

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. GALLERIE

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE – ANDORA

RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

IV01 00 D 07 RH GN0000 001 C

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	R. Di Russo	Dic 2021	H. Mohamed Debir	Dic 2021	G. Fadda	Dic 2021	A. Sciotti Giugno 2024
B	Emissione esecutiva	R. Di Russo	Gen 2022	H. Mohamed Debir	Gen 2022	G. Fadda	Gen 2022	ITALFERR S.p.A. U.O. GALLERIE Dott. Ing. Alessandra Sciotti C/O Linea negli Ingegneri di Roma n° 13246
C	Emissione esecutiva	R. Di Russo	Giu 2024	P. Pitollì	Giu 2024	M. Firpo	Giu 2024	

INDICE

1	PREMESSA	5
2	SCOPO E CONTENUTI DEL DOCUMENTO	5
3	NORMATIVE E SPECIFICHE TECNICHE DI RIFERIMENTO	5
4	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	7
4.1	DOCUMENTI CORRELATI	7
5	ALLEGATI	7
6	DOCUMENTI PRODOTTI A SUPPORTO	7
7	DESCRIZIONE DELLE OPERE	9
7.1	GALLERIA CAPRAZOPPA	10
7.2	GALLERIA MONTEGROSSO	12
7.3	GALLERIA CASTELLARI	13
7.3.1	<i>Pozzo di aggotamento Castellari</i>	16
7.4	GALLERIA PINELAND	17
7.5	GALLERIA CROCE	18
7.6	GALLERIA ALASSIO	21
7.6.1	<i>Fermata sotterranea</i>	25
7.6.2	<i>Pozzo di accesso Gastaldi</i>	26
7.6.3	<i>Pozzo di accesso Neghelli</i>	28
7.6.4	<i>Pozzi di ventilazione/equilibratori</i>	29
7.7	OPERE PER LA SICUREZZA IN GALLERIA	31
7.7.1	<i>Collegamenti trasversali di esodo</i>	31
7.8	OPERE TECNOLOGICHE	33
7.8.1	<i>Collegamenti trasversali (by-pass) tecnologici</i>	33
7.8.2	<i>Nicchie</i>	33

RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IV01	00	D 07 RH	GN 00 00 001	C	3 di 71
8	METODOLOGIA DI LAVORO.....					34
9	FASE CONOSCITIVA.....					35
9.1	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO.....					35
9.1.1	<i>Depositi quaternari</i>					35
9.1.2	<i>Depositi pliocenici</i>					35
9.1.3	<i>Dominio Brianzonese</i>					35
9.1.4	<i>Dominio Piemontese s.l.</i>					36
9.1.5	<i>Dominio Piemontese-Ligure</i>					37
9.1.6	<i>Altre unità geotecniche</i>					38
9.1.7	<i>Indagini geotecniche</i>					38
9.1.8	<i>Caratterizzazione e modellazione geotecnica</i>					40
10	FASE DI DIAGNOSI.....					45
10.1	CLASSI DI COMPORTAMENTO DEL FRONTE DI SCAVO.....					45
10.2	DETERMINAZIONE DELLE CATEGORIE DI COMPORTAMENTO.....					46
10.3	DEFINIZIONE DELLE TRATTE A COMPORTAMENTO TENSIO-DEFORMATIVO OMOGENEO.....					46
11	FASE DI TERAPIA.....					48
11.1	DEFINIZIONE DEL METODO DI SCAVO.....					48
11.2	METODO DI SCAVO TRADIZIONALE.....					48
11.3	METODO DI SCAVO MECCANIZZATO.....					52
11.4	RISCHI POTENZIALI.....					56
11.4.1	<i>Instabilità del fronte e del cavo</i>					56
11.4.2	<i>Fenomeni di subsidenza/interferenza con opere preesistenti</i>					56
11.4.3	<i>Rischio cavità carsiche</i>					60
11.4.4	<i>Venute d'acqua in galleria</i>					67
11.4.5	<i>Carico idraulico elevato</i>					67
11.4.6	<i>Interferenza con aree a rischio geomorfologico elevato</i>					67



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA
PROGETTO DEFINITIVO - TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IV01	00	D 07 RH	GN 00 00 001	C	4 di 71

11.4.7	Abrasività	68
11.4.8	Presenza di gas naturali.....	68
12	FASE DI VERIFICA E MESSA A PUNTO DEL PROGETTO.....	68
12.1	MONITORAGGIO IN CORSO D'OPERA	68
13	CONCLUSIONI	71

1 PREMESSA

La presente relazione è parte integrante del progetto definitivo per il raddoppio della linea Genova - Ventimiglia nella tratta Finale Ligure – Andora. La linea Genova – Ventimiglia, lunga circa 147 km, presenta tratte a doppio e a semplice binario di estensione complessiva rispettivamente pari a 97 km e 50 km.

Per il completamento del raddoppio è prevista la seguente fase funzionale con una lunghezza totale della tratta da raddoppiare pari a circa 33 km.

La presente relazione sintetizza gli aspetti principali della progettazione definitiva delle opere civili in sotterraneo

2 SCOPO E CONTENUTI DEL DOCUMENTO

Scopo del documento è la descrizione delle principali soluzioni tecnico-progettuali individuate per la realizzazione delle tratte in sotterraneo e relative opere accessorie.

3 NORMATIVE E SPECIFICHE TECNICHE DI RIFERIMENTO

- Rif. [1] Decreto Ministero delle Infrastrutture e Trasporti 17/01/2018, “Aggiornamento delle Nuove norme tecniche per le costruzioni”;
- Rif. [2] C.S.LL.PP., Circolare n°7 del 21/01/2019, “Istruzioni per l’applicazione dell’Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni” di cui al DM 17/01/2018”.
- Rif. [3] Decreto Ministeriale 28/10/2005. “Sicurezza nelle gallerie ferroviarie”;
- Rif. [4] Regolamento del 10/08/2023 della Commissione dell’Unione Europea – 1303/2014 - relativa alla Specifica Tecnica di Interoperabilità concernente “la sicurezza nelle gallerie ferroviarie” nel sistema ferroviario transeuropeo convenzionale e ad alta velocità;
- Rif. [5] Regolamento del 10/08/2023 della Commissione dell’Unione Europea – 1300/2014 - relativa ad una Specifica Tecnica di Interoperabilità concernente le “persone a mobilità ridotta” nel sistema ferroviario transeuropeo convenzionale e ad alta velocità;
- Rif. [6] Regolamento del 10/08/2023 della Commissione dell’Unione Europea – 1299/2014 - relativa ad una Specifica Tecnica di Interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario transeuropeo ad alta velocità.
- Rif. [7] RFI, doc RFI DTC SI SP IFS 001 E “Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili” (31/12/2020);
- Rif. [8] RFI, doc RFI DTC SI MA IFS 001 E “Manuale di Progettazione delle opere civili” (31/12/2020);
- Rif. [9] ITALFERR, Specifica Tecnica PPA.0002403 “Linee guida per la progettazione geotecnica delle gallerie naturali” (Dicembre 2015).



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA
PROGETTO DEFINITIVO - TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN
SOTTERRANEO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 07 RH	GN 00 00 001	C	6 di 71



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA
PROGETTO DEFINITIVO - TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 07 RH	DOCUMENTO GN 00 00 001	REV. C	FOGLIO 7 di 71
----------------------------------------------	------------------	-------------	---------------------	---------------------------	-----------	-------------------

4 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

Rif. [10] Progetto Preliminare redatto da Italferr nell'anno 2003;

Rif. [11] Progetto Definitivo redatto da Italferr nell'anno 2011;

Nel presente documento si fa inoltre riferimento ai seguenti elaborati allegati al progetto:

Rif. [12] U.O. Geologia tecnica, dell'ambiente e del territorio - Elaborati Specialistici;

Rif. [13] U.O. Sicurezza, manutenzione e interoperabilità - "Elaborati specialistici";

4.1 Documenti correlati

Rif. [14] Lunardi P. (2006). Progetto e Costruzione di Gallerie: Analisi delle deformazioni controllate nelle rocce e nei suoli - ADECO-RS – (Hoepli Ed.);

Rif. [15] Hoek, E., Wood D. and Shah S. 1992. A modified Hoek-Brown criterion for jointed rock masses. Proc. Rock Characterization, Symp. Int. Soc. Rock Mech.: Eurock '92, (ed. J.A. Hudson), 209-214. London, Brit. Geotech. Soc

5 ALLEGATI

Non sono presenti documenti allegati.

6 DOCUMENTI PRODOTTI A SUPPORTO

Rif. [16] U.O. Gallerie, doc IV0I00D07F6GN0100001C - Profilo geotecnico-geomeccanico Galleria Caprazoppa

Rif. [17] U.O. Gallerie, doc IV0I00D07F6GN0200001C - Profilo geotecnico-geomeccanico Galleria Monte Grosso

Rif. [18] U.O. Gallerie, doc IV0I00D07F6GN0300001C - Profilo geotecnico-geomeccanico Galleria Castellari

Rif. [19] U.O. Gallerie, doc IV0I00D07F6GN0400001C - Profilo geotecnico-geomeccanico Galleria Pineland

Rif. [20] U.O. Gallerie, doc IV0I00D07F6GN0500001C - Profilo geotecnico-geomeccanico Galleria Croce

Rif. [21] U.O. Gallerie, doc IV0I00D07F6GN0600001C - Profilo geotecnico-geomeccanico Galleria Alassio 1/2

Rif. [22] U.O. Gallerie, doc IV0I00D07F6GN0600002C - Profilo geotecnico-geomeccanico Galleria Alassio 2/2

Rif. [23] U.O. Gallerie, doc IV0I00D07CLGN0100001A - Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco

Rif. [24] U.O. Gallerie, doc IV0I00D07CLGN0100002B - Relazione geotecnica e di calcolo galleria naturale Caprazoppa



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA
PROGETTO DEFINITIVO - TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN
SOTTERRANEO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 07 RH	GN 00 00 001	C	8 di 71

- Rif. [25] U.O. Gallerie, doc IV0I00D07CLGN0200001A - Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco
- Rif. [26] U.O. Gallerie, doc IV0I00D07CLGN0300001B - Relazione geotecnica e di calcolo galleria naturale Castellari
- Rif. [27] U.O. Gallerie, doc IV0I00D07CLGN0300002A - Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco
- Rif. [28] U.O. Gallerie, doc IV0I00D07CLGN0400001A - Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco
- Rif. [29] U.O. Gallerie, doc IV0I00D07CLGN0500001B - Relazione geotecnica e di calcolo delle gallerie naturali
- Rif. [30] U.O. Gallerie, doc IV0I00D07CLGN0500002A - Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco
- Rif. [31] U.O. Gallerie, doc IV0I00D07CLGN0600001B - Relazione geotecnica e di calcolo della galleria Alassio e gallerie naturali di fermata
- Rif. [32] U.O. Gallerie, doc IV0I00D07CLGN0600002A - Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco
- Rif. [33] U.O. Gallerie, doc IV0I00D07CLGN0700001A - Relazione geotecnica e di calcolo pozzi equilibratori e di ventilazione galleria Alassio

7 DESCRIZIONE DELLE OPERE

Sono previste 6 gallerie naturali di linea per una lunghezza complessiva pari a circa 48.5 km., un pozzo di aggotamento per la galleria Castellari e le opere connesse alla fermata di Alassio che comprendono:

- 2 pozzi di fermata.
- 2 pozzi equilibratori e by-pass di collegamento con le gallerie di fermata.
- Galleria Centrale di fermata a servizio passeggeri e per disposizione tecnologie con i relativi by-pass di collegamento con le gallerie di fermata.

Di seguito, con riferimento al binario pari, sono riportate le progressive delle gallerie naturali.

Gallerie	PK iniziale (BP)	PK finale (BP)	Lunghezza (m)	Copertura massima (m)	Tratta in artificiale (m)	Sezione tipo
GN01 - Galleria Caprazoppa	66+145	69+443	3294	260	20	Galleria doppia canna – singolo binario scavo tradizionale
GN02 - Galleria Montegrosso	69+544	70+965	1421	256	42	Galleria doppia canna – singolo binario scavo tradizionale
GN03 - Galleria Castellari	71+492	76+177	4685	104	394	Galleria doppia canna – singolo binario scavo meccanizzato
GN04 - Galleria Pineland	76+916	77+056	140	13	241	Galleria singola canna – doppio binario scavo tradizionale
GN05 - Galleria Croce	77+728	82+216	4489	414	73	Galleria doppia canna – singolo binario scavo meccanizzato
GN06 - Galleria Alassio	87+180	96+814	9634	506	91	Galleria doppia canna – singolo binario scavo meccanizzato

Tabella 1 Progressive e lunghezze gallerie Andora finale binario pari

Le gallerie hanno profilo di intradosso di progetto Gabarit C – PMO 5 e sono a doppia canna singolo binario con by pass di collegamento ogni 500 m ad eccezione della Galleria Pineland che si presenta a singola canna doppio binario.

Si rimanda agli elaborati di Progetto Specialistici per la dettagliata descrizione dei requisiti di sicurezza individuati per le Opere in sotterraneo in progetto.



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA
PROGETTO DEFINITIVO - TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN
SOTTERRANEO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 07 RH	GN 00 00 001	C	11 di 71

Le macro-fasi esecutive previste per la realizzazione degli imbocchi della galleria Caprazoppa, sono di seguito riassunte:

- 1) installazione di un'apposita struttura di protezione posta in prossimità degli scavi di approccio dell'imbocco lato Genova tra il binario esistente, da tenere in esercizio, e il futuro binario dispari;
- 2) realizzazione delle opere di imbocco lato Genova binario dispari e lato Ventimiglia binari pari e dispari;
- 3) scavo delle gallerie pari e dispari a partire dall'imbocco lato Ventimiglia direzione Genova procedendo con fronti sfalsati; in particolare l'avanzamento dello scavo della galleria pari dovrà essere arrestato a circa 180 m dall'imbocco lato Genova;
- 4) realizzazione delle opere di completamento della galleria (armamento ed elettrificazione) binario dispari con avanzamento da lato Ventimiglia direzione Genova;
- 5) deviazione del traffico ferroviario dal binario esistente a quello dispari;
- 6) intervento di intasamento della galleria ferroviaria esistente lato Genova (binario pari) con calcestruzzo magro per una lunghezza di circa 150 m a partire dall'imbocco stesso, previa predisposizione di una parete di chiusura del fornice esistente in calcestruzzo;
- 7) realizzazione dell'opera di imbocco lato Genova binario pari e completamento dello scavo della galleria binario pari (rimanenti 180 m) procedendo dall'imbocco lato Genova direzione Ventimiglia;
- 8) realizzazione delle opere di completamento della galleria (armamento ed elettrificazione) binario pari ed attivazione del traffico ferroviario.

L'intero tracciato si sviluppa all'interno delle formazioni litologiche delle Dolomie di San Pietro dei Monti (SPM-do) e delle Quarziti di Ponte di Nava (PDN-qz).

Si evidenzia, a livello generale, la possibilità di riscontrare il fenomeno del carsismo al quale sono correlati rischi in fase esecutiva (in particolare il rifluimento, improvviso e repentino, in galleria di acqua e materiale sciolto, con serio pericolo per le maestranze impegnate nei lavori). L'attraversamento di tratte soggette a fenomeni di carsismo comporta problematiche costruttive che (in funzione delle dimensioni, delle posizioni e dei riempimenti delle cavità carsiche) può rendere necessario il ricorso ad accorgimenti progettuali anche molto complessi. Caratteristica fondamentale del sistema carsico è l'assoluta casualità ed imprevedibilità delle sue manifestazioni.

Nelle gallerie caratterizzate da coperture elevate, come nel caso in esame, non è possibile raggiungere mediante una campagna di indagine di superficie, per quanto accurata, un grado di conoscenza sufficiente all'individuazione delle tratte in cui si manifesterà la presenza di una delle sopracitate interferenze. Ciò rende imprevedibile la loro ubicazione precisa e quindi necessario prevedere un programma di indagini da eseguire sistematicamente in avanzamento nel corso dello scavo della galleria che consenta di anticipare quanto più possibile il potenziale rischio.

L'intero tracciato della galleria Caprazoppa non presenta particolari problematiche relativamente all'interferenza dello stesso con le opere e strutture preesistenti.

7.2 Galleria Montegrosso

La galleria Monte Grosso ha una lunghezza complessiva di 1467 m (dalla progr. 69+528 alla 70+990 binario pari), di cui circa 47 m in artificiale e 1420 m in naturale, presenta una copertura massima di circa 256 metri e una pendenza del 8,82‰ in discesa.

Il tracciato della galleria si sviluppa all'interno delle formazioni delle Dolomie di San Piero a Monti e delle Quarziti di Ponte di Nava.

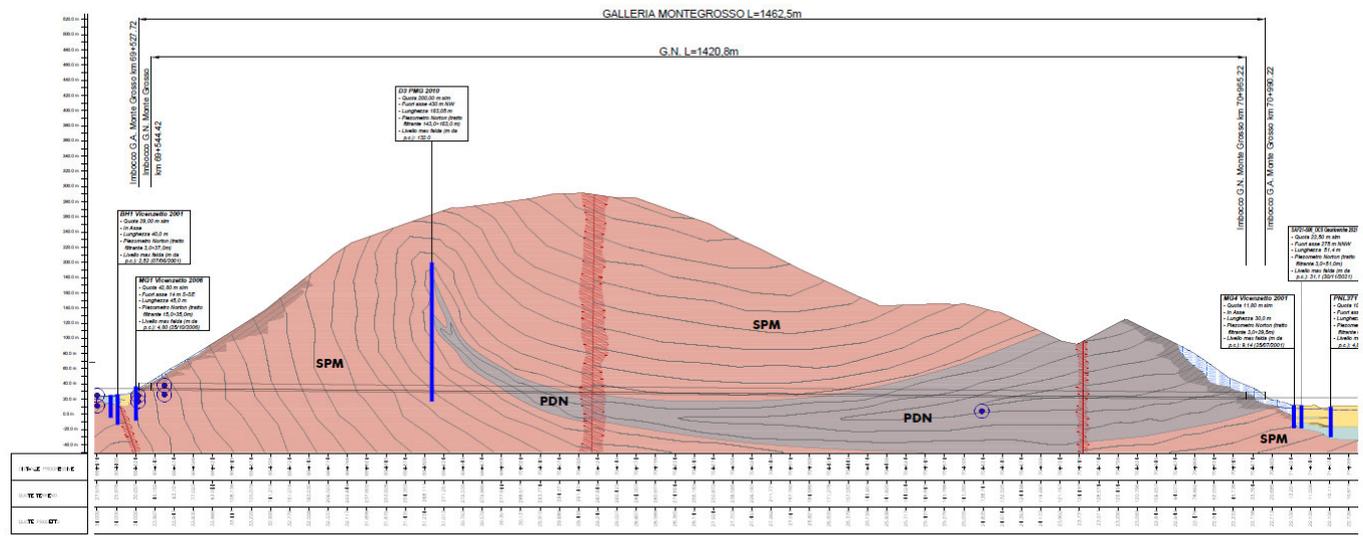


Figura 3. Profilo Galleria Montegrosso

All'imbocco e per tutto il tracciato i binari di corsa presentano un interasse di 22 m circa.

La galleria sarà realizzata a doppia canna a singolo binario mediante scavo in tradizionale. L'interasse tra le canne all'imbocco lato Genova è di circa 12 m e raggiunge i 22 m lungo la rimanente parte del tracciato.

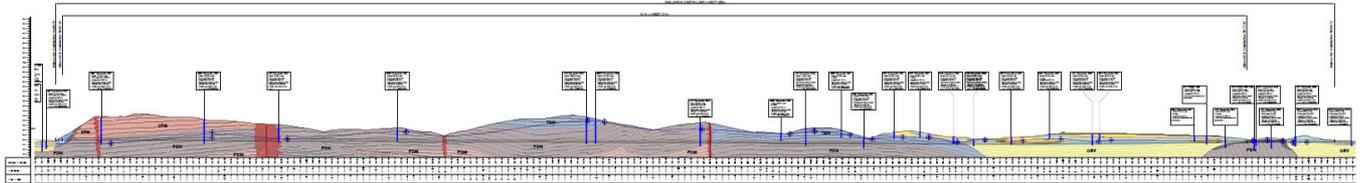


Figura 5. Profilo Galleria Castellari

A partire dall'imbocco lato Genova la livelletta si presenta in discesa con pendenza del 4.8‰ fino alla pk 75+236 poi in ascesa al 8.2‰ fino all'imbocco lato Ventimiglia. La presenza di una corda molle ha reso necessaria l'esecuzione di un pozzo di aggotamento per l'allontanamento delle acque di piattaforma alla pk. 75+261,80. In planimetria il tracciato, a partire dall'imbocco lato Genova, si sviluppa su due curve di raggio 4000 m raccordate da un rettilineo di lunghezza pari a circa 600 m. Un secondo rettilineo di lunghezza 955 m, anticipa l'ultimo tratto di galleria (760 m) in cui si realizza il progressivo avvicinamento dei binari e l'opera confluisce in un unico scatolare artificiale. Per la maggior parte del suo sviluppo la galleria è dunque costituita da due canne a singolo binario aventi un interasse costante massimo pari a 22.00 m. Dalla progr. km ~75+800 in poi, l'interasse tra le canne tende a diminuire gradualmente fino a raggiungere il valore di 13.10 m in corrispondenza dell'imbocco della galleria naturale lato Ventimiglia.

La realizzazione delle due canne è prevista mediante scavo con fresa tipo TBM dual mode. La scelta di questa tecnica di scavo è dettata dalla maggiore velocità di avanzamento, che potrà consentire la realizzazione di questa opera interamente dall'imbocco lato Ventimiglia verso l'imbocco lato Genova e dalla possibilità, lavorando con il fronte in pressione di sottoattraversare Loano minimizzando l'impatto con le preesistenze.

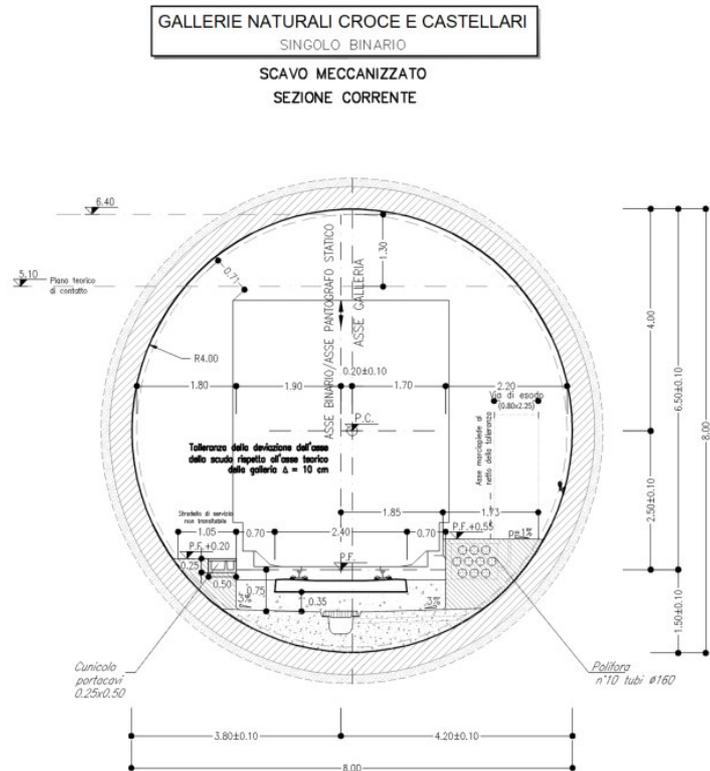


Figura 6. Sezione di intradosso Galleria Castellari

Lo scavo della galleria Castellari da imbocco Ventimiglia lato Genova in serie allo scavo della Galleria Croce

Il tracciato nel primo tratto di galleria naturale (lato Genova) presenta due canne monobinario interessate da coperture inizialmente crescenti fino a circa 110 m che decrescono fino ad un minimo di circa 15 m in corrispondenza della progressiva km 72+985. Le coperture si mantengono variabili tra i 50 e i 100 m per i successivi 1000 m di sviluppo e successivamente raggiungono un minimo in corrispondenza del rio Barbena pari a circa 12 m. Negli ultimi 1300 m la galleria è interessata da basse coperture (massimo 40 m) in terreni con caratteristiche geomeccaniche scadenti attraversati da corsi d'acqua a carattere torrenziale.

Le formazioni attraversate dal tracciato lungo il suo sviluppo sono:

- coperture detritiche, per un tratto di 10 m a partire dall'imbocco lato Genova con coperture massime pari a 20 m;
- dolomie di San Pietro dei monti (SPM-do), per un tratto di 115 m con coperture massime pari a circa 88 m;
- quarziti di ponte di Nava (PDN-qz), per un tratto di circa 3000 m con coperture massime pari a circa 108 m dal piano dei centri;

- calcari di Val Tanarello (TAN-c), per un tratto di circa 400 m con coperture massime pari a circa 76 m;
- depositi alluvionali (Unità 3), per un tratto di circa 1115 m con coperture massime pari a circa 40 m;

Per maggiori dettagli si rimanda all specifica relazione geotecnica e di calcolo Rif. [26]

La galleria Castellari presenta problematiche relative a interferenze con edifici nel tratto che va dalla progr. Km ~ 74+600 alla progr. Km ~ 76+200. In questo tratto, come dichiarato in precedenza, la galleria è inserita in un contesto di terreni con caratteristiche geomeccaniche scadenti con presenza di falda e, inoltre, presenta basse coperture da piano campagna.

In particolare, alla progr. Km 75+900, dove la galleria presenta una copertura di circa 15 m da p.c. con parametri geotecnici scadenti, è situato un complesso residenziale costituito da più fabbricati.

Per i dettagli specifici relativi al monitoraggio e agli eventuali interventi di salvaguardia previsti per le opere preesistenti interferenti con il tracciato si rimanda agli elaborati dedicati.

La galleria sotto attraversa vari corsi d'acqua a prevalente carattere torrenziale tra cui:

- Rio Ranzi alla prg km 72+511 ad una distanza di circa 21 m da estradosso calotta;
- Rio Croso alla prg km 72+985 ad una distanza di circa 15 m da estradosso calotta;
- Rio Ciope alla prg km 73+815 ad una distanza di circa 43 m da estradosso calotta;
- Rio Barbena alla prg km 74+667 ad una distanza di circa 12,5 m da estradosso calotta;
- Torrente Nibalto alla prg km 75+186 ad una distanza di circa 11,8 m da estradosso calotta.

Alla progressiva 75+261,80 è presente, tra le due canne della galleria di linea, il pozzo di aggotamento Castellari descritto di seguito.

7.3.1 Pozzo di aggotamento Castellari

In corrispondenza del punto di minimo altimetrico del tracciato, si prevede la realizzazione di un pozzo di aggotamento ubicato alla pk 75+263. Il pozzo è profondo circa 32 m ed ha diametro interno finito di 3.4m. Il volume di accumulo è ricavato sul fondo del pozzo che è posto a profondità maggiore delle canalette di raccolta. Le acque destinate alla vasca sono quelle di eventuale infiltrazione e le acque di piattaforma di galleria. Le acque piovane di trincea sono invece intercettate prima di essere convogliate in galleria. Il collegamento delle canalette alla vasca è realizzato con tubazione a spinta. Le vasche saranno attrezzate con pompe sommerse munite di galleggianti di innesco automatico che sollevano l'acqua in superficie dove è collocata la vasca di lagunaggio.

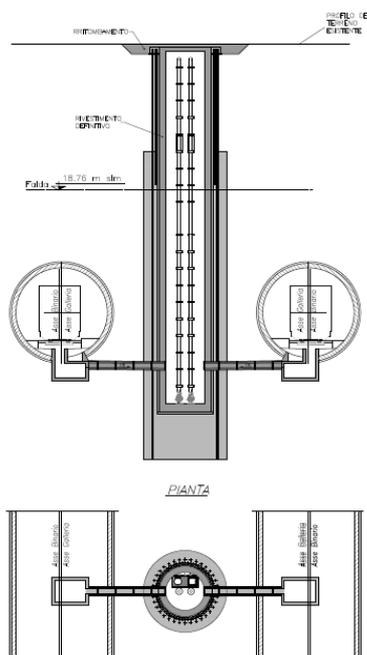


Figura 7 - Sezioni pozzo di aggotamento

7.4 Galleria Pineland

La galleria Pineland il cui tracciato, ricade nel territorio comunale di Borghetto Santo Spirito ha una lunghezza complessiva di 368 m (dalla progr. km 76+697 binario pari alla progr. km 77+065 binario pari), di cui circa 227 m in artificiale e 141 m in naturale, presenta una copertura massima di circa 12 metri. Il tracciato si sviluppa planimetricamente in rettilineo mentre sul profilo altimetrico presenta una pendenza del 7,16% in ascesa.

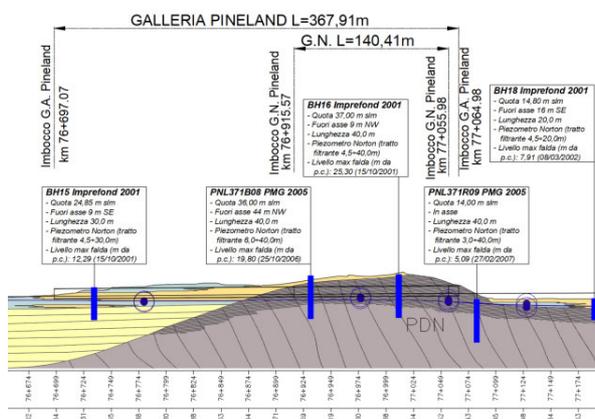


Figura 8. Profilo Galleria Pineland

La tratta in naturale si sviluppa per 141 m in sotterraneo a partire dall'imbocco del portale lato Genova (progr. km 76+914 binario pari) fino all'imbocco del portale lato Ventimiglia (progr. km 77+055 binario pari). La galleria il cui scavo è previsto con metodo tradizionale è costituita da un'unica canna contenente entrambi i binari di corsa. La sezione di scavo è variabile da circa 123 m² a circa 132 m² a seconda del comportamento deformativo riscontrato durante le fasi di lavorazione.

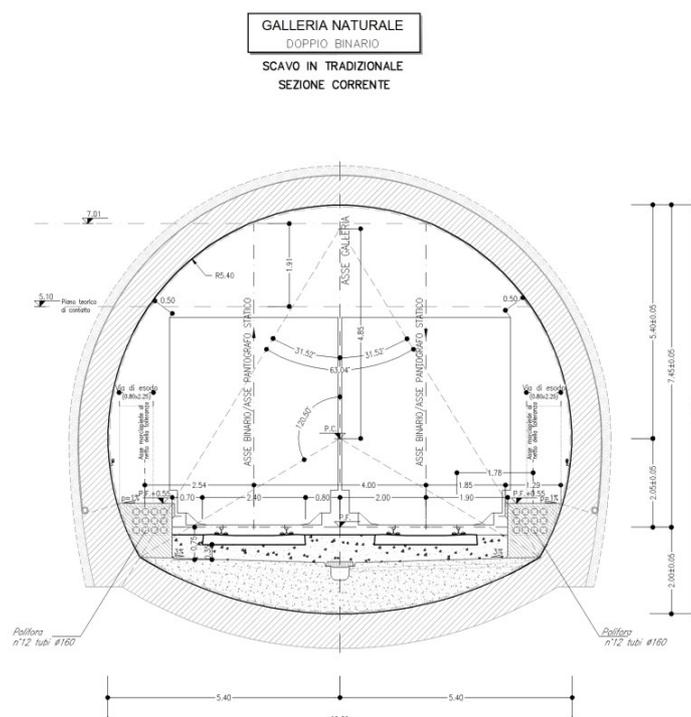


Figura 9. Sezione di intradosso Galleria Pineland

La galleria, lungo il suo sviluppo, è interessata dalla sola formazione alterata delle quarziti di ponte di Nava (PDN-qz ALT). Le coperture, a partire dall'imbocco lato Genova, crescono da un valore di circa 4 m ad un massimo di circa 12,5 m per poi decrescere a circa 2,5 m in corrispondenza dell'imbocco lato Ventimiglia.

7.5 Galleria Croce

La galleria Croce ha una lunghezza complessiva di 4562 m sulla cana pari (dalla progr. 77+703 alla progr. 82+265 binario pari) di cui circa 73 m in artificiale e 4489 m in naturale, mentre sulla canna dispari ha una lunghezza di 4496 (dalla progr. km 77+700 alla progr. 82+253 binario dispari) di cui circa 57 m in artificiale e 4497 in naturale.

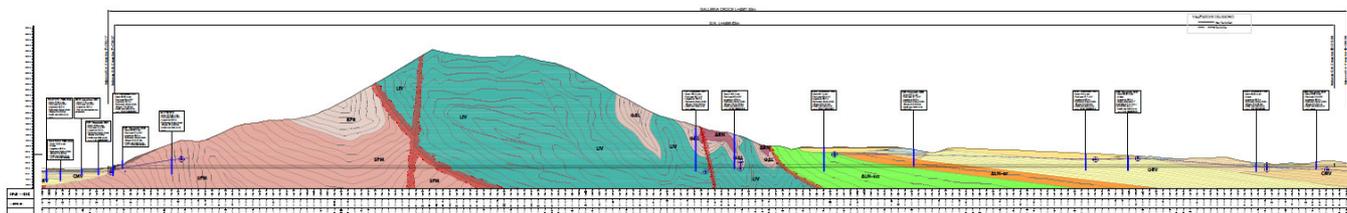


Figura 10. Profilo galleria Croce

Il tracciato a partire dall'imbocco lato Genova, si sviluppa planimetricamente su curve, di cui una in sinistra con un raggio di circa 4600 m e una in destra con un raggio di circa 2200 m, collegate da un rettilineo di lunghezza circa 1700 m. Altimetricamente il tracciato presenta una livelletta in ascesa del 1,49%. In corrispondenza di entrambi gli imbocchi l'interasse fra i due binari risulta pari a circa 12 m mentre raggiunge la massima distanza pari a 30 m circa lungo il tracciato in sotterraneo.

La galleria naturale Croce il cui tracciato, ricadente nei territori comunali di Borghetto Santo Spirito, Ceriale e Albenga, si sviluppa per 4489 m in sotterraneo sul binario pari a partire dall'imbocco lato Genova (progr. km 77+726 binario pari) fino all'imbocco lato Ventimiglia (progr. km 82+215 binario pari) mentre si sviluppa per 4497 m in sotterraneo sul binario dispari a partire dall'imbocco del portale lato Genova (progr. km 77+722 binario dispari) fino all'imbocco del portale lato Ventimiglia (progr. km 82+219-binario dispari).

La realizzazione delle due canne è prevista mediante scavo con fresa tipo TBM dual mode. La scelta di questa tecnica di scavo è dettata essenzialmente dalla maggiore velocità di avanzamento, che potrà consentire la realizzazione di questa opera interamente dall'imbocco lato Genova verso l'imbocco lato Ventimiglia. La sezione di scavo è di circa 68 m².

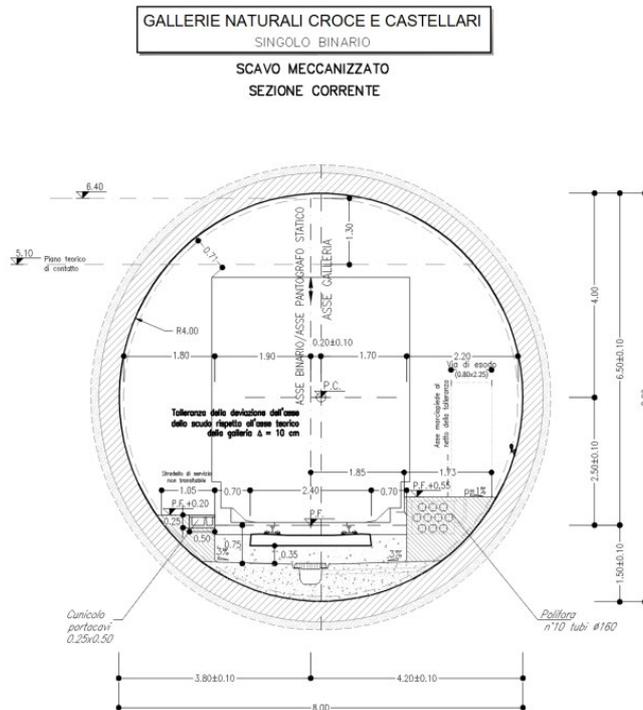


Figura 11. Sezione di intradosso Galleria Croce

Le coperture della galleria, a partire dall'imbocco lato Genova, crescono linearmente fino ad un massimo di 420 m per i primi 1200 m, si mantengono costanti per circa 400 m, poi decrescono linearmente fino alla progr. 79+900 circa; da qui fino allo sbocco lato Ventimiglia per i successivi 2100 m la galleria è caratterizzata da coperture basse, decrescenti da circa 60 m fino a pochi metri.

Le formazioni attraversate dal tracciato lungo il suo sviluppo sono:

- dolomie di San Pietro dei monti (SPM-do), per un tratto di 1140 m, con coperture massime pari a circa 400 m;
- calcari di rocca Livernà (LIV-c), per un tratto di 1240 m, con coperture massime di circa 420 m;
- formazione di Albenga (ALN-scc), per un tratto di circa 430 m con coperture di circa 70 m;
- formazione di Albenga alterata (ALN-ar), per un tratto di circa 300 m con coperture di circa 65 m;
- argille di Ortovero (ORV), per un tratto di circa 680 m con coperture massime di circa 57 m;
- conglomerati di monte Villa (CMV), per un tratto di circa 580 m con coperture massime pari a 25 m..

La galleria naturale in prossimità dell'imbocco lato Genova risulta interferente con l'autostrada dei Fiori, che in quel tratto è realizzata a mezza costa.

A causa delle ridotte coperture e dell'alto angolo di incidenza, l'interferenza con l'autostrada sarà superata mediante la realizzazione al di sotto della carreggiata di un consolidamento con iniezioni cementizie per favorire la realizzazione della galleria con scavo meccanizzato con avanzamento da lato Ventimiglia verso lato Genova.

L'esecuzione dei consolidamenti garantirà sempre il transito dei mezzi su almeno una corsia dell'autostrada, riducendo al minimo il periodo di parzializzazione del traffico.

7.6 Galleria Alassio

La galleria Alassio ha una lunghezza complessiva di 9741 m sul binario pari (dalla progr. km 87+120 lato Genova alla progressiva km 96+861 lato Ventimiglia) di cui, nella tratta d'imbocco lato Genova, 16 m fanno parte del portale d'ingresso, 32 m della galleria artificiale e 94 del camerone di allargo; nella tratta di imbocco lato Ventimiglia, 15 m fanno parte del portale d'ingresso e 34 m della galleria artificiale. Sul binario dispari la lunghezza complessiva della galleria è 9727 m (dalla progr. km 87+140 lato Genova alla progressiva km 96+867 lato Ventimiglia) di cui, nella tratta d'imbocco lato Genova, 15 m fanno parte del portale d'ingresso, 28 m della galleria artificiale e 94 m del camerone di allargo; nella tratta di imbocco lato Ventimiglia, 15 m fanno parte del portale d'ingresso e 34 m della galleria artificiale.

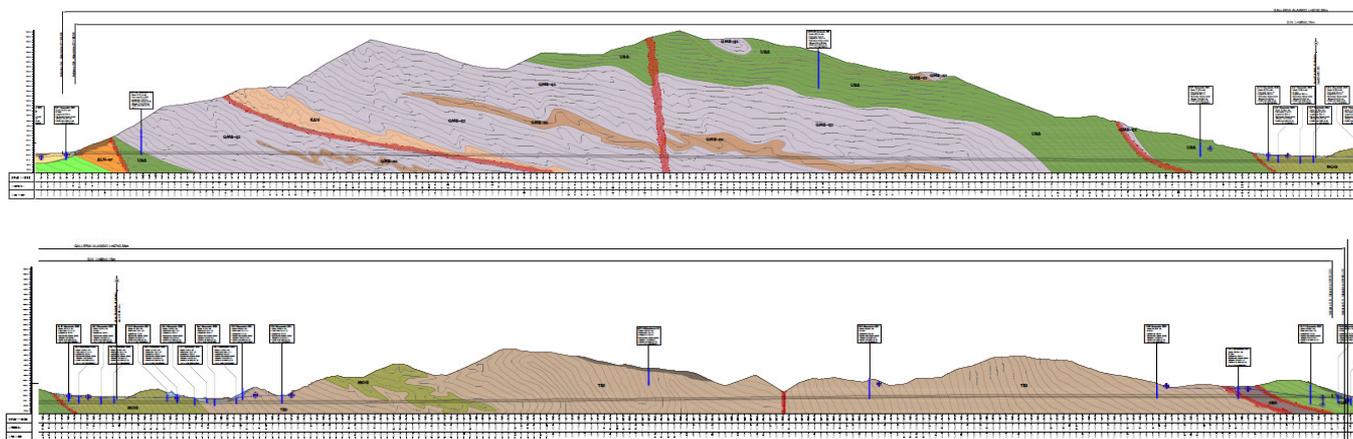


Figura 12. Profilo Galleria Alassio

La realizzazione delle due canne è prevista mediante scavo con fresa tipo TBM dual mode. La scelta di questa tecnica di scavo è dettata essenzialmente dalla maggiore velocità di avanzamento, che potrà consentire la realizzazione di questa opera interamente dall'imbocco lato Genova verso l'imbocco lato Ventimiglia e permette in modalità chiusa (fronte in pressione) di attraversare l'abitato di Alassio con basse coperture minimizzando gli impatti con le presistenze. La sezione di scavo è di 78,5 m².

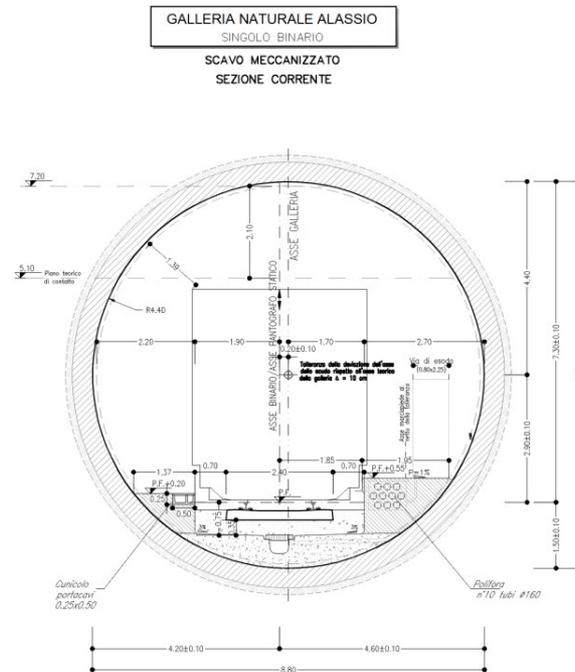


Figura 13. Sezione di intradosso Galleria Alassio

La realizzazione del camerone di allargò è stata resa necessaria dalla vicinanza delle canne all'imbocco. Esso consente il progressivo allontanamento dei binari fino al raggiungimento della distanza minima sufficiente a garantire l'esecuzione delle canne in meccanizzato senza che la realizzazione della seconda canna danneggi il rivestimento della prima. La sezione di scavo del camerone è pari a circa 400 m².

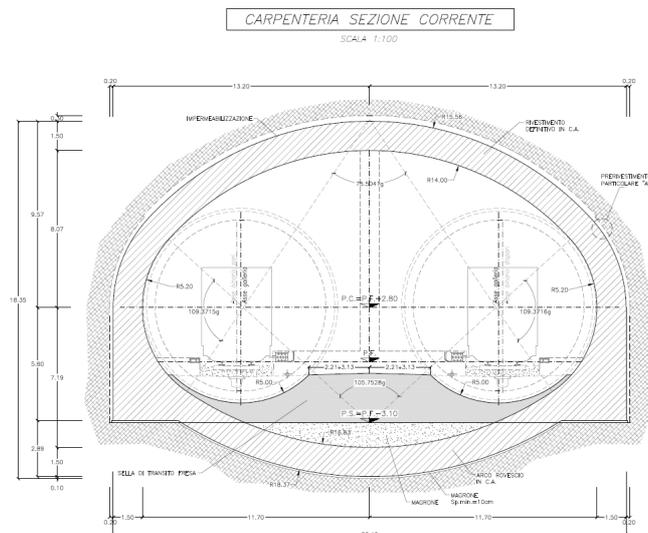


Figura 14. Sezione camerone di allargò

Le macro-fasi esecutive previste per la realizzazione del camerone di attacco delle frese, sono di seguito riassunte:

1) Macrofase 1 - Cunicoli di piedritto

- sagomatura del fronte a forma concava
- esecuzione sul fronte di avanzamento di uno strato di spritz-beton fibrorinforzato o armato con rete elettrosaldata
- esecuzione del preconsolidamento al fronte mediante elementi strutturali in VTR cementati in foro (L=13.0m sovrapposizione minima = 5m)
- esecuzione dei drenaggi di avanzamento (eventuali)
- scavo dei cunicoli di piedritto con avanzamenti massimi di 8.00m
- posa centine
- esecuzione al contorno di uno strato di spritz-beton fibrorinforzato (sp.=20cm) ed al fronte (sp.=10cm a fine campo e sp.=5cm sul 30% degli sfondi)
- i fronti dei due cunicoli potranno procedere parallelamente ad una distanza fra loro non inferiore a 30m.

2) Macrofase 2 - Getto murette e piedritti

- posa impermeabilizzazione
- armatura, casseratura e getto delle murette in c.a.
- armatura, casseratura e getto dei piedritti in c.a.

3) Macrofase 3 – Riempimento dei cunicoli di piedritto

- riempimento parziale dei cunicoli di piedritto con materiali di risulta dagli scavi.

4) Macrofase 4 – Scavo calotta camerone

- consolidamento del fronte di scavo della calotta mediante elementi strutturali in VTR cementati in foro (L=13.0m sovrapposizione minima = 5m).
- scavo della calotta del camerone con avanzamento di ~1.00m
- taglio della parte superiore delle centine dei cunicoli di piedritto.
- esecuzione della bullonatura radiale
- posa centine di calotta del camerone
- esecuzione di uno strato di spritz-beton fibrorinforzato o armato con rete elettrosaldata; qualora le condizioni riscontrate durante lo scavo ne indicassero la necessita', si dovra' realizzare un pre-spritz fibrorinforzato al fronte e al contorno della sezione di scavo (sp.=10cm) prima di porre in opera le centine di calotta del camerone.



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA
PROGETTO DEFINITIVO - TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN
SOTTERRANEO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 07 RH	GN 00 00 001	C	24 di 71

- iniezione del foro dei bulloni eseguita mediante malta cementizia

5) Macrofase 5 – Impermeabilizzazione e getto calotta camerone

- posa in opera dell'impermeabilizzazione, composta da uno strato protettivo di tessuto non tessuto e da un telo impermeabilizzante di PVC.
- armatura, casseratura e getto della calotta del camerone.
- la distanza minima tra il fronte di scavo della calotta e il concio di getto della stessa è posta pari a 10÷30m in funzione delle condizioni riscontrate.

6) Macrofase 6 – Scavo e getto arco rovescio camerone

- scavo di ribasso fino a P.S. dei piedritti per campi pari a 30m
- scavo e demolizione parziale del magrone di livellamento
- scavo di ribasso per l'arco rovescio del camerone per campi di 10m
- posa magrone di pulizia (sp.=10cm min.)
- armatura e getto arco rovescio del camerone
- la distanza tra lo scavo e il getto dell'arco rovescio e il fronte dello scavo di ribasso deve essere inferiore a 20÷30m

Nel profilo longitudinale la livelletta presenta una pendenza massima del 7,26‰ in discesa tra progr. 87+815 e la progr. 91+737 e una pendenza massima del 8,76‰ in ascesa tra progr. 92+995 e la progr. 95+289.

In planimetria il tracciato, a partire dall'imbocco lato Genova, si sviluppa su una curva in sinistra a raggio costante pari a circa 2200 m che precede un tratto in rettilineo di lunghezza 1400 m. A seguire, il tracciato presenta 2 curve in destra a raggio costante di valore pari a circa 2220 m separate da un tratto in rettilineo di lunghezza 685 m. Nell'ultima parte, il tracciato si sviluppa ancora in rettilineo per ulteriori 2680 m, a cui seguono una curva a raggio costante di valore pari a circa 2500 m e un rettilineo di lunghezza pari a circa 350 m. In corrispondenza dei due imbocchi i binari di corsa presentano un interasse di 12 m circa, mentre raggiungono una distanza massima di 40 m lungo il tracciato in sotterraneo.

A partire dal camerone di allargò lato Genova le coperture aumentano progressivamente fino a raggiungere il valore massimo di 460 m in corrispondenza della progr. km 88+320. La copertura si mantiene variabile tra circa 340 m e 500 m, per i successivi 2000 m, per poi decrescere gradualmente fino alla stazione di fermata Alassio. Dalla progressiva km 91+800 alla progressiva km 92+750, la galleria è interessata da coperture molto ridotte che nei punti più critici, arrivano ad essere inferiori a 5 m da quota calotta e raggiungono il valore massimo di circa 50 m. Nel tratto che segue la copertura cresce nuovamente fino a raggiungere il valore di 197 m in corrispondenza della progr. km 93+594 per decrescere ancora a valori di circa 15 m alla progr. km 94+651. Il tracciato è interessato dalle medesime variabilità con valori di copertura compresi tra 150 m e 25 m, per gli ulteriori 2160 m di sviluppo.

Al portale di imbocco lato Ventimiglia, l'opera è costituita da una galleria artificiale a canna unica con doppio binario di lunghezza pari a circa 28 m; l'interasse tra i binari è 12 m all'imbocco della galleria naturale.

Il tracciato della galleria Alassio sotto attraversa con coperture modeste alcune presistenze ed in particolare risulta critico l'attraversamento dell'abitato di Alassio in corrispondenza dei Rii Barbona (pk 92+017) e Caudi (92+362).

Per i dettagli specifici relativi ai fabbricati esistenti, al monitoraggio e agli eventuali interventi di salvaguardia previsti per le opere preesistenti interferenti con il tracciato si rimanda agli elaborati dedicati.

7.6.1 Fermata sotterranea

In corrispondenza dell'abitato di Alassio, è prevista la realizzazione della fermata sotterranea costituita da due pozzi di accesso (uno lato Genova e l'altro lato Ventimiglia) collegati mediante una galleria naturale scavata in tradizionale:

- Pozzo di accesso Gastaldi (lato Genova), tra la progr. km 91+954 e la progr. km 92+005 di lunghezza 52,00 m e di larghezza 10,50 m (quota piano ferro -7,55 m);
- Pozzo di accesso Neghelli (lato Ventimiglia) tra la progr. km 92+301 e la progr. km 92+344 di lunghezza 42,90 m e di larghezza 10,50 m (quota piano ferro circa -7,55 m).

La sezione di scavo è di 43,48 m². La galleria di fermata è collegata alla galleria di linea mediante by-pass scavati anch'essi in tradizionale.

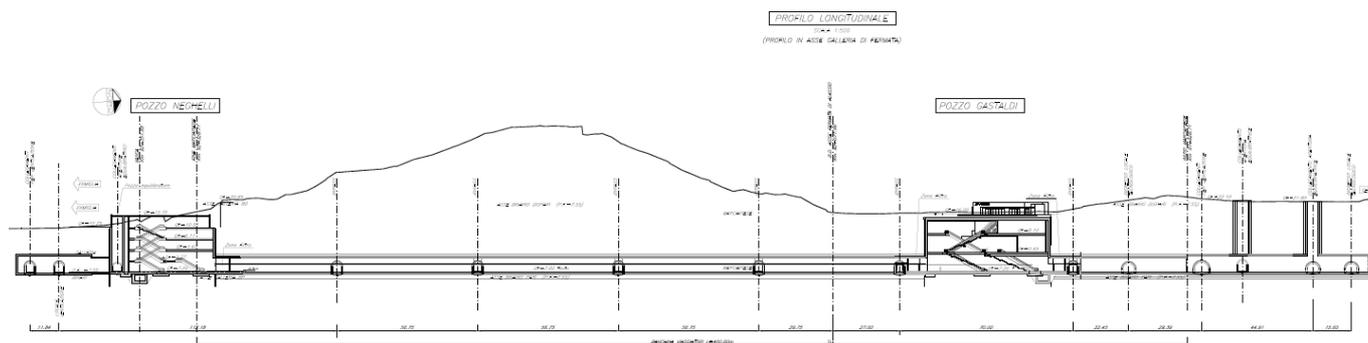


Figura 15. Profilo in asse della galleria di fermata

Le fasi previste per la realizzazione della fermata sotterranea sono le seguenti:

- 7) Fase 1
 - Realizzazione dei pozzi di fermata Neghelli e Gastaldi.
 - Realizzazione dei pozzi equilibratori/di ventilazione.

RELAZIONE SOTTERRANEO	TECNICA	DELLE	OPERE	IN	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 07 RH	DOCUMENTO GN 00 00 001	REV. C	FOGLIO 26 di 71
--------------------------	---------	-------	-------	----	------------------	-------------	---------------------	---------------------------	-----------	--------------------

8) Fase 2

- Realizzazione della galleria centrale di fermata e dei cunicoli allargati per impianti.
- Realizzazione dei rivestimenti definitivi della galleria di fermata e dei pozzi di fermata.

9) Fase 3

- Passaggio delle TBM per la realizzazione delle gallerie di linea.

10) Fase 4

- Realizzazione dei cunicoli di collegamento trasversali.

7.6.2 Pozzo di accesso Gastaldi

La formazione litologica prevalentemente interessata dalla costruzione del pozzo di accesso Gastaldi sono le Peliti di Moglio (MGL): trattasi di depositi torbiditici costituiti da peliti manganesifere con intercalazioni di siltiti. A differenza della zona in cui viene realizzato il pozzo di accesso Neghelli, in quest'area sono presenti superficialmente dei depositi alluvionali per una potenza di circa 8÷9 m dal p.c. locale.

Lo strato superficiale sarà interessato dagli scavi di sbancamento necessari a raggiungere la quota di lavoro di progetto prevista per l'esecuzione delle opere di sostegno provvisionali; tali scavi avranno generalmente pendenze 2 (orizzontale) : 1 (verticale), in funzione delle diverse altezze di scavo previste.

Per la realizzazione del pozzo di accesso Gastaldi il progetto prevede la realizzazione di una paratia provvisoria di micropali contrastata con puntoni su più livelli.

La paratia principale si sviluppa secondo una configurazione rettangolare per complessivi 124 m circa. La paratia lungo i due lati corti si sviluppa per 10,50 m circa, mentre sui rimanenti due lati lunghi si estende per un tratto di 51,2 m. Inoltre, la paratia principale si sviluppa anche con una configurazione a L in adiacenza al lato ovest del pozzo per 22 m circa.

La paratia è ancorata con tre ordini di puntoni costituiti da profili metallici tubolari; l'altezza massima di scavo è pari a circa 28 m.

Si prevede inoltre la realizzazione di un'opera di sostegno a protezione degli scavi in direzione est-ovest a partire dal lato ovest del pozzo per uno sviluppo in pianta di 43+26 m circa; essa è costituita da una berlinese di micropali con altezza massima di scavo pari a circa 3 m.

I micropali prevedono un diametro foro di 240 mm, armatura metallica a sezione tubolare e interasse 40 cm.

Lo sbancamento sarà realizzato per ribassi successivi, seguiti dall'installazione dei puntoni, fino a quota di fondo scavo della paratia.

La struttura di sostegno sarà ricoperta da uno strato di spritz-beton proiettato armato di 10 cm con rete elettrosaldata, attraversata da perforazioni in cui sono inseriti tubi drenanti per lo scarico delle acque di filtrazione.



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA
PROGETTO DEFINITIVO - TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN
SOTTERRANEO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 07 RH	GN 00 00 001	C	27 di 71

Le macro-fasi esecutive previste per la realizzazione del pozzo di accesso Gastaldi, sono le seguenti:

- 1) Preparazione area di cantiere, e scavo di ribasso fino a quota esecuzione micropali;
- 2) Esecuzione paratia berlinese di micropali ed esecuzione della trave di testata in c.a.;
- 3) Scavo di sbancamento del terreno fino a 0,50 m dalla quota di progetto del primo ordine di puntoni, immediata realizzazione di spritz-beton armato con rete elettrosaldata a protezione dello scavo e posa in opera del primo ordine di puntoni;
- 4) Scavo di sbancamento del terreno fino a 0,50 m dalla quota di progetto del secondo ordine di puntoni, immediata realizzazione di spritz-beton armato con rete elettrosaldata a protezione dello scavo e posa in opera del secondo ordine di puntoni;
- 5) Scavo di sbancamento del terreno fino a 0,50 m dalla quota di progetto del terzo ordine di puntoni, immediata realizzazione di spritz-beton armato con rete elettrosaldata a protezione dello scavo e posa in opera del terzo ordine di puntoni;
- 6) Scavo di sbancamento del terreno fino a 0,50 m dalla quota di progetto del quarto ordine di puntoni, immediata realizzazione di spritz-beton armato con rete elettrosaldata a protezione dello scavo e posa in opera del terzo ordine di puntoni;
- 7) Scavo di sbancamento del terreno fino a quota di fondo scavo, immediata realizzazione di spritz-beton armato con rete elettrosaldata a protezione dello scavo, realizzazione della soletta di fondo in c.a., realizzazione del consolidamento mediante iniezioni cementizie del primo tratto di galleria di fermata da fondo scavo, scavo e realizzazione della galleria di fermata e by-pass di fermata;
- 8) Getto del rivestimento definitivo della galleria di fermata e realizzazione delle strutture interne della stazione con rimozione dei puntoni provvisori.

Si evidenzia che le fasi esecutive sopradescritte dovranno essere realizzate secondo la seguente sequenza:

- Macrofase 1 - Realizzazione delle opere provvisionali e definitive del corpo principale del pozzo di accesso;
- Macrofase 2 - Realizzazione delle restanti opere provvisionali ed esecuzione degli scavi e delle opere definitive prospicienti il lato ovest del corpo principale;
- Macrofase 3 – Realizzazione degli sbancamenti previsti sull'ultimo in direzione ovest del pozzo di accesso e successivamente delle opere definitive.

La struttura è prevista in c.a. gettato in opera, con solette piene prevalentemente monodirezionali poggianti su travi, e viene realizzata con metodo “a cielo aperto”, a partire dal solettone di fondo.

	RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA PROGETTO DEFINITIVO - TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 07 RH	DOCUMENTO GN 00 00 001	REV. C

7.6.3 Pozzo di accesso Neghelli

Il pozzo di accesso Neghelli è caratterizzato dal punto di vista stratigrafico da depositi alluvionali e dalle Peliti di Moglio.

Lo strato superficiale detritico, di spessore variabile, sarà interessato dagli scavi di sbancamento necessari a raggiungere la quota di lavoro di progetto prevista per l'esecuzione delle opere di sostegno provvisionali; tali scavi avranno generalmente pendenze 2 (orizzontale) : 1 (verticale), in funzione delle diverse altezze di scavo previste.

Prima di procedere con gli scavi per l'esecuzione delle opere di sostegno sarà necessario realizzare opportuni interventi di consolidamento in corrispondenza dei due terrapieni esistenti da preservare ubicati all'interno dell'area di lavoro, rispettivamente lungo il lato Nord (verso Genova) ed Ovest (scuola esistente). Durante le successive fasi di ribasso, tali strutture andranno attentamente monitorate al fine di valutare la necessità di prevedere ulteriori interventi di consolidamento.

Per la realizzazione del pozzo di accesso Neghelli il progetto prevede la realizzazione di una paratia provvisoria di micropali contrastata con puntoni su più livelli.

La paratia si sviluppa secondo una configurazione rettangolare per complessivi 106,80 m circa. La paratia lungo i due lati corti si sviluppa per 10,50 m circa, mentre sui rimanenti due lati lunghi si estende per un tratto di 42,90 m.

I micropali sono contrastati su due ordini da travi di ripartizione orizzontali costituite da profili metallici tipo HEB, vincolati da puntoni, e collegati in testa da una trave di coronamento in calcestruzzo armato che ha la funzione statica di ripartire in maniera uniforme sui micropali le spinte applicate dal terreno sulla parete.

La paratia è ancorata con due ordini di puntoni costituiti da profili metallici tubolari; l'altezza massima di scavo è pari a circa 22,30 m.

Per maggiori dettagli circa la tipologia dei puntoni, la lunghezza, l'interasse sono indicati in apposite tabelle nei disegni di progetto.

Si prevede inoltre la realizzazione di un'opera di sostegno a protezione degli scavi disposta in prossimità del lato est del pozzo per uno sviluppo in pianta di 22 m circa; essa è costituita da una berlinese di micropali con altezza massima di scavo pari a circa 3 m.

I micropali prevedono un diametro foro di 220 mm, armatura metallica a sezione tubolare e interasse 40cm.

Lo sbancamento sarà realizzato per ribassi successivi, seguiti dall'installazione dei puntoni, fino a quota di fondo scavo della paratia.

La struttura di sostegno sarà ricoperta da uno strato di betoncino proiettato armato di 10 cm con rete elettrosaldata, attraversata da perforazioni in cui sono inseriti tubi drenanti per lo scarico delle acque di filtrazione.

	RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA PROGETTO DEFINITIVO - TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 07 RH	DOCUMENTO GN 00 00 001	REV. C

Le macro-fasi esecutive previste per la realizzazione del pozzo di accesso Neghelli, sono le seguenti:

- 1) Preparazione area di cantiere, interventi di consolidamento in corrispondenza dei due terrapieni esistenti da preservare ubicati all'interno dell'area di lavoro, rispettivamente lungo il lato Nord (verso Genova) ed Ovest (scuola esistente) e scavo di ribasso fino a quota esecuzione micropali;
- 2) Esecuzione paratia berlinese di micropali ed esecuzione della trave di testata in c.a.;
- 3) Scavo di sbancamento del terreno fino a 0,50 m dalla quota di progetto del primo ordine di puntoni, immediata realizzazione di spritz-beton armato con rete elettrosaldata a protezione dello scavo e posa in opera del primo ordine di puntoni;
- 4) Scavo di sbancamento del terreno fino a 0,50 m dalla quota di progetto del secondo ordine di puntoni, immediata realizzazione di spritz-beton armato con rete elettrosaldata a protezione dello scavo e posa in opera del secondo ordine di puntoni;
- 5) Scavo di sbancamento del terreno fino a 0,50 m dalla quota di progetto del terzo ordine di puntoni, immediata realizzazione di spritz-beton armato con rete elettrosaldata a protezione dello scavo e posa in opera del secondo ordine di puntoni;
- 6) Scavo di sbancamento del terreno fino a 0,50 m dalla quota di progetto del quarto ordine di puntoni, immediata realizzazione di spritz-beton armato con rete elettrosaldata a protezione dello scavo e posa in opera del secondo ordine di puntoni;
- 7) Scavo di sbancamento del terreno fino a quota di fondo scavo, immediata realizzazione di spritz-beton armato con rete elettrosaldata a protezione dello scavo, realizzazione della soletta di fondo in c.a., realizzazione del consolidamento mediante iniezioni cementizie del primo tratto di galleria di fermata da fondo scavo, scavo e realizzazione della galleria di fermata e by-pass di fermata;
- 8) Getto del rivestimento definitivo della galleria di fermata e realizzazione delle strutture interne della stazione con rimozione dei puntoni provvisori.

La struttura è prevista in c.a. gettato in opera, con solette piene monodirezionali poggianti su travi, e viene realizzata con metodo "a cielo aperto", a partire dal solettone di fondo.

7.6.4 Pozzi di ventilazione/equilibratori

In corrispondenza della fermata sotterranea della galleria Alassio si prevede la realizzazione di due pozzi equilibratori ubicati rispettivamente alla pk 91+843,76 e alla pk. 91+890,09. Il pozzo equilibratore ubicato alla pk. 91+843,76 è profondo 26 m ed ha diametro interno finito di 4.40 m mentre quello ubicato alla pk. 91+890,09 ha diametro interno finito di 4.40 m ed è profondo 17 m. Il pozzo di ventilazione è profondo 17 m e ha un diametro interno finito di 3.30 m. Le progressive riportate sono quelle relative alla canna pari della galleria.

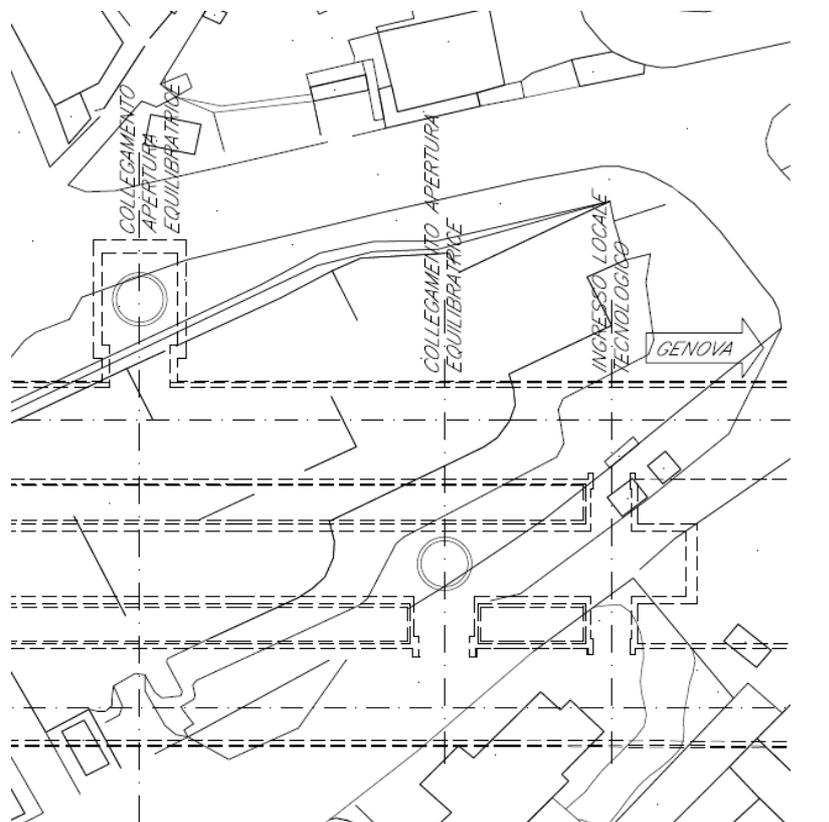


Figura 16 – Pianta pozzi equilibratori e di ventilazione

I pozzi equilibratori e di ventilazione della stazione di fermata sotterranea Alassio risultano essere realizzati all'interno di una formazione rocciosa alterata (Coperture detritiche, di seguito denominate dt) per i primi 3 m circa a partire da piano campagna; a seguire fino a quota di fondo scavo la stratigrafia incontrata è caratterizzata dallo strato superficiale alterato delle Peliti di Moglio (di seguito denominate MGL-as-alt) e dal substrato compatto dello stesso materiale (di seguito denominate MGL-as).

Le opere di sostegno provvisorie dei pozzi equilibratori e di ventilazione sono costituite da micropali di diametro foro ϕ 220 mm, armati con tubi in acciaio S235H di diametro ϕ 168.3 mm e spessore 12.5 mm, posti ad interasse 0,40 m.

I micropali sono contrastati su più ordini da centine HEB 180 in acciaio S355 poste a interasse di 1,0 m; l'altezza massima di scavo è pari a circa 26 m.

La struttura di sostegno provvisoria è ricoperta da uno strato di spritz-beton di 20 cm armato con rete elettrosaldata. Il rivestimento definitivo del pozzo è realizzato in conglomerato cementizio armato di spessore 0.40 m per il quale è prevista l'impermeabilizzazione. La classe di resistenza adottata ai fini della durabilità è la C 28/35. Tuttavia ai fini del calcolo è stata adottata cautelativamente la C 25/30.

Lo sbancamento dovrà essere realizzato per ribassi successivi, seguiti dall'installazione delle centine, fino a quota di fondo scavo del pozzo. I dettagli sugli elementi che costituiscono i pozzi equilibratori e di ventilazione e le caratteristiche dei materiali, sono riportati negli elaborati specifici di progetto.

Le macro-fasi esecutive previste per la realizzazione dei pozzi equilibratori e di ventilazione sono le seguenti:

1) Macrofase 1

- profilo del terreno attuale variabile da quota +22.71 m s.l.m. a quota +21.14 m s.l.m.;
- preparazione dell'area di cantiere per l'esecuzione dell'intervento;
- scavo di ribasso fino alla quota di esecuzione dei micropali;

2) Macrofase 2

- esecuzione dei micropali;
- esecuzione della trave di testata in c.a.;

3) Macrofase 3

- scavo di sbancamento del terreno fino a 0,50 m dalla quota di progetto del primo ordine di centine;
- posa in opera del primo ordine di centine;
- immediata realizzazione di spritz-beton armato con rete elettrosaldata a protezione dello scavo;

4) Macrofase 4

- ripetizione della fase precedente con sbancamento fino a quota -0,5 m dalla quota di progetto delle centine per i restanti ordini e raggiungimento della quota di fondo scavo;

5) Macrofase 5

- Getto del rivestimento definitivo eseguito dall'alto verso il basso previa posa dell'impermeabilizzazione secondo le caratteristiche di progetto.

Per maggiori dettagli relativi alle macro-fasi esecutive previste, si vedano specifici elaborati.

7.7 Opere per la sicurezza in galleria

7.7.1 Collegamenti trasversali di esodo

La configurazione a doppia canna prevede, per la gestione della sicurezza in galleria, la realizzazione di collegamenti trasversali (by-pass), che permettono l'esodo dei passeggeri della galleria in cui avviene un incidente all'altra. I collegamenti sono predisposti ad un interasse massimo di 500 m.

Lungo tutto il tracciato è prevista la realizzazione 44 collegamenti trasversali di esodo.

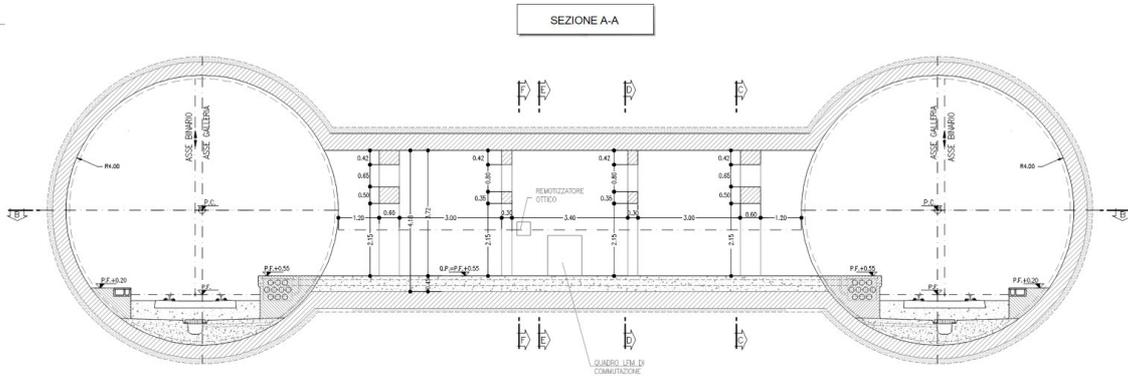


Figura 17. Collegamento trasversale di esodo (scavo meccanizzato)

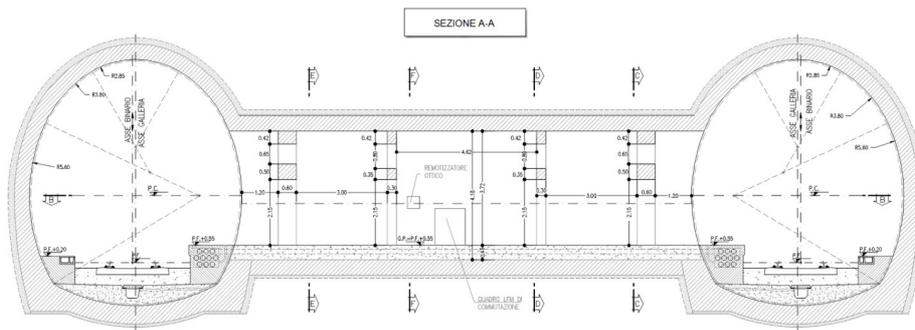


Figura 18. Collegamento trasversale di esodo (Scavo in tradizionale)

7.8 Opere tecnologiche

7.8.1 Collegamenti trasversali (by-pass) tecnologici

È prevista la realizzazione di 12 by-pass per l'allocatione di impianti tecnologici. La sezione di intradosso è policentrica con raggio di calotta pari a 2,60 m, raggio in arco rovescio pari a 4,00 m.

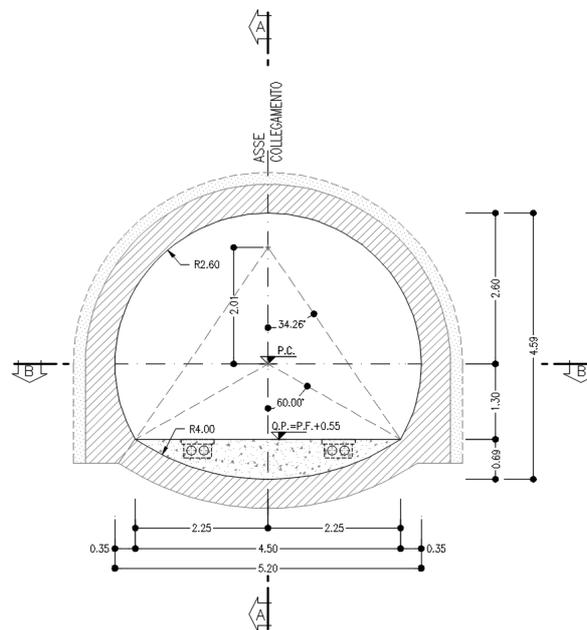


Figura 19. Sezione by-pass tecnologici

7.8.2 Nicchie

Le gallerie saranno dotate delle seguenti tipologie di nicchie:

- Nicchie tecnologiche 107*2
- Nicchie STES
- Nicchie RA

8 METODOLOGIA DI LAVORO

Le scelte messe a punto in sede di progettazione definitiva si sono basate su quanto sviluppato nella precedente fase Progettuale (Progetto Preliminare), sull'analisi dei dati e dei requisiti di base e della documentazione relativa agli studi condotti nel corso della fase progettuale precedente (Fase Conoscitiva).

Durante la Fase Conoscitiva è stata eseguita, ai fini della progettazione dell'opera, una campagna geognostica integrata da rilievi geologici, idrogeologici e geomorfologici, accompagnata da prove di laboratorio su campioni. Le risultanze dell'attuale campagna geognostica sono state ampiamente integrate con le risultanze delle precedenti.

Il quadro geologico, idraulico e geotecnico risultante ha permesso di definire in particolare i seguenti aspetti:

- la litologia degli ammassi rocciosi e la loro successione lungo il tracciato delle gallerie;
- la morfologia presente nell'area interessata dai lavori, con particolare riferimento alle zone d'imbocco;
- il quadro idrogeologico di riferimento;
- le caratteristiche geomeccaniche degli ammassi rocciosi attraversati e il loro comportamento allo scavo.

Gli aspetti tecnico-applicativi sono stati sviluppati anche sulla base della documentazione raccolta e degli approfondimenti derivanti da alcuni sopralluoghi eseguiti in sito, in particolare nelle aree di imbocco, nei tratti a bassa copertura in ambiente urbano e nelle zone di posizionamento dei pozzi.

Sono state quindi esaminate le principali problematiche progettuali legate alla realizzazione delle singole opere (Fasi di Diagnosi), individuando le soluzioni tecniche più appropriate per l'ottimizzazione dei tempi e dei costi dell'opera in accordo alle scelte progettuali individuate ed alle condizioni al contorno (Fase di Terapia).

Particolare attenzione, in tal senso, si è posta (in fase di terapia) nell'esigenza di attuare tutti gli accorgimenti progettuali al fine di contenere durante gli scavi, i cedimenti indotti in superficie e sui fabbricati interferenti nei tratti bassa copertura in ambiente urbano adottando un sistema di scavo meccanizzato con fronte in pressione.

- individuazione del comportamento dell'ammasso allo scavo (fase di Diagnosi),
- scelta delle modalità realizzative e definizione delle sezioni tipo di scavo ed avanzamento (fase di Terapia)

Lo studio geologico, idrogeologico e geotecnico ha permesso di definire in maniera adeguata alla fase definitiva della progettazione i seguenti aspetti:

- la litologia e la successione stratigrafica di terreni/rocce lungo il tracciato delle gallerie;
- i principali caratteri geomorfologici dell'area interessata dal tracciato;
- il quadro idrogeologico di riferimento;
- le principali caratteristiche geotecniche dei terreni attraversati ed eventuali criticità in fase di scavo.



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA
PROGETTO DEFINITIVO - TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN
SOTTERRANEO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 07 RH	GN 00 00 001	C	35 di 71

9 FASE CONOSCITIVA

9.1 Inquadramento geologico e geomorfologico

Lungo il tracciato delle gallerie si intercettano le seguenti formazioni geologiche.

9.1.1 Depositi quaternari

Coltri eluvio-colluviali (dt)

Coperture detritiche di spessore medio-elevato dovute ad alterazione in situ e in seguito mobilizzate da processi di versante, costituite da clasti eterometrici di varia litologia in matrice pelitica e/o sabbioso-ghiaiosa con copertura pedogenetica, assai spesso rimaneggiata. Olocene - Pleistocene superiore

9.1.2 Depositi pliocenici

Conglomerati di Monte Villa (CMV-i)

Conglomerati disorganizzati alla base a cui seguono banchi conglomeratici a stratificazione grossolana con intercalazioni di orizzonti metrici sabbioso-siltoso-limosi. Nella parte sommitale presenza di bio-conglomerati costituiti da tritume di gusci (panchine). (Pliocene sup.? - medio?)

Argille di Ortovero (ORV-a)

Marne e argille grigie e grigio-azzurre, più o meno siltose, e argille siltoso-sabbiose spesso intercalate da bio-conglomerati. Nella parte superiore presenza di sabbie giallastre marnose alternate a conglomerati poco cementati. (Pliocene medio? - inferiore)

9.1.3 Dominio Brianzonese

Calcari di Val Tanarello (TAN-c)

Calcari chiari ceroidi di norma ben stratificati, passanti a marmi rosati e mandorlati alla sommità della formazione. L'elevato tenore di carbonato di calcio e un sensibile stato di fratturazione della roccia favoriscono lo sviluppo del carsismo. A tetto dei calcari sono presenti scaglie poco estese di scisti calcarei cretacei non cartografabili separatamente dagli affioramenti calcarei maggiori. (Malm)

Dolomie di San Pietro Dei Monti (SPM-do)

Dolomie, dolomie calcaree, calcari dolomitici, calcari e calcareniti. In generale il litotipo più frequente è costituito da alternanze di calcari dolomitici grigio chiaro e scuro disposti secondo strati di potenza da decimetrica a pluridecimetrica con giunti di strato evidenziati da spalmature argillose rossastre; sono inoltre frequenti

intercalazioni decimetriche di peliti siltose e di breccie intraformazionali autoclastiche. Sono inoltre rilevabili facies particolari e del tutto caratteristiche quali: calcari pseudomarmorei di colore grigio-nocciola; calcareniti di colore ocreo-rossastro; calcare dolomitico grigio chiaro ben stratificato in banchi decimetrici, con passate pelitiche violacee-nerastre e siltitiche ocracee, con abbondanti dendridi arborescenti di manganese; successioni monotone di dolomie grigio chiare e scure a stratificazione spesso confusa con livelli metrici di breccie autoclastiche intraformazionali a clasti eterometrici anche di grossa pezzatura; dolomie e calcari dolomitici microcristallini molto compatti di colore grigio nocciola a patina d'alterazione biancastra o giallastra, con spalmature ematitiche rossastre e frequenti breccie intraformazionali a clasti minuti. (Ladinico – Anisico)

Quarziti di Ponte Di Nava (PDN-qz)

Bancate di potenza decimetrica di arenarie quarzose a granulometria da media a fine di colore grigio o verdino generalmente ben cementate, con intercalazioni di peliti verso la sommità; localmente si possono avere degli arricchimenti in clorite, miche bianche o sericite tali da portare a facies eminentemente quarzoscistiche. (Scitico)

9.1.4 Dominio Piemontese s.l.

Formazione di Albenga (ALN-ar/scc)

Calcari chiari, più o meno scistosi, in straterelli molto sottili separati da patine sericitiche grigie e verdastre, talora con bande rossastre; arenarie grossolane quarzoso-feldspatiche, molto micacee, di colore grigio, passante al marrone per alterazione, alternate a siltiti; localmente, conglomerati poligenici interstratificati con calcari bioclastici. (Eocene - Paleocene?)

Calcari di Menosio (CDM-c)

Strati calcarei chiari ceroidi, ad aspetto finemente cristallino con liste irregolari ed arenioni di selce chiara, a frattura pseudo-concoide, con rare Tintinnidi. Sono localmente sostituiti da insiemi stratificati di calcari a calpionelle, breccie poligeniche e peliti. (Cretacico inf.)

Breccie di Monte Galero (GAL-bc)

Breccie monogeniche e poligeniche, anche molto grossolane, a ciottoli e massi provenienti da termini permotriassici, con prevalenza di quelli più antichi nella parte superiore; enormi inclusi per lo più dolomitici; scisti argilloso-marnosi con intercalazioni di breccie poligeniche, brecciole e calcari detritici; arenarie (membro superiore). (Dogger? - Lias)

Calcari di Rocca Livernà (LIV-c)

Calcari grigi in strati evidenti, quasi sempre con frequenti e potenti lenti e bande di selce chiara, porosa, a patina giallo-rossastra; talora con belemniti; locali intercalazioni di microbreccie, passaggi laterali e verso l'alto alle Breccie di Monte Galero. (Lias)

9.1.5 *Dominio Piemontese-Ligure*

Flysch di San Remo (ELM-cm)

Il membro calcareo-marnoso è costituito da banchi, con potenza oscillante da 1 a 5 metri, di torbiditi marnose con base in arenarie calcaree. Le marne, generalmente massicce ed a frattura concoide, passano verso l'alto a sottili livelli argillitici pelagici di colore grigio verde; sono presenti anche litotipi più calcarei (calcilutiti) e più arenacei (torbiditi arenaceo argillitiche). (Eocene)

Formazione di Testico (TES-ar)

Successione costituita da alternanze ritmiche, in strati per lo più sottili, di areniti da grossolane a medio-fini, gradate, ricche di matrice, quarzoso micacee, di colore bruno-giallastro e peliti più o meno siltose, quarzose, di colore ocreo passanti verso la base ad una successione monotona di marne più o meno calcaree e arenacee, di colore grigio-azzurro, a stratificazione spesso non ben evidente, con intercalazioni di strati di calcari marnosi debolmente quarzosi e, soprattutto verso la base, di calcari quarzosi grossolani. (Eocene ? - Paleocene)

Calcari di Ubaga (UBA-cm)

Successione torbiditica costituita alla sommità da marne prevalenti, da argillose a calcaree, a stratificazione non evidente o in strati assai sottili, di colore grigio-azzurro, con intercalazioni di strati calcarei arenacei molto duri, di colore grigio-nerastro e di conglomerati fini poligenici. Quasi ovunque presenti fenomeni di "boudinage". Nella porzione inferiore della Formazione prevalgono invece alternanze, spesso ritmiche, in strati di spessore variabile, di calcari marnosi grigio-azzurri e di marne da calcaree ad argillose, grigie. Verso la base presenti anche alternanze in strati sottili di calcari arenacei con caratteristica struttura a "lente" e di marne arenacee, con intercalazioni di strati e lenti di conglomerati poligenici e localmente straterelli di ortoquarziti. (Eocene inf.? - Campaniano)

Peliti di Moglio (MOG-as/ar)

Peliti manganesifere prevalentemente brune, talora rosse o verdastre, con intercalazioni frequenti di straterelli di siltiti quarzose manganesifere a cemento quarzoso, finemente laminate, nerastre, assai dure; rare intercalazioni di straterelli di calcari quarzosi scuri, di calcari ceroidi grigio-azzurri e di masserelle diabasiche; spesso con aspetto caotico. (Paleocene - Cretacico sup.?)

Peliti di Ranzo (RAN-ag)

Argilliti e marnoscisti che rappresentano l'intervallo pelitico di sequenze torbiditiche con base in areniti fini e siltiti a laminazione sedimentaria, di spessore subordinato a quello delle peliti. Le sequenze hanno potenza da pochi centimetri a qualche decimetro. Si trovano intercalati rari strati di micrite di potenza da 1 a 3 decimetri. Verso il tetto la formazione diviene essenzialmente argillitica presentando spalmature di ossidi di ferro e di manganese. I livelli arenacei e siltitici sono frequentemente ridotti in frammenti, deformati e spesso silicizzati; il contatto con il livello argillitico della Formazione stratigraficamente superiore avviene per variazione cromatica da grigio scuro a rosso verdino. (Cretacico sup.)



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA
PROGETTO DEFINITIVO - TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN
SOTTERRANEO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 07 RH	GN 00 00 001	C	38 di 71

Quarziti di Monte Bignone (QMB-qz/as)

Nella formazione di M. Bignone sono presenti quattro livelli alternati di quarziti ed argilliti rimaneggiati, prodotti di flussi gravitativi torbiditici molto concentrati, composti da grani quarzosi generalmente ben selezionati granulometricamente ed arrotondati. La notevole continuità laterale di tali termini stratigrafici induce a definirli come membri: il Membro argilloso (as) è costituito da due livelli argillitici varicolori, rosso vinoso e grigio verde con qualche intercalazione di arenaria quarzitica e conglomeratica; il Membro quarzitico (qz) è costituito da ortoquarziti in strati sottili e medi, separati da sottili giunti argillitici grigio verdi e rossastri, con sottili interstrati pelitici ed intercalazioni di strati e lenti di conglomerati poligenici. Localmente, verso il basso, si hanno intercalazioni di peliti silteose riferibili alla Formazione delle Peliti di Ranzo. (Cretacico sup.)

Formazione di San Bartolomeo (SBA-as/ar)

Depositi torbiditici costituiti da alternanze ritmiche, in strati sottili, di arenarie fini quarzoso-micacee bruno-chiare e di peliti grigio-giallastre; peliti, a luoghi mangesifere, per lo più rosse o verdine, mal stratificate, scagliose, con rare intercalazioni di strati sottili di arenarie finissime a cemento siliceo, con impregnazioni mangesifere di colore bruno-nerastro. (Cretacico sup.)

9.1.6 Altre unità geotecniche

Unità 1

Materiale di riporto eterogeneo ed eterometrico, costituito in prevalenza da ghiaia con sabbia debolmente limosa; presenza di ciottoli, clasti poligenici angolari e laterizi. Attuale.

Unità 2

Depositi alluvionali prevalentemente incoerenti costituiti da sabbie medio-fini e sabbie medio-grossolane, con ghiaia fine debolmente limosa; presenza di clasti poligenici, da arrotondati a ben arrotondati, diametro massimo 0,5÷1,5 cm. Olocene.

Unità 3

Depositi alluvionali prevalentemente argillosi costituiti da argilla limosa a tratti sabbiosa, talora con ghiaia di colore giallo-marrone con screziature rossicce e arancioni. Olocene.

9.1.7 Indagini geotecniche

Ai fini della caratterizzazione geomeccanica delle formazioni di substrato e delle unità geotecniche interessate dalle opere in sotterraneo sono stati utilizzati sia dati provenienti da campagne d'indagine precedentemente eseguite e rese disponibili da RFI S.p.A., sia dati provenienti da campagne d'indagine appositamente commissionate per la progettazione da Italferr S.p.A.



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA
PROGETTO DEFINITIVO - TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 07 RH	DOCUMENTO GN 00 00 001	REV. C	FOGLIO 39 di 71
----------------------------------------------	------------------	-------------	---------------------	---------------------------	-----------	--------------------

Le fonti utilizzate sono le seguenti:

- International Consulting S.r.l. – INTERCONS (1988-1991), I e II fase, Progetto di Massima, incarico FS;
- Associazione Temporanea di Imprese con Mandante Compagnia Tecnica Internazionale Progetti S.p.A. – CTIP (1993-1995), Progetto Definitivo, incarico FS
- Campagna di rilievi geomeccanici eseguiti da Italferr S.p.A. (1998), Progetto di Massima
- Campagna d’indagine eseguita da Italferr S.p.A. (2001)
- Campagna d’indagine eseguita da Italferr S.p.A. (2005)
- Campagna d’indagine eseguita da Italferr S.p.A. (2006)
- Campagna d’indagine eseguita da Italferr S.p.A. (2010)
- Campagna d’indagine eseguita da Italferr S.p.A. (2021)

In particolare, si è fatto riferimento alle seguenti campagne d’indagine:

CAMPAGNA 2001

La società Imprefond s.r.l. ha provveduto alla realizzazione di:

- n° 46 sondaggi a carotaggio continuo;
- n°262 prove S.P.T.;
- n° 38 prove di permeabilità tipo Lefranc e n° 3 tipo Lugeon;
- prelievo di n°40 campioni indisturbati e n°174 rimaneggiati;
- installazione di n°34 piezometri a tubo aperto.

CAMPAGNA 2005

La società Pro.Mo.Geo. s.r.l. ha provveduto alla realizzazione di:

- n° 26 sondaggi a carotaggio continuo;
- n°175 prove S.P.T.;
- n° 43 prove di permeabilità tipo Lefranc;
- prelievo di n°21 campioni indisturbati e n°74 rimaneggiati;
- installazione di n°26 piezometri a tubo aperto.

CAMPAGNA 2006

La società Vicenzetto s.r.l. ha provveduto alla realizzazione di:

- n° 27 sondaggi a carotaggio continuo;
- n°81 prove S.P.T.;
- n° 38 prove di permeabilità tipo Lefranc;
- prelievo di n°5 campioni indisturbati e n°254 rimaneggiati;



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA
PROGETTO DEFINITIVO - TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN
SOTTERRANEO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 07 RH	GN 00 00 001	C	40 di 71

- installazione di n°26 piezometri a tubo aperto.

CAMPAGNA 2010

Le società RCT, Pro.Mo.Geo. s.r.l. e Citiemme hanno provveduto alla realizzazione di:

- n° 7 sondaggi a carotaggio continuo;
- n°7 verticali piezometriche;
- prove geotecniche di laboratorio;
- n° 15 stendimenti sismici tomografici.

CAMPAGNA 2021

Durante la campagna indagini Italferr realizzata nel periodo aprile-novembre 2021 a supporto del Progetto Definitivo, nell'area in oggetto sono stati eseguiti:

- n. 19 sondaggi stratigrafici a carotaggio continuo, spinti a profondità variabili tra 15 e 152 m dal piano di campagna, attrezzati con piezometri;
- n. 24 sondaggi ambientali a carotaggio continuo, spinti a profondità variabili tra 5 e 10 m dal piano di campagna, eseguiti a secco;
- n. 2 stendimenti sismici a rifrazione con elaborazione tomografica;
- n. 5 sezioni sismiche a riflessione;
- n. 26 misure sismiche in tecnica passiva tipo HVSR;
- n. 25 misure sismiche di tipo MASW.

9.1.8 Caratterizzazione e modellazione geotecnica

I risultati delle indagini geotecniche, in situ e di laboratorio, hanno permesso di definire il modello geotecnico rappresentativo delle condizioni stratigrafiche e delle caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni/rocce interessati dall'opera in sotterraneo lungo il suo tracciato.

L'ubicazione dei sondaggi ed il modello geotecnico sono rappresentati negli elaborati 'Profili geotecnici'. Di seguito si riporta una sintesi della caratterizzazione geotecnica e del modello geotecnico delle formazioni attraversate. Per una descrizione completa ed esaustiva si rimanda alla relazione geotecnica e di calcolo delle opere (Rif. [16] ÷Rif. [33]).

Coltri eluvio-colluviali (dt)

È costituita da clasti eterometrici di varia litologia in matrice pelitica e/o sabbioso-ghiaiosa. Dal punto di vista della caratterizzazione geotecnica, tale formazione è stata assimilata all'Unità 2.

Conglomerati di Monte Villa (CMV-i)

Conglomerati disorganizzati alla base a cui seguono banchi conglomeratici a stratificazione grossolana con intercalazioni di orizzonti metrici sabbioso-siltoso-limosi. I parametri meccanici sono stati ricavati da un esame complessivo di tutte le prove di laboratorio ed in sito disponibili. In riferimento alle prime, sono state eseguite



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA
PROGETTO DEFINITIVO - TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN
SOTTERRANEO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 07 RH	GN 00 00 001	C	41 di 71

prove di taglio diretto e prove triassiali (CIU e CID) fornendo valori di coesione efficace e angolo di resistenza al taglio compresi tra $c'=0-36$ kPa e $\varphi'=25-30$ °. Per le caratteristiche di rigidezza sono state utilizzate le prove in sito effettuate che forniscono valori di modulo di Young compresi tra $E'=70-280$ MPa.

Le prove di permeabilità di tipo Lefranc eseguite valori di coefficiente di permeabilità compreso tra $1 \cdot 10^{-7}$ e $4 \cdot 10^{-4}$ m/s.

Argille di Ortovero (ORV-a)

La formazione è costituita da Marne e argille grigie e grigio-azzurre, più o meno siltose, e argille siltoso-sabbiose. I parametri meccanici sono stati ricavati da un esame complessivo di tutte le prove di laboratorio ed in sito disponibili. In riferimento alle prime, sono state eseguite prove di taglio diretto e prove triassiali (CIU e CID) fornendo valori di coesione efficace e angolo di resistenza al taglio compresi tra $c'=0-55$ kPa e $\varphi'=24-36$ °. Per le caratteristiche di rigidezza sono state utilizzate le prove in sito effettuate che forniscono valori di modulo di Young compresi tra $E'=60-120$ MPa.

Le prove di permeabilità di tipo Lefranc eseguite valori di coefficiente di permeabilità compreso tra $8 \cdot 10^{-8}$ e $3 \cdot 10^{-7}$ m/s.

Calcari di Val Tanarello (TAN-c)

Formazione costituita principalmente da calcari chiari. Per la determinazione della resistenza a compressione monoassiale sono state eseguite prove di compressione monoassiale e Point Load Test. Tali prove forniscono valori di σ_{ci} compresi tra 17 e 125 MPa.

Le prove di permeabilità di tipo Lefranc e Lugeon eseguite mostrano valori di coefficiente di permeabilità compreso tra $1 \cdot 10^{-7}$ e $3 \cdot 10^{-5}$ m/s.

Dolomie di San Pietro Dei Monti (SPM-do)

Formazione costituita prevalentemente da Dolomie, dolomie calcaree, calcari dolomitici, calcari e calcareniti. Per la determinazione della resistenza a compressione monoassiale sono state eseguite prove di compressione monoassiale e Point Load Test. Tali prove forniscono valori di σ_{ci} compresi tra 11 e 194 MPa.

Le prove di permeabilità di tipo Lefranc e Lugeon eseguite mostrano valori di coefficiente di permeabilità compreso tra $7 \cdot 10^{-7}$ e $2 \cdot 10^{-4}$ m/s.

Quarziti di Ponte Di Nava (PDN-qz)

Sono costituite prevalentemente da arenarie quarzose a granulometria da media a fine. Per la determinazione della resistenza a compressione monoassiale sono state eseguite prove di compressione monoassiale e Point Load Test. Tali prove forniscono valori di σ_{ci} compresi tra 11–131 MPa.



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA
PROGETTO DEFINITIVO - TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN
SOTTERRANEO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 07 RH	GN 00 00 001	C	42 di 71

Le prove di permeabilità di tipo Lefranc e Lugeon eseguite mostrano valori di coefficiente di permeabilità compreso tra $7 \cdot 10^{-8}$ e $7 \cdot 10^{-5}$ m/s

Formazione di Albenga (ALN-ar/scc)

Tale formazione è costituita prevalentemente da calcari chiari, più o meno scistosi. Per la determinazione della resistenza a compressione monoassiale sono state eseguite prove di compressione monoassiale e Point Load Test. Tali prove forniscono valori di σ_{ci} compresi tra 15–80 MPa.

Le prove di permeabilità di tipo Lefranc e Lugeon eseguite mostrano valori di coefficiente di permeabilità compreso tra $2 \cdot 10^{-8}$ e $5 \cdot 10^{-6}$ m/s.

Brecce di Monte Galero (GAL-bc)

Brecce monogeniche e poligeniche, anche molto grossolane. Per la determinazione della resistenza a compressione monoassiale sono state eseguite prove di compressione monoassiale e Point Load Test. Tali prove forniscono valori di σ_{ci} compresi tra 10–18 MPa.

Calcari di Rocca Livernà (LIV-c)

Formazione costituita principalmente da calcari grigi. Per la determinazione della resistenza a compressione monoassiale sono state eseguite prove di compressione monoassiale e Point Load Test. Tali prove forniscono valori di σ_{ci} compresi tra 85-129 MPa.

Le prove di permeabilità di tipo Lefranc e Lugeon eseguite mostrano valori di coefficiente di permeabilità di $1 \cdot 10^{-7}$ m/s.

Flysch di San Remo (ELM-cm)

Il membro calcareo-marnoso è costituito da banchi, con potenza oscillante da 1 a 5 metri, di torbiditi marnose con base in arenarie calcaree. Per la determinazione della resistenza a compressione monoassiale sono state eseguite prove di compressione monoassiale e Point Load Test. Tali prove forniscono valori di σ_{ci} compresi tra 35-168 MPa.

Le prove di permeabilità di tipo Lefranc e Lugeon eseguite mostrano valori di coefficiente di permeabilità compreso tra $5 \cdot 10^{-7}$ e $9 \cdot 10^{-6}$.

Formazione di Testico (TES-ar)

Successione costituita da alternanze ritmiche, in stati per lo più sottili, di areniti da grossolane a medio-fini. Per la determinazione della resistenza a compressione monoassiale sono state eseguite prove di compressione monoassiale e Point Load Test. Tali prove forniscono valori di σ_{ci} compresi tra 13-41 Mpa.



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA
PROGETTO DEFINITIVO - TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN
SOTTERRANEO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 07 RH	GN 00 00 001	C	43 di 71

Le prove di permeabilità di tipo Lefranc e Lugeon eseguite mostrano valori di coefficiente di permeabilità compreso tra $4 \cdot 10^{-7}$ e $4 \cdot 10^{-6}$.

Calcarei di Ubaga (UBA-cm)

Successione torbidityca costituita alla sommità da marne prevalenti, da argillose a calcaree con intercalazioni di strati calcarei arenacei molto duri. Per la determinazione della resistenza a compressione monoassiale sono state eseguite prove di compressione monoassiale e Point Load Test. Tali prove forniscono valori di σ_{ci} compresi tra 17-82 Mpa.

Peliti di Moglio (MOG-as/ar)

Membro costituito principalmente da peliti manganesifere. Per la determinazione della resistenza a compressione monoassiale sono state eseguite prove di compressione monoassiale e Point Load Test. Tali prove forniscono valori di σ_{ci} compresi tra 2-86 Mpa.

Le prove di permeabilità di tipo Lefranc e Lugeon eseguite mostrano valori di coefficiente di permeabilità compreso tra $2 \cdot 10^{-6}$ e $2 \cdot 10^{-5}$.

Peliti di Ranzo (RAN-ag)

Membro costituito principalmente da peliti manganesifere. Per la determinazione della resistenza a compressione monoassiale sono stati eseguiti Point Load Test e sono stati considerati valori di letteratura. Sono stati assunti valori di σ_{ci} compresi tra 15-23 Mpa.

Quarziti di Monte Bignone (QMB-qz)

Formazione costituita principalmente da quarziti. Per la determinazione della resistenza a compressione monoassiale sono state eseguite prove di compressione monoassiale e Point Load Test. Tali prove forniscono valori di σ_{ci} compresi tra 63-81 Mpa.

Le prove di permeabilità di tipo Lefranc e Lugeon eseguite mostrano valori di coefficiente di permeabilità compreso tra $8 \cdot 10^{-5}$ e $3 \cdot 10^{-4}$.

Quarziti di Monte Bignone (QMB-as)

Membro argilloso delle Quarziti di Monte Bignone. Per le caratteristiche di resistenza di compressione monoassiale si è fatto riferimento a valori di letteratura considerando un valore di σ_{ci} pari a 5 Mpa.

Formazione di San Bartolomeo (SBA-as/ar)

Depositi torbidityci. Per le caratteristiche di resistenza di compressione monoassiale si è fatto riferimento a valori di letteratura.



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA
PROGETTO DEFINITIVO - TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN
SOTTERRANEO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 07 RH	GN 00 00 001	C	44 di 71

Unità 1

È costituita in prevalenza da ghiaia con sabbia debolmente limosa; presenza di ciottoli, clasti poligenici angolari e laterizi. Dal punto di vista della caratterizzazione geotecnica, tale formazione è stata assimilata all'Unità 2.

Unità 2

È costituita da sabbie medio-fini e sabbie medio-grossolane, con ghiaia fine debolmente limosa. I parametri meccanici sono stati ricavati da un esame complessivo di tutte le prove di laboratorio ed in sito disponibili. In riferimento alle prime, sono state eseguite prove di taglio diretto e prove triassiali (CIU e CID) fornendo valori di coesione efficace e angolo di resistenza al taglio compresi tra $c' = 0-21$ kPa e $\varphi' = 25-33^\circ$. Per le caratteristiche di rigidità sono state utilizzate le prove in sito effettuate che forniscono valori di modulo di Young compresi tra $E' = 35-125$ MPa.

Le prove di permeabilità di tipo Lefranc eseguite valori di coefficiente di permeabilità compreso tra $1 \cdot 10^{-7}$ e $1 \cdot 10^{-4}$ m/s.

Unità 3

Depositi prevalentemente argillosi costituiti da argilla limosa a tratti sabbiosa, talora con ghiaia. I parametri meccanici sono stati ricavati da un esame complessivo di tutte le prove di laboratorio ed in sito disponibili. In riferimento alle prime, sono state eseguite prove di taglio diretto e prove triassiali (CIU e CID) fornendo valori di coesione efficace e angolo di resistenza al taglio compresi tra $c' = 0-77$ kPa e $\varphi' = 21-33^\circ$. Per le caratteristiche di rigidità sono state utilizzate le prove in sito effettuate che forniscono valori di modulo di Young compresi tra $E' = 40-120$ MPa.

Le prove di permeabilità di tipo Lefranc eseguite valori di coefficiente di permeabilità compreso tra $1 \cdot 10^{-8}$ e $1 \cdot 10^{-5}$ m/s.

10 FASE DI DIAGNOSI

Nella fase di diagnosi, sulla base del modello geotecnico scaturito dagli studi e dalle indagini effettuati nella fase conoscitiva, si procede alla previsione della risposta tensio-deformativa dell'ammasso allo scavo, in assenza di interventi di stabilizzazione.

La valutazione della risposta deformativa dell'ammasso allo scavo è condotta con riferimento alle tre categorie di comportamento fondamentali individuate nel metodo ADECO-RS (Rif. [14]) di seguito brevemente richiamate, sulla base delle quali il tracciato sotterraneo è suddiviso in tratte a comportamento deformativo omogeneo.

I risultati dell'analisi del comportamento deformativo consentono di individuare gli interventi di precontenimento e/o di contenimento più idonei a garantire condizioni di stabilità della galleria in fase di scavo e a lungo termine.

10.1 Classi di comportamento del fronte di scavo

Secondo l'approccio ADECO-RS (Rif. [14]) la previsione dell'evoluzione dello stato tensionale a seguito dell'apertura di una galleria è possibile attraverso l'analisi dei fenomeni deformativi, che forniscono indicazioni sul comportamento della cavità nei riguardi della stabilità a breve e a lungo termine. Dati sperimentali e analisi teoriche hanno dimostrato che il comportamento della cavità è significativamente condizionato, oltre che dalle caratteristiche geometriche della galleria stessa e dai carichi litostatici, anche dalle caratteristiche di resistenza e di rigidità del nucleo d'avanzamento, inteso come il volume di terreno a monte del fronte di scavo. Se il nucleo non è costituito da materiale sufficientemente rigido e resistente da mantenere in campo elastico il proprio comportamento tensio-deformativo, si sviluppano fenomeni deformativi e plasticizzazioni rilevanti in avanzamento, a cui consegue l'evoluzione verso condizioni di instabilità del fronte e del cavo. Se, invece, il comportamento del nucleo d'avanzamento si mantiene in campo elastico, il nucleo stesso svolge un'azione di precontenimento del cavo, che si mantiene a sua volta in condizioni elastiche, conservando le caratteristiche di massima resistenza del materiale attraversato e quindi configurazioni di stabilità.

Sulla base di tali considerazioni, il comportamento del nucleo-fronte di scavo, al quale è legato quello della cavità, può essere sostanzialmente ricondotto alle seguenti tre categorie:

Categoria A: nucleo-fronte stabile

Tale categoria corrisponde alla condizione in cui lo stato tensionale nel terreno al fronte e al contorno della cavità non supera le caratteristiche di resistenza dell'ammasso; in tal caso le deformazioni sono prevalentemente elastiche, di piccola entità e tendono ad esaurirsi rapidamente con la distanza dal fronte. Il fronte di scavo e il cavo sono stabili e quindi non si rendono necessari interventi preventivi di stabilizzazione, se non localizzati e in misura ridotta. Il rivestimento definitivo costituisce il margine di sicurezza per la stabilità a lungo termine.

Categoria B: nucleo-fronte stabile a breve termine

Tale categoria corrisponde alla condizione in cui lo stato tensionale nel terreno al fronte e al contorno della cavità, a seguito delle operazioni di scavo, raggiunge la resistenza dell'ammasso. I fenomeni deformativi tensioni sono di tipo elasto-plastico, di maggiore entità rispetto al caso precedente. Nell'ammasso può prodursi una eventuale riduzione delle caratteristiche di resistenza con decadimento verso i parametri residui. La risposta tensio-deformativa può essere opportunamente controllata con adeguati interventi di preconsolidamento del fronte e/o di consolidamento al contorno del cavo. In tal modo si fornisce l'opportuno contenimento all'ammasso perché mantenga un comportamento stabile. Nel caso non si prevedano interventi, lo stato tensio-deformativo può evolvere verso situazioni di instabilità del cavo in fase di realizzazione. Il rivestimento definitivo costituisce il margine di sicurezza per la stabilità a lungo termine.

Categoria C: nucleo-fronte instabile

Tale categoria corrisponde alla condizione in cui, superata la resistenza del terreno, i fenomeni deformativi evolvono molto rapidamente in campo plastico, producendo la progressiva instabilità del fronte di scavo e un incremento dell'estensione della zona dell'ammasso decompressa ed plasticizzata al contorno della cavità, con rapido decadimento delle caratteristiche meccaniche del materiale. L'espansione della fascia di materiale decompresso al contorno del cavo deve essere contenuta prima dell'arrivo del fronte di scavo, mediante interventi di preconsolidamento in avanzamento, che consentono di creare artificialmente l'effetto arco per far evolvere la risposta tensio-deformativa verso configurazioni di stabilità

10.2 Determinazione delle categorie di comportamento

Per la determinazione delle categorie di comportamento sono stati utilizzati principalmente due metodi di analisi:

- per le tratte ad alta copertura è stato utilizzato il metodo delle linee caratteristiche (o convergenza-confinamento); tale metodo consente l'analisi 3D semplificata dello scavo di gallerie in relazione alle proprietà meccaniche dell'ammasso attraversato, alle caratteristiche geometriche dell'opera, agli interventi previsti di precontenimento e contenimento, e all'installazione dei rivestimenti provvisori e definitivi. Nella fase di diagnosi, poiché la finalità è la valutazione del comportamento deformativo dell'ammasso in assenza di interventi di stabilizzazione, le analisi consistono nella valutazione della sola curva caratteristica del fronte (e del cavo) senza considerare l'interazione con i sostegni.
- Per le tratte a bassa copertura sono stati utilizzati i metodi di analisi della stabilità del fronte all'equilibrio limite.

10.3 Definizione delle tratte a comportamento tensio-deformativo omogeneo

Per le opere in sotterraneo in progetto sono state considerate diverse sezioni di analisi per le diverse condizioni di ammasso e di copertura. Sulla base di queste analisi, il tracciato è stato suddiviso in tratte a comportamento tensio-deformativo omogeneo. In considerazione delle caratteristiche geotecniche degli ammassi attraversati e delle coperture, è prevalente la categoria di comportamento C (nucleo-fronte instabile).



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA
PROGETTO DEFINITIVO - TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN
SOTTERRANEO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 07 RH	GN 00 00 001	C	47 di 71

Le previsioni di comportamento lungo il tracciato delle gallerie sono illustrate nei Profili Geotecnici.

11 FASE DI TERAPIA

Nel presente capitolo sono definiti gli interventi necessari per garantire la stabilità del cavo a breve e a lungo termine, in accordo con le indicazioni provenienti dalla fase conoscitiva e dall'analisi del comportamento deformativo allo scavo (fase di diagnosi). Sono, quindi, descritte le caratteristiche principali delle sezioni tipo di avanzamento, il loro campo di applicazione e la successione delle fasi esecutive; i dettagli sono illustrati nei pertinenti elaborati progettuali

11.1 Definizione del metodo di scavo

Dall'analisi del tracciato plano-altimetrico, dall'inquadramento geologico-idrogeologico, dalla previsione della risposta deformativa allo scavo (determinazione della categoria di comportamento) e in funzione della configurazione delle gallerie (singola canna/doppia canna), deriva la scelta del metodo di scavo più appropriato per la realizzazione delle gallerie naturali:

- Scavo in tradizionale a doppia canna per le gallerie Caprazoppa e Montegrosso
- Scavo in tradizionale a singola canna doppio binario per la galleria Pineland;
- Scavo in meccanizzato a doppia canna per le gallerie Croce, Castellari e Alassio.

11.2 Metodo di scavo tradizionale

Definizione delle sezioni tipo

In funzione delle caratteristiche geotecniche delle formazioni attraversate in tradizionale e del loro comportamento allo scavo, sono previste diverse sezioni tipo, intese come complesso inscindibile di modalità operative, fasi di lavoro, interventi di stabilizzazione, confinamento, contenimento, drenaggio e delle relative tecnologie esecutive.

Sulla base del contesto geologico-idrogeologico in cui si sviluppano le gallerie naturali Caprazoppa e Montegrosso della loro ridotta estensione e della morfologia del territorio nelle zone di imbocco si ritiene che la tipologia di scavo più idonea sia quella tradizionale che essendo versatile permette il repentino cambiamento degli interventi di preconsolidamento e di presostegno fondamentale nell'attraversamento di formazioni rocciose carsificate ampiamente presenti lungo il tracciato delle gallerie Montegrosso e Caprazoppa. La galleria Pineland ha uno sviluppo in naturale pari a 180 m e una configurazione a singola canna doppio binario pertanto è prevista in scavo tradizionale

Le sezioni tipo di avanzamento in scavo tradizionale prevedono gli interventi descritti nella tabella seguente. Gli interventi sono definiti in termini di quantità medie, con gli associati campi di variabilità, da calibrare in funzione del comportamento deformativo riscontrato allo scavo mediante un opportuno sistema di monitoraggio.

Sezione tipo A0

La sezione A0 prevede interventi di contenimento al contorno tramite bullonature e spritz-beton e può essere impiegata nelle tratte a comportamento del nucleo-fronte stabile (categoria A); viene applicata nelle tratte in cui la formazione delle Dolomie di San Pietro dei Monti (SPM-do) presenta i parametri geomeccanici migliori nelle gallerie Caprazoppa e Montegrosso.

Sono di seguito elencati i principali elementi caratterizzanti la sezione A0 di linea, ordinati secondo le fasi esecutive previste:

- scavo a piena sezione per sfondi di dimensioni massime 3,00 m;
- rivestimento provvisorio (ad ogni sfondo) composto da 0,15 m di spritz-beton fibrorinforzato e messa in opera dell'intervento radiale composto da 6/7 bulloni $\Phi 24$ ed $L=4.5$ m disposti a raggiera alternate con passo pari a 2,00 m;
- arco rovescio (spessore 0,60 m) e murette in calcestruzzo non armato gettati ad una distanza non vincolata dal fronte;
- calotta in calcestruzzo non armato (spessore 0,60 m) gettata ad una distanza non vincolata dal fronte;

Sezione tipo A1

La sezione A0 prevede interventi di contenimento al contorno tramite centine e spritz-beton e può essere impiegata nelle tratte a comportamento del nucleo-fronte stabile (categoria A); viene applicata nelle tratte in cui si attraversano la formazione delle Dolomie di San Pietro dei Monti (SPM-do) e le Quarziti di Ponte di Nava (PDN-qz) nelle gallerie Caprazoppa e Montegrosso.

Sono di seguito elencati i principali elementi caratterizzanti la sezione A1 di linea, ordinati secondo le fasi esecutive previste:

- scavo a piena sezione per sfondi di dimensioni massime 2,40 m;
- rivestimento provvisorio (ad ogni sfondo) composto da 0,20 m di spritz-beton fibrorinforzato e doppie centine IPN180 con passo $1,20 \text{ m} \pm 20\%$;
- arco rovescio (spessore 0,60 m) e murette in calcestruzzo non armato gettati ad una distanza massima dal fronte pari a 5 diametri;
- calotta in calcestruzzo non armato (spessore 0,60 m) gettata ad una distanza non vincolata dal fronte;

Sezione tipo B1



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA
PROGETTO DEFINITIVO - TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN
SOTTERRANEO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 07 RH	GN 00 00 001	C	50 di 71

La B1 è una sezione tronco-conica che prevede interventi di precontenimento del fronte e presostegno al contorno; viene applicata nelle zone di faglia e in presenza di zone tettonizzate all'interno delle Dolomie di San Pietro dei Monti (SPM-do) e le Quarziti di Ponte di Nava (PDN-qz) nelle gallerie Caprazoppa e Montegrosso.

Sono di seguito elencati i principali elementi caratterizzanti la sezione B1 di linea, ordinati secondo le fasi esecutive previste:

- precontenimento del fronte realizzato mediante 20 elementi strutturali in VTR, L=13,5 m (sovrapposizione minima 5,0 m) cementati in foro con miscele cementizie. Per l'incidenza del precontenimento (numero o lunghezza degli elementi) è prevista una variabilità del $\pm 20\%$;
- presostegno al contorno (entro un angolo di 120° in calotta) realizzato mediante 25 tubi in acciaio valvolati, L=12,0 m (sovrapposizione minima 3,5 m, interasse $0,4 \pm 20\%$ m);
- scavo a piena sezione per singoli sfondi di 1,0 m secondo campi di avanzamento tronco-conici di lunghezza pari a 8,5 m;
- rivestimento provvisorio (ad ogni sfondo) composto da 0,25 m di spritz-beton fibrorinforzato e doppie centine IPN180 con passo 1,0 m $\pm 20\%$;
- arco rovescio (spessore 0,80 m) e murette in calcestruzzo armato gettati ad una distanza massima dal fronte pari a 1,5 diametri;
- calotta non armata (spessore variabile da 0,50 m a 1,15 m) gettata ad una distanza massima dal fronte pari a 4 diametri.

Sezione tipo C2

La sezione C2 prevede interventi di precontenimento del fronte e del contorno e può essere impiegata nelle tratte a comportamento del nucleo-fronte instabile (categoria C). Ne è prevista l'applicazione in corrispondenza delle zone di faglia e di zone tettonizzate dove il grado di alterazione è tale da far sì che la componente pelitica superi la componente litoide ($L/P < 1$) compromettendo la stabilità del fronte a breve termine. Le gallerie interessate sono la Caprazoppa e la Montegrosso.

Sono di seguito elencati i principali elementi caratterizzanti la sezione C2 di linea, ordinati secondo le fasi esecutive previste:

- precontenimento del fronte realizzato mediante 25 elementi strutturali in VTR, L=18,0 m (sovrapposizione minima 8,0 m) cementati in foro con miscele cementizie. Per l'incidenza del precontenimento (numero o lunghezza degli elementi) è prevista una variabilità del $\pm 20\%$;
- precontenimento al contorno realizzato mediante 43 elementi strutturali in VTR, L=15,0 m (sovrapposizione minima 5,0 m) passo 0,50 m, cementati in foro con miscele espansive. Per

l'incidenza del precontenimento (numero o lunghezza degli elementi) è prevista una variabilità del $\pm 20\%$;

- precontenimento al piede centina realizzato mediante 5+5 elementi strutturali in VTR, L=13,5 m cementati in foro con miscele espansive. Per l'incidenza del precontenimento (numero o lunghezza degli elementi) è prevista una variabilità del $\pm 20\%$
- scavo a piena sezione per singoli sfondi di 1,0 m secondo campi di avanzamento di lunghezza pari a 10,0 m;
- rivestimento provvisorio (ad ogni sfondo) composto da 0,25 m di spritz-beton fibrorinforzato e doppie centine IPN180 con passo 1,0 m $\pm 20\%$;
- arco rovescio (spessore 0,90 m) e murette in calcestruzzo armato gettati ad una distanza massima dal fronte pari a 1 diametro;
- calotta (spessore 0,80 m) in calcestruzzo armato gettata ad una distanza massima dal fronte pari a 3 diametri.

Sezione tipo B1 (doppio binario)

La B1 doppio binario è una sezione tronco-conica che prevede interventi di precontenimento del fronte e presostegno al contorno; viene applicata in corrispondenza delle Quarziti di Ponte di Nava (PDN-qz) nella galleria Pineland.

Sono di seguito elencati i principali elementi caratterizzanti la sezione B1 doppio binario di linea, ordinati secondo le fasi esecutive previste:

- precontenimento del fronte realizzato mediante 30 elementi strutturali in VTR, L=14,5 m (sovrapposizione minima 6 m) cementati in foro con miscele cementizie. Per l'incidenza del precontenimento (numero o lunghezza degli elementi) è prevista una variabilità del $\pm 20\%$;
- presostegno al contorno (entro un angolo di 120° in calotta) realizzato mediante 33 tubi in acciaio valvolati, L=12,0 m (sovrapposizione minima 3,5 m, interasse 0,4 $\pm 20\%$ m);
- scavo a piena sezione per singoli sfondi di 1,0 m secondo campi di avanzamento tronco-conici di lunghezza pari a 8,5 m;
- rivestimento provvisorio (ad ogni sfondo) composto da 0,25 m di spritz-beton fibrorinforzato e doppie centine IPN180 con passo 1,0 m $\pm 20\%$;
- arco rovescio (spessore 0,90 m) e murette in calcestruzzo armato gettati ad una distanza massima dal fronte pari a 1,5 diametri;

- calotta non armata (spessore variabile da 0,50 m a 1,15 m) gettata ad una distanza massima dal fronte pari a 4 diametri.

Sezione tipo C1bis (doppio binario)

La C1bis doppio binario è una sezione tronco-conica che prevede interventi di precontenimento del fronte e presostegno al contorno; viene applicata in corrispondenza delle Quarziti di Ponte di Nava (PDN-qz) con componente pelitica prevalente ($L/P < 1$) nella galleria Pineland.

Sono di seguito elencati i principali elementi caratterizzanti la sezione C1bis doppio binario di linea, ordinati secondo le fasi esecutive previste:

- precontenimento del fronte realizzato mediante 25 microtrattamenti in jet-grouting armati con elementi in VTR, $L=17$ m (sovrapposizione minima 11 m). Per l'incidenza del precontenimento (numero o lunghezza degli elementi) è prevista una variabilità del $\pm 20\%$;
- precontenimento al contorno realizzato mediante 65 colonne in jet-grouting $L=15$ m (sovrapposizione minima 9 m, interasse $0.41-0.45 \pm 20\%$ m);
- presostegno al contorno (entro un angolo di 120° in calotta) realizzato mediante 34 tubi in acciaio valvolati, $L=9.5$ m (sovrapposizione minima 3,5 m, interasse $0,4 \pm 20\%$ m);
- scavo a piena sezione per singoli sfondi di 1,0 m secondo campi di avanzamento tronco-conici di lunghezza pari a 6 m;
- rivestimento provvisorio (ad ogni sfondo) composto da 0,25 m di spritz-beton fibrorinforzato e doppie centine HEB220 con passo $1,0 \text{ m} \pm 20\%$;
- arco rovescio (spessore 1,00 m) e murette in calcestruzzo armato gettati ad una distanza massima dal fronte pari a 0,5 diametri;
- calotta armata (spessore variabile da 0,60 m a 1,35 m) gettata ad una distanza massima dal fronte pari a 2 diametri.

11.3 Metodo di scavo meccanizzato

Scelta della tipologia di TBM

Per l'attenuazione dei rischi e per incrementare le velocità di produzione, la scelta della tipologia di TBM si è orientata in questa fase di progettazione sull'impiego di una TBM monoscudata, equipaggiata con un sistema "dual-mode", che permette di condurre lo scavo sia in condizioni di fronte instabile (in modalità "chiusa" EPB - Earth Pressure Balance), sia nelle formazioni rocciose in condizioni di fronte stabile (in modalità "aperta"). Tale

tipologia di macchina consente da un lato il superamento di condizioni complesse dal punto di vista geologico e geotecnico (zone di faglia e tratte a bassa copertura), limitando sensibilmente i risentimenti indotti al contorno dell'opera in sotterraneo, dall'altro di massimizzare la produzione durante lo scavo nelle formazioni rocciose in condizioni di fronte stabile.

La macchina sarà munita di un'opportuna testa fresante che consente di scavare sia nei terreni sia nella roccia e dovrà essere predisposta per consentire il cambio degli utensili installati senza procedere a modifiche sulla testa.

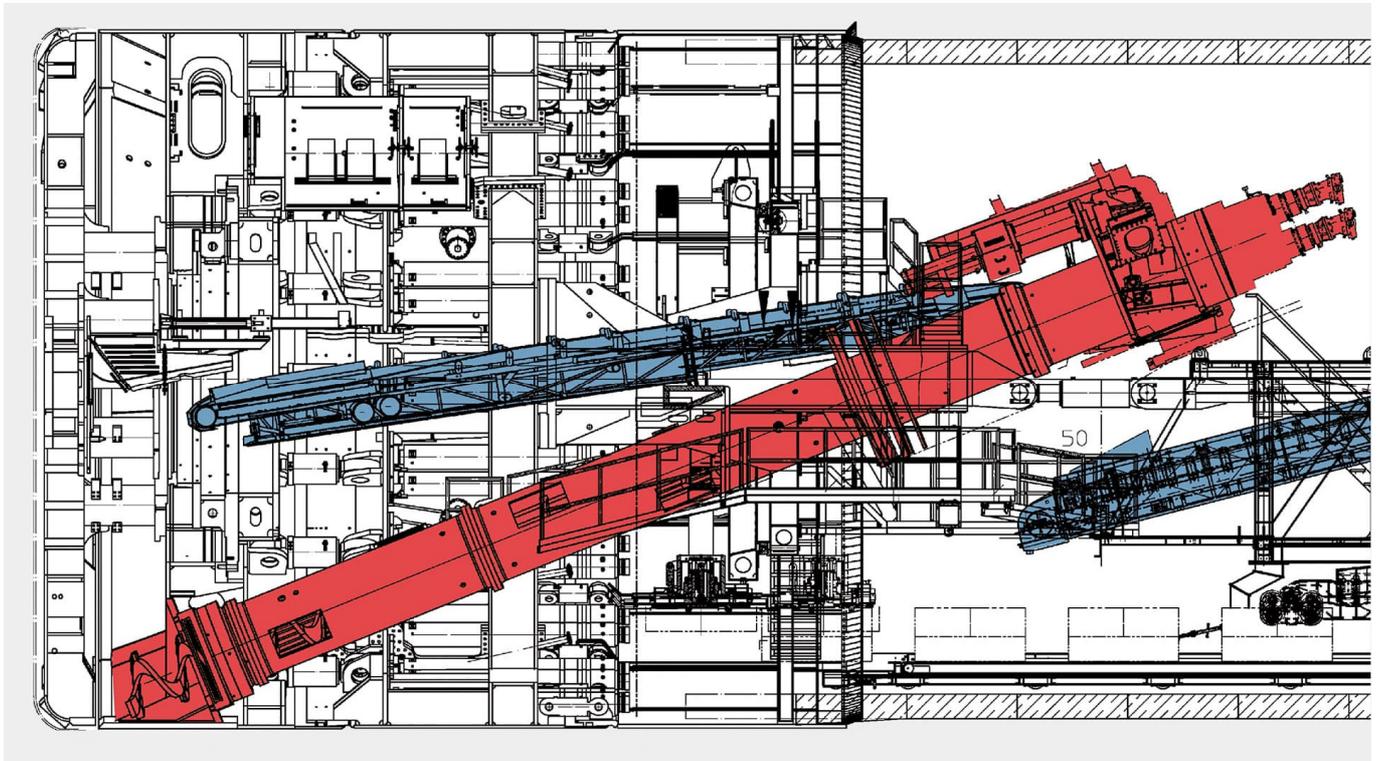


Figura 20. TBM Dual mode

Il sistema di smarino utilizzato quando la macchina lavora in modalità EPB (sia con camera completamente piena che parzialmente in pressione) è la coclea, mentre in modalità aperta "Open face" viene utilizzato un nastro trasportatore primario.

Oltre quanto appena descritto, è opportuno precisare che in caso di deformazioni importanti in fase di scavo il mantenimento di elevate velocità di avanzamento riduce sostanzialmente il problema del bloccaggio della TBM. Una scelta accurata di misure operative ed un'appropriata organizzazione del cantiere risultano pertanto essenziali per ridurre la durata e la frequenza dei fermi macchina e mantenere elevata la velocità complessiva di avanzamento. Ad esempio, nel caso di attraversamento di zone critiche, dovranno essere realizzati in anticipo tutti gli interventi di manutenzione previsti, al fine di ridurre il rischio di guasti meccanici e consentire la massima continuità possibile delle operazioni di scavo nel successivo tratto.



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA
PROGETTO DEFINITIVO - TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN
SOTTERRANEO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 07 RH	GN 00 00 001	C	54 di 71

Modalità di avanzamento

La TBM avanzerà in modalità EPB con camera piena e in pressione solo nelle tratte lunghe a comportamento instabile tipo C. Nelle restanti tratte potrà avanzare in modalità EPB con camera parzialmente vuota senza pressione o in modalità aperta nei tratti in roccia a comportamento stabile.

Numero di TBM e fasi di lavoro

Considerato lo sviluppo delle gallerie naturali, si ritiene opportuno, ai fine di ottimizzare i tempi di realizzazione, utilizzare due coppie di macchine. La scelta di un diametro maggiore per la galleria Alassio è dettata dalla necessità di disporre delle banchine corrispondenza della fermata sotterranea Alassio.

In particolare, una coppia di TBM (con raggio di intradosso pari a 4,0 m) verrà utilizzata per lo scavo delle gallerie Croce e Castellari, con una lunghezza rispettivamente di 4,48 km e 4,7 km. Un'altra coppia, con raggio di intradosso pari a 4,40 m verrà adoperata per lo scavo della galleria Alassio (L=9,64 km).

Per lo scavo della galleria Croce, la partenza delle TBM è dall'imbocco lato XXMI, alla pk 85+215, dove, a tergo della paratia frontale, verrà realizzato un intervento di consolidamento del terreno da piano campagna per un'estensione di circa 15 m, propedeutico alla partenza della TBM ed alla stabilità della paratia frontale di attacco in naturale. Terminato lo scavo della galleria Croce, le stesse due TBM saranno smontate e utilizzate per lo scavo della galleria Castellari. Lo scavo verrà avviato dall'imbocco lato XXMI (pk 76+177) dove, come nel caso del precedente imbocco, a tergo della paratia frontale, verrà realizzato un intervento di consolidamento del terreno da piano campagna.

Per lo scavo della galleria Alassio verrà utilizzata una seconda coppia di TBM. L'inizio dello scavo è previsto all'interno di un camerone (pk 87+257 ca) che rappresenta l'opera terminale dell'imbocco lato Genova.

Sezione di avanzamento

Le sezioni tipo hanno le seguenti caratteristiche:

- diametro scavo: 9.10 – 10.0 m
- riempimento a tergo: spessore di 15 cm con malte bicomponenti
- tipologia anello: anello universale
- numero conci: 7+0
- spessore conci: 40 - 45 cm
- lunghezza conci: 1.8 m
- Guarnizioni: EPDM

Per una rappresentazione completa della sezione in scavo meccanizzato e del rivestimento in conci prefabbricati si rimanda agli specifici elaborati grafici di progetto.

Per i conci prefabbricati sono previste due diverse classi di resistenza sulla base delle quali sono state definite le seguenti tipologie di conci:

- Conci Tipo 1 con classe di resistenza C35/45 (Gallerie Castellari, Croce e Alassio)
- Conci Tipo 2 con classe di resistenza C50/60 (Gallerie Croce e Alassio)

Per entrambe le tipologie di conci l'armatura prevista ha un'incidenza di circa 120kg/m³ di rivestimento.

Le verifiche del rivestimento definitivo delle gallerie Croce e Alassio, con riferimento alle analisi numeriche relativa alle alte coperture non in faglia, risultano soddisfatte considerando una classe di calcestruzzo C40/50. Tuttavia, date le incertezze sul modello idrogeologico nella tratta ad alte coperture dove la falda è stata presunta sulla base delle misure piezometriche disponibili, si è ritenuto opportuno considerare per tale tratta la classe superiore di calcestruzzo pari a C50/60. Eventuali ottimizzazioni potranno essere effettuate sulla base delle indagini integrative previste per la fase esecutiva. Inoltre, Nei tratti in cui l'entità dei carichi idraulici risulti superiore ai valori di verifica considerati nelle analisi, inoltre, è prevista l'esecuzione di un intervento di drenaggio di lungo termine eventuale volto alla riduzione dei carichi idraulici stessi.

L'intervento di drenaggio previsto in progetto consiste nell'installazione di due tubi finestrati in PVC di diametro nominale 77 mm, rivestiti con calza in geotessuto, di lunghezza pari a 3m in modo da estendersi per circa 2 metri oltre il profilo di estradosso del rivestimento e intercettare la circolazione idrica presente al contorno. Il passo longitudinale è stato considerato pari a 3 m ma, nel caso le evidenze confermassero la necessità di un intervento di drenaggio di lungo termine, tale passo dovrà essere opportunamente verificato.

11.4 Azioni di mitigazione dei potenziali rischi

Sono di seguito descritte le principali criticità, legate al contesto geologico, idrogeologico, geotecnico e ambientale, che potrebbero avere ripercussioni sulla fase realizzativa della galleria, e le conseguenti azioni di mitigazione previste in progetto. Per i dettagli relativi ai rischi e alle azioni di mitigazione previste nelle singole gallerie si rimanda alle specifiche relazioni di calcolo delle gallerie naturali.

11.4.1 Instabilità del fronte e del cavo

Per le tratte previste in scavo tradizionale, i potenziali rischi di instabilità del fronte con ripercussioni in superficie possono interessare lo scavo della Galleria Pineland. In tale tratta i rischi di instabilità sono mitigati mediante l'esecuzione di interventi di consolidamento al fronte e al contorno propedeutici allo scavo in grado di controllare lo sviluppo dei fenomeni deformativi e prevenire, quindi, lo sviluppo di eventuali meccanismi di collasso. All'interno della formazione delle Dolomie di San Pietro di Monti e delle Quarziti di Ponte di Nava, non è possibile escludere instabilità localizzate del fronte e del cavo (cunei di distacco) dovuti a eventuali giaciture sfavorevoli. Nel caso in cui, all'atto dello scavo, il grado di fratturazione dovesse risultare più elevato, è prevista l'applicazione di sezioni con specifici interventi di stabilizzazione (chiodatura radiale). Nelle stesse formazioni, fenomeni di instabilità possono verificarsi anche in corrispondenza di zone di faglia o maggiormente tettonizzate dove è previsto l'utilizzo di sezioni con interventi di presostegno o precontenimento al contorno e precontenimento al fronte in grado di prevenire meccanismi di collasso.

Nel caso di scavo in meccanizzato, fenomeni di instabilità possono interessare lo scavo delle gallerie Castellari, Croce e Alassio nelle tratte a bassa copertura nei depositi alluvionali e non è da escludere anche nel caso attraverso di zone intensamente fratturate. In queste tratte si prevede l'avanzamento in modalità EPB, con applicazione della pressione al fronte. Nel caso di zone intensamente fratturate di estensione limitata sono previsti consolidamenti in avanzamento.

11.4.2 Fenomeni di subsidenza/interferenza con opere preesistenti

Potenziali interferenze con opere preesistenti sono presenti nel caso di scavo con basse coperture e nel caso dello scavo lato Finale Ligure della galleria Caprazoppa.

Basse coperture

Nel caso della galleria Pineland, al fine di minimizzare gli effetti prodotti dallo scavo, è prevista l'adozione di una sezione di scavo che prevede l'esecuzione di interventi di presostegno e precontenimento al contorno e precontenimento al fronte e caratterizzata da campi di avanzamento ridotti.

Nel caso di scavo meccanizzato, nelle tratte interessate da potenziali interferenze con opere preesistenti, è previsto l'avanzamento in modalità EPB. Laddove le analisi eseguite a riguardo hanno evidenziato un danno alle preesistenze non trascurabile (categoria di danno maggiore di 2) sono stati previsti interventi di salvaguardia atti a riportare il livello di danno ad un livello trascurabile.

Ove presente tale rischio sarà previsto, inoltre, un sistema di monitoraggio in superficie.



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA
PROGETTO DEFINITIVO - TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN
SOTTERRANEO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 07 RH	GN 00 00 001	C	57 di 71

Sottoattraversamento Palalassio

In corrispondenza della zona di Alassio il tracciato delle gallerie sotto attraversa il Palazzetto dello sport "Palalassio" con una copertura dal piano di posa delle fondazioni di circa 9 metri. Le analisi di interazione svolte per la valutazione del possibile danneggiamento della struttura mostrano come nello scenario di progetto (perdita di volume $V_L=0,4\%$) le stime dei cedimenti attesi indicano che le distorsioni (rapporti di inflessione) rimangono entro limiti normalmente accettabili. Tuttavia, per alcune configurazioni di avanzamento e nello scenario cautelativo di perdita di volume $V_L=1\%$, l'edificio risulta ricadere in categoria di danno 3, secondo la classificazione di Boscardin e Cording (1989), che prevede il possibile danneggiamento strutturale dell'edificio. I risultati delle analisi, data l'importanza dell'opera, rendono pertanto necessaria la predisposizione di un sistema di protezione e salvaguardia da attivare in caso di necessità, nella fattispecie si è scelto di ricorrere alla tecnica del Compensation Grouting.

In pianta l'edificio ha una forma quadrangolare, la struttura presenta un sistema di fonazioni costituito da travi rovesce e plinti, le prime relative ai due setti portanti in calcestruzzo armato e i secondi relativi ai pilastri e alle tribune del Palazzetto. L'intervento prevede la concentrazione delle batterie di tubi di iniezione in corrispondenza delle fondazioni dell'edificio, come mostrato in Figura 21

La raggera delle TAMs verrà sviluppata, nello spazio sottostante tutta l'area di ingombro dell'edificio, nell'ottica di eseguire le iniezioni di pre-trattamento su tutta l'area, mentre le eventuali iniezioni di mitigazione, verranno comunque eseguite nelle porzioni sottostanti lo sviluppo delle fondazioni.

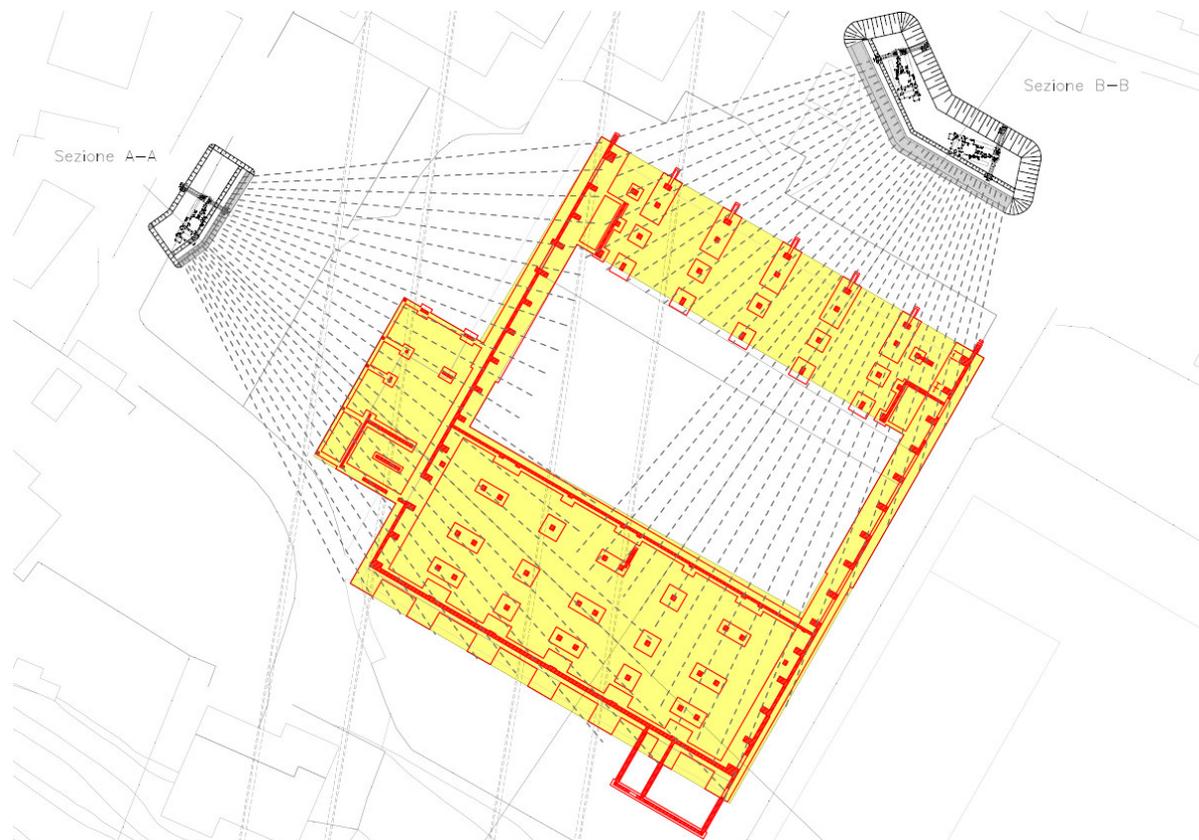


Figura 21 – Planimetria intervento Compensation Grouting

L'iniezione della miscela dovrà essere eseguita ad una profondità di circa 2,5 m dal piano delle fondazioni e teoricamente dovrà essere mantenuta una profondità costante o quasi costante.

A tale scopo sono state previste delle perforazioni teleguidate a partire da due tincee superficiali, con un tratto iniziale curvilineo (con curvatura $R = 100$ m), per uno sviluppo planimetrico di alcune decine di metri; dopo il tratto iniziale, le perforazioni e quindi le canne valvolate si atterranno ad una quota costante, interposta tra la quota di scavo della galleria ed il piano di fondazione.

Si precisa che nella fase realizzativa dovranno essere presi tutti gli accorgimenti necessari a limitare i cedimenti indotti dalle perforazioni.

Sezione A-A

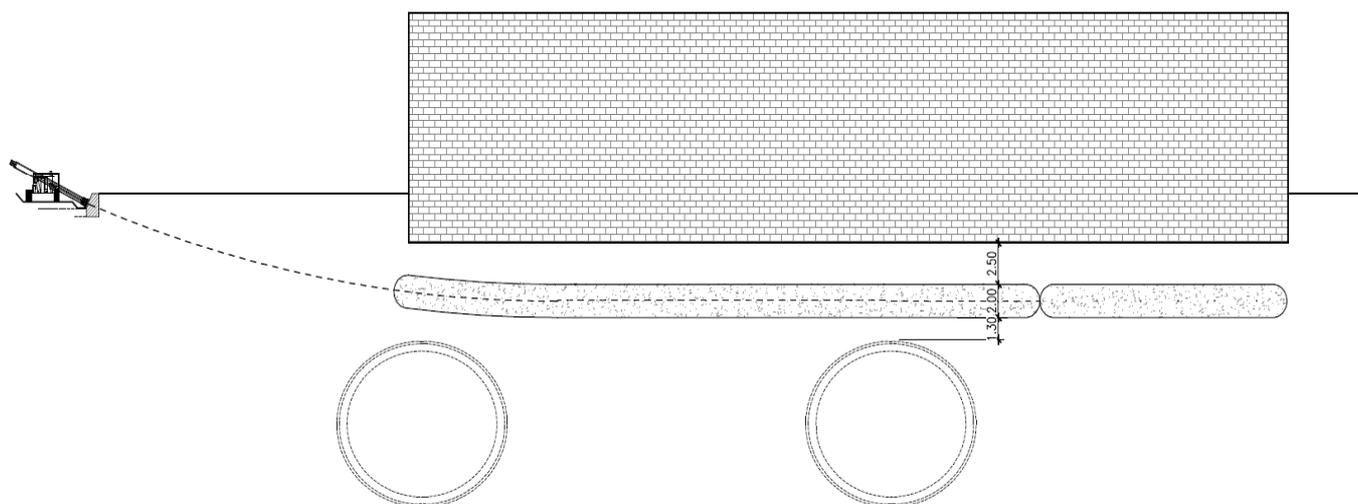


Figura 22 – Sezione Compensation Grouting

Come precedentemente riferito la strategia di impiego del Compensation Grouting prevede che l'iniezione di compensazione si renderà necessaria solamente nel caso in cui i movimenti registrati mentre lo scavo delle gallerie è in avvicinamento sono superiori a determinati limiti.

Saranno inoltre applicati livelli di soglia oltre i quali eseguire le iniezioni, basati sui risultati del monitoraggio delle strutture in superficie e sui criteri di accettabilità.

I sistemi di monitoraggio delle strutture e del terreno saranno installati prima dell'inizio di qualunque lavoro che possa indurre movimenti nel terreno, inclusa l'installazione delle attrezzature per il Compensation Grouting.

Per la realizzazione dell'intervento saranno previste le seguenti fasi:

- *Pre-trattamento (Pre-treatment)*: iniezione eseguita durante o immediatamente dopo il periodo di perforazione dei fori per l'installazione delle Tubi a Manchette (TAMs), al fine di intasare ed irrigidire il terreno in cui verranno eseguite le iniezioni successive, in modo da ottenere una risposta più rapida e accurata in quella fase.
- *Iniezione di mitigazione (Concurrent Grouting)*: iniezione eseguita contemporaneamente o sequenzialmente con le attività costruttive che producono cedimenti, al fine di mitigarne gli effetti.
- *Iniezione di sollevamento (Grout Jacking)*: Iniezione eseguita durante o dopo le attività costruttive al fine di produrre un sollevamento controllato delle strutture.

Galleria Caprazoppa: interferenza con galleria esistente

Lo scavo della galleria Caprazoppa sarà previsto in più fasi (§7.1). Lo scavo della canna dispari avverrà da lato XXMI verso Genova e nella tratta terminale sarà eseguito in affiancamento alla linea ferroviaria esistente in esercizio con una distanza minima pari a circa 6 metri in corrispondenza dell'imbocco lato Genova. Una volta terminato lo scavo del binario dispari e deviato il traffico ferroviario, anche lo scavo del binario pari interferirà con la canna adiacente (in esercizio).

Al fine di limitare le interferenze tra le due canne in esercizio, sarà necessario che lo scavo di entrambe le canne avvenga negli ultimi 200 m (da pk 66+149.20 a pk 66+349.20) con metodi di scavo a basso impatto vibrazionale.

11.4.3 Rischio cavità carsiche

Sono presenti lungo il tracciato ammassi intensamente carsificati, in particolare la formazione delle Dolomie di San Piero a Monti, che presenta fenomeni carsici più accentuati rispetto ai Calcari di Val Tanarello ed ai Calcari di Rocca Livernà. Tale evidenza è stata confermata dalle risultanze delle indagini effettuate (sondaggi, geofisica) che non escludono l'attraversamento da parte della galleria di cavità carsiche di dimensioni metriche. La presenza di possibili cavità è stata individuata soprattutto nel caso della galleria Caprazoppa, ma non si può escludere che possano essere presenti anche nel caso delle gallerie Montegrosso, Castellari e Croce.

Scavo in meccanizzato

Con riferimento allo scavo meccanizzato, le problematiche dovute all'intercettazione di cavità carsiche sono connesse principalmente al rischio di venute d'acqua elevate, anche a pressione elevata, e al rischio di fenomeni di instabilità locale del cavo in fase di scavo. Per la gestione del rischio "cavità carsiche" la TBM sarà attrezzata in modo tale da individuarne la presenza, la posizione e la geometria, in anticipo rispetto all'attraversamento. La macchina sarà perciò equipaggiata in modo tale da poter eseguire:

- indagini in continuo in avanzamento di tipo geofisico (ad esempio, sistema BEAM e/o sistema ISP, Integrated Seismic Prediction e/o similari).
- perforazioni al fronte e/o in una posizione qualunque lungo tutto il perimetro della testa, anche con preventer, con registrazione in continuo dei parametri di perforazione per l'esecuzione di diagrafie,

La cavità sarà riempita con idoneo materiale di riempimento, attraverso tubi di iniezione appositamente predisposti e realizzati mediante il sistema di perforazione suddetto. La macchina attraverserà il tratto con il rigido controllo dei parametri di avanzamento. Al fine del trattamento dell'eventuale cavità carsica incontrata, dovrà essere possibile drenare l'eventuale acqua presente al suo interno, anche con potenziamento dell'impianto di eduazione delle acque. Nella successiva fase di progettazione sarà definita una procedura specifica per l'attraversamento di tali contesti.

Scavo in tradizionale

Con riferimento allo scavo tradizionale, le problematiche dovute all'intercettazione di cavità carsiche sono connesse principalmente al rischio di ingenti venute d'acqua, anche a pressione elevata, e ai problemi tecnici derivanti dalla presenza di vuoti a seconda della loro posizione. Durante l'attraversamento di formazioni che presentano rischio di cavità carsiche dovranno essere effettuati sistematicamente sondaggi in avanzamento al fine di localizzare preventivamente eventuali problematiche connesse a fenomenologie carsiche. Per il superamento delle forme carsiche riscontrate lungo il percorso si prevedono alcune modalità di intervento, intese come indicative e non esaustive, di alcuni casi che si potrebbero verificare. Tali modalità, peraltro già adottate in contesti analoghi, dovranno essere tarate in base alle risultanze del monitoraggio in corso d'opera previsto.

Di seguito si riportano le modalità di intervento previste ed i relativi schemi:

1. Cavità vuota, di modeste dimensioni, interessante la zona di piedritto ed una porzione di arco-rovescio: la cavità tende a restringersi verso il basso.

Modalità di intervento: riempimento con materiale grossolano di pezzatura variabile e completamento con magrone di calcestruzzo. Superamento con posa di centine e spritz-beton.

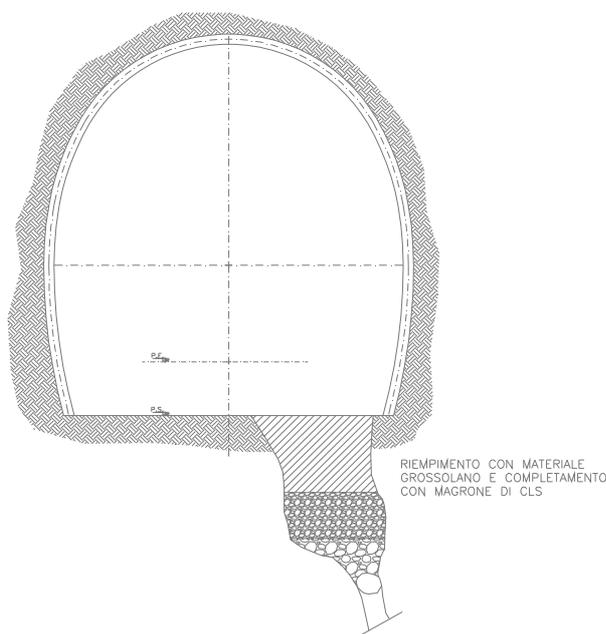


Figura 23. Schema intervento 1.

2. Cavità assimilabile a pozzo, vuota, stabile, che si sviluppa sino a profondità non nota, che da una parte si sviluppa orizzontalmente sino a intercettare la galleria su un paramento.

Modalità di intervento: posa di una cassaforma nel ramo orizzontale della cavità a circa 1-2 m dietro l'estradosso della galleria e successivo riempimento con magrone di calcestruzzo o spritz-beton.

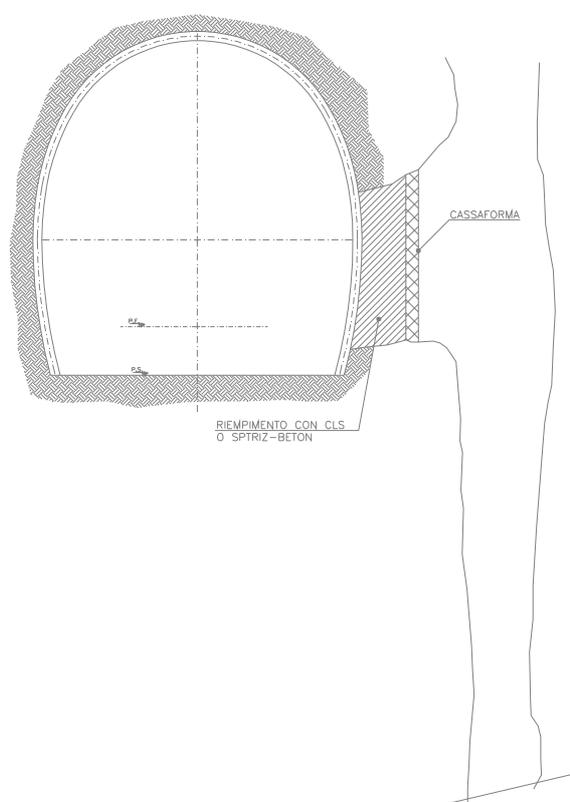


Figura 24. Schema d'intervento 2.

3. Cavità assimilabile a pozzo, vuota, con pareti alterate, di grande diametro che si sviluppa dalla superficie e in fondo tende a restringersi, e che intercetta parzialmente la galleria da un lato.

Modalità di intervento: posa di spritz sulle pareti verticali del pozzo sin dove possibile. Eventuale consolidamento delle pareti del pozzo con chiodature radiali. Chiusura del fondo con un tappo formato da grossi blocchi e successivo getto di uno strato di magrone di calcestruzzo. Posa di profilati verticali poggiati sul magrone, che raggiungono una quota di 1-2 metri superiore a quella dell'estradosso di calotta, per consentire la chiusura del vano con tavole di legno o lamiera. Riempimento del vano con malta cementizia o malte espansive sino all'estradosso del prerivestimento.

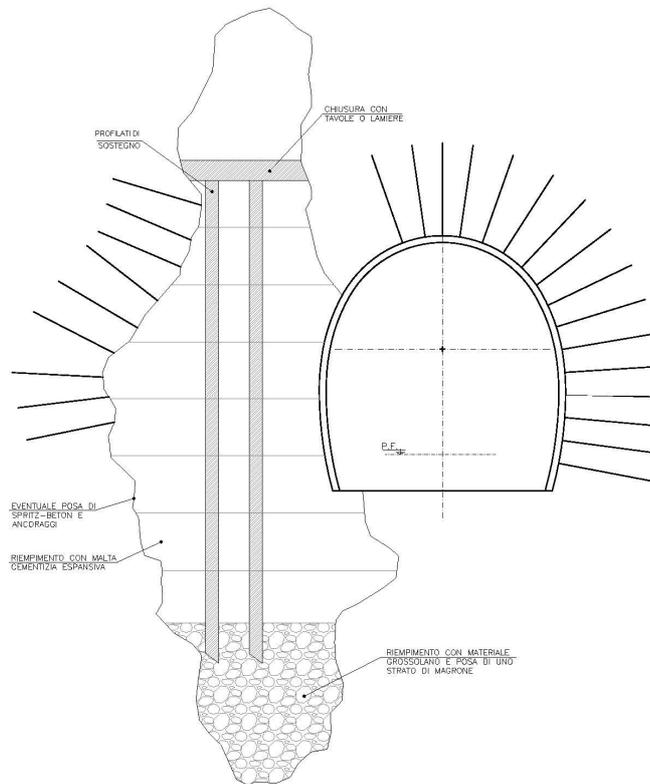


Figura 25. Schema d'intervento 3.

4. Cavità a pozzo, di lunghezza max. 1.00 m in senso longitudinale e profondità non nota che intercetta la galleria in asse.

Modalità di intervento: posa di putrelle e lamiera al di sotto dell'estradosso dell'arco-rovescio, attraversamento con centine, pernevometal e spritz-beton, successivo riempimento della cavità.

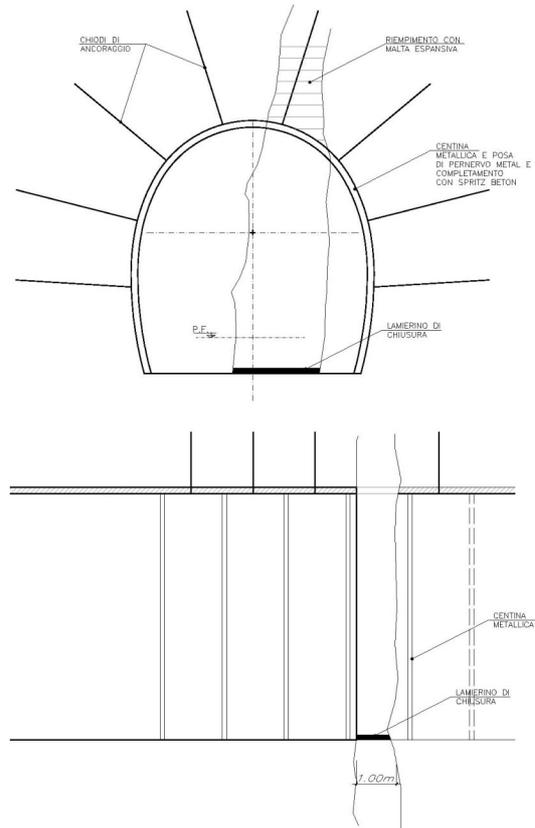


Figura 26. Schema d'intervento 4.

5. Cavità assimilabile a pozzo che intercetta la galleria in asse, di grandi dimensioni con base che si ferma all'altezza dell'arco rovescio, parzialmente riempita sino al piano dei centri della galleria con materiale detritico di grossa pezzatura misto a materiale sciolto.

Modalità di intervento: realizzazione di un muro tampone in calcestruzzo, riempimento del vuoto sopra il materiale detritico con malta cementizia iniettata attraverso fori eseguiti nel tampone. Eventuali iniezioni di consolidamento del materiale sciolto attraverso canne valvolate. Superamento mediante applicazione della sez. tipo C2.

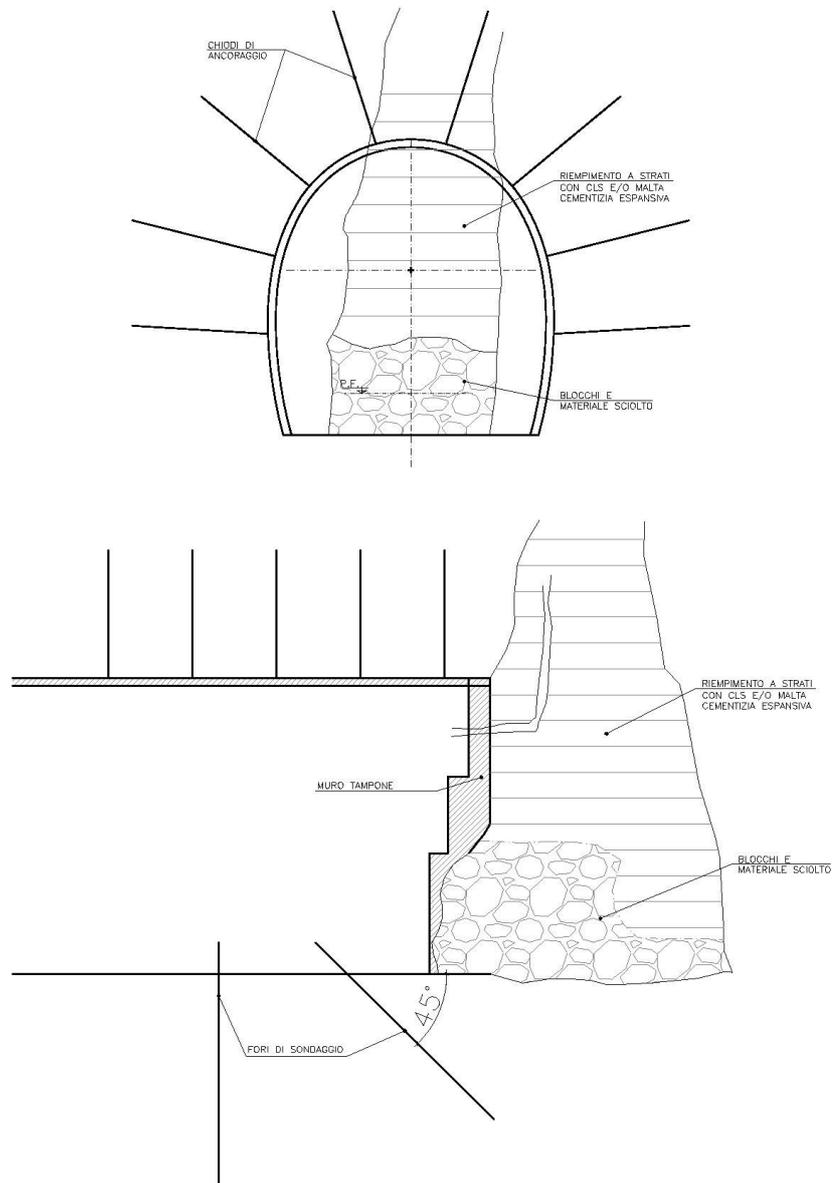


Figura 27. Schema d'intervento 5.

6. Cavità di grandi dimensioni riempita con materiale detritico (blocchi di grosso diametro e materiale fino) che intercetta la galleria in asse.

Modalità di intervento: Posa al fronte di un tampone in spritz-beton, esecuzione di iniezioni cementizie di riempimento al fronte tramite canne valvolate. Superamento mediante applicazione della sez. tipo C2 rinforzata con infilaggi metallici in calotta.

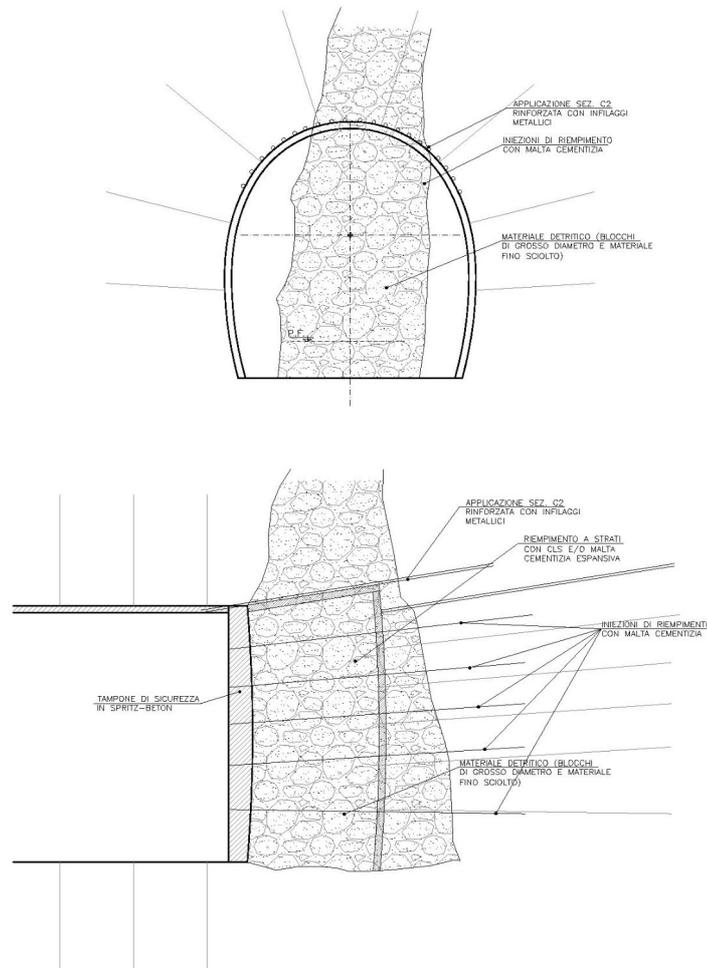


Figura 28. Schema d'intervento 6.



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA
PROGETTO DEFINITIVO - TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN
SOTTERRANEO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 07 RH	GN 00 00 001	C	67 di 71

11.4.4 *Venute d'acqua in galleria*

Il potenziale rischio di venute d'acqua concentrate e con portate significative in fase di scavo dipende dalla conducibilità idraulica dei materiali attraversati e dal carico idraulico. Le formazioni rocciose attraversate sono caratterizzate da permeabilità per fratturazione bassa/media. In considerazione delle suddette caratteristiche di permeabilità, il rischio di venute d'acqua significative in fase di scavo è basso o molto basso.

In considerazione di quanto sopra, e dei livelli piezometrici presunti, il rischio di venute d'acqua in fase di scavo è stimato generalmente basso. Il rischio è classificato medio solo in tratte molto limitate e relative alle zone di faglia, ai passaggi stratigrafici e alle zone tettonizzate dove è possibile un aumento delle permeabilità e nella zona in cui le gallerie attraversano formazioni in cui possono essere presenti fenomeni di carsismo.

Nel caso di scavo in meccanizzato, in presenza di carichi idraulici fino a 4-5 bar la pressione del fronte esercitata dalla macchina in modalità EPB è in grado di scongiurare il moto idraulico. Per carichi idraulici superiori il rischio sarà mitigato con drenaggio preventivo e controllato eseguito dalla macchina.

Nel caso di scavo tradizionale, le sezioni prevedono l'esecuzione di drenaggi in avanzamento.

11.4.5 *Carico idraulico elevato*

Tale rischio riguarda la tratta a più alte coperture delle gallerie Alassio e Croce dove, viste le incertezze legate al modello idrogeologico, la quota di falda risulta presunta sulla base delle misure piezometriche disponibili. Al fine di mitigare tale rischio, qualora le risultanze dessero evidenza di carichi idraulici maggiori rispetto a quelli considerati nelle analisi numeriche, in tali tratte è stata prevista la possibilità di eseguire drenaggi radiali di lungo termine.

11.4.6 *Interferenza con aree a rischio geomorfologico elevato*

Dall'imbocco della galleria Caprazoppa lato Genova, per una lunghezza pari a circa 120 m circa (da pk 66+149.20 a pk 66+249.20 del binario pari), la galleria sottoattraversa un'area caratterizzata da un rischio geomorfologico molto alto (area RG4, con riferimento alla carta del rischio geomorfologico del Piano di Bacino Bottassano).

Tale area è oggi sottoattraversata dalla galleria ferroviaria in esercizio: ad oggi non ci sono evidenze di interazione tra l'infrastruttura ferroviaria e l'area a rischio. Pertanto, si escludono interferenze nella fase di esercizio anche con la nuova infrastruttura in progetto.

Tuttavia, non si possono escludere eventuali effetti transitori, non quantificabili, nella fase di esecuzione della galleria Caprazoppa: per tale motivo si prevede l'adozione di metodi di scavo a basso impatto vibrazionale, tenendo in considerazione che il Piano di Bacino prevede un intervento di messa in sicurezza del versante mediante interventi di disaggio e installazione di reti armate paramassi.



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA
PROGETTO DEFINITIVO - TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN
SOTTERRANEO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 07 RH	GN 00 00 001	C	68 di 71

Prima della realizzazione dell'opera, dovrà essere accertata l'avvenuta realizzazione di tale intervento o, quantomeno, che l'area sottostante il versante sia interdetta all'accesso durante tutte le fasi realizzative.

11.4.7 Abrasività

Visto il contesto geologico e geotecnico, il rischio di interessare materiali abrasivi è considerato medio-basso. Tale rischio potrebbe interessare la Formazione delle Quarziti di Monte Bignone e le Quarziti Ponte di Nava. L'abrasività comporta l'elevata usura dei cutters e la necessità di frequenti ingressi in camera di scavo per la loro manutenzione/sostituzione, con fermi anche prolungati, e può determinare l'usura della testa di scavo e della coclea: tutti fattori che concorrono alla diminuzione della velocità media di avanzamento della macchina.

Per mitigare tale rischio dovrà essere effettuata un'attenta progettazione della testa di scavo e degli utensili di scavo, per tipologia, distribuzione e materiali, e dovrà essere previsto un corretto approvvigionamento degli stessi. Inoltre, si dovrà, ad esempio: prevedere un sistema di protezione all'usura della testa di scavo e per la coclea, pianificare correttamente i fermi macchina per le ispezioni e la manutenzione, nonché impostare un monitoraggio per misurare il grado di usura attraverso sensori appositamente predisposti.

11.4.8 Presenza di gas naturali

Lo studio geologico esclude la presenza di gas naturali.

12 FASE DI VERIFICA E MESSA A PUNTO DEL PROGETTO

12.1 Monitoraggio in corso d'opera

Nella fase realizzativa dovrà essere posto in opera un adeguato programma di monitoraggio, volto a verificare gli effetti indotti dalla realizzazione degli imbocchi, dei pozzi ed in particolare delle gallerie naturali, in considerazione delle sezioni di scavo e consolidamento previste, ottimizzandole nell'ambito delle variabilità indicata in progetto.

Con riferimento, quindi, alla realizzazione delle opere provvisorie relative alle diverse opere, in sintesi il programma di monitoraggio dovrà prevedere:

- monitoraggio piezometrico per la misura della variazione della quota di falda nelle aree prospicienti alle paratie;
- monitoraggio inclinometrico per la misura degli spostamenti orizzontali delle paratie e del terreno limitrofo;
- monitoraggio degli spostamenti delle paratie mediante mire ottiche disposte sull'opera di sostegno;
- monitoraggio delle sollecitazioni indotte dallo scavo su tiranti, centine e puntoni mediante celle di carico;

Con riferimento alle tratte realizzate con metodo di scavo tradizionale il programma di monitoraggio dovrà prevedere:

- il rilievo analitico e speditivo del fronte di scavo;
- il controllo della convergenza del cavo, mediante installazione di stazioni di convergenza con mire ottiche;
- il controllo dell'estrusione del fronte, mediante installazione di estrusometri in avanzamento, dove previsto;
- il controllo delle deformazioni al contorno del cavo attraverso gli estensimetri multibase;
- il monitoraggio dello stato tensionale nel rivestimento di prima fase mediante celle di carico, celle di pressione e strain-gauges;
- il monitoraggio dello stato tensionale nel rivestimento definitivo mediante barrette estensimetriche;

Con riferimento alle tratte realizzate con metodo di scavo meccanizzato il programma di monitoraggio dovrà prevedere:

- il controllo dei principali parametri macchina desunti direttamente in fase di scavo dalla fresa tra cui: pressione di supporto del fronte di scavo, densità del materiale nella camera di scavo, pressione e volume del materiale di intasamento iniettato a tergo dei conci, peso e volume del materiale scavato, condizionamento del terreno (nel caso di scavo in EPB);
- il monitoraggio dello stato tensionale nel rivestimento definitivo mediante barrette estensimetriche saldate sui ferri di armatura dei conci e celle di carico tra i giunti longitudinali degli stessi;
- il monitoraggio degli spostamenti verticali assoluti e relativi dei terreni di copertura nelle tratte a bassa copertura mediante assestimetri;

Durante la realizzazione delle opere in sotterraneo si dovrà predisporre un adeguato sistema di monitoraggio, volto a verificare le scelte progettuali impostate in sede di progetto definitivo e rese esecutive, attraverso il dimensionamento di tutti gli interventi, nella successiva fase di progettazione esecutiva.

In linea generale, quali indicazioni di massima, per le gallerie in oggetto il programma di monitoraggio potrà essere articolato così come descritto nel seguito:

- rilievi geologico-strutturali dell'ammasso al fronte di scavo; andranno previsti rilievi di tipo speditivo-pittorico e, con frequenza minore, rilievi più dettagliati, di tipo analitico, in particolare in corrispondenza di passaggi litologici/stratigrafici particolarmente significativi;
- stazioni di misura delle convergenze a cinque mire, per il rilievo degli spostamenti del profilo di scavo, disposte con interasse funzione del contesto geomeccanico; nelle tratte caratterizzate da ammassi scadenti, dove si prevede la esecuzione di consolidamenti in avanzamento, andranno ubicate ogni campo di avanzamento, al fine di calibrare l'intensità dei trattamenti;
- stazioni di misura dell'estrusione del fronte, mediante estrusometro, in ammassi/terreni spingenti dove si prevedono significative deformazioni del fronte; tale misura viene condotta mediante la posa di un estensimetro del tipo "sliding deformer";
- stazioni di misura dello stato tensionale nei rivestimenti di prima fase mediante celle di carico al di sotto del piede della centina e/o barrette estensimetriche da posizionarsi sull'anima del profilato centinato.
- stazioni di misura dello stato tensionale nei rivestimenti definitivi mediante barrette estensimetriche.
- stazioni di misura delle deformazioni al contorno del cavo mediante estensimetri multibase, ubicati in corrispondenza della calotta e delle reni.

- stazioni di misura delle pressioni interstiziali al contorno del cavo mediante celle piezometriche.

Con riferimento alle tratte a bassa copertura il programma di monitoraggio dovrà prevedere:

- il controllo dei cedimenti al piano campagna mediante installazione di capisaldi su sezioni di livellazione topografica;
- il monitoraggio degli spostamenti verticali assoluti e relativi dei terreni di copertura mediante assestimetri elettromagnetici.
- il monitoraggio piezometrico per la misura della variazione della quota di falda;
- il monitoraggio inclinometrico per la misura degli spostamenti orizzontali.
- il controllo topografico degli spostamenti sugli edifici interferenti;

Il sistema di monitoraggio dovrà essere predisposto in modo tale da garantire l'esame tempestivo e continuativo dei dati rilevati e la trasmissione sistematica dei dati e delle elaborazioni, avendo precedentemente definito ed assegnato le responsabilità per la lettura, l'elaborazione e l'interpretazione dei dati di monitoraggio, nonché per la loro distribuzione.

Le grandezze individuate come rappresentative dovranno essere rilevate e controllate con un sistema di misura che abbia un grado di precisione compatibile con i valori attesi per le grandezze sopra dette, in modo da poter essere confrontati con le previsioni progettuali (i valori attesi) al fine di consentire la verifica e la messa a punto del progetto, e la gestione delle variabilità previste.

Per ulteriori dettagli riguardo le frequenze delle letture e gli altri aspetti legati al monitoraggio delle opere minori si rimanda agli elaborati specialistici allegati al progetto.

13 CONCLUSIONI

Nella presente relazione sono state descritte le principali soluzioni tecnico-progettuali adottate e le fasi esecutive relative al progetto definitivo delle opere in sotterraneo per il raddoppio della linea Genova - Ventimiglia nella tratta Finale Ligure – Andora.

La progettazione, condotta secondo il Metodo ADECO-RS (cfr. Rif. [14]) si è articolata nelle seguenti fasi:

- fase conoscitiva: è stata finalizzata allo studio e all'analisi del contesto geologico e geotecnico in cui saranno realizzate le gallerie, le opere per la sicurezza e le finestre costruttive;
- fase di diagnosi: è stata eseguita la valutazione della risposta deformativa dell'ammasso allo scavo in assenza di interventi di stabilizzazione per la determinazione delle categorie di comportamento e sono inoltre state individuati i rischi potenziali che possono presentarsi nella fase di realizzazione delle gallerie;
- fase di terapia: sulla base dei risultati delle precedenti fasi, sono state individuate le modalità di scavo e gli interventi di stabilizzazione idonei (sezioni tipo) per realizzare le opere in sotterraneo in condizioni di sicurezza e sono state individuate le soluzioni per la gestione dei potenziali rischi;
- fase di verifica e messa a punto: il progetto è completato dal piano di monitoraggio da predisporre ed attuare nella fase realizzativa.