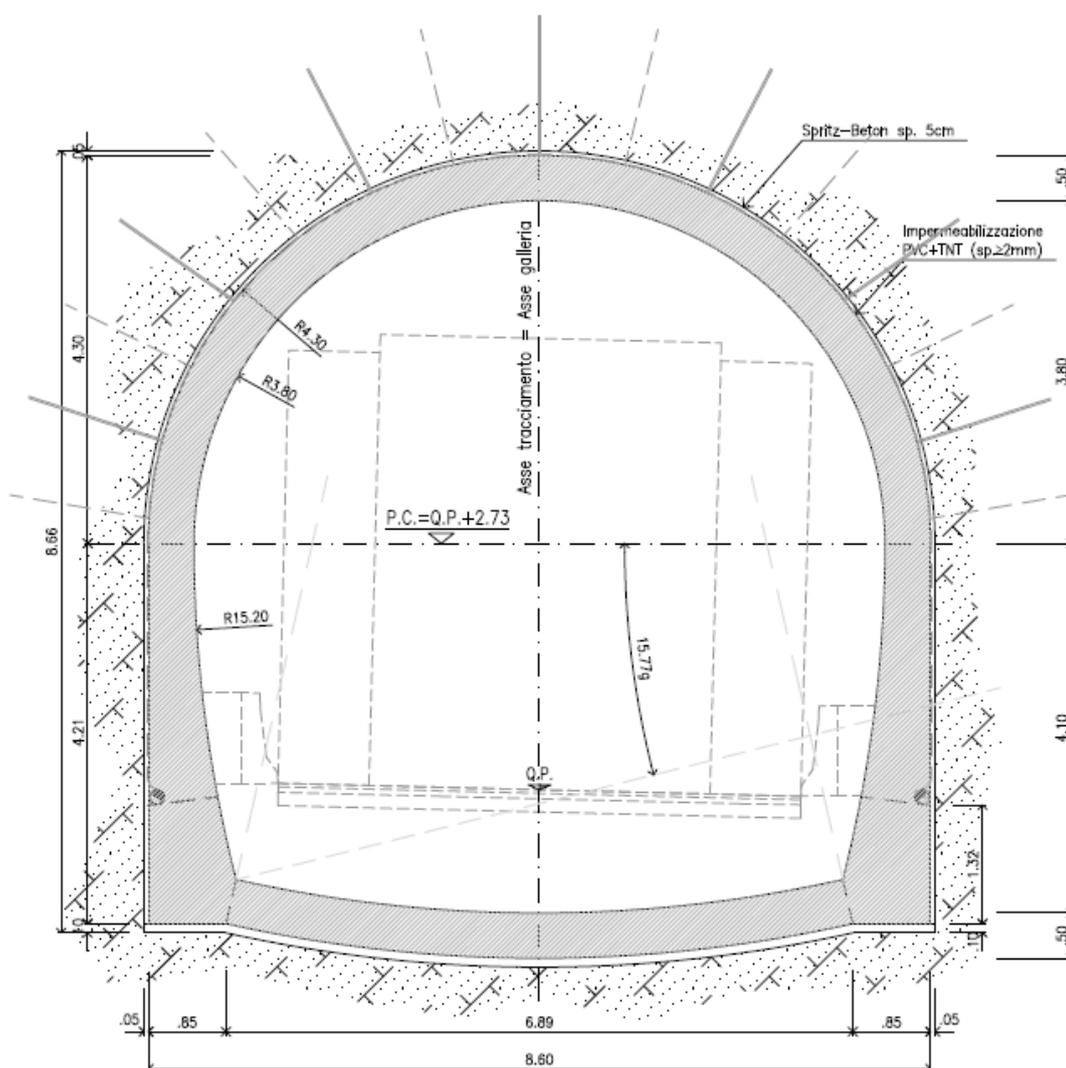


Figura 40 – Fasi 5-6-7: Posa impermeabilizzazione e realizzazione rivestimento in.c.a. Galleria

5.2.2 Setti di sicurezza sulle finestre

Il progetto stradale di sistemazione della carreggiata esistente come rampa monodirezionale Nord-Sud, prevede la posa in opera di due New-Jersey addossati ai piedritti delle gallerie.

Lo stato di fatto mette in luce la presenza, per le tre gallerie esistenti, di un totale di 26 aperture sul lago (finestre) di sviluppo variabile tra 3.8 m e 6.4 m. In corrispondenza di queste finestre, il piedritto lato valle si interrompe, di conseguenza, il dispositivo di ritenuta previsto in progetto risulta privo di contrasto a tergo.

Per ovviare a questa problematica è prevista la realizzazione di setti in c.a. da inghiassare ai fianchi della finestra, sul rivestimento definitivo, tramite la posa in opera di barre di armatura previa perforazione e con l'impiego di resine epossidiche.

I setti presentano altezza pari a 2.0 m dal piano viario e spessore variabile da 50 a 70 cm in funzione della larghezza dell'apertura.

Nelle figure di seguito si riportano una sezione trasversale della galleria ogivale e una vista frontale della finestra con i setti di progetto.

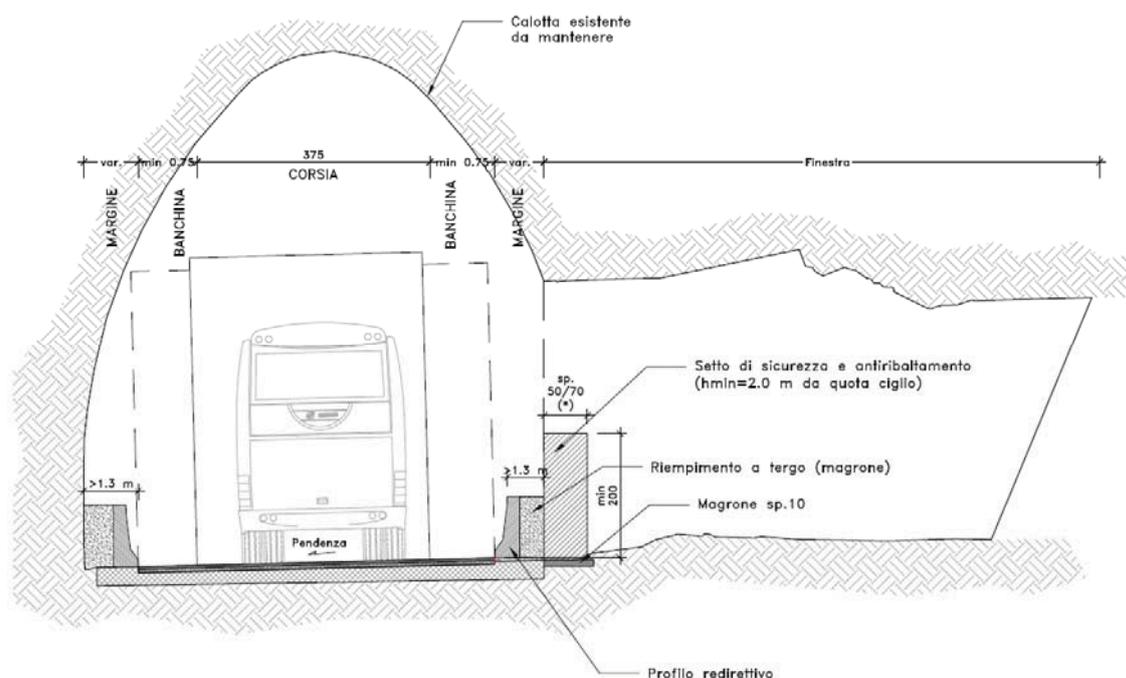


Figura 41 – Sezione trasversale galleria ogivale in corrispondenza di una finestra

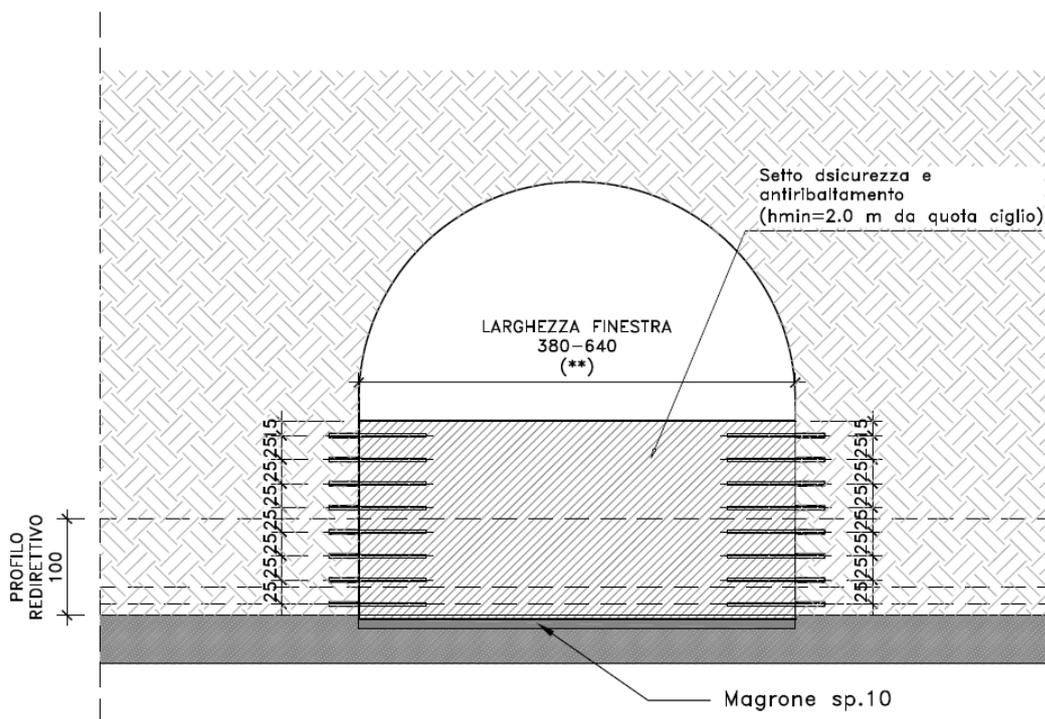


Figura 42 – Prospetto frontale generica finestra

5.3 INTERVENTI SULLA "GALLERIA IMPIANTI"

Per consentire la realizzazione delle strutture della cabina elettrica e della vasca di sicurezza e l'installazione degli impianti necessari per la messa in esercizio della Galleria Muslone, è prevista la realizzazione di una galleria artificiale in c.a. nella porzione di Galleria Impianti priva di rivestimento definitivo, da gettare contro le centine, previa getto di Spritz-Beton armato dello spessore totale massimo pari a 25cm.

Le caratteristiche geometriche della galleria artificiale di progetto sono le seguenti:

- Lunghezza 35 m.
- Spessore piedritti pari a 50 cm.
- Spessore copertura pari a 50 cm.
- Fondazioni dirette di base 1.0 m e altezza 50 cm.

Nella figura di seguito si riporta la sezione trasversale della galleria.

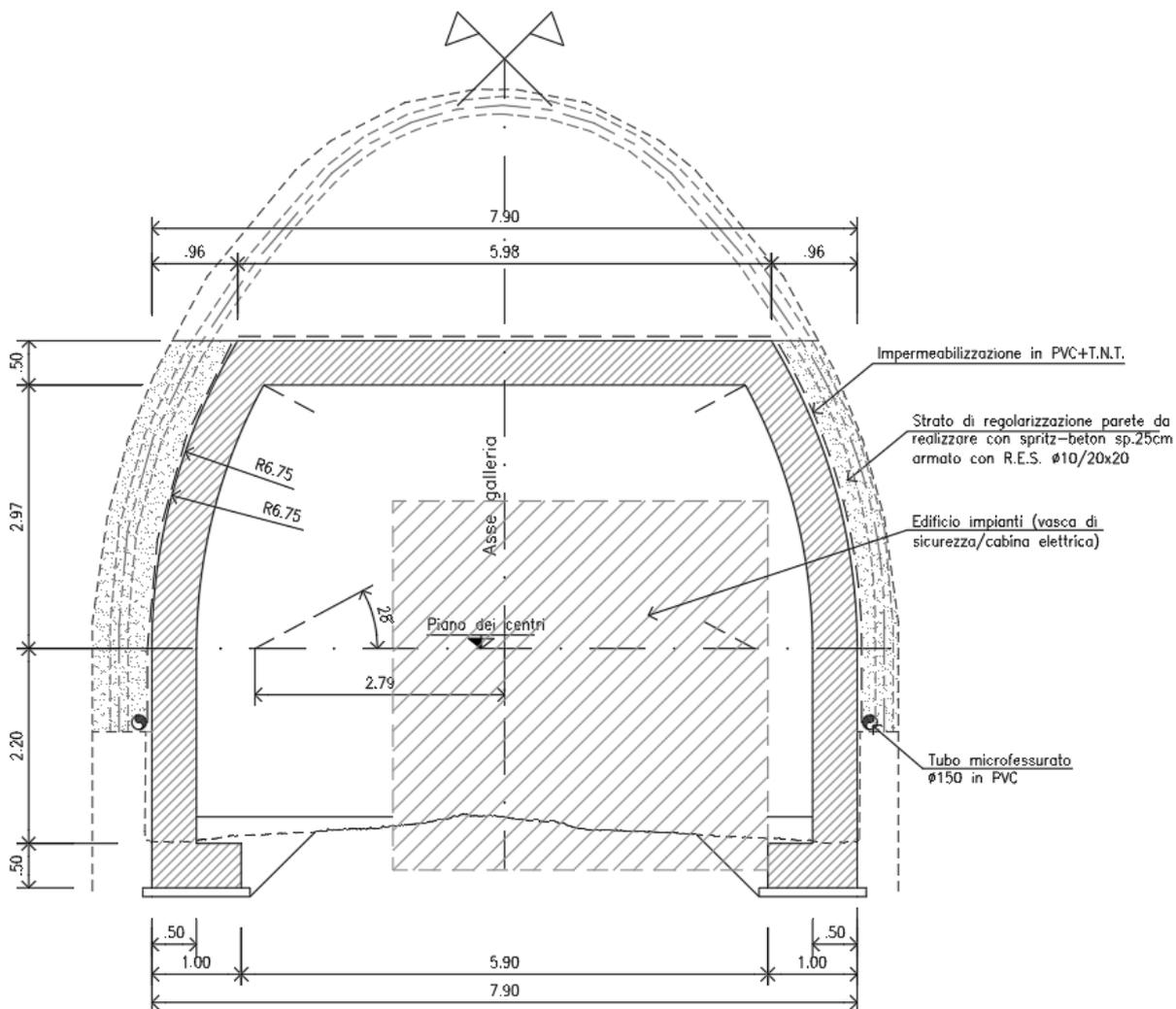


Figura 43 – Sezione trasversale galleria di progetto

Al di sopra della copertura è previsto l'intasamento dello spazio tra l'estradosso della soletta e l'intradosso del cavo della Galleria Impianti, con argilla espansa e resina espandente in maniera da evitare che l'eventuale distacco di porzioni di ammasso impattino in maniera dinamica sulla galleria artificiale.

Per contenere il materiale d'intasamento sono previsti paramenti verticali di chiusura a inizio e fine galleria.

Di seguito il dettaglio dell'intasamento.

