

# LO STATO DELL'ARTE DELLA VARIANTE LECCO-BERGAMO

**IL RAPPORTO DI MEDIO TERMINE DAL CANTIERE CHE STA REALIZZANDO IL BY-PASS INTERRATO DELLO STORICO COLLEGAMENTO FRA LE PROVINCE PEDEMONTANE DI LECCO E BERGAMO. GLI IMBOCCHI NORD E SUD, DA CUI A BREVE SI ATTACCHERÀ LO SCAVO DELLA GALLERIA NATURALE DI SAN GEROLAMO, SONO IN FASE DI ULTIMAZIONE**

## L'INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Per chi non fosse dei luoghi, giova ricordare sommariamente le caratteristiche del tracciato storico della ex S.S. 639 - oggi declassata a strada provinciale- che collega i capoluoghi di provincia di Como, Lecco e Bergamo.

Il tracciato si compone di due aste che fanno perno su Lecco:

- il primo tratto Est-Ovest collega Albavilla (Como) a Lecco,
- il secondo tratto, in direzione Nord-Sud, collega Lecco a Cisano Bergamasco (e prosegue verso Bergamo).

Questi due cateti, per così dire, si innestano, in corrispondenza di Albavilla e Cisano Bergamasco, sul tracciato storico della ex S.S. 342, che potremmo definire come l'ipotenusa di questo triangolo virtuale, che collega direttamente Como a Bergamo.

Il tratto di strada su cui focalizzeremo la nostra attenzione è l'asta verticale che collega Lecco a Cisano Bergamasco: un tracciato a carreggiata singola, con una corsia per senso di marcia, che attraversa i centri urbani di Lecco, Vercurago, Calolziocorte, Monte Marenzo, gravato da un traffico dell'ordine dei 25.000 veicoli/giorno, con una componente di traffico pesante pari al 35 % del totale. Un tracciato storico con numerosi colli di bottiglia, in corrispondenza degli insediamenti urbani, per cui non è stato possibile prevedere, nel tempo, l'adeguamento in sede della sezione stradale. Si consideri, infatti, che il tracciato provinciale corre in parallelo alla linea ferroviaria (la tratta Sondrio-Lecco-Milano, da cui, in corrispondenza di Calolziocorte, si distacca la linea per Bergamo e Brescia) e in alcuni punti è assai vicino al lago di Lecco/Garlate, che da sempre rappresenta un naturale impedimento a qualsivoglia ipotesi di variante costiera.

Vero è che le numerose costrizioni urbanistiche e geografiche del tracciato storico hanno condizionato le popolazioni locali, che gravitano lungo il tracciato, a convivere con volumi di traffico considerevoli, che hanno generato non pochi problemi per

la circolazione e la sicurezza delle utenze vulnerabili e con livelli elevati di inquinamento ambientale e acustico, cui solo di recente (causa ristrettezza delle risorse finanziarie) si è potuto far fronte con il progetto di un by-pass interrato.



**1.** L'inquadramento territoriale della variante della S.P. 639 Lecco-Bergamo (primo lotto San Gerolamo)

## IL PROGETTO DI VARIANTE DELLA S.P. 639

Il progetto di variante della S.P. 639 conta notevoli elementi di interesse in considerazione della complessità delle condizioni al contorno. Il tratto in variante di cui parleremo in questa sede è il primo lotto della più complessa opera di adeguamento del collegamento in sinistra orografica fra i capoluoghi di Lecco e Bergamo (il così detto lotto di San Gerolamo).

Il lotto si sviluppa interamente nella provincia di Lecco e consiste in un by-pass interrato degli insediamenti di Vercurago e Calolziocorte, dallo sviluppo complessivo di circa 2,4 km, che inizia a Lecco in località Rivabella (imbocco Nord), prosegue nel comune di Vercurago, dove inizierà a breve la realizzazione dell'opera di maggior onere costruttivo (la galleria di San Gerolamo) e termina in corrispondenza dell'area industriale di Calolziocorte, dove saranno realizzati gli imbocchi artificiali alla galleria da Sud, in prossimità delle vie De Gasperi-Dei Sassi in zona lago (imbocco Sud), per poi riconnettersi tramite la viabilità ordinaria al tracciato storico della S.P. 639.

Del tracciato complessivo si è già parlato in altri articoli pubblicati in passato su "Strade & Autostrade" (si veda "S&A" n° 55 e n° 89), ma giova ricordarne le caratteristiche generali del progetto:

- sviluppo complessivo di 4,6 km;
- suddivisione del progetto in due lotti funzionali:
  - lotto San Gerolamo, da Chiuso di Lecco a Via Dei Sassi in Calolziocorte, di 2,7 km di sviluppo; il tracciato include la galleria di San Gerolamo di 2,4 km e due porzioni all'aperto in prossimità degli imbocchi Nord e Sud, per i quali sono previsti cantieri in ambito urbano e in zona lago;
  - lotto Lavello, di 1,9 km che proseguirà la nuova strada fino a località Sala di Calolziocorte, ancora da finanziare;
- la piattaforma della strada in variante ha le caratteristiche geometriche delle strade C1, con larghezza complessiva di 10,50 m: strada a carreggiata unica con due corsie per senso di marcia di 3,75 m, affiancate da banchine larghe 1,50 m; velocità di progetto compresa fra i 60/100 km/h; pendenza massima delle livellette del 7% in corrispondenza delle rampe di imbocco della galleria; curve planimetriche con raggio minimo di 223 m e da clotoidi di flesso e di continuità per il raccordo di elementi a raggio costante;
- la galleria di San Gerolamo, a seguito del recepimento delle indicazioni CIPE dell'Ottobre 2009, sarà una galleria a singolo fornice, a doppio senso di marcia, con piazzole di sosta su entrambe le corsie ma in posizione sfalsata; con uscite di emergenza e vie di fuga;
- è prevista anche la realizzazione di una galleria di sicurezza, connessa alla galleria San Gerolamo da quattro by-pass, e a sua volta connessa alla viabilità esistente, in comune di Vercurago (in corrispondenza della centrale di ventilazione) e in comune di Calolziocorte in corrispondenza della Via IV Novembre.

Il progetto è stato articolato in quattro macroaree, di cui vedremo in seguito lo stato dell'arte delle lavorazioni:

- imbocco Nord-galleria artificiale Nord, con annesso viadotto per deviare il tracciato di corso Bergamo e consentire le lavorazioni di scavo (in Lecco);
- imbocco Sud-galleria Artificiale Sud (a Calolziocorte);
- centrale di ventilazione (in Vercurago);

- galleria naturale San Gerolamo (da Vercurago a Calolziocorte).
- attualmente sono operativi i cantieri degli imbocchi Nord e Sud e della centrale di ventilazione, mentre sarà operativo a breve quello della galleria San Gerolamo.

## IL PUNTO SUI CANTIERI

I cantieri sono iniziati a Dicembre 2012 con l'avvio delle attività di bonifica da ordigni bellici inesplosi (BOBI) ma hanno subito un rallentamento, rispetto alle tempistiche originariamente previste, per ritardi connessi alle pratiche di esproprio di alcune aree in corrispondenza degli imbocchi e soprattutto per lo slittamento dei termini di ultimazione dello spostamento di alcuni sottoservizi. Ad oggi, è allo studio un'ulteriore revisione del programma lavori, atto a recuperare i tempi trascorsi nel corso del 2013 e a recepire le variazioni al progetto, introdotte dalla perizia di variante in corso di redazione.

La fine lavori è prevista entro il 2018.

## LA GALLERIA ARTIFICIALE NORD

Per quanto concerne lo scavo dell'imbocco Nord, occorre precisare che in fase di redazione del progetto esecutivo dell'area di imbocco era stato possibile eseguire soltanto due verticali di indagine. Con l'avvio dei lavori (Giugno 2014), in fase di progettazione costruttiva, si è deciso di svolgere ulteriori indagini (sondaggi e verticali penetrometriche CPTU) al fine di acquisire una maggiore conoscenza delle condizioni geotecniche locali lungo l'asse del tracciato.

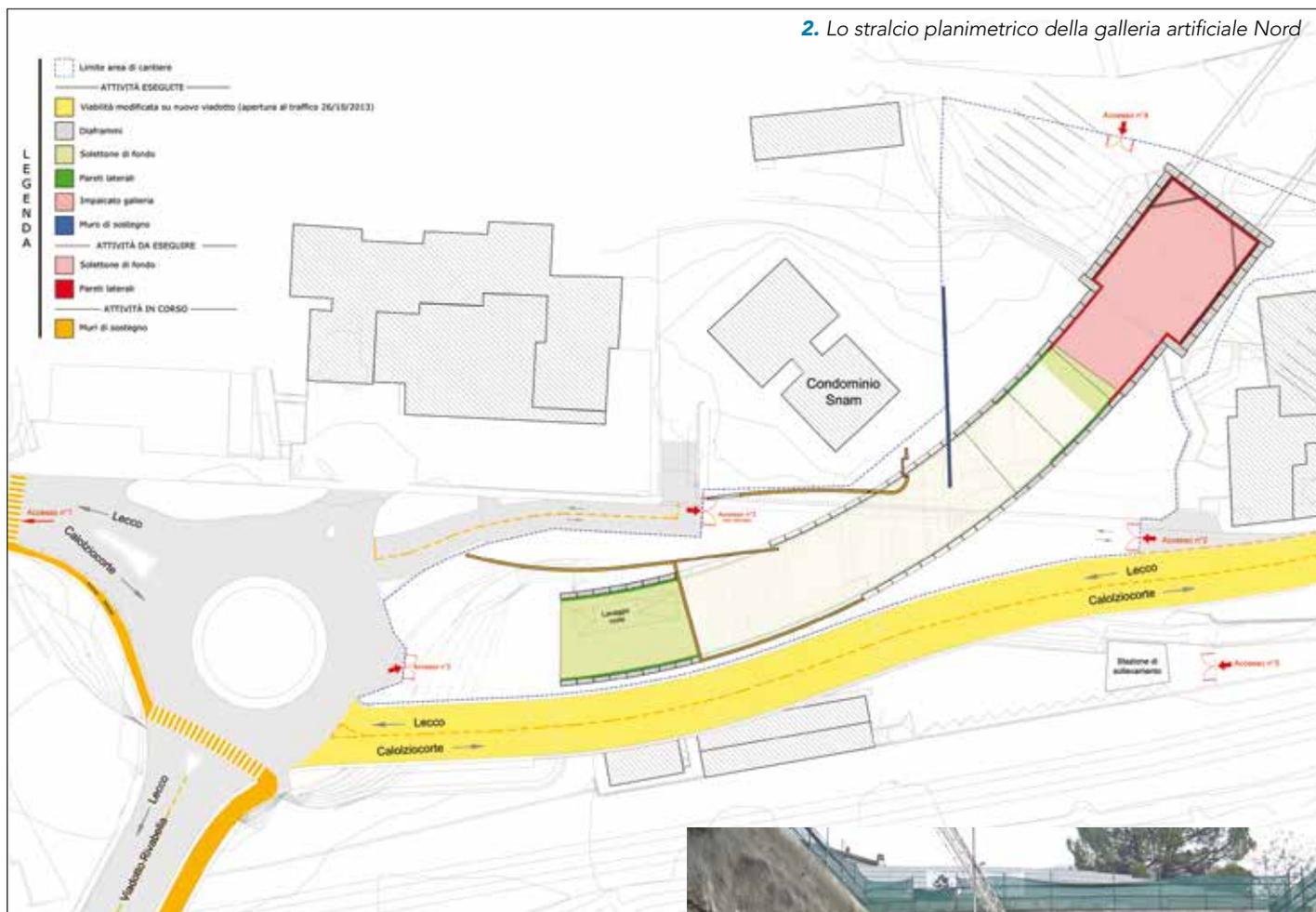
In base ai risultati di dette indagini, sono state definite tre unità geotecniche, nel dettaglio:

- Unità U1: costituita dalle sabbie e ghiaie mediamente adensate presenti dal p.c. fino a profondità variabili tra 5 e 13 m circa (crescenti spostandosi verso l'imbocco della galleria naturale);
- Unità U2: costituita da sabbie limose, individuate esclusivamente nella tratta iniziale della zona di imbocco (prova CPTU-N 03), ubicate al di sotto del livello di cui sopra, per uno spessore di circa 2÷2,5 m;
- Unità U3: limi argillosi costituenti localmente il substrato di base, incontrati in tutte le verticali fino alle massime profondità esplorate, caratterizzati da condizioni di (leggera) sovraconsolidazione (circa OCR = 2) e dalla presenza di diffuse intercalazioni sabbiose (di spessore decimetrico).

L'analisi dei parametri geotecnici di progetto e le correlazioni fra le diverse unità geotecniche individuate in fase costruttiva, hanno consentito l'aggiornamento del profilo geotecnico di progetto e le conseguenti azioni correttive di alcuni dettagli costruttivi dell'opera.

La particolare natura dei terreni (argillo/limosi) caratteristici del sito realizzativo ha posto obiettive difficoltà esecutive, evidenziatesi già durante le fasi di realizzazione dei pali di fondazione delle spalle e della pila del viadotto e hanno condizionato anche la realizzazione dei diaframmi rendendo necessaria la minimizzazione degli spessori da scavare al fine di limitare la probabilità di sgrottamenti. La riduzione dello spessore dei diaframmi, attuata nella maggior parte dei casi, è stata permessa anche dalla presenza del tampone di fondo che costituisce un puntello rigido al piede delle paratie.

2. Lo stralcio planimetrico della galleria artificiale Nord



L'ottimizzazione è stata completata da uno studio atto ad individuare le quote più idonee di posizionamento dei tiranti di ancoraggio in modo da limitare le deformazioni ed al contempo consentire in fase provvisoria uno schema strutturale il più vicino possibile al sistema di vincolo in esercizio.

Sono stati realizzati diaframmi di lunghezza 2,50 m con spessore di 1,00 m in corrispondenza del pozzo di imbocco e spessore 0,8 m lungo lo sviluppo della galleria artificiale. La profondità dei diaframmi varia da 4,60 m (ad inizio galleria artificiale) a 19,80 m (in corrispondenza del pozzo di imbocco).

Il progetto esecutivo prevedeva il contrasto dei pannelli mediante la realizzazione di tiranti lungo tutto lo sviluppo della galleria. In fase realizzativa, a fronte dei risultati ottenuti dalla campagna integrativa di sondaggi, dagli esiti del campo prova tiranti e, soprattutto, per minimizzare l'interferenza con gli edifici preesistenti adiacenti, si è deciso di limitare l'uso di questo sistema di contrasto alle sole pareti del pozzo di imbocco attuando inoltre una riduzione del prearico, tesatura al 60% invece dell'80%, al fine di ridurre il tiro massimo in esercizio.

Ad ulteriore garanzia del sistema di contrasto è stato realizzato il collegamento dei tiranti mediante una trave metallica di ripartizione costituita da 2HEB300 accoppiati. La trave è stata dimensionata in modo tale da sopperire all'eventuale cedimento di un tirante facendo collaborare i tiranti ad esso adiacenti.



3. Lo scavo della galleria artificiale Nord



4. La copertura della galleria artificiale Nord



5. Il rendering dello stato di fatto della viabilità in corrispondenza dell'imbocco Nord

I pannelli sul fronte di imbocco (per evitare interferenze con lo scavo della galleria naturale) sono contrastati mediante una trave composta da due profili HEB500 vincolata ai pannelli laterali mediante due puntoni metallici. Durante la fase di realizzazione dei tiranti sono state condotte delle prove di carico a campione sui tiranti definitivi al fine di verificare l'efficienza dell'ancoraggio. Il contrasto dei restanti pannelli nel tratto di galleria artificiale è stato attuato mediante puntoni metallici di contrasto posizionati



6. Il rendering di progetto della nuova configurazione viabilistica dell'imbocco Nord

tra le travi di coronamento degli stessi. Il tampone di fondo in jet-grouting, previsto 50 cm sotto il fondo scavo, ha uno spessore variabile da 3,50 m a 4,00 m e assolve anche alla funzione di attuare un contrasto rigido al piede delle paratie consentendone un miglioramento del comportamento flessionale ed una riduzione del tiro sui tiranti di ancoraggio delle paratie. Il tampone di fondo è stato progettato in modo da renderlo funzionale oltre che per il peso proprio anche sfruttando l'apporto

## Il viadotto imbocco Nord

Per rendere possibile il cantiere della GA Nord, si è reso necessario realizzare un viadotto su cui dirottare il tracciato di Corso Bergamo e il relativo traffico.

Il viadotto di svincolo imbocco Nord (Corso Bergamo - Ramo B) è stato aperto al traffico il 26 Ottobre 2013, in configurazione temporanea a doppio senso di circolazione.

In configurazione definitiva (GA Nord ultimata), il viadotto ospiterà il traffico nella sola direzione Bergamo, con annessa pista ciclabile, mentre parte dell'attuale Corso Bergamo diverrà a senso unico a salire, in direzione Lecco, previa un'opportuna variazione plano-altimetrica per consentire lo scavalco della galleria artificiale.

A fine lavori, anche la rotonda di Rivabella sarà in parte modificata per consentire il raccordo con tutte le immissioni presenti: la rampa di accesso al nuovo viadotto, la rampa di accesso alla galleria San Gerolamo e il tratto di Corso Bergamo come modificato. Il viadotto è ubicato tra la progressiva p.k. 0+037,50 in corrispondenza della spalla Sp1 e la progressiva p.k. 0+087,50 in corrispondenza della spalla Sp2, per una lunghezza complessiva di 50 m. La larghezza del viadotto è pari a 9,60 m ed è tale da accogliere, in configurazione definitiva, la carreggiata stradale larga 5,50 m e una pista ciclopedonale larga 2,50 m separate da un cordolo di 0,60 m. I due cordoli esterni hanno larghezza pari a 0,60 m (lato carreggiata stradale) e 0,40 m (lato pista ciclopedonale).

L'impalcato del viadotto ha una sezione mista acciaio-calcestruzzo con due nervature a travata continua su due campate di luci pari a 25 m. La sezione dell'impalcato è del tipo a cassone trapezoidale, composta da due travi principali a doppio T inclinate di altezza costante pari a 1,20 m, chiusa superiormente dalla soletta collaborante gettata in opera, su predalles, e completata inferiormente con lamiera d'acciaio in corrispondenza della pila P1 e con controventi "a croce di Sant'Andrea" nella restante parte



7. L'impalcato metallico del viadotto Nord in fase di costruzione

del viadotto. La struttura in acciaio è irrigidita globalmente mediante diaframmi trasversali e localmente mediante piatti saldati alle anime delle nervature longitudinali.

Le fondazioni delle spalle e della pila centrale di appoggio sono sostenute da pali ad elica continua (CFA) di 800 mm di diametro. La tecnologia dei pali a elica continua (CFA), particolarmente indicata per interventi in centri urbani, è stata adottata per eliminare vibrazioni e disturbi alle strutture adiacenti e ridurre le emissioni acustiche oltre che per consentire di evitare la decompressione del terreno circostante ottenuta mediante l'uso di fanghi bentonitici durante le fasi di perforazione.

Il palo viene scavato, tramite infissione di un'elica continua assemblata su un tubo centrale cavo da cui, al termine della fase di scavo, viene eseguito il getto del calcestruzzo (classe di consistenza SCC) pompato contemporaneamente all'estrazione dell'elica Estratta l'elica, nel calcestruzzo ancora fresco, viene inserita la gabbia di armatura per tutta la lunghezza del palo.

Sui pali così ottenuti, sono stati poi realizzati i plinti di fondazione delle spalle (dim. 9,60x9,50x1,30 m spalla Nord e 9,80x9,50x1,30 m spalla Sud) e il plinto di fondazione della pila di appoggio centrale (dim. 4,80x9,00x1,30 m).

fornito da un discreto numero di colonne armate che spingendosi più in profondità consentono l'ancoraggio nel terreno sottostante, fornendo una ulteriore garanzia per eventuali innalzamenti non previsti della falda durante le fasi realizzative. Durante la fase di realizzazione del tampone di fondo sono stati realizzati diversi caratoggi di prova nelle zone più critiche dell'opera.

I parametri operativi per la realizzazione dei tamponi in jet-grouting sono stati definiti a valle di due campi prova realizzati, rispettivamente, in corrispondenza delle GA (gallerie artificiali) di imbocco Nord e Sud, tenendo conto di quanto previsto dalla relazione di PE "Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo"; nello specifico, sono stati selezionati i seguenti parametri operativi:

- cemento: 42,5 N;
- rapporto A/C: 1;
- due ugelli: diametro di 3,5 mm;
- pressione di iniezione: 400/420 bar;
- volume iniettato: 260/270 l/min;
- risalita: da 5,5 s/4 cm a 6 s/4 cm.

Ultimato il tampone di fondo è stato effettuato lo scavo tra le paratie ed in seguito è stata realizzata la struttura vera e propria della galleria artificiale, composta da un solettone di fondo in c.a., (spessore variabile da 1,20 a 1,40 m, su sottofondo di fondazione in cls di 10 cm di spessore), dalle pareti in c.a. di spessore 40 cm e dalla copertura realizzata con travi CAP prefabbricate e soletta di completamento gettata in opera. La soluzione adottata per la copertura è stata estesa a tutta la galleria artificiale ad eccezione del pozzo di imbocco in cui, al completamento della galleria naturale, è prevista la realizzazione di un concio con la stessa sezione

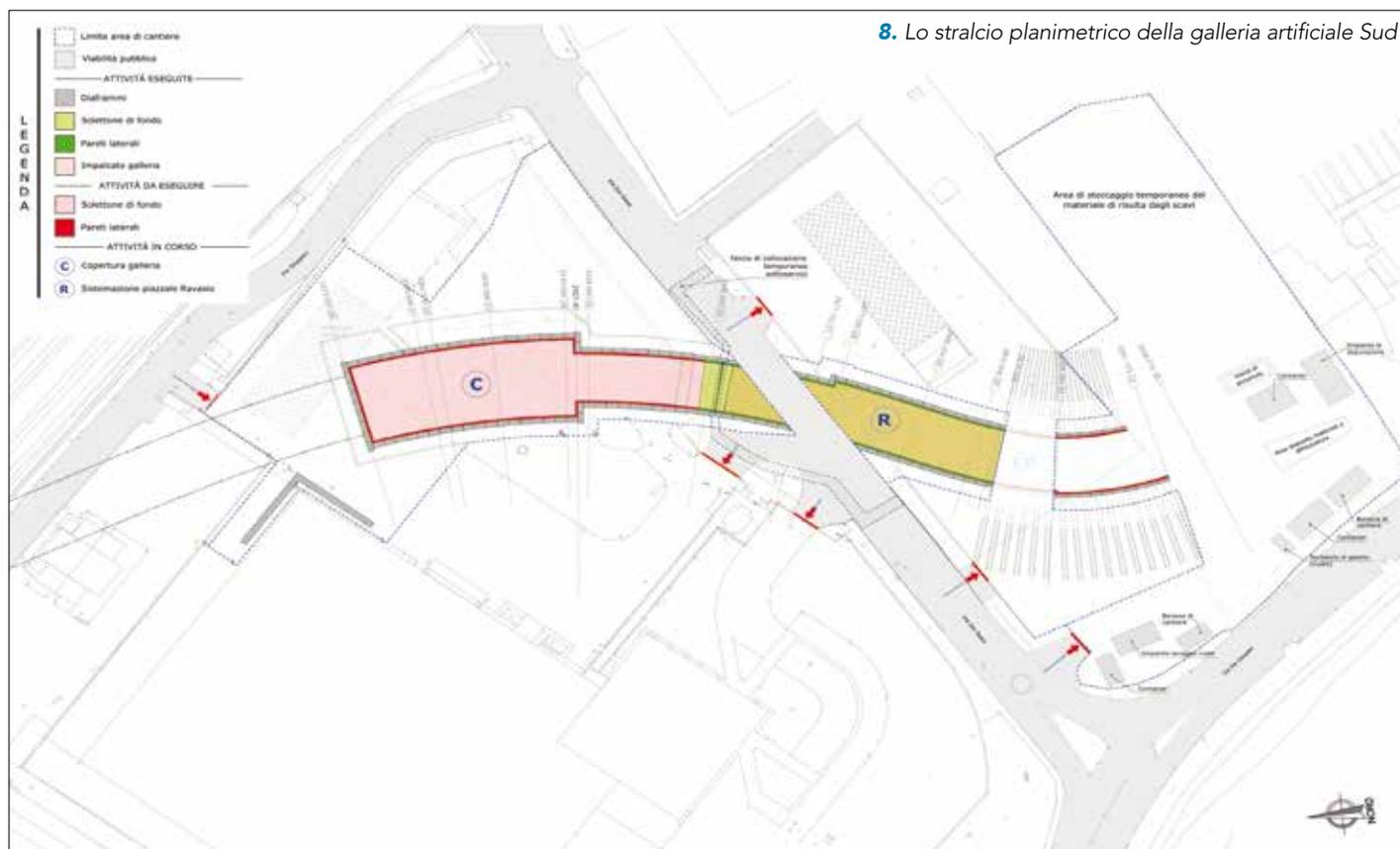
circolare della galleria naturale. L'impermeabilizzazione della galleria artificiale è di tipo "full-round", realizzata con teli in PVC di spessore 2 mm saldati e protetti da telo geotessile da 600 g/m<sup>2</sup>. In sintesi, ad Aprile 2016, risultano ultimate: le opere provvisorie di sostegno per lo scavo (diaframmi, travi di coronamento e muri di sopraelevazione); la posa dei tiranti e della struttura metallica di contrasto sulla sommità della paratia dei diaframmi del pozzo di imbocco della galleria naturale; il tampone di fondo in jet-grouting; il solettone di fondo e le pareti verticali del manufatto interno alla galleria artificiale oltre all'impalcato di copertura. Lo stato di avanzamento complessivo delle lavorazioni della GA Nord è pari al 70%.

### La galleria artificiale Sud

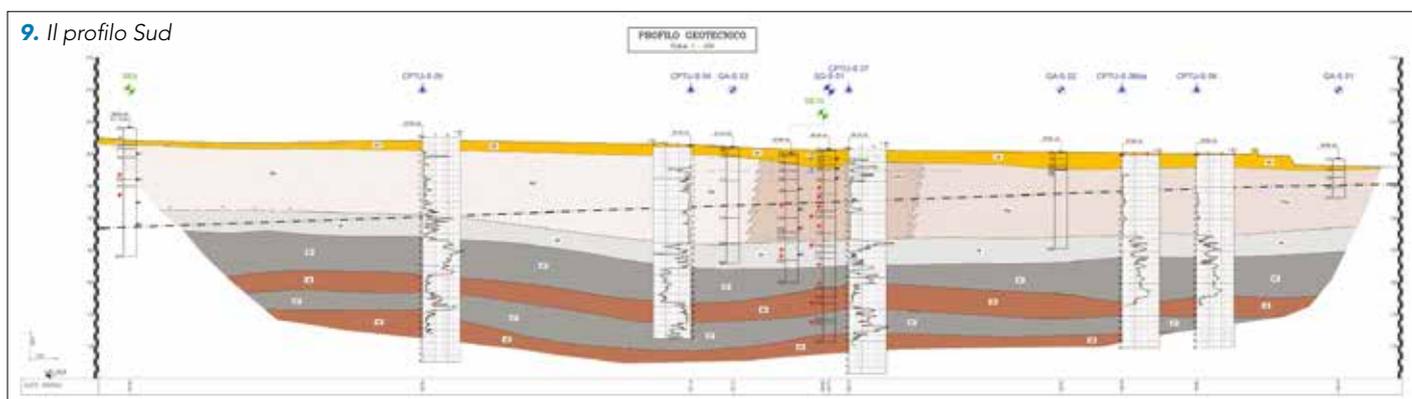
Anche per l'imbocco Sud, in fase di redazione del progetto esecutivo era stato possibile eseguire soltanto tre verticali di indagine che, con l'avvio dei lavori, in fase di progettazione costruttiva, sono state approfondite da ulteriori sondaggi e verticali penetrometriche CPTU, al fine di acquisire una maggiore conoscenza delle condizioni geotecniche locali lungo l'asse del tracciato.

In base ai risultati di dette indagini, sono state definite cinque unità geotecniche, nel dettaglio:

- Unità U4: costituita dai materiali di riporto (sabbie e ghiaie) presenti fino a 1,5÷2,5 m dal p.c.;
- Unità U5: costituita dalle argille limose e dai limi argillosi normalmente consolidati da teneri a medi, presenti fino a profondità variabili tra 12 e 15 m dal p.c.. Come anticipato, tali materiali presentano caratteristiche di resistenza variabili



8. Lo stralcio planimetrico della galleria artificiale Sud



lungo lo sviluppo della tratta di interesse; per questa ragione sono state individuate tre zone alle quali sono stati assegnati differenti valori di resistenza al taglio non drenata (U5a/b/c);

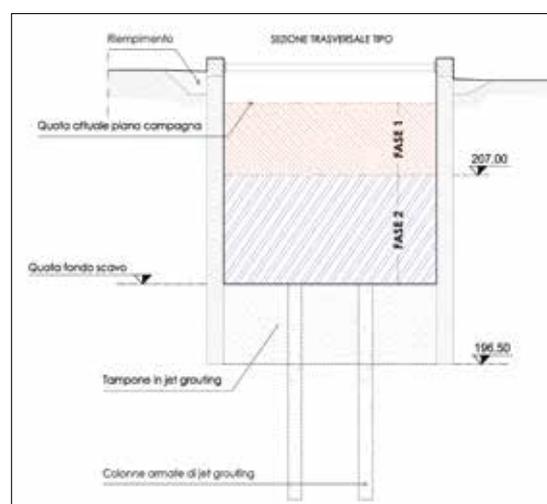
- Unità U6: sabbie limose sciolte, presenti immediatamente al di sotto dell'unità U5;
- Unità U7: sabbie limose addensate;
- Unità U8: argille limose medie.

La nuova stratigrafia ottenuta dalla campagna integrativa dei sondaggi condotti in sito ha rilevato, lungo tutto lo sviluppo della galleria, la presenza di uno strato superficiale, con altezza di circa 10÷15 m, di materiale limoso-argilloso caratterizzato da un modulo elastico molto basso ( $E \approx 15 \div 35$  MPa).

Sono stati realizzati diaframmi di lunghezza 2,50 m con spessore di 1,20 m dal pozzo di imbocco fino a circa un terzo della galleria artificiale; nel tratto centrale lo spessore si riduce ad 1,00 m per poi ridursi a 0,8 m nel tratto finale. La profondità dei diaframmi



10. Dal cantiere dell'imbocco Sud, la fase di costruzione dei diaframmi



13. La sezione trasversale tipo delle fasi di scavo nella galleria artificiale

varia da 13,10 m (a inizio galleria artificiale) a 21,50 m (in corrispondenza del pozzo di imbocco).

Le letture freatiche, condotte da Luglio 2013, hanno rilevato un innalzamento della quota di falda di progetto di 2 m, circostanza questa che ha influenzato pesantemente la realizzazione del tampone di fondo e della struttura interna della galleria.



11. La costruzione delle pareti alla galleria artificiale Sud



12. L'avanzamento delle fasi di scavo all'imbocco Sud



14. Il rendering dello stato di fatto della viabilità in corrispondenza dell'imbocco Sud

L'incremento della spinta idrostatica ha reso necessario l'aumento di spessore delle contropareti (70 cm nel pozzo e 50 cm in galleria) e del solettone di fondazione. Inoltre, per i tratti di galleria con poco ricoprimento di terreno, al fine di soddisfare la verifica al galleggiamento, si è reso necessario un ulteriore aumento dello spessore del solettone di fondo.

A causa di un battente idraulico così elevato, il tampone di fondo in jet-grouting, previsto 50 cm sotto il fondo scavo, ha di fatto raggiunto uno spessore variabile da 5,00 a 8,00 m e, analogamente a quanto descritto per la galleria artificiale Nord con cui condivide i parametri operativi definiti a valle dei campi prova realizzati in precedenza, assolve anche alla funzione di attuare un contrasto rigido al piede delle paratie.

Un discreto numero di colonne armate consente inoltre l'ancoraggio al terreno sottostante del tampone in jet-grouting, fornendo una ulteriore garanzia per eventuali innalzamenti non previsti della falda durante le fasi realizzative.

Durante la fase di realizzazione del tampone di fondo sono stati realizzati diversi carotaggi per monitorarne e verificarne la corretta esecuzione, specie nelle zone più critiche dell'opera.

Il campo prova tiranti ha fornito risultanze ancor meno soddisfacenti rispetto a quelli riscontrate per l'imbocco Nord; inoltre, l'impossibilità di ancorare i tiranti nello strato argilloso ha portato all'individuazione di un sistema alternativo di contrasto delle paratie in diaframmi.

Nella zona del pozzo di imbocco il contrasto in testa dei pannelli è attuato mediante la realizzazione dell'impalcato di copertura con travi in CAP e getto di completamento in opera. Dette travi sono posate sulla trave di coronamento dei diaframmi, opportunamente sagomata per consentirne l'appoggio. Lo scavo della galleria artificiale in tale area verrà perciò effettuato con la tecnica del "top down" ed in fase definitiva l'altezza interna di tale tratto sarà uniformata a quella della restante galleria mediante l'installazione di un controsoffitto.

Tale sistema di contrasto è stato realizzato anche nel tratto iniziale della galleria per consentire l'immediata agibilità del piazzale stoccaggio merci sovrastante. Inoltre, in tale zona è attuato anche l'ancoraggio dei pannelli mediante tiranti (due tiranti per pannello) dei quali è stata incrementata sia la lunghezza che l'inclinazione al fine di realizzare l'ancoraggio all'interno dello strato sabbioso.



15. Il rendering di progetto della nuova configurazione viabilistica in corrispondenza dell'imbocco Sud

Nei restanti tratti di galleria i diaframmi sono contrastati mediante puntone metallici tubolari fissati alle travi di coronamento dei diaframmi che, comunque, sono stati verificati per uno schema a mensola per una profondità di scavo di 5 m. In prossimità di un edificio esistente, al fine di limitare i cedimenti verticali, la massima profondità di scavo prima della posa del puntone è stata ridotta a 3,5 m.

In generale le attività realizzative della galleria artificiale Sud sono state molto più complesse e articolate di quelle inerenti la galleria artificiale Nord sia a causa dell'elevato battente idraulico e di alcune venute d'acqua in pressione dalle pareti dei diaframmi che dalla necessità di agire celermente per consentire il ripristino della soprastante viabilità locale (Via Dei Sassi).

In sintesi, le lavorazioni concluse ad Aprile 2016 sono: opere provvisorie di sostegno allo scavo; campo prove e relativa realizzazione del tappo di fondo in jet-grouting; sbancamento all'interno delle paratie; posa dei tiranti di sostegno delle paratie in corrispondenza dell'imbocco della galleria artificiale; scavo di ribasso; bonifica ambientale; posa dei puntone metallici di contrasto delle paratie; solettone di fondo della galleria artificiale; parziale ricopertura. Percentuale di avanzamento lavori: 70%.

### Il piazzale della centrale di ventilazione

Il piazzale in cui verrà realizzato l'edificio che ospita la centrale di ventilazione, in località Vercurago, è situato a ridosso di un versante scosceso, caratterizzato da elevata pendenza e necessità per la sua realizzazione di una serie di opere provvisorie prepedeutiche alla fase di sbancamento. In primis, è stato necessario aumentare i presidi attivi di sicurezza prevedendo la realizzazione di una barriera paramassi a monte del sito di sbancamento e la realizzazione di un muro di controripa con elementi prefabbricati (muri costolati) a fianco della pista di accesso al sito.

Inoltre, a seguito dell'avvio dei lavori (Giugno 2014) sono state ulteriormente approfondite le indagini geognostiche mediante sondaggi e verticali penetrometriche CPTU, che hanno consentito di tracciare un profilo geotecnico ancor più accurato che ha reso necessaria una parziale revisione del progetto delle opere provvisorie e di sostegno (berlinese in micropali tirantata) oltre che degli interventi di consolidamento del versante, necessari a garantire la stabilità della pista temporanea di arroccamento per l'esecuzione delle stesse.

Il tracciamento della pista e gli interventi di soil-nailing sono stati progettati tenendo conto della successiva realizzazione della strada definitiva di accesso al piazzale della centrale.

Gli scavi posti a monte delle opere di sostegno definitive saranno in seguito ritombati, con una pendenza di poco inferiore a quella media attuale del versante (inclinazione 3:2) e rinverditi per garantirne la stabilità e impedirne l'erosione superficiale. I ritombamenti saranno sostenuti, lato valle, da muri di sostegno realizzati al di sopra del cordolo di testa delle berlinesi.

La chiodatura passiva del versante è stata invece verificata come opera definitiva in modo da considerare nel dimensionamento delle paratie definitive la presenza di un concio stabile a monte delle stesse. Il volume di terreno posto a monte delle opere di sostegno può essere quindi considerato nel calcolo di queste ultime come sovraccarico permanente non spingente.

Gli interventi prevedono la realizzazione di tre sezioni tipo:

1. Sezione tipo 1 (dalla p.k. 0+000 alla p.k. 45+000): scavo libero in detrito di versante, profilato con pendenza 1:1; non sono necessari interventi provvisori di consolidamento. Per la realizzazione della strada definitiva, gli scavi potranno essere temporaneamente ripresi e approfonditi per la realizzazione del muro definitivo e successivamente ritombati;
2. Sezione tipo 2 (dalla p.k. 45+000 alla p.k. 95+610): scavi chiodati realizzati con tecnica "soil-nailing", con pendenza 2(v):1(o) e chiodi definitivi costituiti da barre in acciaio  $\phi$  26 mm, intestati nel detrito superficiale di versante ancorati nel substrato roccioso sottostante. Si prevede una chiodatura passiva di lunghezza  $L = 6,0$  m, maglia 1,5(v)x2,0(o)m e rivestimento con rete elettrosaldata 12 mm, 20x20 cm e spritz-beton di spessore 8+8cm (rispettivamente, 8 cm fra terreno e rete e 8 cm sopra la rete). Dalla p.k. 45+000 alla p.k. 68+000 è prevista la posa di gabbioni a sostegno del ciglio di valle della pista;
3. Sezione tipo 3 (dalla p.k. 111,540 alla p.k. 178,460): scavi chiodati realizzati con tecnica "soil-nailing", con pendenza

1(v):1(o) e chiodi costituiti da barre in acciaio  $\phi$  26 mm, intestati nel detrito superficiale di versante ancorati nel substrato roccioso sottostante. Si prevede una chiodatura passiva di lunghezza  $L = 3,0\div 4,0$  m, maglia 2,0(v)x2,0(o)m e rivestimento con rete elettrosaldata 12 mm, 20x20 cm e spritz-beton di spessore 8+8 cm.

Oltre le lavorazioni di cui sopra, nell'area in oggetto sono previste le seguenti opere:

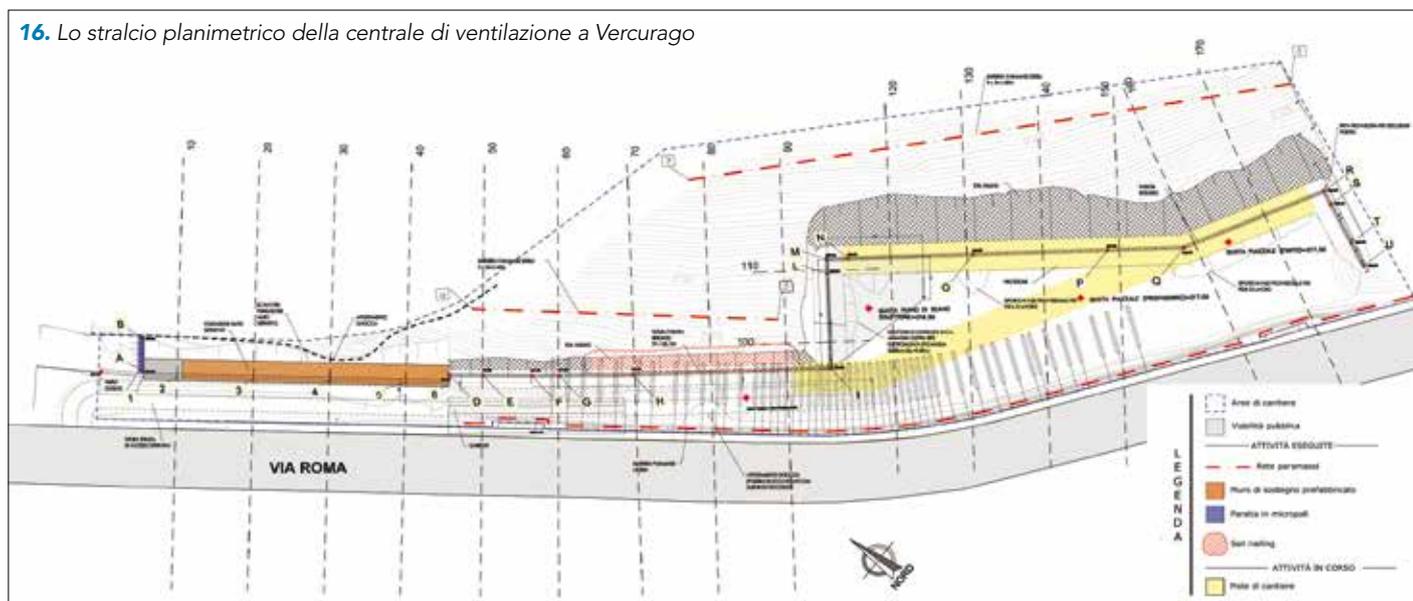
- paratia di micropali contrastata per mezzo di tiranti a trefoli in acciaio armonico posizionati sul cordolo in c.a. di coronamento e su travi di ripartizione. Nel tratto dell'opera di sostegno limitrofa alla strada di accesso si è considerata l'interferenza con i tiranti del muro in c.a. preesistente, adiacente alla strada provinciale sottostante. Tale interferenza ha comportato la limitazione della lunghezza di infissione dei micropali in progetto, fino a una distanza di 50 cm dalla quota della testa dei tiranti esistenti. Nello stesso tratto, la chiodatura avrà funzione definitiva;
- muro prefabbricato in c.a. con sviluppo pari a circa 40 m e un'altezza del paramento variabile da 4,29-4,95 m.

La realizzazione delle opere in progetto prevede inoltre l'esecuzione dei seguenti interventi:

- riprofilatura e chiodatura con chiodi definitivi del versante fino alla quota del piano di lavoro per la realizzazione dei micropali della paratia;
- realizzazione del piano di lavoro alla quota di testa dei micropali;
- realizzazione della paratia di micropali;
- scavo per ribassi successivi a ridosso della paratia di pali e posa in opera dei tiranti;
- esecuzione del muro di sostegno in c.a.
- getto dei rivestimenti non strutturali della berlinese.

Gli interventi di cui sopra sono stati dimensionati con riferimento ad un modello geologico di calcolo ottenuto grazie ad una serie di indagini geofisiche e perforazioni a distruzione di nucleo. Detto modello è costituito da due unità litotecniche: uno

16. Lo stralcio planimetrico della centrale di ventilazione a Vercurago



strato superficiale di detrito di falda di spessore variabile fino a un massimo di 4,5 m, in funzione della sezione di calcolo e dal sottostante substrato roccioso.

Per quanto riguarda le condizioni idrogeologiche non è stata rilevata la presenza di una falda sotterranea alle profondità di interesse. Tuttavia, considerata la possibilità di formazione di falde di versante temporanee in occasione di eventi meteorici intensi prolungati, si definisce per la verifica maggiormente penalizzante per le condizioni geotecniche (combinazione SLU-A2M2), una falda di progetto caratterizzata da piccola soggiacenza.

Per quanto concerne il piazzale della centrale di ventilazione risultano ultimate le seguenti attività: taglio della vegetazione nell'area interessata dai lavori; delimitazione dell'area di cantiere; opere di protezione del pendio; scavo di ribasso propeudeutico alla formazione della pista di cantiere per l'accesso al sito; sondaggi geognostici sul pendio. È attualmente in corso la realizzazione delle paratie in micropali (berlinese). Lo stato di avanzamento complessivo è di circa il 15%.

### La galleria naturale San Gerolamo

Per quanto concerne lo scavo della galleria naturale i lavori inizieranno, come da programma, a Giugno 2016 e sono attualmente in corso di esecuzione i campi prova relativi alle tecniche di consolidamento del fronte di scavo.

Si tratta della parte più complessa e onerosa del progetto di variante della S.P. 639.

Parliamo di una galleria naturale lunga circa 2.400 m il cui scavo avrà tre punti di attacco:

- a Nord, in corrispondenza del cantiere per la centrale di ventilazione di Vercurago, la scavo procederà in direzione sia Nord che Sud;
- a Sud, a Calolziocorte, si scaverà a partire dall'imbocco Sud.

Non essendo ancora iniziati i lavori di scavo, ne ricordiamo le caratteristiche progettuali.



17. L'esecuzione dei pali in cfa al viadotto Nord

### Le caratteristiche progettuali

Il percorso della galleria ha un andamento curvilineo.

La sezione tipo è costituita da una carreggiata unica larga 9,50 m, con due corsie, una per senso di marcia, di larghezza pari a 3,50 m e banchine laterali larga 1,25 m.

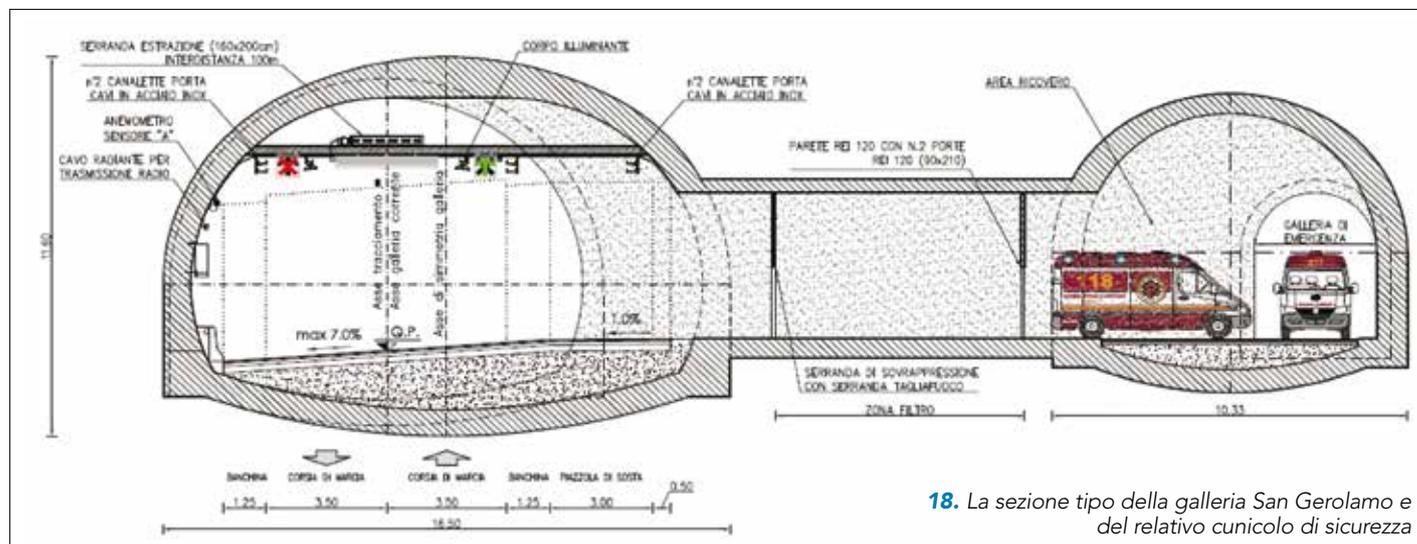
Sono previsti profili redirettivi lungo tutto lo sviluppo della galleria, dietro i quali sono predisposti i cavedi per il passaggio dei cavi e i pozzetti per tutte le dotazioni impiantistiche. Nel tratto centrale della galleria, nel controsoffitto saranno installate le serrande per l'estrazione dei fumi e il loro indirizzamento verso il canale di aerazione formato dal controsoffitto. La galleria sarà dotata di tutti i più moderni impianti tecnologici per l'illuminazione e la sicurezza: impianto antincendio, centrale di ventilazione, impianto radio, manichette idratanti, anemometro, opacimetro, sensori laser che consentiranno la tempestiva segnalazione di pericolo e l'evacuazione in caso di emergenza. Fra le dotazioni di sicurezza della galleria di San Gerolamo, va ricordata la realizzazione di un cunicolo di emergenza carrabile, che fiancheggia la galleria dalla centrale di ventilazione, fino al comune di Calolziocorte.

L'accessibilità al cunicolo di emergenza avviene attraverso una serie di by-pass (quattro in totale) posti a livello del piano stradale, in corrispondenza delle piazzole di sosta. Ciascun by-pass costituisce una zona filtro, compartimentata con porte REI 120.

Due le uscite del cunicolo di emergenza: una in corrispondenza del piazzale della centrale di ventilazione a Vercurago e l'altra a Calolziocorte, all'altezza di Via IV Novembre.

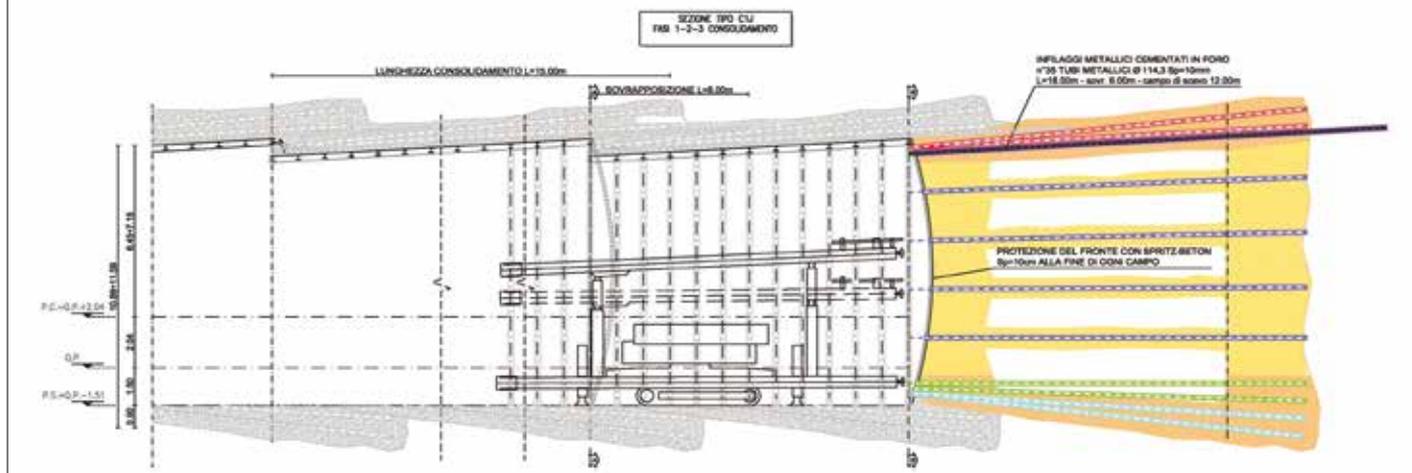
Il progetto esecutivo non ha subito, ad oggi, variazioni sostanziali fatta salva la risoluzione di alcuni aspetti di dettaglio, emersi in fase di esecuzione dei lavori, che per lo più hanno interessato l'adeguamento delle opere provvisorie di sostegno degli scavi.

L'avanzamento complessivo dell'opera è pari al 16,5% del totale dei lavori. ■



18. La sezione tipo della galleria San Gerolamo e del relativo cunicolo di sicurezza

## 19A e 19B. Le sezioni costruttive longitudinali galleria naturale



<sup>(1)</sup> Architetto, Libero Professionista

<sup>(2)</sup> Ingegnere, Direzione Lavori del Lotto "San Gerolamo" della variante S.P. Lecco-Bergamo

ATI Net Engineering, Sintel Engineering, Sepi Srl

<sup>(3)</sup> Ingegnere, Dirigente Direzione Organizzativa IV - Viabilità e Infrastrutture della Provincia di Lecco

## Ringraziamenti con un ricordo

Gli Autori intendono rivolgere un pensiero affettuoso all'Ing. Claudio Salini, tragicamente scomparso nell'Agosto 2015 e la cui Impresa opera nei cantieri della variante della Lecco-Bergamo. Lavorare oggi in sua assenza è molto diverso. Lui che con competenza riusciva sempre, anche dopo dolorose battaglie dialettiche, a ricomporre il "puzzle". Siamo certi che anche nella sua memoria il nostro progetto giungerà a compimento. Ricorderemo sempre lo spirito libero, l'anticonformismo, l'irriverenza con cui ha affrontato tutte le sue sfide, nel privato come nel pubblico.

## DATI TECNICI

**Stazione Appaltante:** Provincia di Lecco  
**Responsabile Unico del Procedimento:** Dott. Ing. Angelo Valsecchi della Provincia di Lecco

**Progetto esecutivo:** GP Ingegneria Srl  
**Importo contrattuale dei lavori affidati (esclusi impianti tecnologici):** 63.833.043,91 Euro di cui 3.477.842,70 per oneri di sicurezza  
**Ribasso d'asta:** 15,34%

**Quadro economico:** 100.570.000,00 Euro  
**Impresa esecutrice (ATI):** S.A.L.C. SpA-ICS Group (Mandataria) e Accisa SpA (Mandante)

**Tempo contrattuale per l'esecuzione dei Lavori:** 45 mesi, ovvero 1.353 giorni naturali e consecutivi, decorrenti dall'inizio lavori

**Prima consegna parziale dei lavori:** 05.12.2012

**Consegna definitiva dei Lavori (inizio lavori):** 04.06.2014

**Termine di ultimazione previsto (fine lavori):** 17.02.2018

**Direzione Lavori e Coordinamento sicurezza:** ATI Net Engineering SpA (Mandataria), Sintel Engineering (Mandante), SEPI Srl (Mandante)

**Direttore dei Lavori:** Dott. Ing. Agostino G. Polimeni

**Coordinatore della Sicurezza:** Dott. Ing. Marco Meneguzzer