

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

Herausgeber: Società Svizzera Ingegneri e Architetti

Band: - (2002)

Heft: 3

Artikel: Galleria Veduggio - Cassarate

Autor: [s.n.]

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-132436>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 14.03.2025

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

Galleria Veduggio - Cassarate

La galleria Veduggio-Cassarate è parte integrante del Piano dei Trasporti del Luganese e rappresenta l'opera sotterranea più importante della prima fase di questo progetto, che vuole ridefinire il concetto del trasporto pubblico e privato.

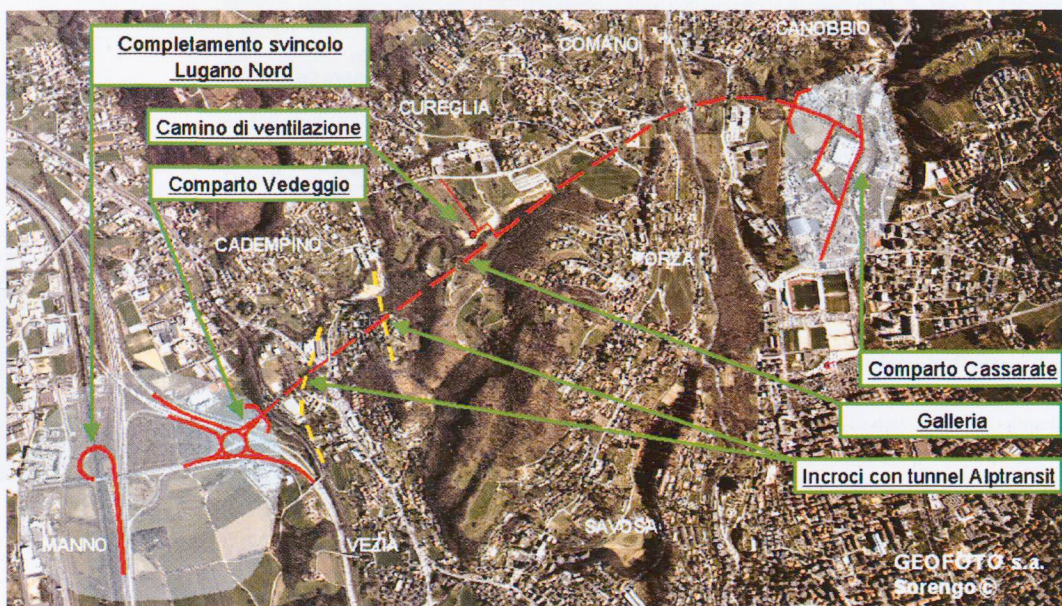
La galleria, lunga ca. 2'820 m, attraversa la collina dei comuni di Comano, Cureglia e Porza e collega la valle del Veduggio con la valle del Cassarate: più precisamente lo svincolo dell'autostrada di Lugano nord con la regione a nord della città di Lugano.

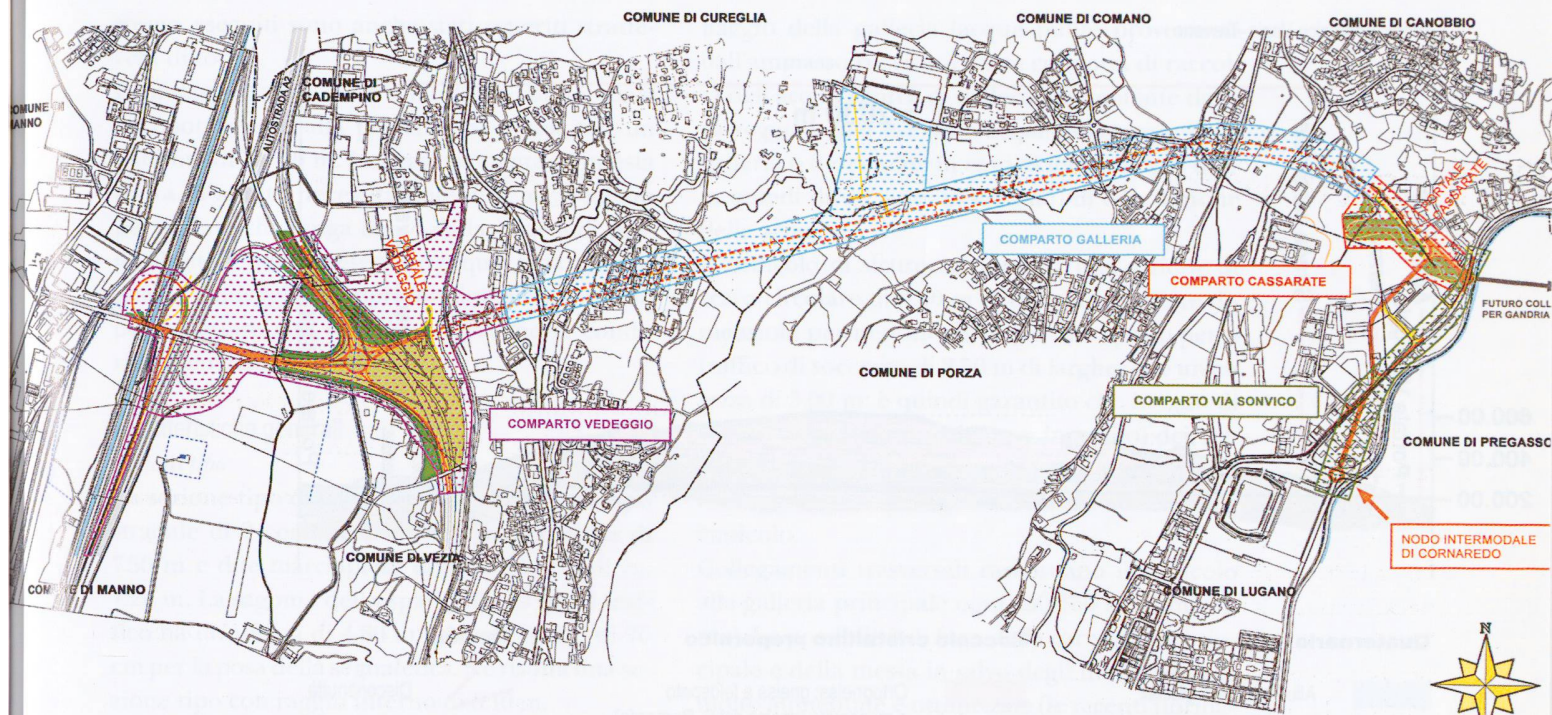
Il progetto definitivo prevede la galleria a tubo unico a 2 corsie con traffico nei due sensi. Per ragioni di sicurezza la galleria sarà affiancata, ad una distanza di ca. 30 m, dal cunicolo di sicurezza e di fuga parallelo alla stessa. Il cunicolo di sicurezza, con un diametro di scavo di 4.50 m, verrà a trovarsi a sud del tracciato della galleria, si prevede lo scavo con fresa (TBM).

Degli opportuni collegamenti trasversali, ogni 150-160 m, metteranno in comunicazione il vano di circolazione della galleria principale con il cunicolo di sicurezza laterale: gli stessi collegamenti trasversali rivestiranno pure la funzione di rifugio. In caso di necessità gli utenti potranno attendervi, in condizioni di sicurezza, l'arrivo dei soccorsi.

Galleria Veduggio-Cassarate Progetto definitivo

Committente:	Dipartimento del Territorio Divisione delle costruzioni, Sezione della progettazione
Capo progetto	Ing. A. Gorla
Consorzio di progettazione Mobilità 2010	
Ing. civile (capo progetto)	Studio d'ingegneria Mauri T. & Banci F. SA - Pregassona
Ing. civile	Studio Lombardi SA - Locarno
Ing. civile	Studio Mantegazza & Cattaneo - Sorengo
Ing. traffico	Studio Brugnoli & Gottardi - Lugano
Ing. strutture	Studio Luigi Brenni - Mendrisio
Ing. elettromeccanico	Inelmec SA - Sorengo
Ing. ambientale	Studio Dionea SA - Locarno
Architetto	Studio Cattaneo & Orsi - Bellinzona
Geometra	Studio Ferretti & Bottani - Caslano
Geologo	Studio Dott. L. Bonzanigo - Bellinzona





- | | | | |
|--|----------------------|--|------------------------------|
| | Comparto Veduggio | | Strade esistenti |
| | Comparto Galleria | | Strade principali progettate |
| | Comparto Cassarate | | Strade secondarie progettate |
| | Comparto Via Sonvico | | Limite zone di protezione |

La geologia

Contesto geologico generale

La galleria Veduggio-Cassarate sarà scavata quasi interamente in roccia di qualità tendenzialmente buona. Il portale ovest, lato Veduggio, inizia direttamente nella roccia, con un manto alterato di ca. 10 m di spessore. Verranno attraversate numerose faglie che sono sede di infiltrazione di acqua in quantità limitata a pochi litri al secondo iniziali. Il portale est, lato Cassarate, è per contro caratterizzato da una tratta in terreno sciolto di ca. 150 m. Una parte di essa verrà scavata in trincea, per ridurre i problemi legati allo scavo in sotterraneo che ne conseguono.

Tratta in roccia

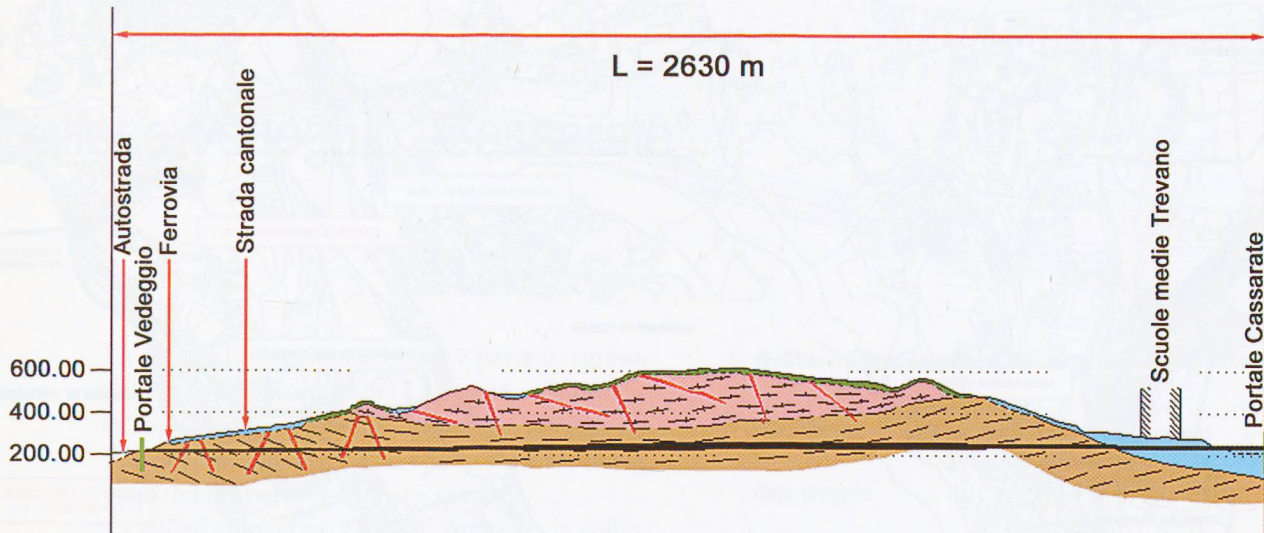
Le rocce che verranno attraversate dalla galleria progettata appartengono allo zoccolo cristallino paleozoico delle alpi meridionali. Trattasi essenzialmente di scisti cristallini sericitici e cloritici intensamente pieghettati, con passaggi quarzosi di spessore variabile. Si potrà osservare una tettonizzazione cataclastica diffusa. È presente ovunque una scistosità penetrativa e pieghettata in va-

rie direzioni, ma con una tendenza regionale orizzontale. Tutta la zona è caratterizzata da faglie e fasce di perturbazione tettonica.

Le rocce presenti nella zona si alterano rapidamente, per cui l'aspetto in superficie non è rappresentativo delle condizioni in profondità, che si possono prevedere nettamente migliori, come i sondaggi già realizzati nel 1996 tendono a indicare. Ulteriori sondaggi sono previsti per confermare questa tendenza. Si tratta comunque di rocce adatte allo scavo con fresatrice (TBM).

Le descrizioni dei tipi di roccia presenti nella zona, che figurano sulle carte geologiche disponibili, indicano l'origine sedimentaria o metamorfica delle singole formazioni. Siccome da recenti studi appare che tale origine è tutt'altro che accertata, si sono preferite denominazioni puramente descrittive che danno informazioni sulla natura della roccia senza pronunciarsi sulla sua genesi. Si descrive quindi unicamente la loro mineralogia e quelle caratteristiche che possono influenzare il comportamento geomeccanico. Le filloniti e gli scisti argillosi, termini non più confacenti con i risultati delle ricerche più recenti, sono

Profilo geologico Vezia-Trevano



Quaternario

- Alluvioni fluvio-glaciali
- Copertura morenica

Zoccolo cristallino prepernico

- Ortogneiss: gneiss a feldspato e muscovite (gneiss del S. Bernardo)
- Paragneiss: gneiss sericitico scistoso e piegheettato (gneiss dello Stabiello) e filloniti

Simboli

- Discontinuità

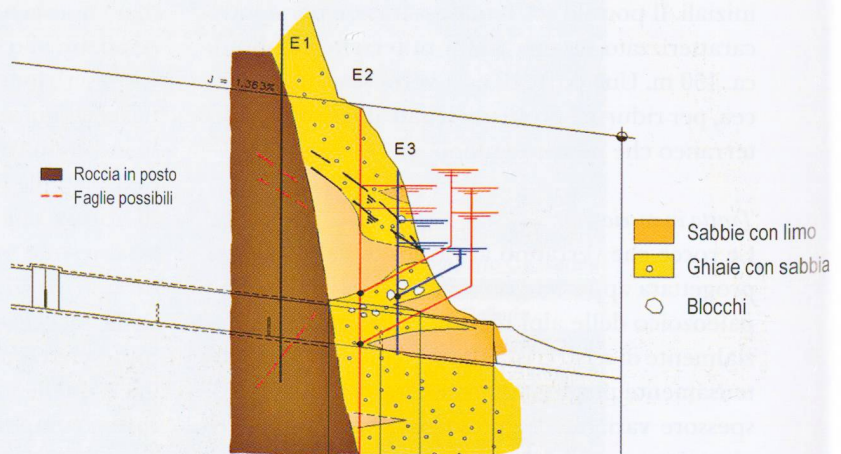
quindi riconosciute rispettivamente come scisti sericitici e cloritici e scisti sericitici grafitici e cloritici minuti. Risulta che queste ultime formazioni siano il risultato di un'intensa deformazione (milonizzazione) avvenuta in un'epoca molto più antica a quelle della formazione delle Alpi.

Nella sezione geologica lungo l'asse della galleria appare una formazione descritta come «Gneiss del San Bernardo». Questa formazione è costituita da gneiss aplitici chiari, feldspatici, con miche talvolta organizzati in orizzonti più scistosi. Si presentano piuttosto massivi nella matrice, ma sono affetti dalla profonda cataclasi che caratterizza tutta la regione. Il loro contatto con le formazioni scistose è assai poco conosciuto e costituisce, con ogni probabilità, una superficie di sovrascorrimento antica. Sono deformati da una scistosità mediamente penetrativa. Il contatto, a sua volta, è stato piegato e deformato. Queste formazioni, dalle informazioni finora disponibili, ottenute da rilievi di superficie, da sondaggi eseguiti per il progetto della galleria Vedeggio-Cassarate o per le opere AlpTransit, sembra che non verranno incontrate sul nostro tracciato. È comunque prevedibile che lo gneiss del San Bernardo si comporterebbe in maniera simile alle formazioni scistose, a causa della cataclasi diffusa che lo caratterizza. L'attraversamento di questa formazione potrebbe essere però sede pre-

ferenziale di venute d'acqua, maggiori di quelle prevedibili nelle formazioni scistose.

Tratta in terreni sciolti

Il portale sul lato Cassarate è, come già detto in precedenza, situato in terreni sciolti, composti da depositi quaternari fluvio-lacustri di un fondo valle antico, corrispondente grosso modo al terrazzo dell'agglomerato di Canobbio. Si tratta di ghiaie sabbiose e limose con importanti lenti di sabbie fini con limo, e di limi con sabbia fine e poca argilla, abbastanza consolidati. Nei sondaggi



Condizioni geologiche-geotecniche della tratta in sciolto

finora eseguiti sono anche stati reperiti strattelli di torbe.

I sondaggi hanno inoltre mostrato che lo scavo sarà sottomesso alla presenza di acqua con un battente di ca. 20 m. L'attraversamento di questa tratta in sciolto necessita quindi di un sostegno particolare che tenga conto della varietà di permeabilità e della presenza d'acqua. Una campagna di sondaggio di approfondimento è in corso per accertare con maggior precisione le condizioni geotecniche dell'opera.

Caratteristiche generali

Sezioni tipo

La sezione tipo della galleria prevede un campo stradale di 2 corsie con una larghezza totale di 7.50 m e due marciapiedi della larghezza di ca. 1.20 m. La sagoma dello spazio libero per il traffico ha un'altezza di 4.80 m più uno spazio di 70 cm per la posa della segnaletica. Ne risulta una sezione tipo con raggio interno di 5.10 m.

L'anello di rivestimento interno in calcestruzzo ha uno spessore minimo di 30 cm. Tra il rivestimento definitivo e l'anello esterno è prevista la posa dell'impermeabilizzazione.

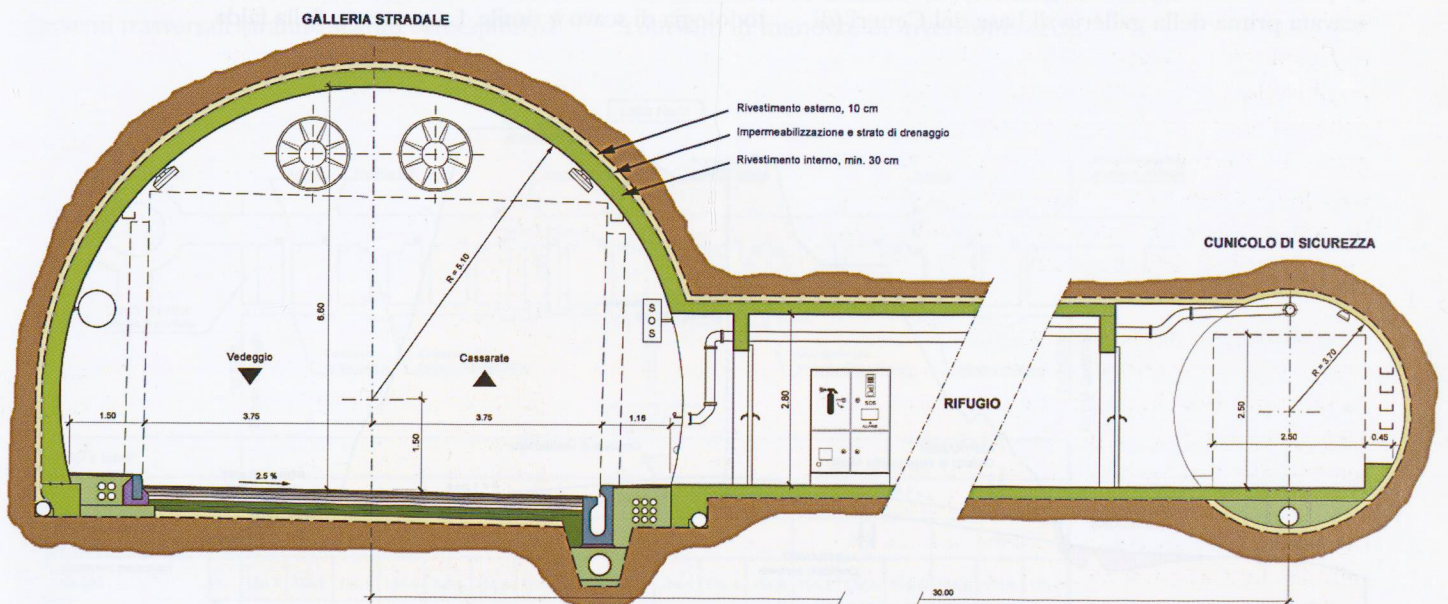
Nelle due banchine laterali, sotto ai marciapiedi, trovano posto dei tracciati cavi per la distribuzione in galleria dell'energia elettrica, il controllo-comando dell'insieme degli impianti e la raccolta di tutti i dati rilevati dai vari apparecchi di misura. Sono inoltre integrati dei tubi al piede del rivestimento per l'evacuazione delle acque di dre-

naggio della galleria (acque pulite provenienti dall'ammasso roccioso) e una condotta di raccolta dell'acqua sporca di galleria proveniente dalla carreggiata (per esempio acque di lavaggio della galleria o fuoriuscite in caso di incidente): si tratta quindi di un sistema separato di evacuazione delle acque.

Il cunicolo di sicurezza presenta una sezione di scavo circolare di 4.50 m di diametro. Queste dimensioni permettono di creare uno spazio per il traffico di soccorso di 2.50 m di larghezza e un'altezza di 3.00 m: è quindi garantito che in caso di evento in galleria (incidente o incendio) dei veicoli di soccorso (per esempio ambulanze) possano raggiungere il luogo del sinistro attraverso il cunicolo.

Collegamenti trasversali raccordano il cunicolo alla galleria principale ogni 150-160 m (al massimo). Le possibilità di fuga dalla carreggiata principale e della messa in salvo degli utenti sono di molto aumentate e ottimizzate (le recenti normative svizzere ed estere attualmente in vigore prescrivono una distanza massima delle vie di fuga di 300 m per le gallerie a traffico unidirezionale).

Ai lati del cunicolo vi è poi lo spazio per la posa delle infrastrutture principali della galleria (condotta principale di alimentazione degli idranti, alimentazione in media tensione, ecc.), che non devono necessariamente trovarsi in galleria. Oltre a essere meglio accessibili per le operazioni di manutenzione, esse risultano meglio protette in caso di emergenza.



Sezione tipo roccia

Profilo longitudinale e intersezione con i tracciati di Alp-Transit

Il profilo longitudinale della galleria prevede, a partire dal portale Vedeggio, un primo tratto in salita (ca. 1'200 m) della pendenza dell'1.6% e successivamente un tratto in discesa (fino al portale Cassarate) con una pendenza di ca. l'1.1%. Al vertice è previsto un raccordo verticale di raggio 20'000 m. Il portale ovest, lato Vedeggio, si trova alla quota di 307.70 m slm mentre quello est, lato Cassarate, a 308.90 m slm. Il culmine della galleria raggiunge la quota di 324.70 m slm.

Oltre alle esigenze geografiche e orografiche di collegamento dei due portali, questo profilo longitudinale tiene conto anche della futura presenza, a qualche centinaio di metri dal portale Vedeggio, dei vari raccordi ai tubi della galleria di base del Ceneri. Infatti, verrà dapprima incrociato il raccordo di Vezia (che rappresenta l'uscita della galleria di base del Ceneri in località Vezia, dove la nuova linea AlpTransit verrà raccordata alla linea FFS esistente) e successivamente il corridoio centrale (che rappresenta il prolungamento verso sud della galleria AlpTransit). Nel primo caso la galleria Vedeggio-Cassarate passerà sotto alle gallerie AlpTransit, mentre nel secondo caso si passerà all'estradosso dei tracciati di AlpTransit del corridoio centrale per il prolungamento verso sud: il progetto per queste particolari opere è attualmente in corso di ottimizzazione e di coordinamento in collaborazione con AlpTransit.

Speciali opere di rinforzo sono previste per poter garantire la sicurezza della galleria Vedeggio-Cassarate, già presumibilmente in esercizio allorquando verrà scavata la galleria di base del Ceneri. I tempi prevedono infatti che la galleria del PTL venga scavata prima della galleria di base del Ceneri (di

sicuro almeno per quanto riguarda il corridoio centrale).

Trovandosi la galleria Vedeggio-Cassarate una volta sotto e una volta sopra i tubi della galleria di Alp-Transit del Ceneri, si impongono due soluzioni diverse per risolvere la problematica degli incroci.

Nel primo caso verrà eseguito un anello supplementare di rinforzo della galleria PTL così da poter sopportare i carichi derivanti dallo scavo della galleria AlpTransit. Nel secondo caso verrà eseguito un approfondimento dello scavo fino a raggiungere la futura posizione delle sottostanti calotte delle gallerie AlpTransit e sostituita la parte rocciosa con del calcestruzzo armato gettato in opera, così da ottenere un vero e proprio ponte sul quale verrà eseguita la carreggiata della galleria Vedeggio-Cassarate.

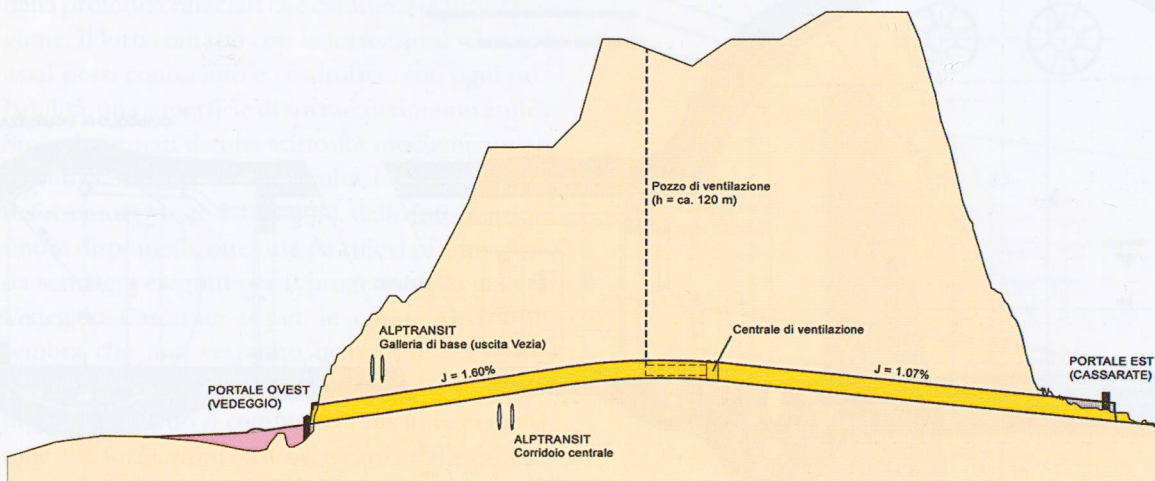
Metodi di scavo

Le diverse opere che compongono la galleria vengono scavate con differenti metodi e mezzi.

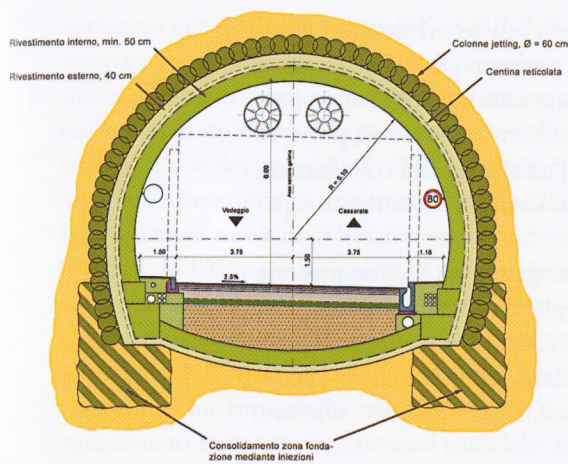
La parte in roccia del cunicolo di sicurezza viene scavata con l'ausilio di una fresa meccanica (TBM); le misure di sicurezza per lo scavo sono costituite dalla messa in opera di ancoraggi e dall'applicazione di uno strato di calcestruzzo spruzzato, rinforzato con fibre.

Per la tratta in roccia della galleria principale è invece previsto lo scavo in due fasi con l'ausilio di esplosivo: dapprima si procederà allo scavo della calotta e in seguito a quello dello strozzo. Le misure di sicurezza sono sempre rappresentate da ancoraggi e calcestruzzo spruzzato con l'aggiunta, dove necessario, di centine metalliche.

Per quanto riguarda le tratte nel materiale sciolto, sia del cunicolo di sicurezza che della galleria, la metodologia di scavo è simile. La presenza della falda



Profilo longitudinale



Sezione tipo in materiale sciolto

freatica rende oltremodo difficoltoso l'avanzamento in questo tipo di materiale: è così prevista l'esecuzione di ombrelli con jet grouting, iniezioni e momentanei abbassamenti della falda onde poter eseguire lo scavo in tutta sicurezza e permettere di mettere in opera i primi sostegni della galleria scavata (posa sistematica di centine metalliche e applicazione di calcestruzzo spruzzato armato).

Il pozzo di ventilazione viene scavato in più fasi: si procederà dapprima all'esecuzione, dall'alto verso il basso, di un cosiddetto foro pilota del diametro di ca. 30 cm. In una seconda fase, procedendo dal basso verso l'alto, si allargherà lo stesso al diametro di ca. 1.50-2.00 m per mezzo di un raise-drill. La terza e ultima fase di scavo prevede l'allargamento finale del pozzo al diametro di 4.00 m, avanzando, dall'alto verso il basso, con l'ausilio di esplosivo e con l'applicazione delle misure di sicurezza. Tutte le altre opere annesse alla galleria, come la centrale di ventilazione, il cunicolo di accesso al pozzo di ventilazione, le nicchie di sosta, le nicchie SOS e i collegamenti trasversali saranno scavati con esplosivo.

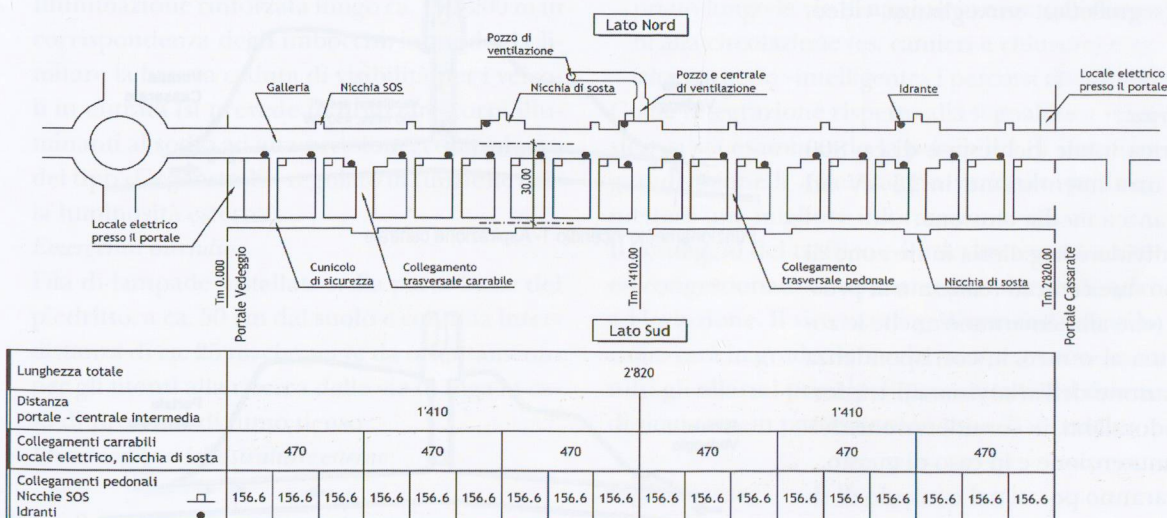
La sicurezza

Il concetto fondamentale guida, per le scelte relative ai sistemi di sicurezza, è quello dell'autosalvaggio in caso d'incendio e di diffusione dei fumi. Gli elementi di sicurezza principali della galleria sono:

- cunicolo di sicurezza su tutta la lunghezza della galleria e collegamenti trasversali ogni 150 m ca., con pressurizzazione e ventilazione indipendente e ridondante (salvataggio individuale, possibilità di intervento dall'esterno);
- impianto di ventilazione longitudinale con aspirazione centrale e controllo della propagazione dei fumi per mezzo di acceleratori;
- sistemi di rilevamento rapido di situazioni anomale (sorveglianza video, rilevamento automatico di incidente, rilevatore lineare di incendio, rilevamento colonna con spire);
- segnaletica e informazione degli utenti (segnaletica fissa e variabile, telefonia, radio, ecc.).

Il cunicolo di sicurezza offre molti vantaggi sia durante la costruzione della galleria che durante l'esercizio della stessa.

L'aspetto senza dubbio più importante è quello della presenza di una reale via di fuga verso un luogo sicuro e verso l'esterno per ogni utente. Questo fatto offre una maggiore sicurezza rispetto ai rifugi ciechi, proprio perché sono possibili la fuga e/o il soccorso di persone in difficoltà attraverso una via che non sia la galleria principale. I soccorsi (squadre ad hoc, pompieri, ecc.) mediante il cunicolo di sicurezza possono accedere all'interno della galleria anche in caso di viabilità compromessa nel vano stradale principale (sbarramento della strada a causa di un incidente, di un incendio, di traffico incolonnato e veicoli coinvolti in manovre di inversione, ecc.).



Piano sinottico

La ventilazione dei rifugi, così come del cunicolo stesso, è garantita in modo totalmente indipendente dal resto della galleria. In modo analogo anche i locali tecnici della centrale di ventilazione intermedia possono venir ventilati da una tubazione che si dirama dal cunicolo di sicurezza. Questa soluzione offre un'elevata garanzia di approvvigionamento in aria fresca dei rifugi e del cunicolo impedendo ai fumi di raggiungerli.

Il cunicolo di sicurezza serve anche alla posa della condotta di alimentazione degli idranti e alla posa dei cavi principali di alimentazione elettrica, che non necessariamente devono trovarsi nel vano di circolazione. Con questa soluzione si mettono al riparo da eventuali danneggiamenti le infrastrutture molto importanti che garantiscono la funzionalità di tutte le apparecchiature presenti in galleria.

Un'opportuna segnaletica, sia fissa che a messaggio variabile, segnalerà la presenza dei telefoni di soccorso e delle vie di fuga e informerà l'utente, soprattutto in caso di incendio, della necessità di abbandonare il proprio veicolo e di recarsi nei luoghi sicuri.

Installazioni tecniche

Introduzione

L'impiantistica della galleria corrisponde allo stato attuale della tecnica e tiene conto, in particolare, dell'importante evoluzione in materia di sicurezza conseguente alla recente serie di gravi incendi, in particolare nel traforo del Monte Bianco e nella galleria stradale del San Gottardo.

Gli elementi principali della complessa impiantistica sono suddivisi come segue:

- alimentazione elettrica;
- ventilazione;
- illuminazione;
- gestione, controllo e comando;
- altri impianti (segnaletica, sorveglianza video, ecc.).

Alimentazione elettrica

La potenza elettrica totale richiesta è di ca. 800 kVA. È prevista un'alimentazione in 16 kV ad anello degli impianti a media tensione.

Si prevede di suddividere la galleria in tre zone di alimentazione, con due centrali realizzate in prossimità dei portali (che alimenteranno anche le zone di accesso) e una al centro, in corrispondenza del punto di estrazione dell'aria viziata. I trasformatori saranno ridondanti, in considerazione delle necessità di manutenzione e in caso di guasto.

I cavi principali saranno posati nel cunicolo di sicurezza. La distribuzione in bassa tensione nella galleria avverrà attraverso appositi tracciati cavi

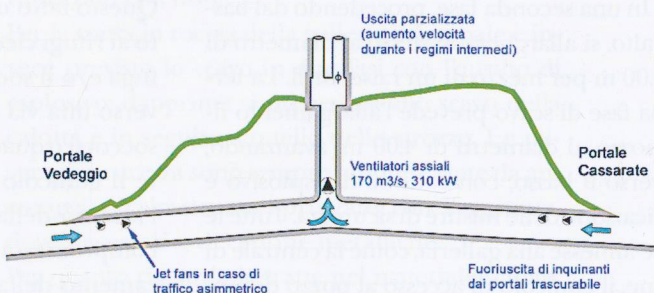
ubicati in banchina, con salite cavi sistematiche e utilizzando canalette portacavi in volta. I quadri elettrici di distribuzione saranno collocati in parte nelle centrali di trasformazione e in parte in appositi spazi ricavati all'altezza dei collegamenti carrozzabili. I quadri saranno fisicamente separati dal settore utenti.

Un sistema di soccorso garantirà l'alimentazione per almeno un'ora degli impianti di sicurezza più importanti (apparecchiature di comando, illuminazione di sicurezza della galleria e del cunicolo di sicurezza, segnaletica, impianto video, telefoni, impianto radio ecc.).

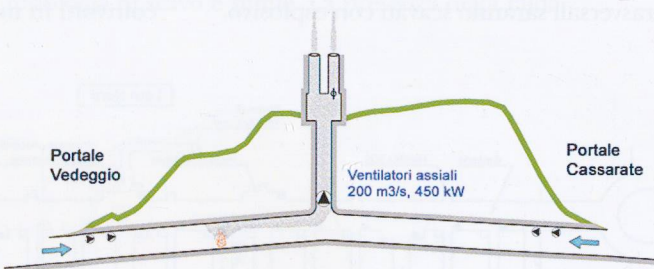
Durante la fase di realizzazione, la potenza massima è stimata in ca. 2.7 MW. Essa potrebbe però aumentare fino ad un massimo di 5-6 MW, a dipendenza della tecnica di scavo (scavo TBM con fresa).

Ventilazione

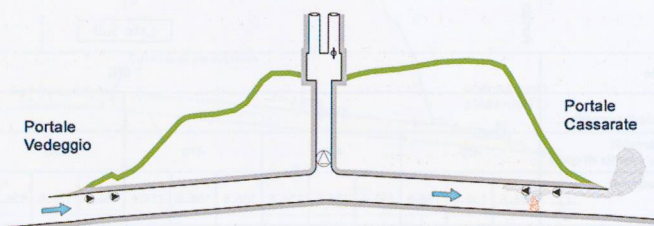
Il sistema di ventilazione è di tipo longitudinale con aspirazione centrale e, in considerazione di possibili condizioni di traffico fortemente asimmetrico, 8 acceleratori della potenza totale di ca. 240 kW, presso i due imbocchi, serviranno al controllo longitudinale della velocità dell'aria. Nella centrale



Funzionamento normale - Aspirazione centrale



Funzionamento incendio 1 - Aspirazione centrale



Funzionamento incendio 2 - Espulsione fumi da un portale

verranno installati due ventilatori assiali dalla potenza totale approssimativa di 450 kW e relativi impianti ausiliari. Il punto centrale di estrazione verrà realizzato in caverna nella parte centrale della galleria, al piede del pozzo di ventilazione. Non è prevista la realizzazione di una soletta intermedia.

In condizioni normali di funzionamento verrà utilizzata solo l'aspirazione centrale. Gli acceleratori verranno azionati in condizioni fortemente asimmetriche di traffico, nelle quali si osservano valori di velocità dell'aria e tassi di inquinamento assai diversi tra le due metà della galleria. I regimi di funzionamento verranno determinati sulla base delle misure di CO e opacità, integrate dalle misure del vento e, ove necessario, dai valori di traffico. Sono previsti in tutto 6 apparecchi per il rilevamento dei livelli delle quantità citate.

In caso di incendio l'impianto di ventilazione verrà gestito sulla base di una serie di scenari, in funzione della posizione dell'incendio e delle condizioni momentanee di velocità dell'aria in galleria.

La ventilazione del cunicolo di sicurezza è ridondante e indipendente rispetto a quella della galleria. Due piccole centrali agli imbocchi, munite di ventilatore e di chiusa, manterranno continuamente leggermente pressurizzato il cunicolo. I locali tecnici e le centrali verranno ventilati a partire dal cunicolo di sicurezza, ad eccezione di quelli situati agli imbocchi, alimentati dall'esterno.

Illuminazione

Questo impianto risponde ad esigenze ben distinte:

- Attraversamento

Illuminazione con lampade a fluorescenza della sezione corrente della galleria, con tre livelli di funzionamento (giorno, notte, notte ridotta).

- Adattamento

Illuminazione rinforzata lungo ca. 150-200 m in corrispondenza degli imbocchi, in modo da limitare la brusca caduta di visibilità per i veicoli in entrata (si prevede di utilizzare corpi illuminanti al sodio ad alta pressione, con rinforzo del tipo «Gegenstrahl» regolato in funzione della luminosità esterna).

- Emergenza incendio

Fila di lampade installate nella parte bassa del piedritto, a ca. 50 cm dal suolo e con una inter-distanza di ca. 25 m, che serve da orientamento per gli utenti alla ricerca delle vie di fuga in caso di presenza di fumo denso

- Illuminazione delle strutture esterne

Il livello di illuminazione (adattamento e attraversamento) verrà determinato in funzione dei valori misurati all'esterno. Il livello minimo (not-

te ridotta) verrà adottato nelle ore centrali della notte.

In caso di allarme l'illuminazione reagisce come segue:

- livello massimo per l'illuminazione di attraversamento;
- accensione dell'illuminazione di emergenza incendio;
- illuminazione del cunicolo di sicurezza e dei collegamenti.

Gestione, controllo e comando

La gestione si effettuerà normalmente dalla sala di comando di Camorino, con possibilità di gestione di tutti gli impianti anche dal Centro Manutenzione autostradale di Noranco. Il collegamento avverrà per mezzo di fibre ottiche. La gestione locale potrà essere effettuata anche a partire da una sala di comando realizzata presso la centrale lato Vedeggio. Il sistema di gestione sarà perfettamente compatibile e integrato nel sistema di gestione centralizzato dell'autostrada A2. Il sistema sarà altamente ridondante con un grado elevato di autonomia locale dei singoli settori in caso di perdita delle comunicazioni.

Un impianto separato raccoglierà tutte le informazioni concernenti disturbi e allarmi in galleria. Esso gestirà inoltre l'impianto sos e comanderà la media tensione.

Altri impianti di sicurezza

Segnaletica

La segnaletica dovrà in particolare:

- garantire un flusso fluido del traffico in condizioni normali di funzionamento;
- gestire il traffico in modo da minimizzare i rischi per gli utenti in caso di incendio;
- segnalare tempestivamente e in modo appropriato lungo le vie di approccio eventuali disturbi alla circolazione (es. cantieri e chiusure) e gestire in modo «intelligente» i percorsi alternativi. Come integrazione rispetto alla segnaletica «classica» si sta esaminando la possibilità di installare grandi pannelli a messaggio variabile per permettere una migliore informazione agli utenti.

Il conteggio del traffico e il rilevamento di traffico congestionato avverranno per mezzo di spire ad induzione. Il sistema di gestione della ventilazione sarà in grado di reagire automaticamente a tutti gli allarmi principali provenienti dai sistemi di sicurezza, in particolare in caso di incendio.

Impianto video

L'impianto di sorveglianza video coprirà l'insieme della galleria, delle nicchie di sosta, dei collegamenti trasversali con il cunicolo di sicurezza e



Sezione tipo segnaletica in galleria

delle tratte di avvicinamento. In galleria è previsto un sistema di rilevamento automatico di incidenti, di traffico rallentato o colonna (traffico fermo).

Rilevamento incendio

Verrà installato un rilevatore lineare di incendio. Esso permetterà di rilevare e localizzare rapidamente un incendio e interagirà in modo appropriato con gli altri impianti (in particolare video-sorveglianza, ventilazione, illuminazione e segnaletica).

Comunicazioni radio

Per le comunicazioni di servizio e soccorso verrà utilizzato il sistema digitale Tetrapol, in procinto di essere adottato in tutto il cantone. Esso consentirà le trasmissioni dei servizi cantonali di manutenzione, della polizia, dei pompieri e dei sanitari. In galleria verranno trasmessi i tre programmi nazionali RSI 1, RSR 1 e DRS 1, con possibilità di interrompere i programmi per comunicazioni di servizio in caso di emergenza.

Telefonia

Telefoni di soccorso (SOS) verranno installati in apposite nicchie alle seguenti posizioni:

- lato sud: presso l'entrata di ogni cunicolo di collegamento;
- lato nord: di fronte a un cunicolo di collegamento su due;
- su ogni nicchia di sosta.

Le nicchie SOS comprenderanno inoltre due estintori e un pulsante d'allarme.

Colonnine supplementari saranno presenti ai due portali, su entrambi i lati. Queste saranno integrate nella rete esistente esterna alla galleria.

Telefoni verranno collocati all'interno dei collegamenti con il cunicolo di sicurezza e serviranno sia per gli utenti in caso di emergenza che per le comunicazioni di servizio del personale.

Condotta idrica antincendio

La tubazione principale, in ghisa con rivestimento

interno ed esterno protettivo contro la corrosione verrà collocata nel cunicolo di sicurezza. Idranti riscaldati elettricamente verranno realizzati in corrispondenza di ogni rifugio e all'interno degli stessi. Il serbatoio principale, della capacità di ca. 250 m³, verrà integrato nella struttura dei camini alla testa del pozzo di ventilazione. Il dimensionamento della tubazione principale tiene conto della possibile realizzazione futura di un sistema automatico di spegnimento.

Ambiente

Premessa

L'esame dell'impatto sull'ambiente (EIA) della galleria Vedeggio - Cassarate ha richiesto una notevole coordinazione fra la progettazione dell'infrastruttura vera e propria e la pianificazione dei trasporti a livello di agglomerato luganese. L'EIA da solo è in grado di valutare unicamente le conseguenze a livello locale dell'infrastruttura, mentre le verifiche a scala maggiore fanno parte delle scelte che guidano la pianificazione del territorio, della viabilità pubblica e privata e, di conseguenza, la definizione delle misure fiancheggiatrici che permettono il raggiungimento degli obiettivi ambientali e di mobilità prefissati.

Le scelte effettuate a livello superiore sono state concretizzate nel progetto di galleria vero e proprio, e sono servite nel contempo anche da giustificazione per quegli aspetti che sono risultati, se presi singolarmente, conflittuali con la protezione dell'ambiente.

La complessità del progetto è stata confrontata anche con la presenza di differenti zone di studio con caratteristiche e problematiche assai diversificate, che ha portato alla definizione di tre comparti di studio: Vedeggio, galleria e Cassarate.

Il primo, corrispondente agli agganci allo svincolo esistente di Lugano nord, sottostà ad un'altra procedura di pubblicazione (Legge sulle strade nazionali) rispetto agli altri due (Legge sulle strade cantonali). I tempi, l'ampiezza delle analisi e la portata delle fasi dell'EIA sono quindi state influenzate anche dalla rispettiva legislazione di riferimento.

Obiettivi primari dell'EIA

In considerazione delle premesse sopra descritte, è comprensibile che un'opera di vasta portata come la galleria Vedeggio-Cassarate debba rispondere, dal punto di vista ambientale, a bisogni differenti e in parte contrastanti:

- deve inserirsi nel migliore dei modi in un territorio già fortemente modificato dall'uomo e densamente abitato e utilizzato;
- deve contribuire in maniera sensibile allo sgravio

delle zone cittadine dal traffico di attraversamento, attirandolo al suo interno;

- deve rispettare la legislazione ambientale e, in particolar modo, gli abitanti e le attività preesistenti.

Nell'ambito dell'elaborazione dell'EIA si è cercato di rispondere al meglio a tutti questi bisogni:

- predisponendo tutte le misure progettuali, organizzative e di gestione in grado di ridurre gli effetti indesiderati della galleria e di migliorarne gli aspetti positivi;
- curando la fase di costruzione, particolarmente sensibile per un'opera del genere, per prevenire gli incidenti, limitare le immissioni foniche e atmosferiche, razionalizzare i trasporti e conservare la funzionalità del territorio circostante;
- ridisegnando le aree di aggancio della galleria alla viabilità esistente e recuperando porzioni di territorio in unità omogenee e funzionali.

Descriviamo di seguito alcuni esempi, di particolare rilevanza, del modo in cui si sono considerati gli aspetti ambientali nell'ambito della progettazione.

Aria

Malgrado la fitta presenza sul territorio di punti di misura dei parametri atmosferici e di inquinamento dell'aria, la zona di progettazione era abbastanza sconosciuta, tanto che si è deciso di allestire una rete di misurazione appropriata, della durata di due anni, comprendente quattro centraline di misura delle condizioni climatiche (due ai portali, una nella possibile zona di uscita del camino e una nel punto più alto del territorio, il Monte S. Rocco), 21 punti con campionatori passivi per il biossido di azoto (NO₂), che si vanno ad aggiungere alla rete esistente (per avere un'immagine della ripartizione dell'inquinamento sul territorio) e 3 punti con campionatori passivi per i composti organici volatili (VOC) (per avere indicazioni ca. i contributi delle varie fonti all'inquinamento totale).

I dati forniti da questi rilievi sono stati fondamentali per le scelte operate, in quanto hanno permesso di appurare che le zone dei portali, durante il periodo invernale, sottostanno a delle forti inversioni termiche che limitano la dispersione degli inquinanti. Si è potuto osservare anche che la valle del Veduggio presenta un regime dei venti con orientamento parallelo alla valle di maggiore intensità rispetto alla valle del Cassarate.

Le misure della qualità dell'aria hanno permesso di accertare che il rilievo compreso fra Canobbio e Porza è caratterizzato da immissioni relativamente basse, al di sotto dei limiti di immissioni prescritti dall'Ordinanza sull'inquinamento atmosferico (OIAT), e che presenta delle premesse migliori

per la dispersione degli inquinanti. A questa situazione favorevole si contrappone la conferma di un forte inquinamento nella zona dove vengono ubicati i portali e gli agganci alla viabilità esistente.

Queste osservazioni sono state considerate nel seguente modo:

- l'inquinamento nella zona ai portali ha imposto la massima razionalizzazione della fase di costruzione, in particolare limitando i trasporti: si è quindi cercata una soluzione per il reimpiego locale del materiale scavato dalla galleria;
- la migliore dispersione sul lato Veduggio e la minore densità delle zone abitate permette lo scavo quasi completo della galleria a partire da questo spazio, razionalizzando il cantiere e limitando l'attraversamento dell'agglomerato luganese;
- le pendenze longitudinali e la gestione del traffico ai portali sono state ottimizzate per limitare le emissioni;
- la ventilazione della galleria farà capo a un camino di ventilazione posto nel rilievo fra Canobbio e Porza e non avviene attraverso i portali.

Una cura particolare è stata posta nella scelta dell'ubicazione del camino in funzione degli effetti attesi, delle dimensioni del camino stesso e dei differenti regimi di ventilazione. Perciò sono state svolte delle simulazioni con due modelli differenti. In una prima fase i progettisti hanno utilizzato il software *Immprog*, un modello relativamente semplice di tipo gaussiano, impiegato per le simulazioni sia ai portali che al camino di tutti gli scenari e considerando sia le sole fonti stradali sia l'inquinamento totale. In una seconda fase, quale verifica, è stato applicato da parte del Politecnico federale di Zurigo il modello *Calpuff-Calmet*, molto più raffinato e con maggiori dati di entrata, limitatamente agli effetti del camino di ventilazioni e di possibili alternative di ubicazione.

I due modelli hanno fornito gli stessi risultati, soprattutto in virtù della grande massa di dati locali a disposizione, confermando in particolare la scelta di evacuare l'aria proveniente dalla galleria attraverso un pozzo di ventilazione: l'evacuazione ai portali avrebbe avuto conseguenze ben peggiori in una vasta area, compresa quella del camino stesso. Anche la scelta dell'ubicazione del pozzo in località Campagna è stata confermata, non essendoci sostanziali differenze fra le altre varianti esaminate contro maggiori costi di esecuzione e consumo energetico per il funzionamento. Il carico supplementare locale di NO₂ (media annua), considerando una ventilazione minima e una altezza del camino limitata a 15 m (condizione di dispersione peggiore) ammonta a ca. 1 mg / m³. L'apporto supplementare permette ancora il rispetto dei limiti

OIAT. Il risultato ottenuto sarà ulteriormente abbassato considerando i possibili miglioramenti apportati da una conformazione del camino e una ventilazione adeguati.

Acqua

La costruzione dell'autostrada A2 sul finire degli anni '60 è avvenuta parallelamente alla realizzazione del pozzo di approvvigionamento per l'acqua di Manno 2 e al varo delle prime basi legali per la protezione delle acque sotterranee. L'autostrada e gli svincoli si trovano in prossimità di una delle principali fonti di approvvigionamento in acqua potabile del luganese. È perciò prevista l'implementazione di tutti quei provvedimenti di controllo, di protezione e di allarme per garantire la sicurezza dell'approvvigionamento.

La fase di costruzione è particolarmente delicata sia perché richiede il temporaneo allontanamento degli strati superficiali del terreno, eliminando quindi la protezione per la falda sottostante, sia per la presenza di macchinari e sostanze potenzialmente pericolose a poca distanza dal pozzo. Fra le differenti misure previste in questa fase spicca la realizzazione di una barriera di pompaggio a ridosso del pozzo di Manno 2: essa è composta da una serie di pozzi dotati di pompa ad immersione da attivare in caso di inquinamento. Esse sono collegate a una centrale di gestione combinata con una serie di rilevatori posti in piezometri localizzati fra il cantiere e la barriera stessa e in grado di misurare la temperatura, il pH, la conduttività e la presenza di composti organici. Qualora alla centrale giungessero dei valori anomali, essa attiva le pompe che provvedono ad impedire all'inquinante di arrivare al pozzo, e contemporaneamente allarma le Aziende Industriali di Lugano (AIL), proprietarie del pozzo. L'acqua prelevata viene immessa in un canale impermeabile posto lungo l'autostrada e può venire gestita al di fuori delle zone di protezione S.

Con l'assetto futuro dello svincolo sarà migliorata la protezione del pozzo di Manno 2 sia in regime di funzionamento normale sia in fase di incidente. La superficie sigillata si riduce drasticamente passando da ca. 117'000 m² a ca. 106'000 m², di cui ca. 6'000 m² solo nelle zone S del pozzo di Manno, favorendo quindi la penetrazione nel terreno dell'acqua meteorica ed alimentare la falda. Tutte le acque provenienti dallo svincolo e dall'autostrada non verranno più immesse nella Roggia del Tiro ma verranno raccolte in due canali impermeabili lungo l'autostrada e portate fino all'altezza dell'impianto di depurazione delle acque di Bioggio, dove passano attraverso un dissabbiatore, un separatore

per gli oli e una vasca di fitodepurazione e di infiltrazione, prima di essere eventualmente rilasciate nel Vedeggio. Inoltre saranno costruite due vasche di ca. 50 m³ l'una per l'accumulo delle sostanze inquinanti che fuoriuscissero in caso d'incidente. Le strade poste in zona S2 verranno dotate di una vasca impermeabile in cemento per la raccolta delle acque meteoriche con muro di contenimento per evitare la fuoriuscita accidentale di autoveicoli. La presenza del muro permette di limitare la dispersione di inquinanti e polveri prodotte dal traffico, concentrandole sulla carreggiata.

Rumore

La galleria permette di sgravare l'agglomerato luganese dal traffico di attraversamento e contribuisce quindi alla riduzione delle immissioni foniche al suo interno. D'altra parte, attirando questo traffico, rischia di peggiorare la situazione in particolare ai portali. Si sono quindi rese necessarie delle misure di protezione fonica attiva e passiva ad entrambi i portali.

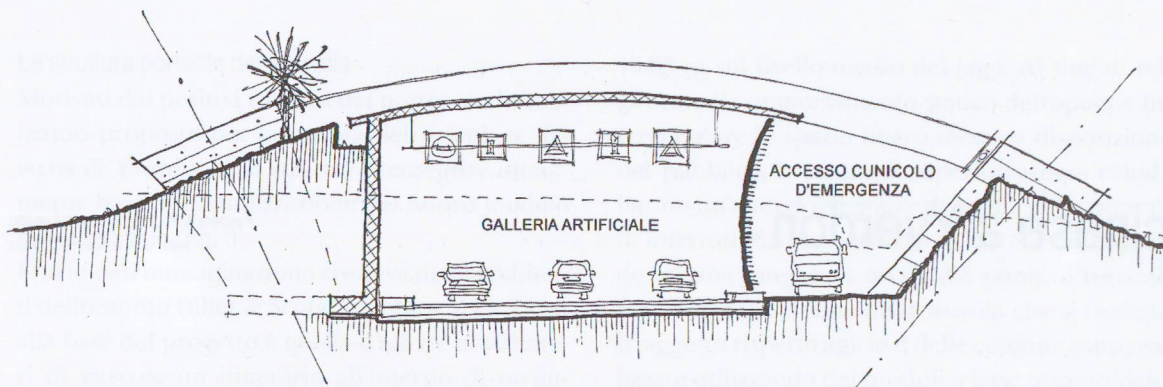
Sul lato Vedeggio è possibile un risanamento totale dello svincolo pur considerando l'incremento del traffico dovuto all'apertura della galleria. Questo risultato è possibile attraverso i seguenti interventi:

- il declassamento dell'accesso da e per Lugano attraverso Povrò;
- la riduzione delle velocità di percorrenza su quasi tutte le tratte;
- l'allontanamento delle strade che il nuovo svincolo permette rispetto all'abitato di Vezia;
- la realizzazione di ripari fonici integrati nel recupero territoriale;
- l'impiego di pavimentazioni fonoassorbenti.

Gli interventi nel comparto Cassarate in fase di approvazione del PG hanno subito parecchie rielaborazioni richieste dai Comuni e dalle associazioni ambientaliste intese ad assicurare una protezione praticamente integrale dalle immissioni foniche all'uscita della galleria. L'uscita della galleria ha pertanto richiesto la copertura completa di ca. 200 m di strada e completata con la formazione di una semicopertura in direzione dello svincolo con via Sonvico. Con queste misure è possibile contenere l'aumento locale delle immissioni a ca. 1 dB rispetto al normale aumento di traffico previsto fino all'apertura della galleria.

Suolo

Tutto il materiale di scavo proveniente dalla galleria e dal cunicolo di sicurezza viene riutilizzato sul lato Vedeggio per la formazione della rotonda e degli agganci alla viabilità esistente e soprattutto per il recupero di preziosi terreni. Il nuovo piano



Comparto Cassarate – copertura ambientalmente protetta, studio preliminare

sarà sopraelevato, rispetto al terreno attuale, di ca. 3-5 m. Con questa sistemazione sarà possibile compensare completamente le zone agricole occupate, razionalizzando la disposizione territoriale con appezzamenti di maggiore estensione.

L'impiego corretto del materiale di scavo e di quello proveniente dal decapaggio dei terreni (terra vegetale) richiede un'attenta gestione. Entrambe verranno suddivisi, sulla base di prelievi e di analisi chimiche, in due categorie distinte: la categoria 1 che include suoli perfettamente puliti e la categoria 2 che include suoli leggermente degradati ma ancora utilizzabili.

Il materiale di scavo di categoria 1 viene impiegato per la formazione del terrapieno in zona di protezione S del pozzo di Manno. La terra vegetale di categoria 1 viene impiegata anche per il recupero delle nuove zone agricole e la bonifica di quelle esistenti. Il materiale di categoria 2 si presta unicamente per impieghi al di fuori delle zone di protezione S del pozzo di Manno.

Natura e paesaggio

Strettamente legato alla formazione del terrapieno sul lato Vedeggio è il recupero naturalistico e paesaggistico dell'area. La costruzione dello svincolo di Lugano nord e la preparazione dei portali della galleria (peraltro mai realizzati) hanno trasformato fortemente il territorio, frammentandolo in tanti comparti isolati fra loro. Tutto il paesaggio è generalmente banale, se si esclude la presenza del Vedeggio, e ricco di specie esotiche aggressive quali la robinia e il *Polygonum cuspidatum*.

La semplificazione del sistema stradale e il recupero territoriale permettono, oltre a un migliore inserimento paesaggistico, anche il recupero di ambienti naturali interessanti. Si intende ad esempio riportare in superficie il riale di Villa Negroni e di ricostruire un collegamento biologico e pedonale fra il lato sud e nord dello svincolo. Tutti gli interventi di valorizzazione naturalistica hanno potuto essere integrati razionalmente nel disegno del nuovo svincolo e saranno accompa-

gnati da misure per evitare la diffusione delle neofite nelle aree di intervento.

Più delicata è la situazione del portale Cassarate, in quanto il nuovo asse stradale si innesta in un'area verde di pregio e con valori naturalistici e paesaggistici interessanti, inclusi nel perimetro di quello che una volta era il Castello di Trevano. Grazie alla copertura del tratto stradale di attraversamento dei Prati di Trevano, al recupero del Riale Tersaggio, alla formazione di nuovi stagni e alla realizzazione di un passaggio fino al fiume Cassarate è stato possibile favorire l'inserimento della nuova strada nel contesto territoriale migliorando puntualmente alcune situazioni conflittuali preesistenti.

Costi

Il progetto di massima del 1997 – base per la richiesta del credito quadro per la prima fase del PTL di 800 mio. di franchi – attribuiva alla galleria Vedeggio-Cassarate e agganci all'A2 e alla viabilità locale un costo complessivo di 250 mio. di franchi.

Il progetto definitivo ottimizzato e il relativo preventivo terrà conto delle richieste scaturite in fase di approvazione del Piano Generale, dei rincari (non trascurabili) intervenuti in questi ultimi anni per le costruzioni di genio civile e in sotterraneo, dei provvedimenti di sicurezza.

Il progetto definitivo è attualmente in elaborazione. Non si conosce pertanto ancora il preventivo definitivo di quest'opera al 10% come richiesto dalle norme SIA.

Programma e costi, programma generale

