

Zeitschrift: Archi : rivista svizzera di architettura, ingegneria e urbanistica = Swiss review of architecture, engineering and urban planning

Herausgeber: Società Svizzera Ingegneri e Architetti

Band: - (2006)

Heft: 4

Artikel: Progetto civile della galleria Veduggio-Cassarate

Autor: Como, Giovanni

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-133477>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 16.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Progetto civile della galleria Veduggio-Cassarate

Giovanni Como*

La galleria Veduggio-Cassarate

Dati generali dell'opera

La galleria, a canna singola a traffico bidirezionale, si sviluppa per 2'605 m lungo un'asse ovest-est, che collega la valle del Veduggio, all'altezza dell'attuale svincolo autostradale di Lugano Nord, con quella del Cassarate in prossimità del supermercato Carrefour, attraversando la collina dei comuni di Comano, Cureglia e Porza. Il tracciato è visibile nella figura 1.

La galleria è affiancata sul lato sud per tutta la lunghezza, da un cunicolo di sicurezza posto ad una distanza (interasse) di 30 m.

Le due gallerie sono collegate tra loro tramite cunicoli trasversali ogni 300 m, alternativamente del tipo pedonale e carrabile. Il cunicolo di sicurezza funge, oltre che da via di fuga e di salvataggio in caso d'incendio in galleria, quale cunicolo tecnico e di servizio, dal momento che vi saranno ubicati i cavi d'alimentazione di tutte le attrezzature elettromeccaniche presenti in galleria così come della rete antincendio. L'allacciamento alla galleria principale sarà assicurato attraverso i cunicoli trasversali. Il cunicolo di sicurezza è inoltre percorribile da piccoli mezzi di manutenzione che possono in tal modo accedere alla galleria senza arrecare disturbo al traffico.

Fanno inoltre parte del progetto, la centrale intermedia sotterranea per la ventilazione ed il comando delle infrastrutture elettromeccaniche ed il pozzo di espulsione fumi verticale di ca. 100 m d'altezza, allacciato alla centrale di ventilazione tramite un cunicolo di ca. 60 m di lunghezza. Lungo il tracciato della galleria sono inoltre previste quattro nicchie di sosta doppie. Dal punto di vista costruttivo, la galleria (incluso il cunicolo di sicurezza) si divide in tre parti distinte:

- Tratta in roccia: rappresenta la parte più importante, per volume, di tutta l'opera ed ha uno sviluppo di ca. 2'350 m per quanto riguarda la galleria principale e di ca. 2'335 m per quanto concerne il cunicolo di sicurezza.
- Tratta in materiale sciolto: questa tratta si estende



Fig.1 – Situazione planimetrica della galleria Veduggio - Cassarate.

a partire dal passaggio roccia-materiale sciolto, situato all'incirca sotto via Trevano all'altezza delle scuole medie di Canobbio, per ca. 195 m fino al portale in sotterraneo Cassarate. In questo tratto l'interasse tra galleria principale e cunicolo di sicurezza diminuisce gradatamente da 30 a ca. 15.50 m.

- Tratta a cielo aperto: questo ultimo tronco di galleria, previsto a est della tratta precedente, sarà realizzato in trincea aperta ed unisce in un'unica struttura in calcestruzzo armato, galleria principale e cunicolo di sicurezza. La lunghezza, misurata sull'asse della galleria principale è di 60 m.

Il tracciato altimetrico della galleria presenta, a partire dal portale Veduggio, un tratto in ascesa con pendenza dell'1.61% di 1'200 m di lunghezza e culmine in corrispondenza della centrale intermedia di ventilazione, seguito da un tratto in discesa con pendenza costante di ca. 1.1% fino al portale Cassarate. La copertura massima nella tratta in roccia si aggira attorno ai 100 m, mentre nella parte in materiale sciolto raggiunge ca. 40 m nel punto di contatto con la roccia.

La galleria Veduggio Cassarate incrocia in due punti il tracciato della galleria ferroviaria Alp-Transit di base del Ceneri (GBC). A ca. 200 m dal portale Veduggio, il raccordo di Vezia della GBC

passerà al di sopra della galleria del PTL con copertura minima di ca. 4.50 m. Alla progressiva ca. Tm 650 si incroceranno invece i corridoi centrali del proseguimento della GBC verso sud. In quest'ultimo caso la GBC passerà al di sotto della galleria PTL con copertura minima ridotta compresa tra 2.0 e 3.0 m. Particolari accorgimenti di rinforzo sono previsti in entrambi i casi.

Al fine di adattarsi al sistema scelto per la ventilazione, il profilo trasversale della galleria varia lungo il proprio tracciato. Nei primi 250 m a partire da entrambi i portali, il profilo della galleria si presenta privo di soletta intermedia, invece prevista nel restante tratto centrale. Per poter garantire la continuità della sagoma libera minima, si è reso necessario l'allargamento del profilo di scavo in questa stessa tratta. I profili tipo delle diverse opere che costituiscono il progetto sono illustrati al capitolo «profili tipo».

Cenni geologici

Le rocce attraversate appartengono allo zoccolo cristallino paleozoico delle Alpi meridionali, in particolare scisti metapelitici. Si riconoscono principalmente i seguenti litotipi:

- Scisti sericitici e cloritici quarziferi - SSCQ (Gneiss dello Stabiello);
- Scisti sericitici e cloritici minuti SSCM;
- Gneiss del San Bernardo.

Una caratteristica importante delle formazioni rocciose attraversate è la tettonica diffusa dovuta alla prossimità dell'importante lineamento strutturale chiamato «Linea della Valcolla». È presente ovunque una scistosità penetrativa e pieghettata, orientata in varie direzioni ma tendente grosso modo all'orizzontale, pur con locali variazioni talvolta rilevanti. Tutta la zona è diffusamente attraversata da faglie e fasce di disturbo tettonico. I diversi litotipi sono diffusamente presenti e il complesso piegamento ne impedisce la localizzazione geometrica precisa. Le diverse varietà di scisti sono alternate in maniera poco uniforme.

Il terreno attraversato nei primi ca. 200 m sul lato Cassarate è invece composto da depositi quarternari glaciali e fluvio-lacustri di un fondo valle antico, corrispondente grosso modo ai terrazzi dell'agglomerato di Canobbio e quello dove sorgono le scuole di Trevano. Dopo essere stati parzialmente sovraconsolidati da una glaciazione secondaria, i depositi sono stati scavati dal fiume, che ha depositato le alluvioni dell'attuale fondo valle. Il terreno è composto da strati intercalati di materiali con differenti proprietà geotecniche, di matrice prevalentemente limosa con componenti sabbiosi e/o ghiaiosi, che possono variare in concentrazione per diventare in alcuni casi predo-

minanti sulla matrice limosa. È stata appurata la presenza di uno strato di limo sovraconsolidato molto compatto, che dovrebbe essere attraversato dallo scavo delle gallerie. Gli strati al di sopra di questo presentano uno scarso grado di consolidamento e possono inglobare nei primi metri superficiali dei trovanti di dimensioni metriche. La permeabilità complessiva può essere definita come bassa anche se alcuni strati possono presentare permeabilità maggiori. È da notare la presenza di una falda libera e di più acquiferi artesiani presenti negli strati più permeabili con battente fino a ca. 20 m. Lo scavo delle gallerie avverrà perciò completamente in presenza di acqua. Dall'analisi dei risultati ottenuti dalle ricognizioni geognostiche, si riconoscono 4 unità geotecniche principali:

- limo sabbioso-argilloso superficiale;
- sabbia limosa superficiale;
- limo sovraconsolidato («morena di fondo»);
- ghiaia limosa profonda.

È da notare che queste unità rappresentano una semplificazione notevole della complessa realtà geologica del terreno e costituiscono raggruppamenti di terreni diversi ma con caratteristiche geotecniche simili. Una tale semplificazione si è resa necessaria ai fini progettuali.

Profili tipo

Come accennato precedentemente, i profili tipo della galleria si dividono essenzialmente in due gruppi, uno con ed uno senza soletta intermedia. In quest'ultimo gruppo si differenziano ancora il profilo tipo senza soletta intermedia della tratta in roccia e quello della tratta in materiale sciolto. I tre diversi profili tipo della galleria sono illustrati nella figura 2 e presentano le seguenti sezioni di scavo:

- Profilo in roccia senza soletta intermedia: ca. 75 m²
- Profilo in roccia con soletta intermedia: ca. 85 m²
- Profilo in materiale sciolto senza soletta intermedia: variabile da ca. 110 a ca. 133 m².

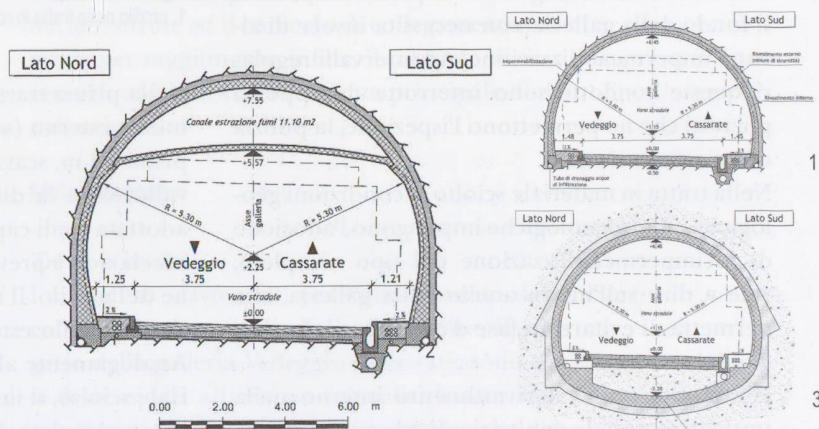


Fig. 2 – Profili tipo della galleria Veduggio-Cassarate; 1. profilo in roccia senza soletta intermedia, 2. profilo in roccia con soletta intermedia; 3. profilo in materiale sciolto senza soletta intermedia.

Le dimensioni della galleria sono state determinate in modo da poter ospitare due corsie di 3.75 m ciascuna, così come un marciapiede di ca. 1.20 m di larghezza ad entrambi i lati del campo stradale. Nelle banchine dei marciapiedi saranno ospitati i cavi di alimentazione delle infrastrutture elettromeccaniche presenti in galleria. La bordura del marciapiede sul lato sud è costituita da una caditoia per lo smaltimento delle acque di carreggiata. Ogni 70 m ca. la caditoia è interrotta da pozzetti sifonati tagliafuoco che scaricano i liquidi drenati in una condotta di raccolta presente al di sotto della stessa caditoia lungo tutta la lunghezza della galleria. Il tracciato progettato per la galleria consente di mantenere la pendenza trasversale della carreggiata al valore costante del 2.5% e sullo stesso lato della carreggiata sull'intera lunghezza della galleria.

Il rivestimento della galleria è del tipo a doppio guscio, costituito da un anello esterno in calcestruzzo proiettato, messo in opera nel corso dell'avanzamento e parte integrante delle misure di sicurezza posate durante lo scavo della galleria e da un anello o rivestimento interno in calcestruzzo gettato in opera di 30 cm di spessore. L'anello interno non è di norma armato ad eccezione della zona degli appoggi della soletta intermedia – laddove questa è prevista – e di alcuni tratti particolari quali le zone d'imbocco dei cunicoli trasversali, della centrale intermedia e le doppie nicchie di sosta.

Tra i due anelli (rivestimento esterno e rivestimento interno) sarà posato un foglio di materiale plastico a formare l'impermeabilizzazione della galleria. Nella tratta in roccia l'impermeabilizzazione sarà del tipo parziale detta «ad ombrello». Le acque d'infiltrazione provenienti dall'ammasso roccioso sono infatti convogliate dall'impermeabilizzazione in due tubi drenanti, presenti ad entrambi i lati della galleria al piede del profilo. Il fondo della galleria non necessita invece di alcuna impermeabilizzazione. Ad intervalli regolari queste condotte sono interrotte da appositi pozzetti che ne permettono l'ispezione, la pulizia e la manutenzione.

Nella tratta in materiale sciolto le condizioni geologiche ed idrogeologiche impongono l'adozione di un'impermeabilizzazione del tipo completo, vale a dire sull'intero anello della galleria, che permetta di evitare, in fase d'esercizio, il drenaggio del terreno.

Per motivi statici il rivestimento interno nella tratta in materiale sciolto si estende anche al fondo della galleria – il cosiddetto arco rovescio che, sempre per motivi statici, risulta curvo – e di spes-

sore minimo di 0.50 m. In questa tratta il rivestimento interno sarà armato su tutta la lunghezza. Le nicchie di sosta doppie hanno una sezione di scavo di ca. 155 m² rappresentata nella figura 3.

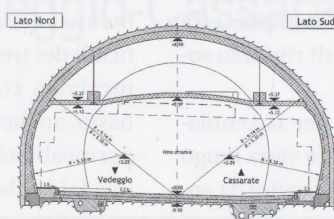


Fig. 3 – Profilo tipo delle nicchie di sosta doppie

Lungo lo sviluppo della galleria ne sono previste quattro, poste ad una distanza di ca. 600 m l'una dall'altra. Una di queste è ubicata in corrispondenza della centrale di ventilazione intermedia, mentre le restanti sono sistemate in corrispondenza dei cunicoli trasversali carrabili, descritti più avanti.

Come già accennato, data l'ampiezza del profilo, il rivestimento interno delle nicchie sarà armato e di spessore maggiorato rispetto a quello del profilo normale. Per lo stesso motivo anche lo spessore della soletta intermedia è aumentato, in queste tratte, di 5.0 cm.

Come per la galleria principale, anche il cunicolo di sicurezza si distingue, per quanto concerne il profilo tipo, nelle due tratte in roccia ed in materiale sciolto illustrate nella figura 4.

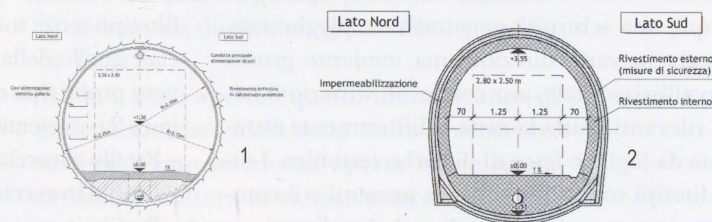


Fig. 4 – Profili tipo del cunicolo di sicurezza;
1. profilo nella tratta in roccia; 2. profilo nella tratta in materiale sciolto

Nella prima tratta la sezione è circolare con diametro esterno (scavo) di 4.5 m, ad eccezione dei primi 60 m, scavati con un profilo a ferro di cavallo, vista la differente tecnica d'avanzamento adottata (vedi capitolo successivo). Nella tratta in roccia non è prevista alcuna impermeabilizzazione del profilo. Il rivestimento consiste unicamente nell'anello esterno in calcestruzzo proiettato. Analogamente alla galleria, nella tratta in materiale sciolto, si impone invece l'impermeabilizzazione completa del profilo e l'introduzione di un rivestimento armato con arco rovescio.

Come già accennato, il collegamento tra galleria

principale e cunicolo di sicurezza è assicurato da cunicoli di collegamento, che si dividono in cunicoli del tipo pedonale, con sezione di scavo ridotta a 10 m^2 e previsti unicamente per il transito di persone, e in cunicoli del tipo carrabile, con sezione di scavo di ca. 27 m^2 , previsti per il transito di veicoli di manutenzione. In questi ultimi saranno inoltre ospitati gli armadi di distribuzione e di controllo delle infrastrutture elettromeccaniche presenti in galleria, allacciate alla linea elettrica principale, posata nel cunicolo di sicurezza, proprio attraverso questi cunicoli trasversali. Sull'intera lunghezza della galleria sono previsti quattro cunicoli di tipo pedonale ed altrettanti di tipo carrabile, disposti alternativamente. I collegamenti carrabili sono ubicati in corrispondenza delle nicchie di sosta doppie, uno dei quali, quindi, di fronte alla centrale di ventilazione intermedia. Questo particolare cunicolo trasversale dispone di una cantina cavi, per l'allacciamento e l'alimentazione di tutta la centrale di comando ai cavi principali posati nel cunicolo di sicurezza ed è illustrato nella figura 5. La centrale di ventilazione si stacca perpendicolarmente dalla galleria principale ed ha una lunghezza di ca. 35 m. Con una larghezza di 10.50 m ed un'altezza al culmine di 10.00 m, raggiunge una sezione di scavo di ca. 120 m^2 (vedi figura 5). La centrale si estende su due piani. Al livello carreggiata sono previste diverse stanze dove saranno sistemati i comandi delle attrezzature elettromeccaniche della galleria così come trasformatori ed accumulatori d'emergenza. Al piano superiore, all'altezza della soletta intermedia, saranno posizionati i ventilatori che assicureranno l'evacuazione dei fumi di galleria dal vano al di sopra della soletta intermedia. Attraverso due botole appositamente previste nella soletta che divide i due piani della centrale, sarà possibile, in caso di manutenzione o sostituzione, calare i ventilatori direttamente su un mezzo di trasporto. Come la galleria, anche la centrale intermedia dispone di un rivestimento a doppio guscio con impermeabilizzazione ad ombrello. Il rivestimento interno sarà armato. I fumi estratti dai ventilatori dal vano posto al di sopra della soletta intermedia sono convogliati nel cunicolo di ventilazione (denominato anche cunicolo di accesso al pozzo di ventilazione), che si stacca dalla parete nord della centrale e che sbocca nel camino (o pozzo) di espulsione verticale. Questo ha una sezione circolare di 4.0 m di diametro ed un'altezza di ca. 100 m fino alla superficie, come visibile nella figura 6. Sia il cunicolo di accesso al pozzo, sia il pozzo verticale stesso saranno rivestiti unicamente con uno strato di calcestruzzo proiettato.

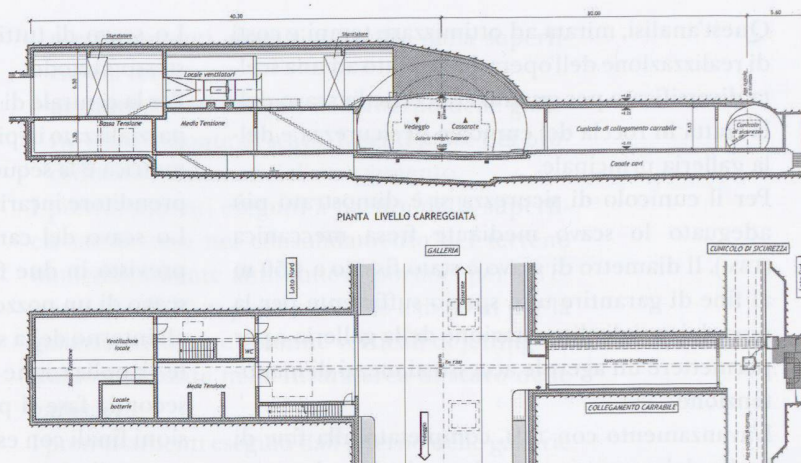


Fig. 5 - Sezione trasversale e pianta del cunicolo di sicurezza, del cunicolo trasversale, della galleria e della centrale di ventilazione al Tm 1'200.00.

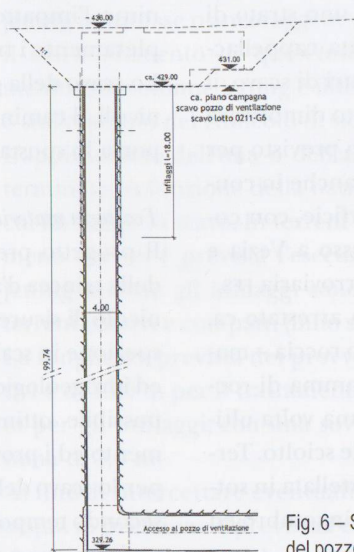


Fig. 6 - Sezione trasversale verticale del pozzo di espulsione fumi

Alla testa del camino è prevista la costruzione di una camera di accumulazione d'acqua di 250 m^3 di capacità per l'alimentazione della rete antincendio, che avviene attraverso una condotta passante attraverso il pozzo, il cunicolo di ventilazione, la centrale ed il cunicolo di collegamento carrabile per raggiungere, infine, il cunicolo di sicurezza dove è ubicata la condotta principale di distribuzione.

Metodi esecutivi

Tratta in roccia

I metodi di scavo scelti per l'avanzamento delle gallerie e dei cunicoli che compongono il progetto della galleria Vedeggio-Cassarate, sono stati determinati attraverso un'analisi basata sulle caratteristiche geologiche ed idrogeologiche delle rocce e dei terreni da attraversare e su valutazioni di ordine economico e tempistico.

Quest'analisi, mirata ad ottimizzare tempi e costi di realizzazione dell'opera, ha portato ad una scelta diversificata per quanto concerne lo scavo della tratta in roccia del cunicolo di sicurezza e della galleria principale.

Per il cunicolo di sicurezza si è dimostrato più adeguato lo scavo mediante fresa meccanica (TBM). Il diametro di scavo è stato fissato a 4.50 m al fine di garantire uno spazio sufficiente per la posa dei cavi di alimentazione della galleria e per permettere un agevole accesso ai mezzi di manutenzione.

L'avanzamento con TBM, completato alla fine di luglio del corrente anno, è cominciato dopo un primo tratto di ca. 80 m scavato con metodo tradizionale, vale a dire all'esplosivo. La scelta di eseguire questo primo tronco di galleria all'esplosivo è stata dettata dalla presenza di uno strato di roccia superficiale alterata, chiamata cappellaccio, attesa nelle prime decine di metri di scavo, il cui attraversamento si sarebbe potuto dimostrare problematico con una fresa del tipo previsto per lo scavo del restante tratto. Questo anche in considerazione della presenza in superficie, con copertura ridotta, della strada d'accesso a Vezia e dell'asse del Gottardo della linea ferroviaria FFS. L'avanzamento del cunicolo è stato arrestato ca. 15 m dal punto teorico del passaggio roccia - materiale sciolto. Questo ultimo diaframma di roccia sarà scavato dal lato Cassarate una volta ultimato lo scavo della tratta in materiale sciolto. Terminato lo scavo, la fresa è stata smantellata in sotterraneo nelle sue parti di maggior ingombro ed arretrata fino al portale.

Il volume totale estratto si aggira sui 40'000 m³. Per lo scavo della galleria principale si è rivelato invece più idoneo un avanzamento all'esplosivo sull'intera lunghezza della tratta in roccia. Lo scavo procederà sui primi ca. 500 m a sezione parzializzata calotta-strozzo. Sarà quindi scavata dapprima la parte superiore ed in un secondo tempo la parte inferiore della galleria. Questo procedimento, che consente di limitare l'azione dello scavo sulla roccia e le vibrazioni indotte dall'esplosione è stato adottato in seguito alla presenza, in superficie, della strada d'accesso al comune di Vezia, della linea principale FFS dell'asse del San Gottardo e di un quartiere abitativo di Vezia.

Oltrepassato questo tratto iniziale lo scavo dovrebbe proseguire a sezione piena. La sezione della galleria verrà quindi fatta brillare in un'unica volata. Così come per il cunicolo, anche la galleria sarà arrestata a ca. 15 m dal limite della roccia e completata dal lato Cassarate.

Lo scavo di tutti i cunicoli sarà eseguito con lo stesso metodo.

Per la centrale di ventilazione è previsto uno scavo parzializzato in più settori. La loro definizione geometrica e la sequenza dello scavo è affidata all'Imprenditore incaricato dell'esecuzione dei lavori.

Lo scavo del camino verticale di ventilazione è previsto in due fasi. Dapprima si procederà allo scavo di un pozzo di dimensioni minori, eseguito all'interno della sezione finale del pozzo, mediante l'applicazione del metodo Raise-Drill. In una seconda fase si procederà all'allargamento alle dimensioni finali con esplosivo, utilizzando il pozzo scavato nella fase precedente per lo smarino del materiale, che sarà quindi rimosso dal piede del pozzo e trasportato al portale Vedeggio. Questo procedimento presenta il vantaggio di limitare al minimo l'impatto alla superficie, eliminando completamente i trasporti del materiale di scavo.

Lo scavo della galleria principale, inclusi tutti i cunicoli, il camino e la centrale di ventilazione comporta lo spostamento di ca. 245'000 m³ di roccia.

Tratta in materiale sciolto

Il progetto prevede come prima attività lo scavo della trincea d'accesso alle gallerie e quindi del cunicolo di sicurezza in modo da disporre di una prospezione in scala reale delle condizioni geologiche ed idrogeologiche del terreno. In questo modo sarà possibile ottimizzare i procedimenti di avanzamento ed i provvedimenti di sicurezza da adottare per lo scavo della galleria, il cui avvio avverrà in un secondo tempo, ma comunque ancora durante i lavori di scavo o di finitura del cunicolo. In una fase successiva sarà realizzata la galleria a cielo aperto. In tratte critiche riscontrate durante lo scavo del cunicolo sarà inoltre possibile realizzare eventuali interventi di consolidamento, a partire dallo stesso cunicolo, nella futura area di scavo della galleria. La copertura lungo l'asse del cunicolo di sicurezza sale rapidamente a partire da pochi metri oltre il portale fino a raggiungere un massimo di ca. 35 m in corrispondenza del passaggio materiale sciolto-roccia.

La copertura della galleria rimane piuttosto bassa (<10 m) per ca. 20-25 m a partire dal portale, per crescere sul restante tratto, fino ad un massimo di ca. 40 m al punto di contatto della calotta con la roccia.

Nella tratta in materiale sciolto non sono previsti né cunicoli di collegamento trasversali né nicchie di sosta.

In base alle indagini geognostiche ed ai risultati scaturiti dal campo prove eseguito nell'area del portale Cassarate è stato adottato un modello

geotecnico che tiene conto delle condizioni geotecniche riscontrate lungo l'asse delle gallerie e già esposte al capitolo «cenni geologici».

La situazione è illustrata nella figura 7.

- Tratta nei terreni superficiali.
- Tratta nel limo sovraconsolidato.
- Tratta nella ghiaia limosa profonda.

Si rende attenti sul fatto che il modello geologico esposto rappresenta una possibile interpretazione dei rilievi geologici. Le reali condizioni del terreno possono variare, anche in modo notevole, da quanto ipotizzato.

Come accennato al capitolo «cenni geologici», lo scavo della tratta in materiale sciolto avverrà in materiali molto eterogenei per caratteristiche geotecniche ed idrogeologiche.

Tenuto conto di questi aspetti, per la fossa d'accesso ai portali delle gallerie si è optato per un sostegno con pali secanti scavati, sostenuti da file multiple d'ancoraggi, che raggiungono lo strato di limo profondo, in modo da assicurare una chiusura relativamente impermeabile su tutti i lati della fossa. Quale prima opera ad essere realizzata nelle condizioni geografiche, geologiche ed idrogeologiche descritte, si è ritenuto importante porre l'accento su questo obiettivo. La realizzazione della fossa, accompagnata da una estesa campagna di monitoraggio, permetterà infatti di accumulare preziose esperienze ed informazioni per il successivo scavo delle gallerie.

Per quanto concerne lo scavo in sotterraneo è prevista l'attuazione di pretrattamenti al fine di consolidare ed in parte impermeabilizzare il terreno e permettere lo scavo in sicurezza delle gallerie. Questi pretrattamenti si dividono in due categorie principali, ossia:

- pretrattamenti eseguiti a partire dalla superficie del terreno e
- pretrattamenti eseguiti dall'interno delle gallerie oltre il fronte di scavo, facenti parte dei procedimenti sistematici d'avanzamento.

I pretrattamenti eseguiti a partire dalla superficie consistono nel consolidamento del terreno immediatamente antistante il portale, per un'estensione di 10 m per il cunicolo e di 30 m per la galleria, mediante colonne verticali di jetting bifluido realizzate nella futura area di scavo delle gallerie.

I pretrattamenti eseguiti dall'interno delle gallerie consistono in ombrelli di colonne jetting monofluido armate con tubi d'acciaio o in ombrelli d'infilaggi classici, da eseguire lungo il perimetro della calotta per il sostegno dello scavo e di colonne jetting monofase o ancoraggi in VTR nel fronte per il consolidamento di quest'ultimo. Il pretrattamento con colonne jetting è illustrato nella figura 8 sull'esempio del cunicolo di sicurezza.

L'applicazione dell'una o dell'altra tecnica è determinata in funzione della natura del terreno in cui ha luogo lo scavo. In terreni meno compatti o meno coesivi è prevista l'esecuzione di ombrelli jetting mentre gli infilaggi sono da realizzare in terreni coesivi e compatti (limo sovraconsolidato). La lunghezza prevista dei provvedimenti preventivi è di 15.0 m per il trattamento jetting e di 13.0 m per gli infilaggi, con una sovrapposizione minima di 3.0 m.

Al fine di intercettare eventuali strati o lenti con acqua in pressione è prevista l'esecuzione di sondaggi/drenaggi di lunghezza $L = 15-20.0$ m. Questi drenaggi saranno eseguiti prima della realizzazione di ogni tappa dell'ombrello jetting o d'infilaggi in modo da poter pianificare even-

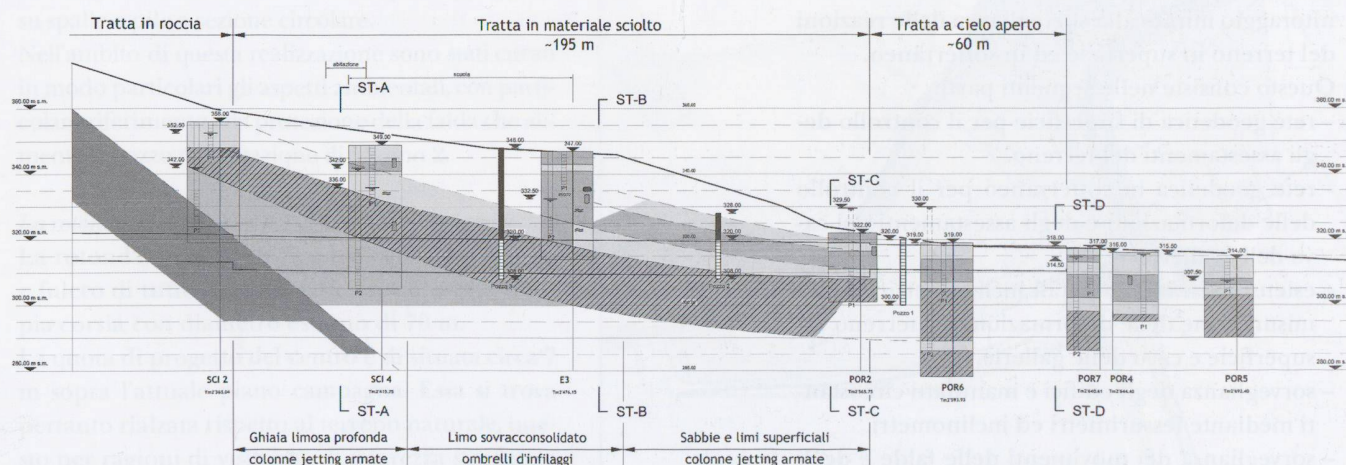


Fig. 7 - Distribuzione delle unità geotecniche lungo la tratta in materiale sciolto

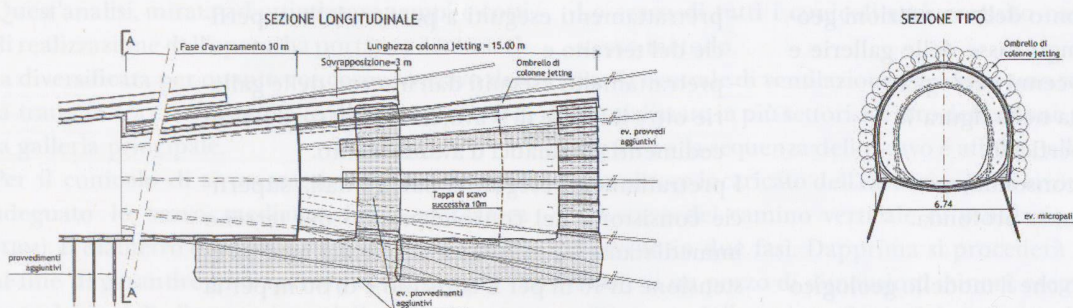


Fig. 8 – Pretrattamento del terreno con ombrello di colonne jetting al contorno della galleria e provvedimenti aggiuntivi.
Illustrazione: cunicolo di sicurezza

tuali interventi d'impermeabilizzazione e/o di rinforzo aggiuntivi. Qualora i sondaggi indicasse la presenza di strati di terreno più permeabili o con falda artesianiana che potrebbero compromettere la stabilità del fronte si valuterà, infatti, la necessità di sigillare il fronte di scavo mediante un tampone di colonne jetting di 2.0 m di spessore, realizzato alla fine della fase d'avanzamento successiva e/o la sigillatura della controvolta con iniezioni a bassa pressione oppure la messa in opera di micropali o di colonne jetting subverticali per il sostegno del piede delle centine di calotta.

Lo scavo al riparo dei provvedimenti preventivi di stabilizzazione (ombrello jetting o infilaggi) descritti precedentemente è previsto a tappe di scavo di 1.0 m con la posa immediata di centine metalliche posate con la stessa frequenza, per un totale di 10 tappe, a formare una fase d'avanzamento di 10 m di lunghezza.

Per il cunicolo di sicurezza lo scavo avverrà a piena sezione mentre per la galleria sarà effettuato in due fasi, cioè separatamente per calotta e strozzo.

Monitoraggio della tratta in materiale sciolto

Lo scavo delle gallerie nella tratta in materiale sciolto, sarà accompagnato da un sistema di monitoraggio mirato alla sorveglianza delle reazioni del terreno in superficie ed in sotterraneo.

Questo consiste nelle seguenti parti:

- rete geodetica di superficie per il controllo degli assestamenti del terreno.
- rete geodetica in sotterraneo per il controllo delle deformazioni e degli assestamenti del cavo delle gallerie.
- estensimetri incrementali inclinometrici per la misurazione delle deformazioni del terreno tra superficie e cavo delle gallerie.
- sorveglianza degli edifici e manufatti circostanti mediante fessurimetri ed inclinometri.
- sorveglianza dei movimenti delle falde e degli acquiferi attraverso la lettura dei numerosi piezometri già eseguiti nell'area.

Prima della fase esecutiva sarà allestito un piano di monitoraggio e un piano di sicurezza e d'intervento, in cui saranno fissate l'estensione e la frequenza delle misure e dei controlli da effettuare, nonché la struttura organizzativa, le responsabilità e le modalità d'intervento in caso di superamento delle soglie d'allerta e di allarme, anch'esse definite negli stessi documenti.

Scopo del monitoraggio e della stessa struttura di sorveglianza sarà anche quello di definire, a dipendenza dei risultati ottenuti, la necessità o meno e, se del caso, il tipo e l'estensione dei provvedimenti di sostegno ed impermeabilizzazione aggiuntivi da adottare per lo scavo.

* Lombardi SA