

ANAS S.p.A.

Ing. A. Valente

Vice Direttore Direzione Centrale Progettazione

IL PROGETTO DEL NUOVO TUNNEL DEL COL DITENDA

Conferenza Internazionale
GRANDI OPERE DI INGEGNERIA CIVILE

Sala Italia, Palazzo dei Congressi BolognaFiere, Bologna - 19 ottobre 2012

Il nuovo progetto del Tunnel del Col di Tenda prevede l'allargamento della galleria esistente e la realizzazione di una nuova galleria in affiancamento per consentire una separazione dei due flussi di traffico da e per la Francia.

S

N

Francia

Col di Tenda

Italia



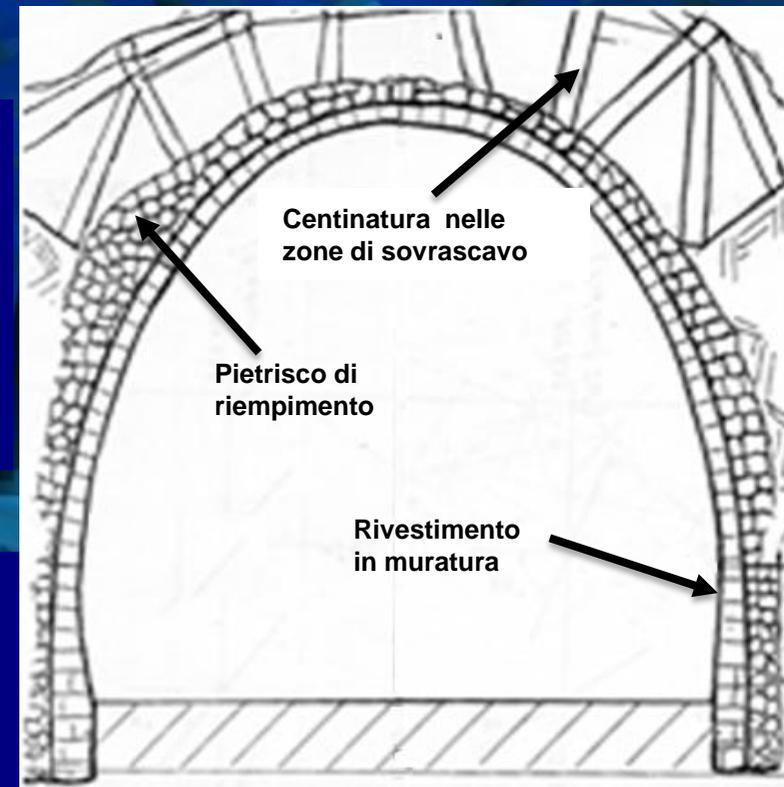
I primi tentativi di scavo del tunnel



Il collegamento stradale del Valico del Col di Tenda già in epoca romana fungeva da delimitazione tra la Gallia Cisalpina e la Gallia Narbonense. In epoca successiva fu uno dei sentieri battuti dai pellegrini diretti a Santiago de Compostela e "via del sale" che metteva in comunicazione le saline sulle coste francesi con le pianure del Piemonte. Intorno al XV secolo i Savoia intrapresero i lavori di miglioramento della pista di superficie e finanziarono i primi tentativi di scavo di un tunnel

Nel 1873 il Parlamento italiano approvò il progetto dell'ingegnere Giovanni Delfino e si diede inizio ai lavori che terminarono nel 1882; il traforo è lungo 3182 metri e si apre, sul versante italiano, a poca distanza dal bivio per Limonetto a quota 1321 metri s.l.m., e sul versante francese termina a poca distanza da Viève, a quota 1280 m s.l.m

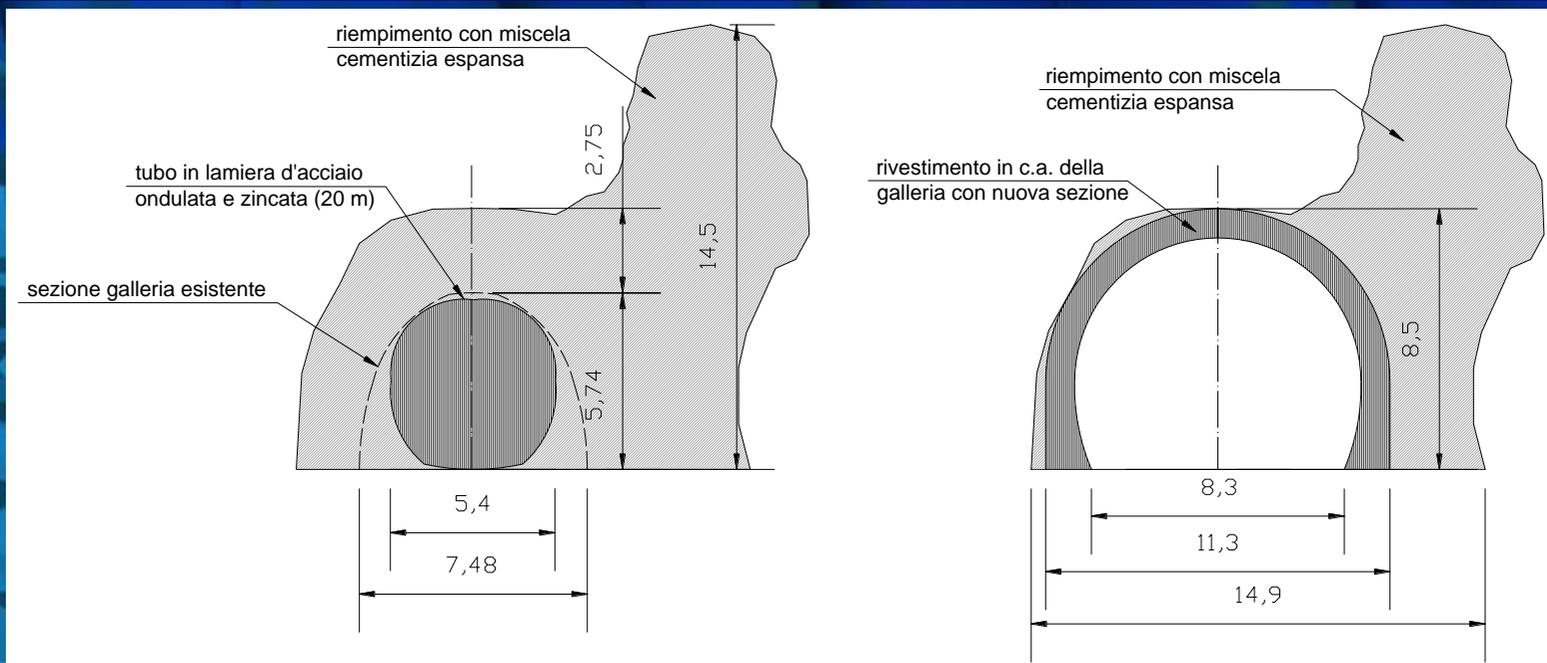
Nel 1898, furono portati a termine anche i lavori per la realizzazione del tunnel ferroviario Limone – Vievola, scavata all'incirca sullo stesso piano verticale del tunnel stradale ma a quota più bassa di circa 290 m



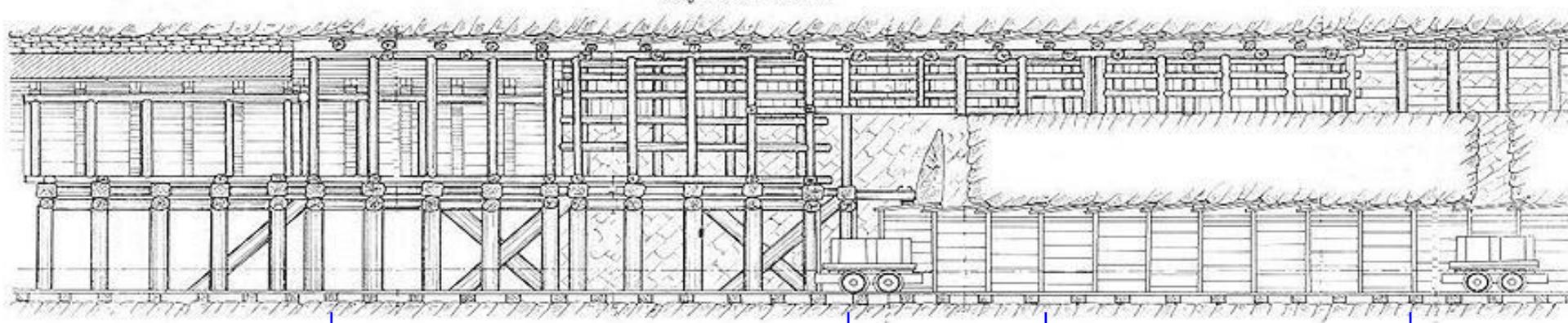
Diverse sono le vicissitudini dello scavo descritte nei lavori di Baldacci e Franchi del 1900 e di Sacco del 1905, quali :

- Repentine variazioni geologiche e strutturali
- Cospicue venute d'acqua
- Fornelli (principalmente nelle carniole e nelle zone tettonizzate riempite di breccia e materiali fangosi)
- Elevate deformazioni (in particolare nel complesso evaporitico del tratto francese)

L'ultimo grave dissesto è avvenuto il 3 marzo 1989 quando, durante lo scavo di allargamento per la realizzazione di una piazzola, si è verificato un fornello di circa 650 m³ di materiale.



Longitudinal section



5) Rivestimento definitivo

4) Allargamento e sostegno piena sezione

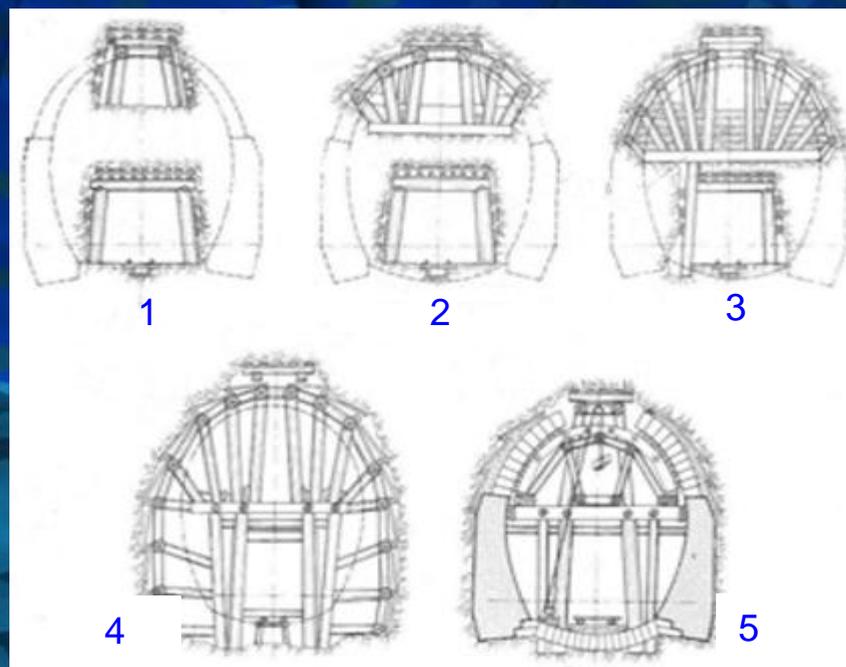
3) Ribasso

2) Allargamento calotta

1) Apertura Cunicoli

Fasi di scavo delle gallerie

- 1) Apertura cunicoli di avanzamento e trasporto
- 2) Allargamento calotta
- 3) Ribasso calotta
- 4) Allargamento e sostegno piena sezione
- 5) Posa in opera rivestimento definitivo



Imbocco lato Italia

Italia



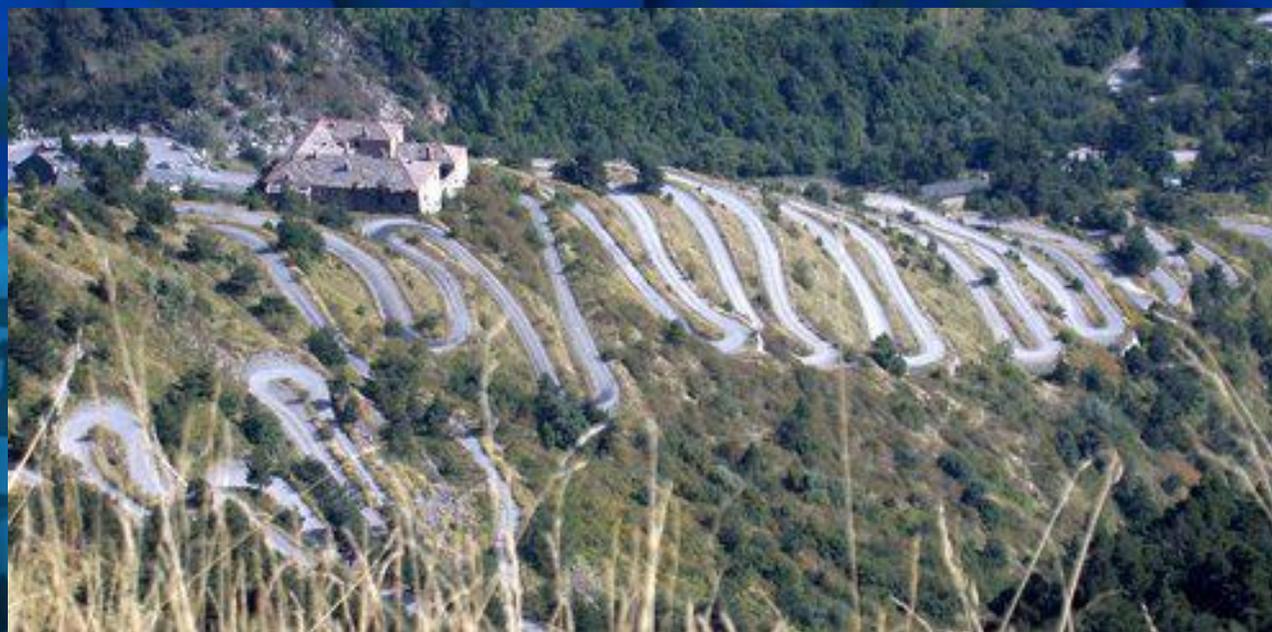
Imbocco lato Francia



Versante lato Francia



Francia



Oggi il tunnel del Col di Tenda necessita di profondi interventi di ammodernamento :

- Inadeguatezza della sagoma limite
- Deficienza delle condizioni di sicurezza dell'esercizio (il traffico bidirezionale all'interno dell'unica canna viene gestito con senso unico alternato per i mezzi pesanti mentre è continuo per i mezzi leggeri)
- Vetustà strutturale

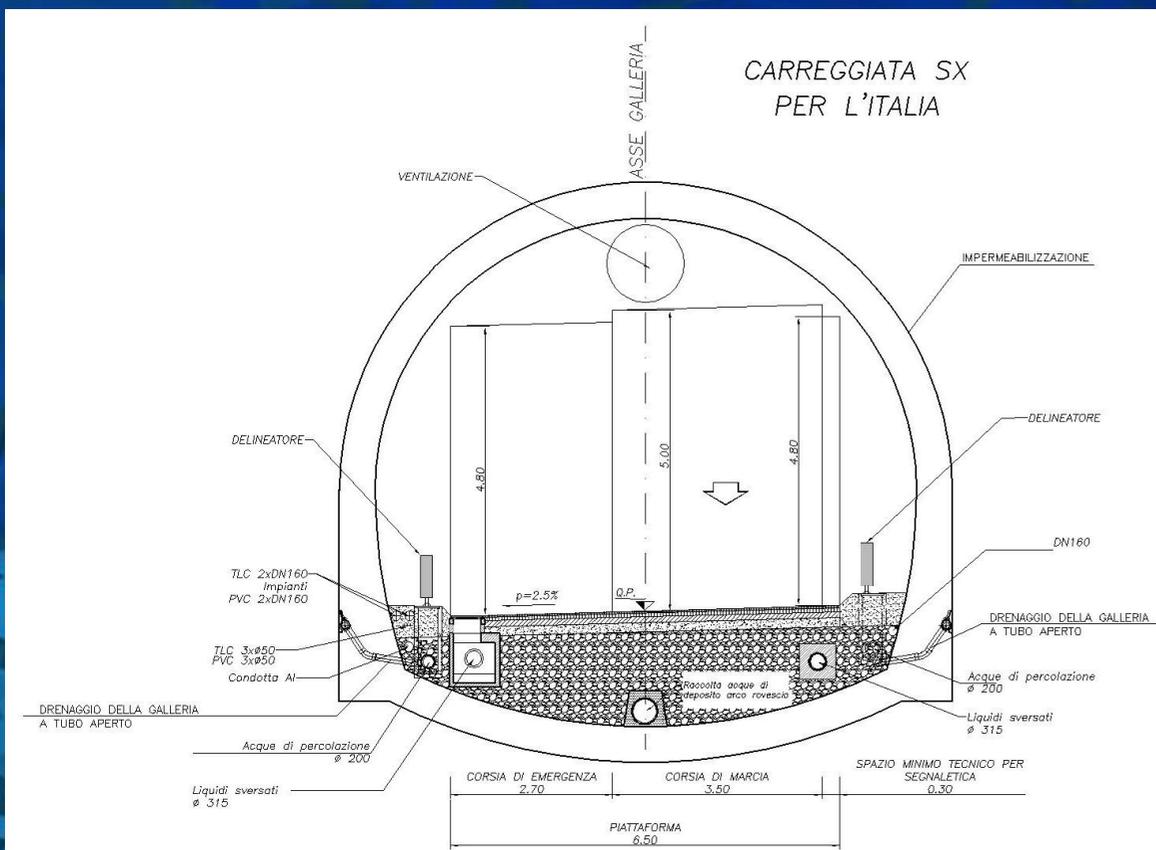
Interno del tunnel esistente



A seguito delle indicazioni espresse dalla Commissione Intergovernativa per il Miglioramento dei Collegamenti Franco-Italiani nelle Alpi del Sud (CIG) per la quale "la sicurezza del tunnel stradale del Tenda rappresenta una priorità assoluta"....



La Commissione Intergovernativa per il Miglioramento dei Collegamenti Franco-Italiani nelle Alpi del Sud (CIG) ha determinato la sezione trasversale del Col di Tenda ricercando un compromesso tra le norme stradali italiane e francesi, assicurando gli standard di sicurezza e funzionali previsti.



La strada in esame pur non essendo direttamente riconducibile ad una delle categorie previste dal codice della strada (in quanto modifica di un breve tratto di strada esistente e con prevalenti caratteristiche di strada di montagna), recepisce tutte le prescrizioni dettate dalle normative europee.

A livello funzionale, appare tuttavia corretto ritenerla una strada extraurbana secondaria.

La piattaforma stradale carrabile è costituita da 6.50m di larghezza complessiva che accolgono uno spazio minimo tecnico per la segnaletica orizzontale di 30cm, una corsia di marcia di 3,50 m ed una corsia di emergenza di 2,70m.



1. SICUREZZA NELLA MARCIA DEI VEICOLI LEGGERI E/O PESANTI
2. MANTENIMENTO MARCIA ORDINARIA ANCHE IN PRESENZA DI UN VEICOLO FERMO

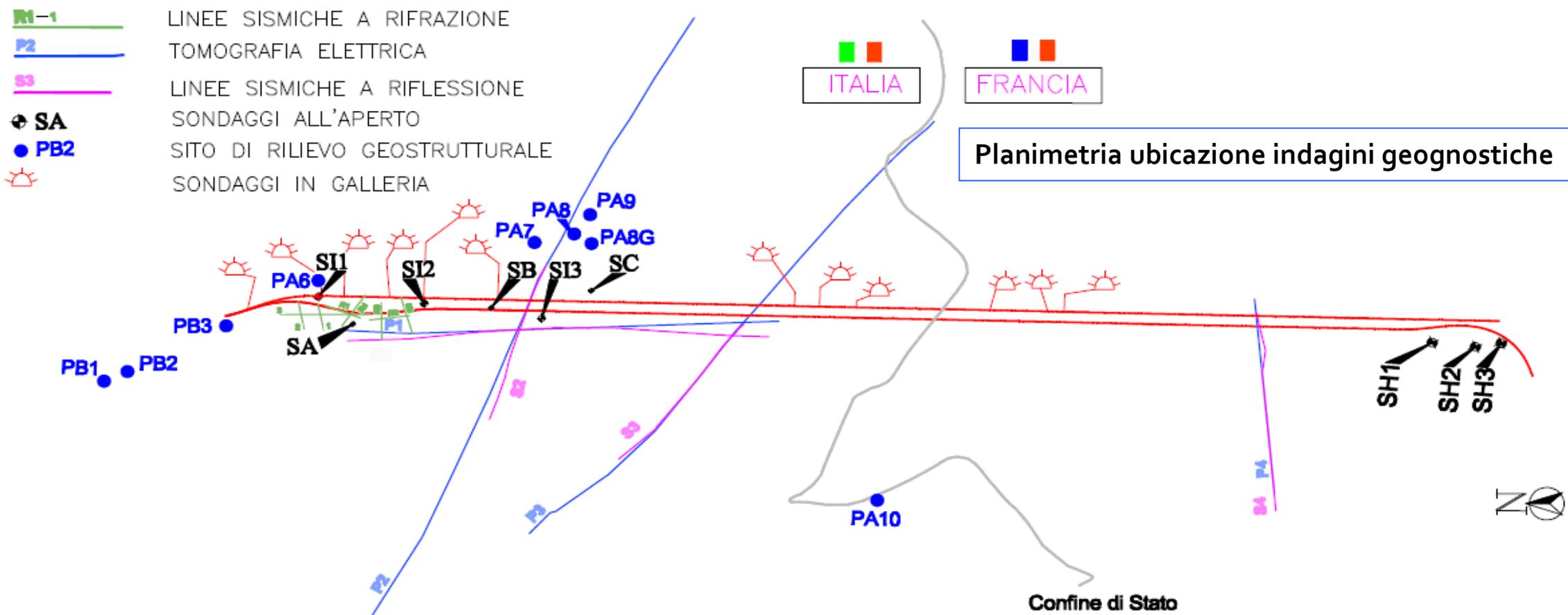


Nell'area di interesse dell'opera gli affioramenti rocciosi più significativi sono rappresentati da:

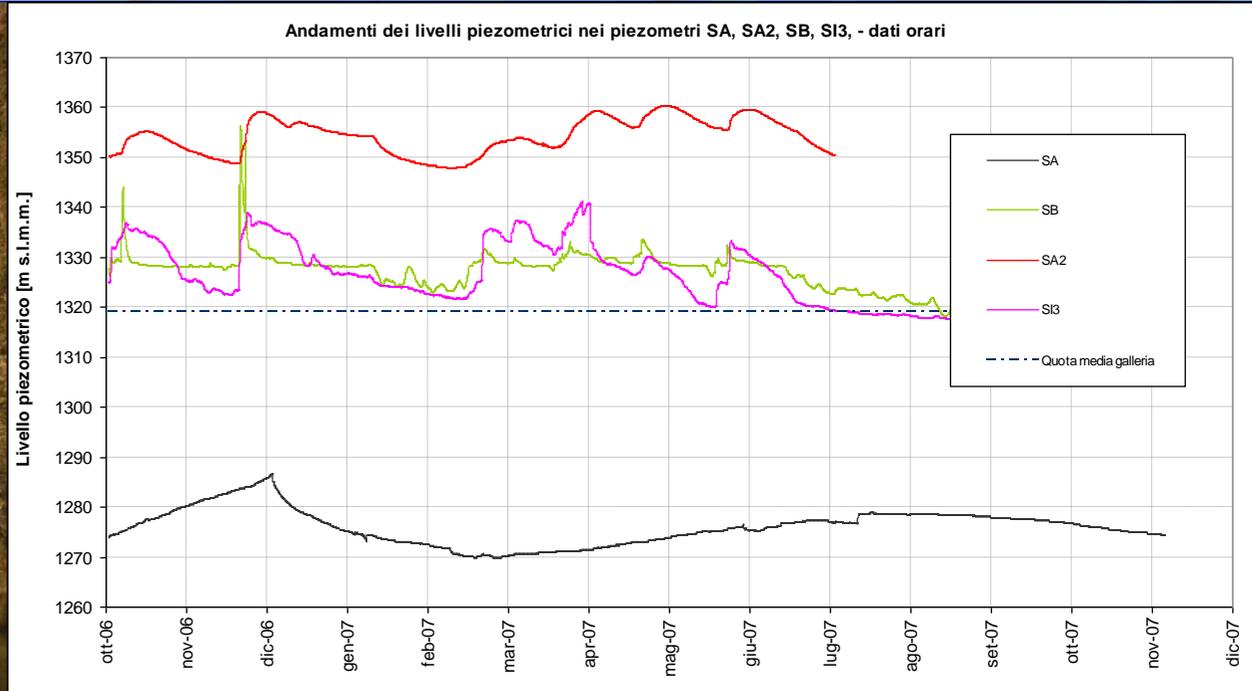
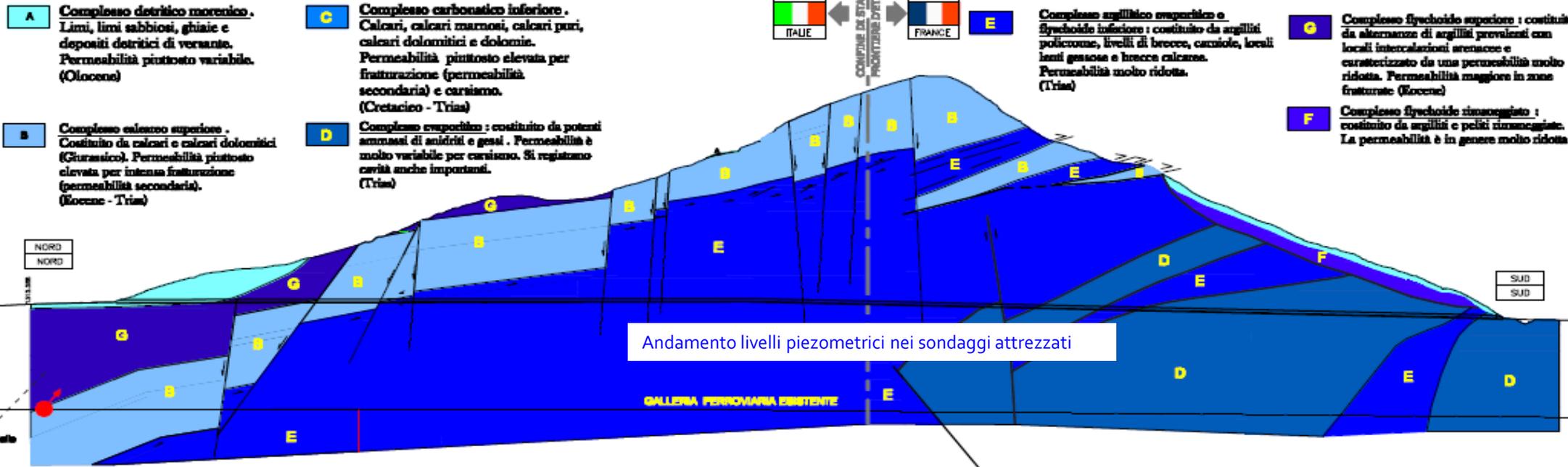
- Potenti formazioni flyschiodi cenozoiche (Eocene – Oligocene) costituite da alternanze ritmiche di scisti argillosi e arenacei e da calcari argillosi e filladici.

- Grosse bancate di calcari e calcari dolomitici giurassici e masse evaporitiche costituite da anidriti, gessi e carniole attribuibili al Trias, inseriti per contatto tettonico di sovrascorrimento nella formazione precedente.

Oltre ad aver fatto riferimento alle numerose indagini eseguite sul versante francese dal CETu, l'ANAS ha commissionato numerose indagini geognostiche

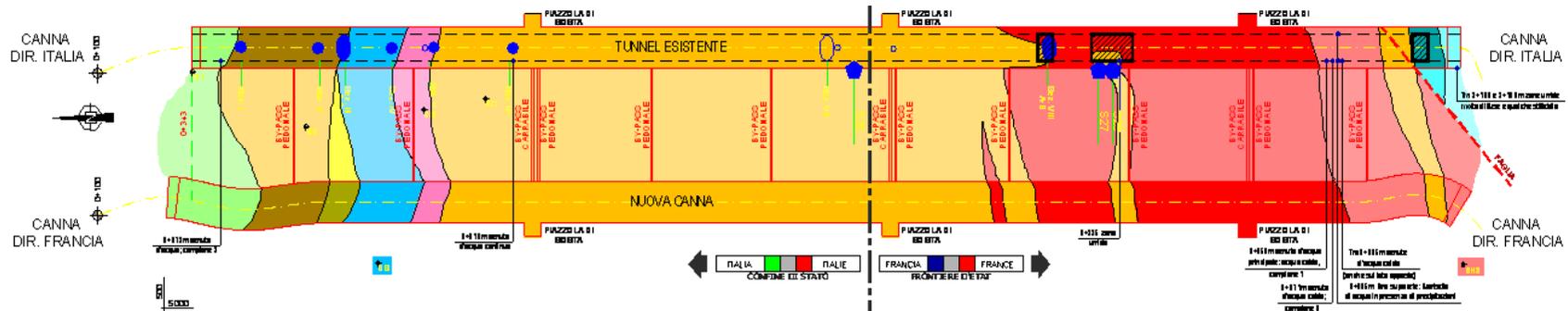


- Prove di laboratorio per la determinazione della resistenza a compressione monoassiale, della resistenza a carico puntuale e peso per unità di volume;
- Indagini di scansione laser e georadar in galleria esistente.
- Rilievi geologici di dettaglio in siti rappresentativi per l'analisi strutturale dell'ammasso roccioso;
- Sondaggi geognostici a carotaggio continuo esterni e dalla galleria esistente;
- Indagini geofisiche;
- Indagini idrogeologiche integrative

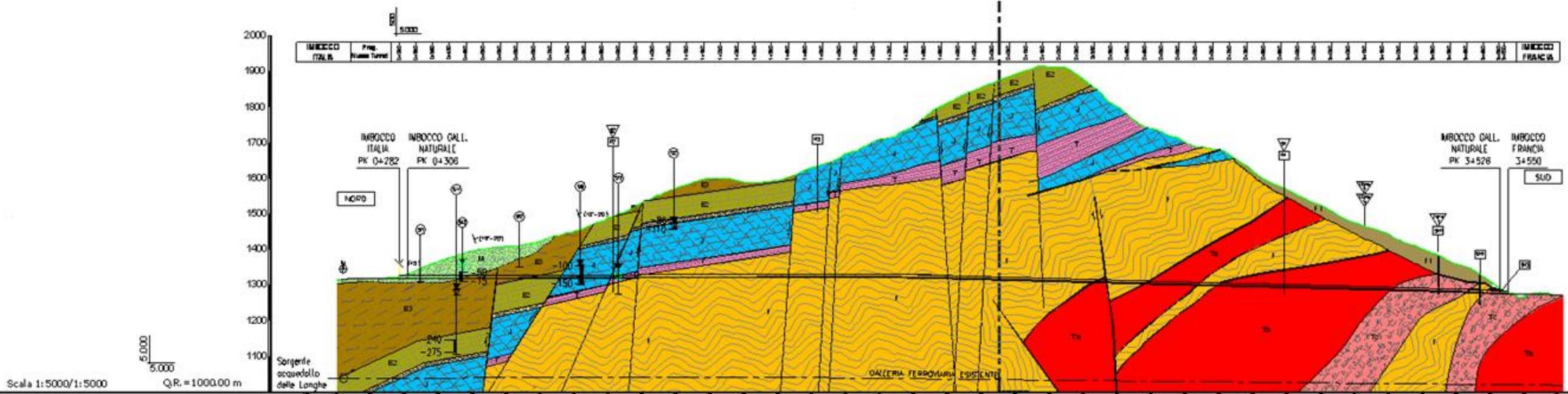


LEGENDA

- | | | | |
|---|--|---|---|
| DOMINIO INTERNO SUB-BRIANZONESE | | DOMINIO ESTERNO DELFINESE | |
| FLYSCH Alternaenze di argilliti prevalenti con locali intercalazioni arenose EOCENE | COLTRE DI FLYSCH RIMANEGGIATO Argilliti, peliti e arenarie con elementi delle successioni sub-brianzonesa EOCENE-OLIGOCENE | CALCAREI A NUMMULITI Calcarei e calcari marinos stratificati EOCENE | FLYSCH ARENACE O FELTICO Peliti e argilliti con arenarie in banchi localmente prevalenti, la base dell'unita costituita da calcari EOCENE |
| CONGLOMERATI POLIGENICI Conglomerati poligenici cementati mal stratificati EOCENE | CALCARI MARINOSI Calcare marinoso stratificato e localmente fratturato CRETACICO INFERIORE | CALCARI DI PIATTAFORMA CARBONATICA Calcarei e calcari dolomitici in strati e banchi, interamente fessurati GIURASSICO-CRETACICO | CALCARI E CALCARI DOLOMITICI Calcarei e calcari dolomitici GIURASSICO |
| ARGILLITI E CALCARI Argilliti polizome con locali livelli di calcari dolomitici TRIASSICO | CARNIOLE E ARGILLE Calcare dolomitico cavernoso con livelli argillosi TRIAS | MORENE Depositi glaciali eterometrici grossolani in matrice sabbiosa-olivacea OLOCENE-PLEISTOCENE SUPERIORE | ANIDRIDI E GESSI Anidridi e gessi TRIAS SUPERIORE |
-
- | | |
|----------------------|------------------|
| Limite stratigrafico | Sovrascorrimento |
| Faglia normale | Faglia |



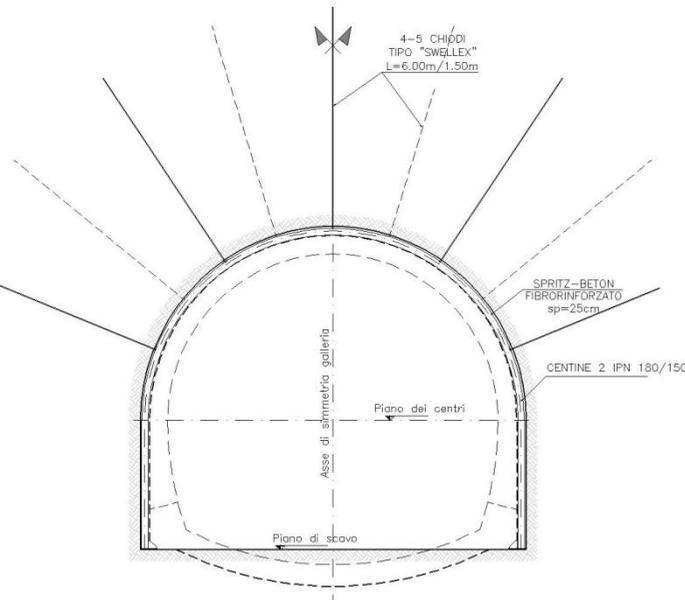
- | | |
|---|-----------------------------------|
| TOMOGRAFIA ELETTRICA | PIEZOMETRO - TUBO FINISTRATO |
| LINEE SISMICHE A RIFLESSIONE | Max LIVELLO QUOTA PIEZOMETRICA |
| SONDAGGI GEOGNOSTICI | Min |
| INTERVENTO DI CENTINATURA A CONSOLIDAMENTO DELLA GALL. ESISTENTE. | |



| PROGRESSIVE | QUOTE TERRENO | QUOTE PROGETTO |
|-------------|---------------|----------------|
| 0+000 | 1100 | 1100 |
| 0+050 | 1150 | 1150 |
| 0+100 | 1200 | 1200 |
| 0+150 | 1250 | 1250 |
| 0+200 | 1300 | 1300 |
| 0+250 | 1350 | 1350 |
| 0+300 | 1400 | 1400 |
| 0+350 | 1450 | 1450 |
| 0+400 | 1500 | 1500 |
| 0+450 | 1550 | 1550 |
| 0+500 | 1600 | 1600 |
| 0+550 | 1650 | 1650 |
| 0+600 | 1700 | 1700 |
| 0+650 | 1750 | 1750 |
| 0+700 | 1800 | 1800 |
| 0+750 | 1850 | 1850 |
| 0+800 | 1900 | 1900 |
| 0+850 | 1950 | 1950 |
| 0+900 | 2000 | 2000 |

Sezioni di scavo e consolidamento per la galleria di nuova costruzione

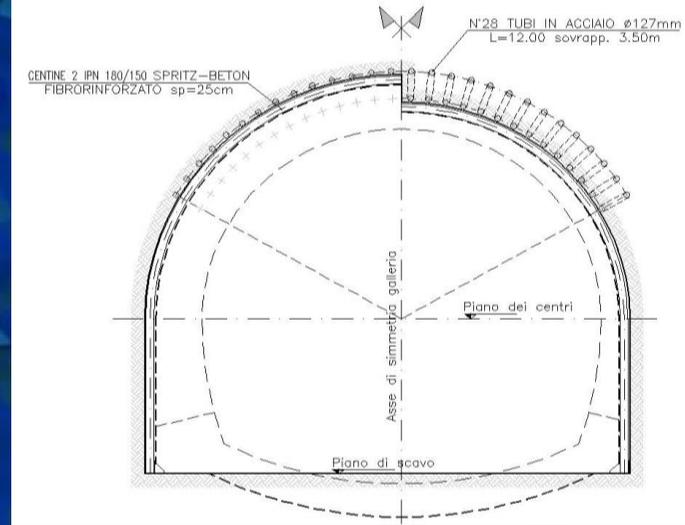
SEZIONE TIPO A1 IN AVANZAMENTO



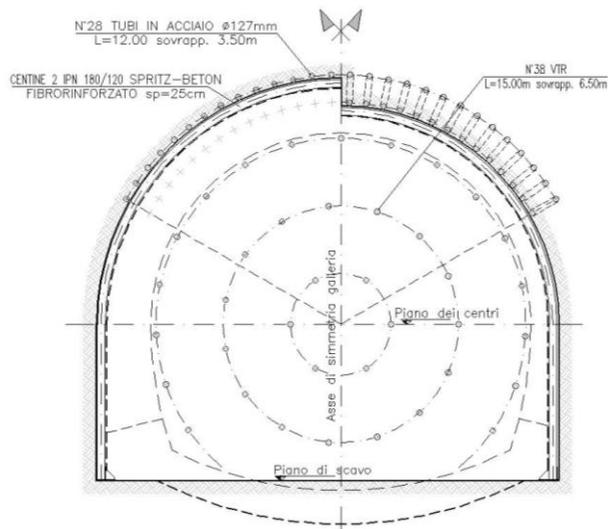
| Tunnel Col di Tenda Galleria Nuova | | Consolidamenti | |
|---------------------------------------|-----------------------|--|---|
| Litologia | Sezione tipo adottata | Fronte | Cavo |
| Morene | C1 | N° 35 jet-grouting $\phi 300$ armati con VTR L=15m sovr. 6,5m | N° 49 jet-grouting $\phi 600$ L=12m sovr. 3,5m |
| | A2 | | N° 28 tubi in acciaio L=12m sovr. 3,5m |
| Flysch Superiore - Calcari | B1 | N° 38 VTR L=15m sovr. 6,5m | N° 28 tubi in acciaio L=12m sovr. 3,5m |
| | A1 | Chiodature radiali barre super swellex L=6m passo 1,5m | |
| Flysch Inferiore - Anidriti | B1 | N° 38 VTR L=15m sovr. 6,5m | N° 28 tubi in acciaio L=12m sovr. 3,5m |
| | C2 | N° 50 VTR L=16m sovr. 7,5m | N° 28 tubi in acciaio L=12m sovr. 3,5m |

Galleria Naturale da 0+306,00 a 3 + 526,00

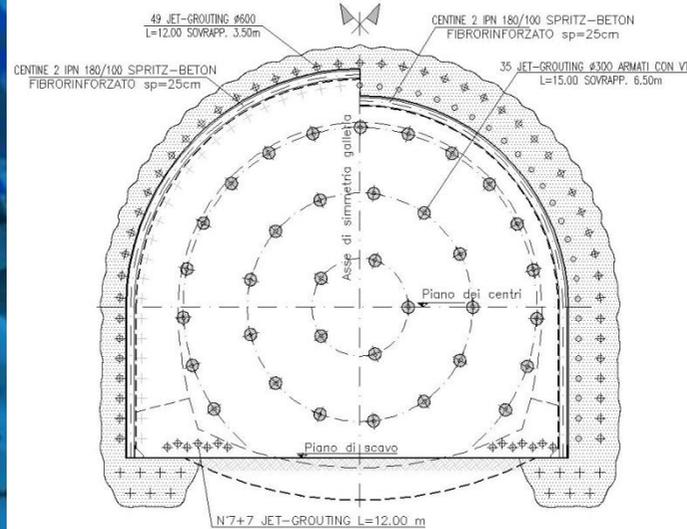
SEZIONE TIPO A2 IN AVANZAMENTO



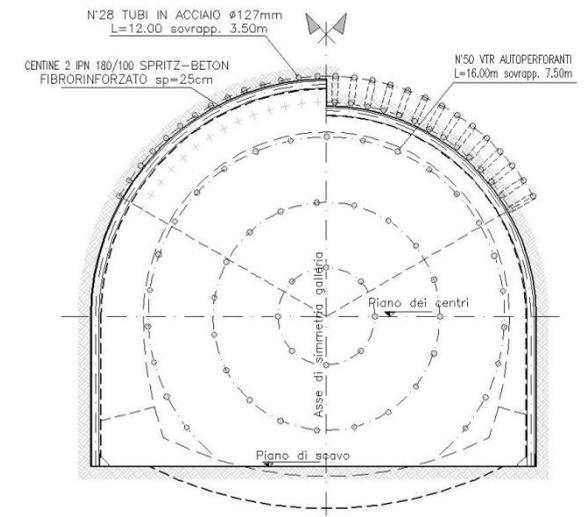
SEZIONE TIPO B1 IN AVANZAMENTO



SEZIONE TIPO C1 IN AVANZAMENTO

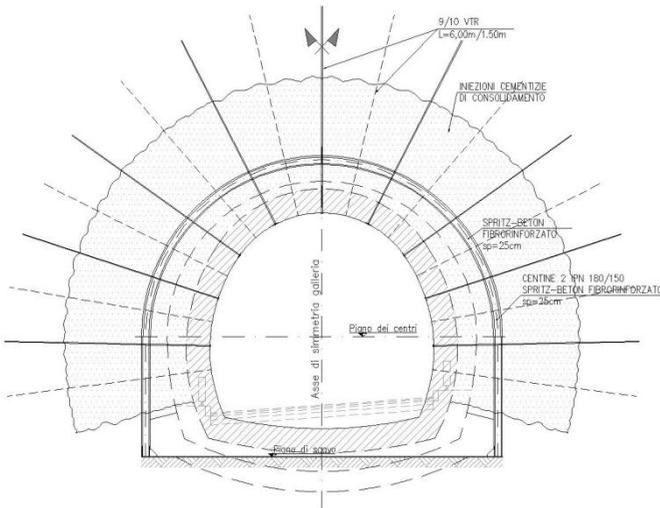


SEZIONE TIPO C2 IN AVANZAMENTO

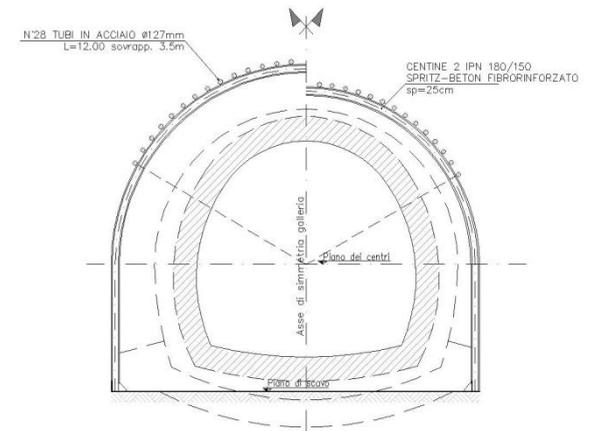


Sezioni di scavo e consolidamento per l'alesaggio della galleria esistente

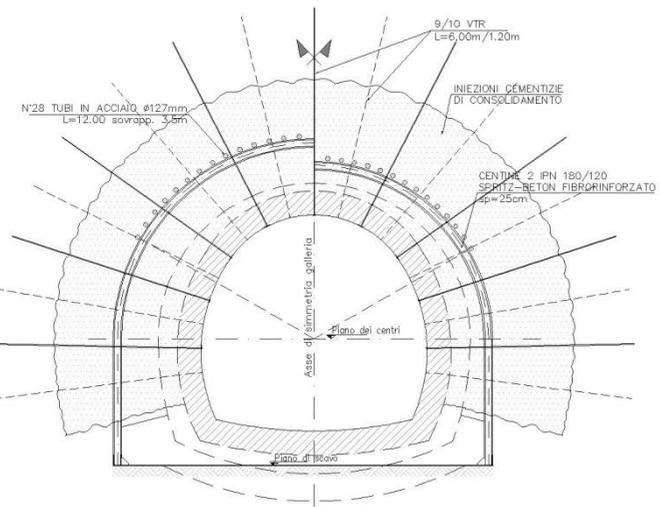
SEZIONE TIPO Aa1 IN AVANZAMENTO



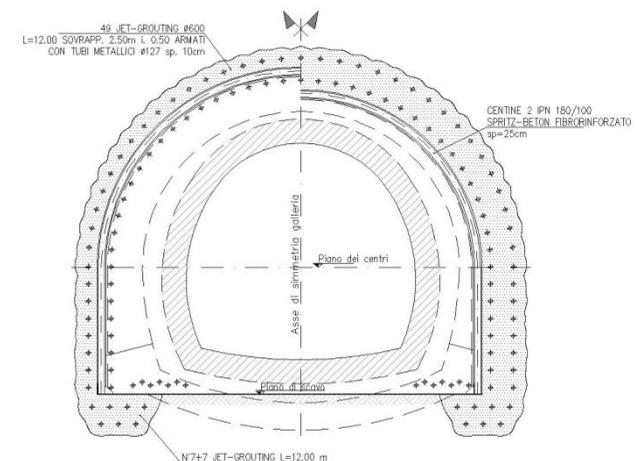
SEZIONE TIPO Aa2 IN AVANZAMENTO



SEZIONE TIPO Bb1 IN AVANZAMENTO

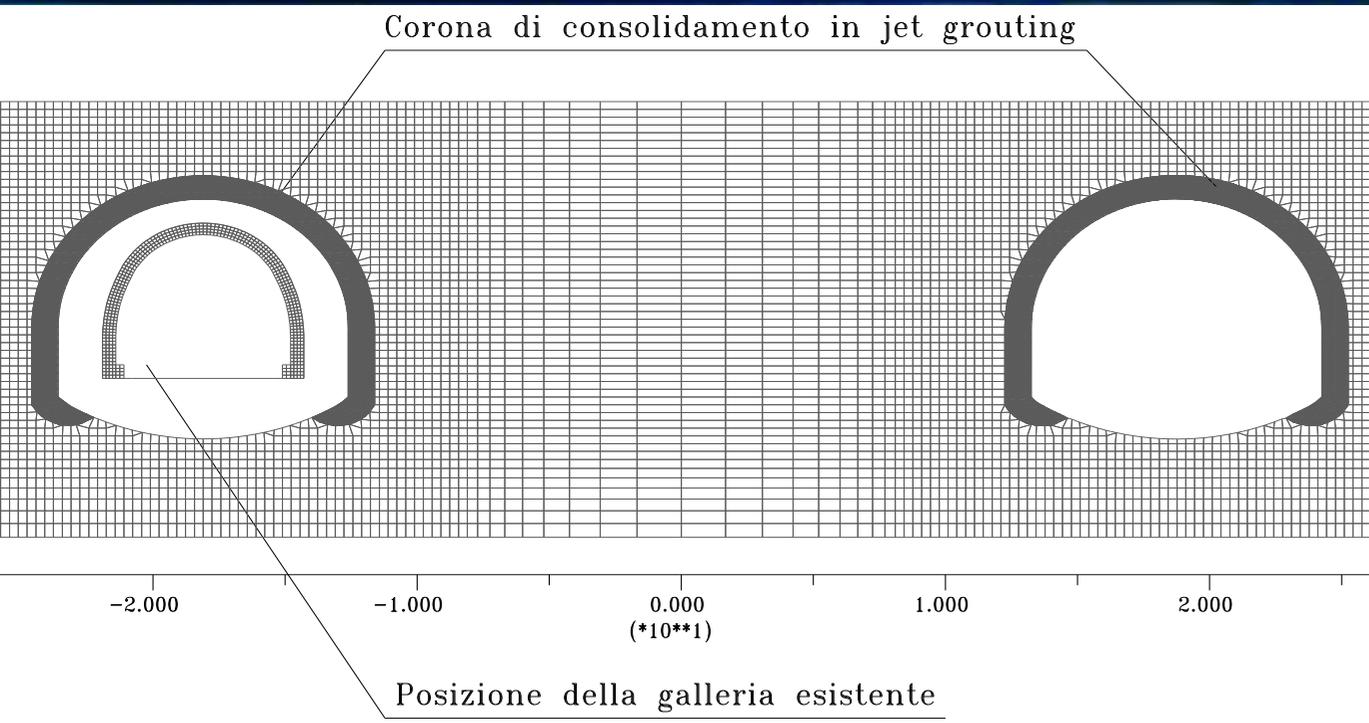


SEZIONE TIPO Cc1 IN AVANZAMENTO



| Tunnel Col di Tenda Alesaggio Galleria Esistente | | Consolidamenti | | |
|---|-----------------------|----------------|--|-----------------------------|
| Litologia | Sezione tipo adottata | Fronte | Cavo | Radiali |
| Morene | Cc-1 | - | N° 49 jet-grouting φ600 L=12m sovr. 3,5m | |
| | Aa-1 | - | - | N° 9 VTR L=6m passo 1,5m |
| Flysch Superiore - Calcari Flysch Inferiore - Anidriti | Aa-2 | - | N° 28 tubi in acciaio L=12m sovr. 3,5m | |
| | Bb-1 | - | N° 28 tubi in acciaio L=12m sovr. 3,5m | N° 9 VTR L=6m passo 1,2m |
| Carniole | Bb-1 | - | N° 49 jet-grouting φ600 L=12m sovr. 3,5m | |

Galleria Naturale da 0+370,14 a 3 + 508,18



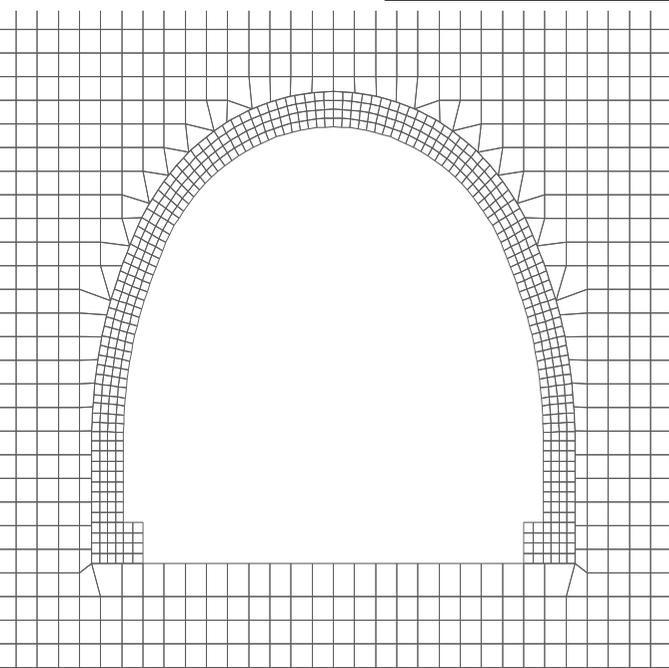
FASE 1: Stato litostatico considerando la quota della falda al di sotto del piano stradale

FASE 2: Modellazione della galleria esistente eseguita in due *time* successivi con discretizzazione del rivestimento in muratura

FASE 3: Modellazione della nuova galleria eseguita in sette *time* successivi al fine di riprodurre fedelmente tutte le fasi costruttive

FASE 4: Modellazione dell'allargamento della galleria esistente eseguita in sette *time* successivi al fine di riprodurre tutte le fasi di realizzazione

FASE 5: Risalita della quota della falda al di sopra delle gallerie



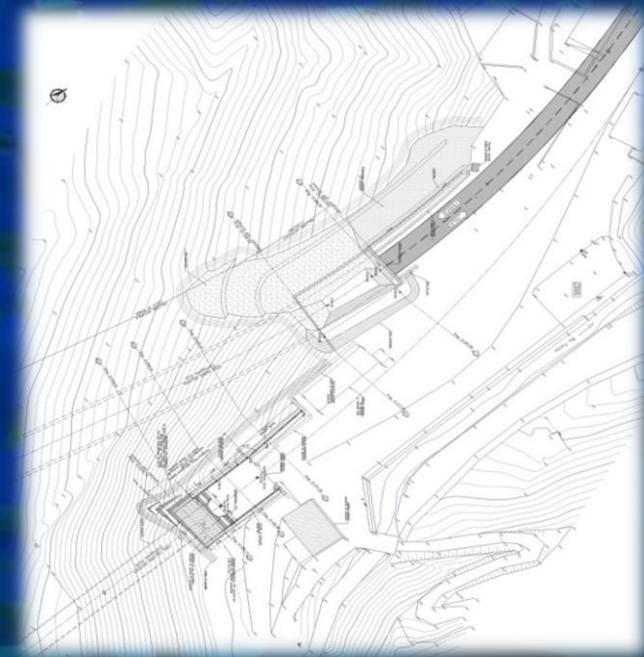
Durante tutte le fasi costruttive sono state monitorate le tensioni agenti sul rivestimento in muratura della galleria esistente al fine di valutare un'eventuale interazione tra il nuovo e il vecchio tunnel. Sono state calcolate le convergenze del cavo e le sollecitazioni sui rivestimenti. Sono inoltre state verificate anche le sollecitazioni sui rivestimenti del tunnel adiacente allo scopo di evidenziare eventuali interazioni.

Ante Operam

Imbocco versante italiano



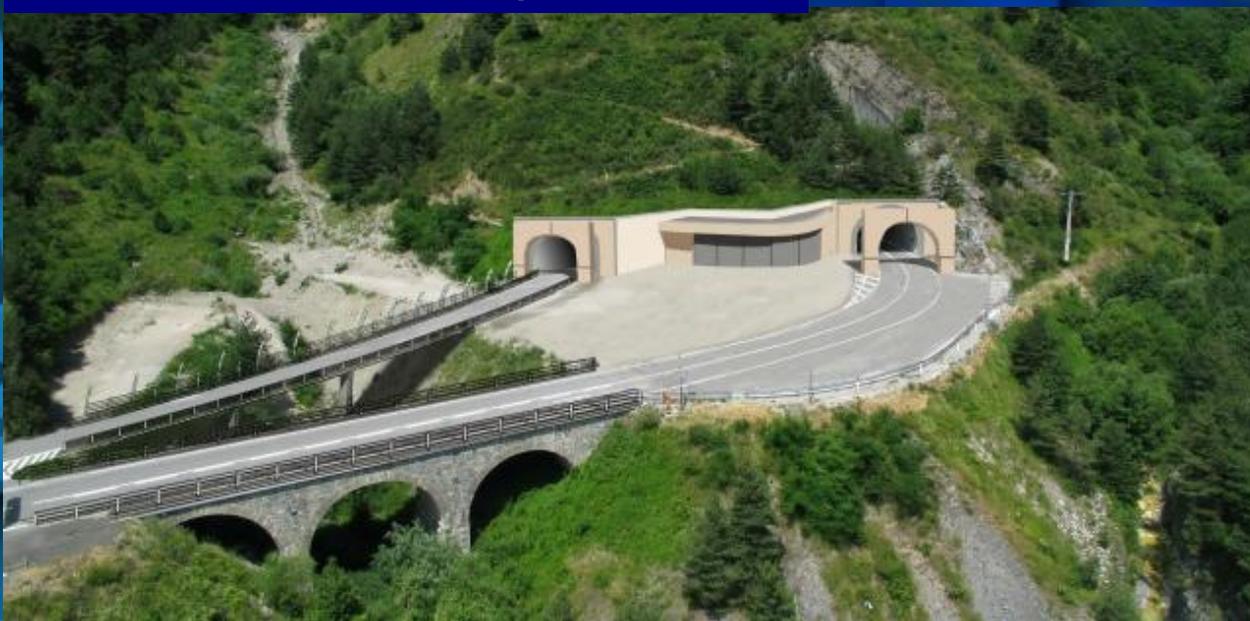
Fotosimulazione Post Operam



Ante Operam



Fotosimulazione Post Operam



Imbocco versante francese

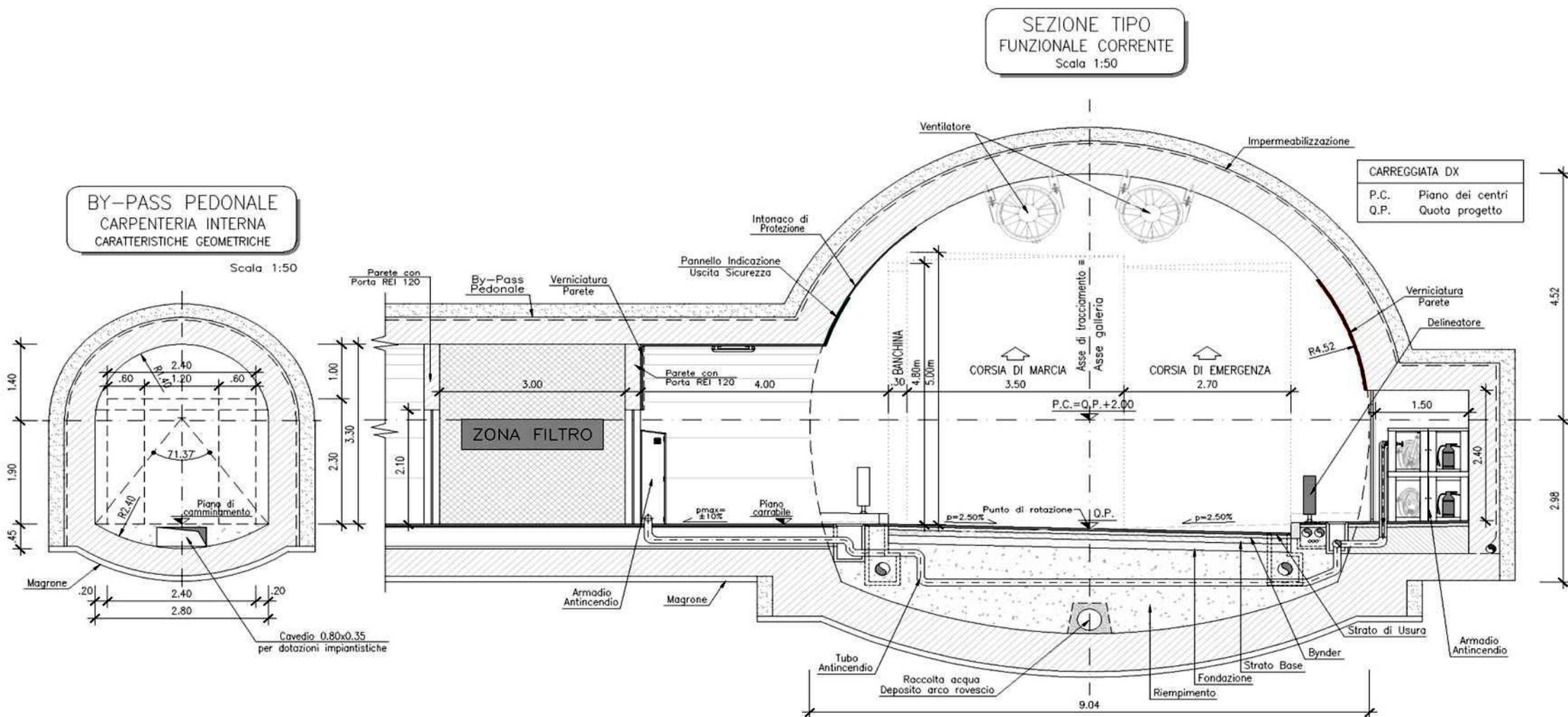


IMPIANTI IN GALLERIA

- Impianto di ventilazione meccanica
- Impianto di illuminazione
- Impianto di segnaletica
- Impianto di controllo dell'aria e del traffico
- Impianto di rilevazione incendio
- Impianto di estinzione incendio ad acqua

- Impianto TVCC
- Impianto di rilevazione automatica di incidenti
- Impianto fonico e di richiesta soccorso (SOS)
- Impianto di radiotrasmissione
- Impianto per l'esercizio dei by-pass pedonali
- Impianti elettrici
- Impianto di Gestione Tecnica Centralizzata

- Centro di Controllo Centralizzato
- Dispositivi per la chiusura del tunnel
- Dispositivi di drenaggio dei liquidi infiammabili e tossici



Ai sensi delle normative in vigore, è stato redatto un Dossier di Sicurezza (DS2) che affronta le problematiche relative alla fruizione del tunnel da parte di utenti durante le fasi di realizzazione

DS2

Fase 1: costruzione del nuovo tunnel e traffico bidirezionale sul tunnel esistente;

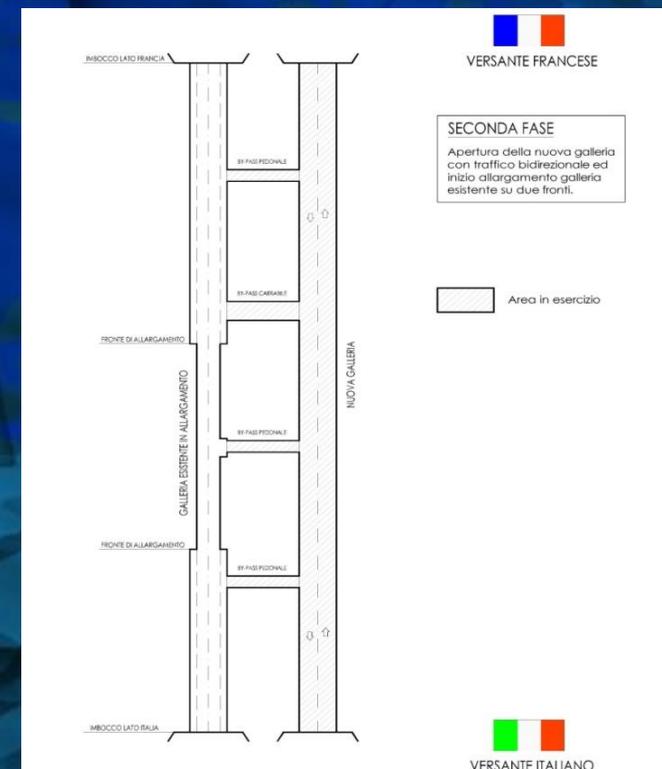
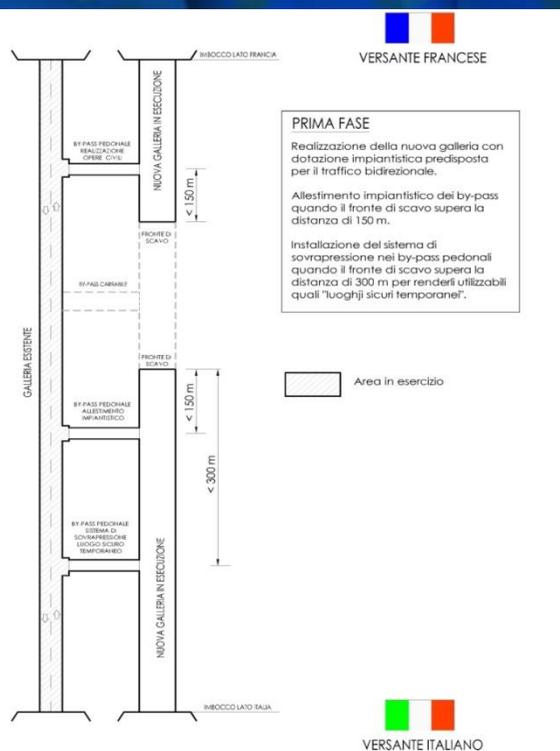
Fase 2: ampliamento tunnel esistente e traffico bidirezionale sul nuovo tunnel;

Fase 3: assetto definitivo con traffico unidirezionale sulle due canne.

Fasi di lavoro

Fase 1 – Realizzazione della nuova canna

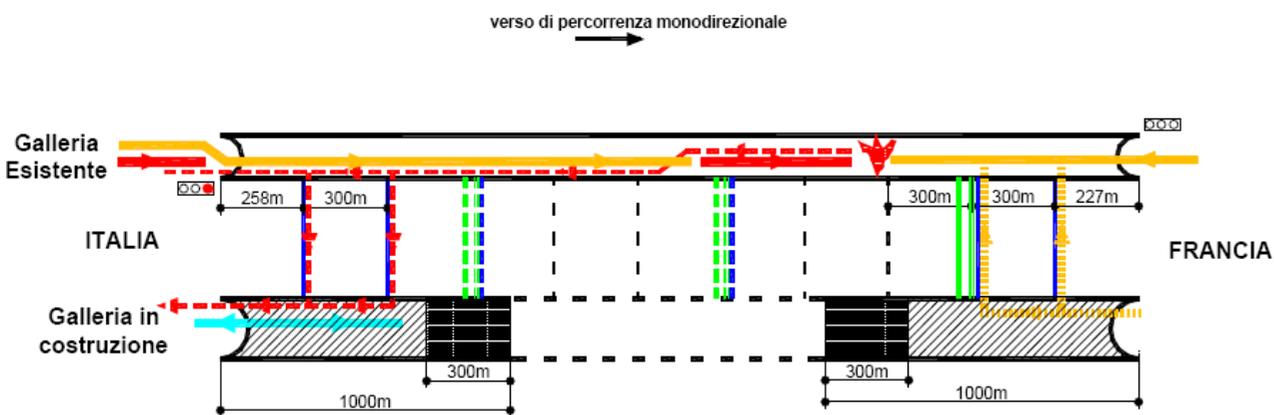
Fase 2 – Ampliamento del tunnel esistente



La galleria in costruzione e la conseguente progressiva apertura dei by-pass rappresentano un notevole incremento della sicurezza.

Nello schema grafico vengono evidenziati i percorsi utilizzabili dai VVF per la gestione dell'incendio e l'evacuazione degli utenti nella Fase 1.

CASO B: v. scenario 3 di Fase 1 (cfr. doc. F1.3, §4.5.4, Tabella 11)

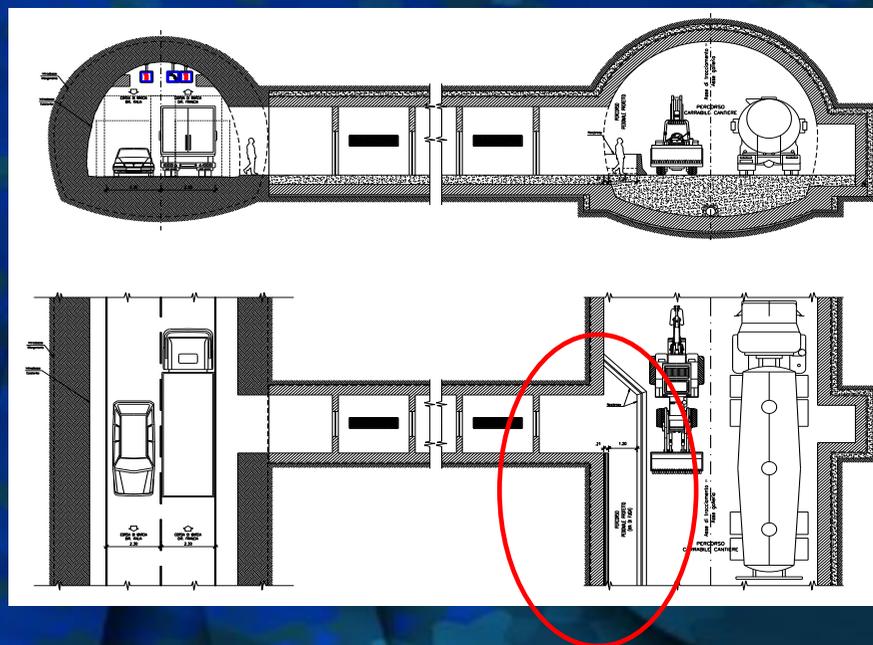


| ITALIA | | | |
|--------------------------------|-----------------|-------------------------------------|--------|
| SERVIZIO | ORIGINE | DISTANZA all'imbocco della galleria | TEMPO |
| Polizia stradale | Cuneo | 32 km | 45 min |
| Corpo dei Carabinieri | Limone Piemonte | 6.5 km | 12 min |
| Corpo dei Vigili del Fuoco (1) | Cuneo | 32 km | 45 min |

| LEGENDA | |
|---------|--------------------------------|
| | Veicoli bloccati in coda |
| | Utenti in fuga |
| | Accesso VVF con mezzi |
| | Accesso VVF a piedi |
| | Servizio di recupero utenti |
| | By-Pass pedonali da realizzare |
| | By-Pass pedonali realizzati |
| | By-Pass carrabili |
| | Area di cantiere |
| | Fronte di scavo |
| | Semaforo |

| FRANCIA | | | |
|--|---------------------------------|-------------------------------------|--------|
| SERVIZIO | ORIGINE | DISTANZA all'imbocco della galleria | TEMPO |
| Direzione Dipartimentale delle infrastrutture delle Alpi Marittime | Nizza | 103 km | 1,44 h |
| Gendarmeria delle Alpi Marittime | Nizza | 103 km | 1,44 h |
| Presidio Pronto Intervento dello SDIS 08 | Imbocco francese della galleria | 100 m | 5 min |
| Direttore dipartimentale incendi e soccorso delle Alpi Marittime | Villeneuve Loubet | 109 km | 1,40 h |

(1) E' in corso di valutazione la possibilità di porre un presidio di Vigili del Fuoco a 2 km dal portale lato Italia

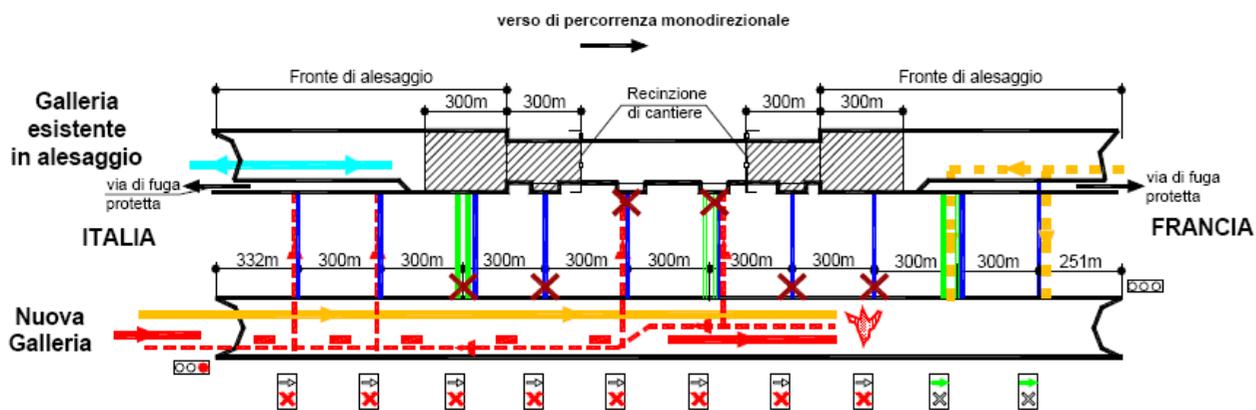


La galleria in costruzione viene attrezzata con dispositivi di indirizzamento e protezione per l'evacuazione degli utenti.

Nella Fase 2 il livello di sicurezza risulta incrementato dalla presenza dei by-pass e dalla presenza di una galleria attrezzata con i più moderni dispositivi impiantistici.

Nello schema grafico vengono evidenziati i percorsi utilizzabili dai VVF per la gestione dell'incendio e l'evacuazione degli utenti nella Fase 2.

CASO B: v. scenario 3 di Fase 2 (cfr. documento F2.3 § 4.5.4 - Tabella 11)

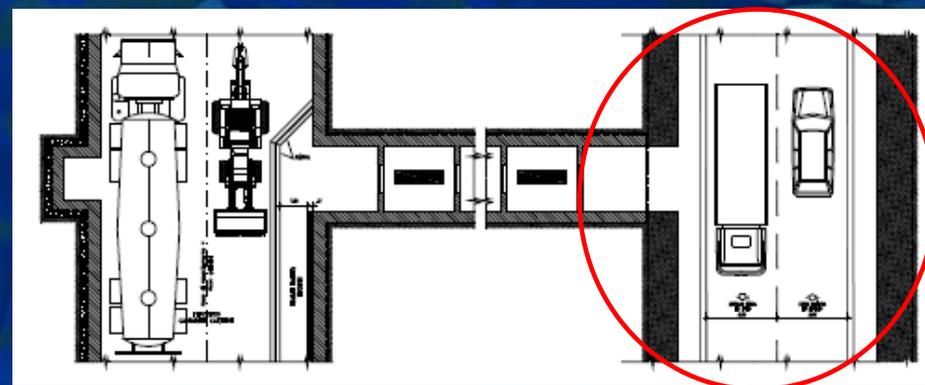


| ITALIA | | | |
|--------------------------------|-----------------|-------------------------------------|--------|
| SERVIZIO | ORIGINE | DISTANZA all'imbocco della galleria | TEMPO |
| Polizia stradale | Cuneo | 32 km | 45 min |
| Corpo dei Carabinieri | Limone Piemonte | 8,5 km | 12 min |
| Corpo dei Vigili del Fuoco (1) | Cuneo | 32 km | 45 min |

| LEGENDA | |
|---------|---|
| | Veicoli bloccati in coda |
| | Utenti in fuga |
| | Accesso VVF con mezzi |
| | Accesso VVF di rinforzo |
| | Servizio di recupero utenti |
| | By-Pass pedonali realizzati |
| | By-Pass carrabili |
| | BPP e/o BPC temporaneamente indisponibili |
| | Semaforo freccia - croce |
| | Area di cantiere |
| | Semaforo |

| FRANCIA | | | |
|--|---------------------------------|-------------------------------------|--------|
| SERVIZIO | ORIGINE | DISTANZA all'imbocco della galleria | TEMPO |
| Direzione Dipartimentale delle infrastrutture delle Alpi Marittime | Nizza | 103 km | 1,44 h |
| Gendarmeria delle Alpi Marittime | Nizza | 103 km | 1,44 h |
| Presidio Pronto Intervento dello SDIS 08 | Imbocco francese della galleria | 100 m | 5 min |
| Direttore dipartimentale incendi e soccorso delle Alpi Marittime | Villeneuve Loubet | 109 km | 1,40 h |

(1) E' in corso di valutazione la possibilità di porre un presidio di Vigili del Fuoco a 2 km dal portale lato Italia



La galleria in esercizio presenta una larghezza della piattaforma maggiore dell'esistente.

APPALTO INTEGRATO

| | | | |
|----------------|--------------|---|---------------|
| <u>Importo</u> | Investimento | → | € 209.000.000 |
| | Lavori | → | € 176.000.000 |

GARA AGGIUDICATA DAL MESE DI MAGGIO 2012
Attualmente è in fase di redazione il progetto esecutivo

| | | | |
|---|----------------|---|----------|
| <u>Durata lavori per apertura</u> | Nuovo Tunnel | → | 4.0 anni |
| | Tunnel alesato | → | 3.0 anni |