AlpTransit Gotthard

Nuove vie di transito attraverso il cuore della Svizzera

La prima ferrovia di pianura attraverso le Alpi Svizzere diventa realtà. Il nuovo collegamento ferroviario si sviluppa da Altdorf a Lugano passando sotto il massiccio del San Gottardo. Si tratterà di una vera alternativa al trasporto stradale delle merci. I passeggeri beneficeranno di collegamenti migliori con tempi di percorrenza inferiori.

Sommario

Politica svizzera dei trasporti	**3**
L'asse del San Gottardo della NFTA	**4**
Ferrovia di pianura	**5**
Trasporto merci	**6**
Trasporto di passeggeri	**7**
Progetto	**8/9**
Finanziamento	**10**
Organizzazione	**11**
Galleria di base del San Gottardo	**12/13**
Galleria di base del Ceneri	**14/15**
Geomatica	**16/17**
Geologia	**18/19**
Metodi d'avanzamento	**20**
Rivestimento interno della galleria	**21**
Protezione dell'ambiente	**22**
Gestione del materiale	**23**
Attrezzature di costruzione grezza	**24–27**
Tecnica ferroviaria	**28–41**
Messa in servizio	**42**
Esercizio ferroviario	**43–47**

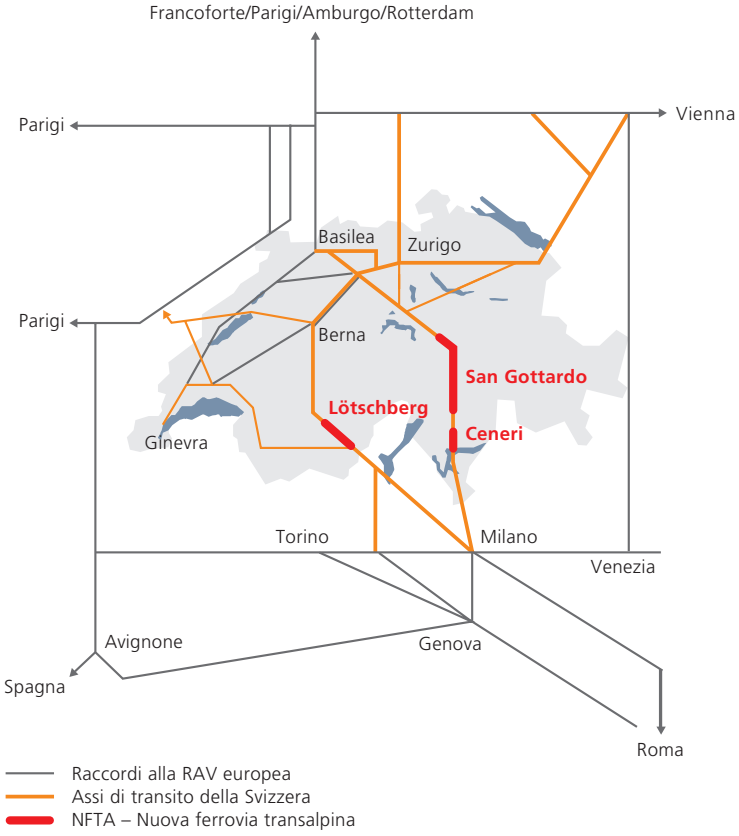
Politica svizzera dei trasporti
Sostenibile e lungimirante

La NFTA consentirà di realizzare obiettivi importanti della politica svizzera dei trasporti: il trasferimento del traffico merci dalla strada alla rotaia e il miglioramento dell'offerta per i passeggeri.

La Svizzera segue una politica dei trasporti fondata sul rispetto dell'ambiente, sull'efficienza e sulla finanziabilità. Ciò implica anche l'ammodernamento dell'infrastruttura ferroviaria e l'integrazione nella rete europea ad alta velocità. Il trasporto di merci deve avvenire per quanto possibile con la ferrovia. Il trasferimento dalla strada alla rotaia tutela gli spazi sensibili delle Alpi dagli effetti inquinanti di un traffico in costante aumento.

La nuova trasversale alpina

La Svizzera mira a raggiungere i propri obiettivi attraverso vari progetti: Ferrovia 2000, raccordo alla rete europea ad alta velocità, risanamento fonico e Ferrovia 2030. La priorità assoluta è comunque data ai grandi progetti della Nuova ferrovia transalpina (NFTA) del Lötschberg e del San Gottardo. La Galleria di base del Lötschberg è già stata inaugurata nel 2007, quella del San Gottardo sarà aperta presumibilmente alla fine del 2016 e quella del Ceneri a fine 2019.



La NFTA nella rete ferroviaria europea

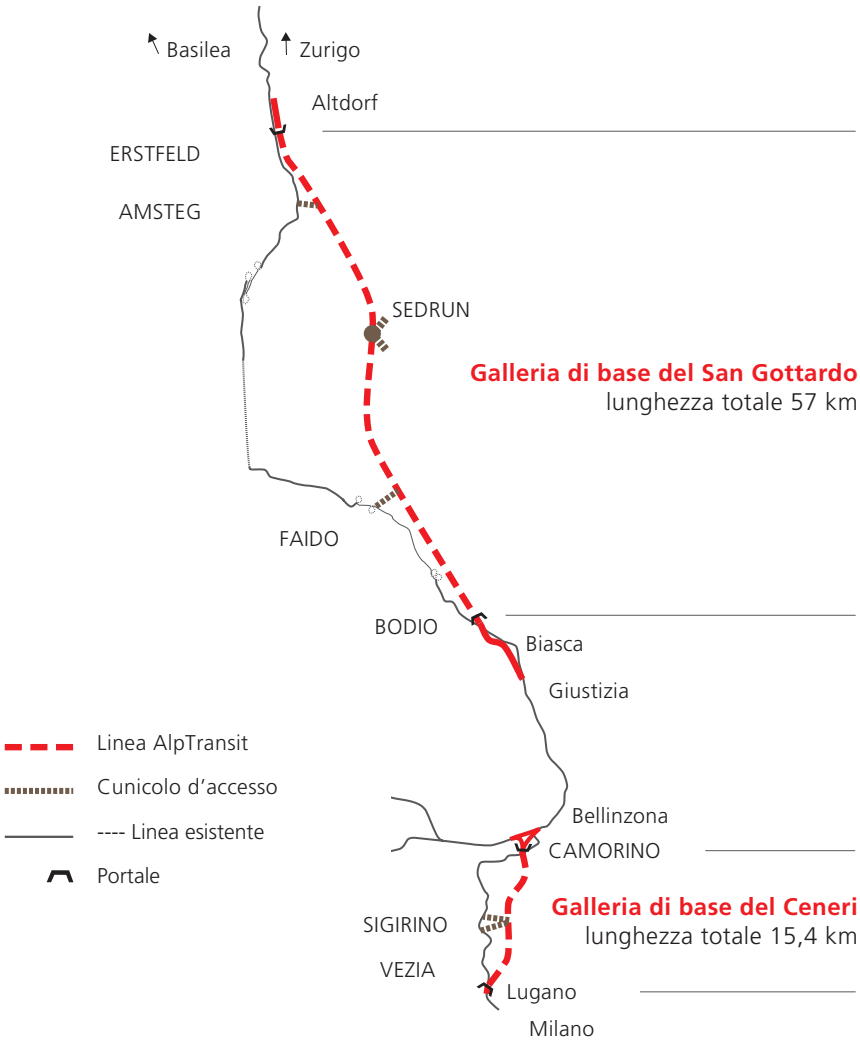
L'«autostrada viaggiante» attraverso il San Gottardo

L’asse del San Gottardo della NFTA
Nuove vie attraverso le Alpi

Con la realizzazione della Nuova ferrovia transalpina (NFTA) nasce un collegamento ferroviario rapido ed efficiente attraverso il San Gottardo. Elementi cardine sono le due gallerie di base del San Gottardo e del Ceneri.

Il progetto NFTA crea nuove prospettive per il traffico ferroviario attraverso le Alpi. Consente un trasporto ecologico ed efficiente delle merci su rotaia. Per i viaggiatori i tempi di percorrenza sulle tratte nazionali e internazionali si riducono in misura sostanziale.

L’asse NFTA del San Gottardo rappresenta il progetto di costruzione più importante della Svizzera. Esso comprende le Gallerie di base del Gottardo e del Ceneri e i relativi raccordi alle linee esistenti.



Tracciato dell’asse del San Gottardo

In breve

Galleria di base del San Gottardo

- Lunghezza complessiva: 57 km – galleria più lunga del mondo
- Si estende da Erstfeld (portale nord) a Bodio (portale sud)
- Massima copertura rocciosa: 2300 m
- Partecipanti alla costruzione: 1800 persone
- Avanzamento nelle due canne principali: il 75% tramite TBM, il 25% convenzionale (con esplosivo)
- 2 stazioni multifunzionali: Faido e Sedrun
- Velocità massima: treni merci 160 km/h, treni viaggiatori 250 km/h
- Materiale di scavo: 28 milioni di tonnellate
- Inaugurazione prevista nel 2016

Galleria di base del Ceneri

- Lunghezza complessiva: 15,4 km
- Si estende da Vigana (portale nord) a Lugano-Vezia (portale sud)
- Massima copertura rocciosa: 800 m
- Partecipanti alla costruzione: 400 persone
- Avanzamento: il 100% convenzionale (con esplosivo)
- Velocità massima: treni merci 160 km/h, treni viaggiatori 250 km/h
- Materiale di scavo: 8 milioni di tonnellate
- Inaugurazione prevista nel 2019

Ferrovia di pianura
Più produttiva grazie all'innovazione

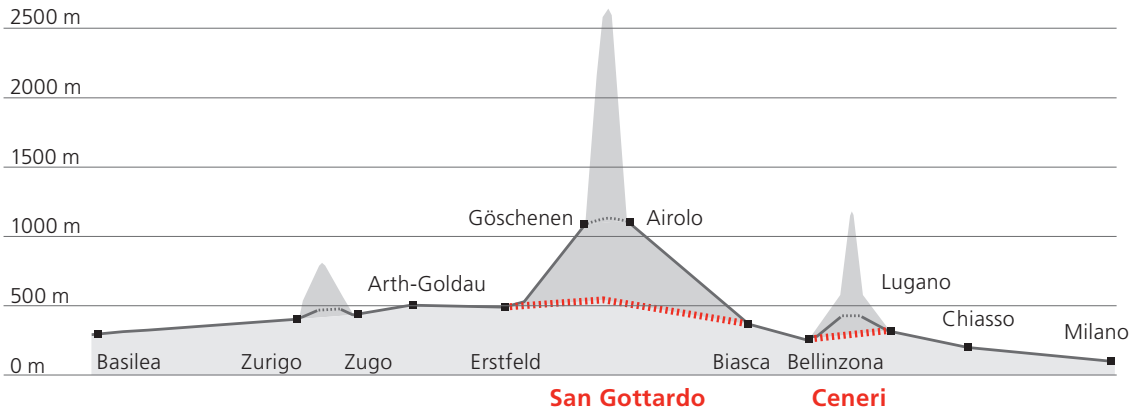
Sull'asse del San Gottardo nasce la prima ferrovia di pianura attraverso le Alpi. Da Altdorf porta fino a Lugano con pendenze e curvature minime. Il suo punto più elevato si situa a 550 metri di altitudine, lo stesso livello della città di Berna.

La ferrovia di pianura riduce la distanza fra Basilea e Chiasso di ben 40 km e non deve affrontare pendenze superiori al 12 per mille, un progresso notevole rispetto al 26 per mille dell'attuale linea di montagna del San Gottardo e della rampa nord del Ceneri.

Vantaggi per le merci e per i passeggeri

I nuovi tracciati consentono di ridurre sensibilmente i tempi di percorrenza. I treni viaggiatori raggiungeranno velocità fino a 250 km/h. Rispetto a oggi l'incremento delle corse per passeggeri sull'asse nord-sud sarà del 25%. L'eliminazione dei forti dislivelli permetterà di aumentare il numero di treni merci. Inoltre sulla linea di pianura il fabbisogno di energia è inferiore e, grazie al tracciato più breve, i treni giungeranno a destinazione prima.

Portale sud della Galleria di base del San Gottardo (Bodio)



Ferrovia di pianura sull'asse del San Gottardo e del Ceneri

Trasporto merci
Dalla strada alla rotaia

Il trasporto di merci sull'asse nord-sud è in continuo aumento. Un rallentamento di questa tendenza non è prevista. Dunque, al fine di tutelare il sensibile spazio alpino, in futuro il trasporto delle merci dovrà avvenire per quanto possibile su rotaia.

Per promuovere il trasferimento dei trasporti merci dalla strada alla rotaia, la ferrovia dovrà diventare più competitiva. Sotto questo aspetto, la ferrovia di pianura sull'asse del San Gottardo rappresenta una vera alternativa al trasporto stradale.

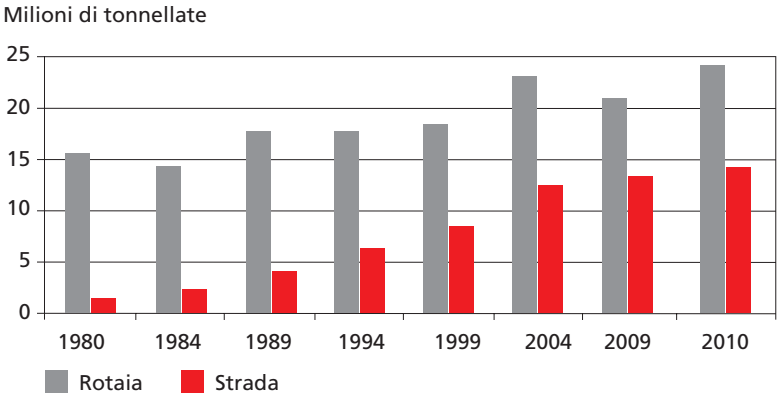
Maggiori capacità per il trasporto di merci

Giornalmente sulla nuova linea potranno transitare da 220 a 260 convogli, un aumento sostanziale rispetto alla capacità dell'attuale tracciato di montagna (140–160 convogli). La nuova linea piana e pressoché rettilinea è in grado di accogliere anche treni merci lunghi e pesanti. Carichi di 2000 tonnellate potranno attraversare la Svizzera senza fermate e senza motrici supplementari, evitando dunque manovre lunghe e dispendiose. Si otterrà un aumento della capacità annuale di trasporto merci, passando dagli attuali 20 milioni di tonnellate a circa 50 milioni di tonnellate. Ciò consentirà di smaltire il previsto aumento dei volumi di merci.

Treni merci sull'asse nord-sud

Sull'asse del San Gottardo transiteranno diversi treni merci. Di regola la loro lunghezza è di 750 m. Circa un terzo dei treni merci viene convogliato via Luino verso i terminali di carico e scarico dell'Italia del nord. Quasi due terzi raggiungono l'Italia passando da Chiasso. Quanto ai treni merci destinati al nord, circa un terzo raggiunge Anversa via Basilea. Sempre transitando da Basilea, gli altri due terzi sono diretti ai grandi bacini industriali della Germania, al porto di Rotterdam o in Scandinavia. Una minima parte raggiunge i porti del Reno presso Basilea.

Val Leventina: treno merci diretto a sud



Evoluzione del traffico merci attraverso le Alpi svizzere: 1981–2010

Trasporto di passeggeri
Più veloci e meglio collegati

Per i viaggiatori la nuova linea ferroviaria del San Gottardo rappresenterà un salto di qualità straordinario. Zurigo-Bellinzona diventa una distanza per pendolari. E Milano sarà raggiungibile in meno di tre ore dalla città della Limmat.

Grazie alle nuove opere realizzate lungo l'asse del San Gottardo, la ferrovia sarà in grado di competere sia con il traffico stradale, sia con quello aereo. A trarne beneficio saranno gli oltre 20 milioni di abitanti che popolano il vasto bacino di utenza fra il Sud della Germania e il Norditalia.

Migliori coincidenze per i pendolari e per il turismo di giornata

Gli orari ferroviari nazionali e transfrontalieri saranno coordinati fra di loro, articolandosi intorno ai nodi ferroviari di Zurigo e Milano. In questo modo sull'asse nord-sud i treni passeggeri potranno viaggiare a cadenza oraria e persino ogni 30 minuti nei fine settimana e nei periodi di punta. Qualora il numero di passeggeri aumentasse in maniera consistente e permanente, sarà possibile introdurre la cadenza semioraria generalizzata senza ridimensionare le capacità destinate ai treni merci.

Alta velocità – fino a 250 km/h

La nuova linea del San Gottardo è un tracciato per treni ad alta velocità. Su circa 60 km del nuovo tracciato i convogli passeggeri potranno raggiungere velocità fino a 250 km/h. Ciò presuppone un tracciato diritto senza curve strette e passaggi a livello sulle tratte all'aperto. Si creano quindi le condizioni tecniche e strutturali necessarie per collegare il Ticino a Zurigo in un'ora e mezza circa e Milano a Zurigo in meno di tre ore. Tuttavia ciò dipenderà in buona parte anche dalle opere di potenziamento della rete e di adeguamento delle tratte di accesso nonché dal materiale rotabile che sarà impiegato.

La nuova trasversale ferroviaria offrirà vantaggi ai viaggiatori

Progetto
Dall'idea alla realizzazione

L'idea di una trasversale alpina con pendenze minime non è nuova. La prima visione di una galleria di base attraverso il San Gottardo è stata sviluppata nel 1947. Il popolo svizzero, chiamato alle urne più volte negli anni 90, si è espresso a favore della NFTA, spianando la via alla sua realizzazione. I lavori preparativi per la Galleria di base del San Gottardo hanno preso inizio nel 1993.

Anni 40 e 50: i primi scenari
Nel 1947 Carl Eduard Gruner, ingegnere di Basilea specializzato nella pianificazione dei trasporti, disegna una galleria combinata a due piani, ferroviaria e stradale, fra Amsteg e Bodio, con una stazione sotterranea a Sedrun. Il gruppo di studio «Galleria del San Gottardo» della Confederazione prende in considerazione diverse varianti di gallerie stradali. Fra le altre cose, già allora viene consigliata anche la costruzione di una galleria ferroviaria a doppio binario, lunga 45 km, da Amsteg a Giornico.

Anni 60 e 70: dibattito politico sul tracciato
Nel 1963 la Confederazione istituì la Commissione «Galleria ferroviaria attraverso le Alpi» che valutò diverse varianti di galleria e, nel 1971, optò per una galleria a due corsie attraverso il San Gottardo, parzialmente suddivisa in due profili a binario unico. Il Consiglio federale incaricò le FFS di elaborare il «progetto definitivo» per la linea di base Erstfeld–Biasca. Tuttavia, in seguito alla recessione economica e a divergenze politiche tra fautori del San Gottardo, del Sempione e dello Spluga, il progetto fu accantonato.

Anni 80: decisione a favore di una variante di rete
A metà degli Anni 80 vengono discussi a livello politico nuovi tracciati e nuove varianti. Nel 1989 il Consiglio federale sceglie la «variante rete»: una combinazione di trasversali alpine attraverso il San Gottardo e il Lötschberg con l'aggiunta della galleria dell'Hirzel per collegare la Svizzera orientale.

Una votazione popolare indica la via
Nel 1992 la votazione sulla Nuova trasversale ferroviaria alpina (NTFA) ottiene il 64% di voti favorevoli. Questo consenso popolare consente di avviare la pianificazione dei progetti per il San Gottardo e per il Lötschberg. Nel 1996 il Consiglio federale ridimensiona i piani: la galleria del Lötschberg viene progettata con un unico binario, mentre quella dell'Hirzel viene accantonata completamente. Nel 1998 il popolo approva la realizzazione a tappe della NFTA. Votando a favore della Tassa sul traffico pesante

Pietre miliari: dalla progettazione fino alla messa in esercizio

1993 – Si effettuano i primi trivellamenti del sistema di sondaggio della Piora. Questi sondaggi si concludono nel 1996. Le FFS istituiscono l'organizzazione di progetto AlpTransit.

1995 – Viene tracciata nella sua forma attuale la linea della Galleria di base del San Gottardo. Il Consiglio federale approva il progetto di massima.

1996 – A Sedrun iniziano i lavori preparatori e i primi sondaggi. Si avviano i lavori al cunicolo di accesso.

1997 – A Sigirino viene dato il via all'avanzamento nel cunicolo di sondaggio per la Galleria di base del Ceneri.

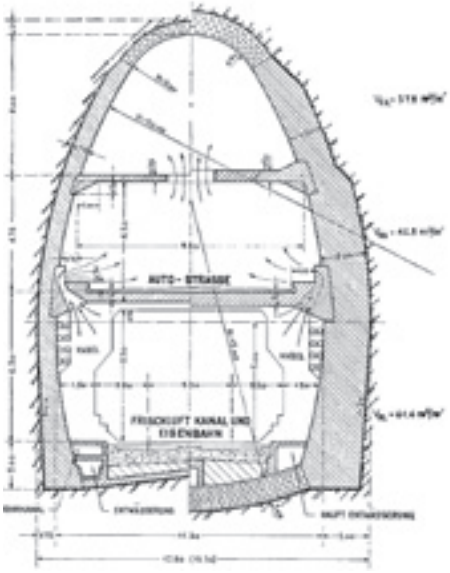
1998 – Viene fondata la società AlpTransit San Gottardo SA, filiale delle FFS, incaricata della costruzione delle gallerie di base del San Gottardo e del Ceneri.

1999 – A Sedrun iniziano gli scavi del pozzo principale. Ad Amsteg prendono il via con un primo brillamento i lavori di avanzamento sul versante nord del San Gottardo. Anche sul versante sud l'inizio degli avanzamenti si celebra con un primo brillamento a Faido.

2000 – A Bodio si scava il cunicolo di aggiramento. Sono dunque iniziati anche a sud delle Alpi i lavori per la Galleria di base del San Gottardo.

2001 – A sud inizia la realizzazione della tratta a cielo aperto Bodio–Biasca.

2002 – Inizia la costruzione della stazione multifunzionale di Faido. A Bodio la prima TBM inizia l'avanzamento verso nord.



Schizzo della visione di Carl Eduard Gruner (1947)

Il 15 ottobre 2010 ha avuto luogo il primo abbattimento di un diaframma principale della Galleria di base del San Gottardo

commisurata alle prestazioni (TTPCP) e del progetto per la modernizzazione della ferrovia (FTP), il popolo svizzero dà il nullaosta alla costruzione della Nuova trasversala ferroviaria alpina. A Sedrun i lavori preparatori vengono avviati nel 1996, ad Amsteg e a Faido nel 1999.

Nel 2000 prende forma il progetto del Ceneri

Nel luglio del 2000 vengono effettuati i primi brillamenti a Bodio, mentre al portale nord di Erstfeld i lavori cominciano nel 2004. Nell'ottobre 2010, 14 anni dopo l'avvio dei lavori, cade il primo diaframma principale della Galleria di base del San Gottardo.

Nel 2006 a Camorino vengono avviati i lavori per la Galleria di base del Ceneri. L'avanzamento nelle due canne principali inizia nel 2010.

2003 – Nel settore nord della Galleria di base del San Gottardo la prima TBM viene assemblata e avviata ad Amsteg, per poi avanzare verso Sedrun.

2004 – Iniziano i preparativi anche a Erstfeld. Sono dunque iniziati i lavori in tutti e cinque i cantieri della Galleria di base del San Gottardo.

2006 – A Camorino viene posata la prima pietra della Galleria di base del Ceneri.

2007 – A Sigirino prendono il via i brillamenti per lo scavo del cunicolo di accesso della Galleria di base del Ceneri. A Erstfeld, presso il portale nord della Galleria di base del San Gottardo, iniziano i lavori di avanzamento.

2008 – Il superamento della zona di Piora fuga i timori espressi in sede di progettazione.

2009 – A Biasca iniziano i preparativi in vista della posa della tecnica ferroviaria nella Galleria di base del San Gottardo.

2010 – Nella Galleria di base del Ceneri inizia l'avanzamento principale; presso i due portali sono in corso i controavanzamenti. Tra Sedrun e Faido cade il diaframma principale della Galleria di base del San Gottardo. A Bodio inizia la posa della tecnica ferroviaria.

2011 – Lo scavo della Galleria di base del San Gottardo è ultimato. Iniziano anche al nord le opere di tecnica ferroviaria.

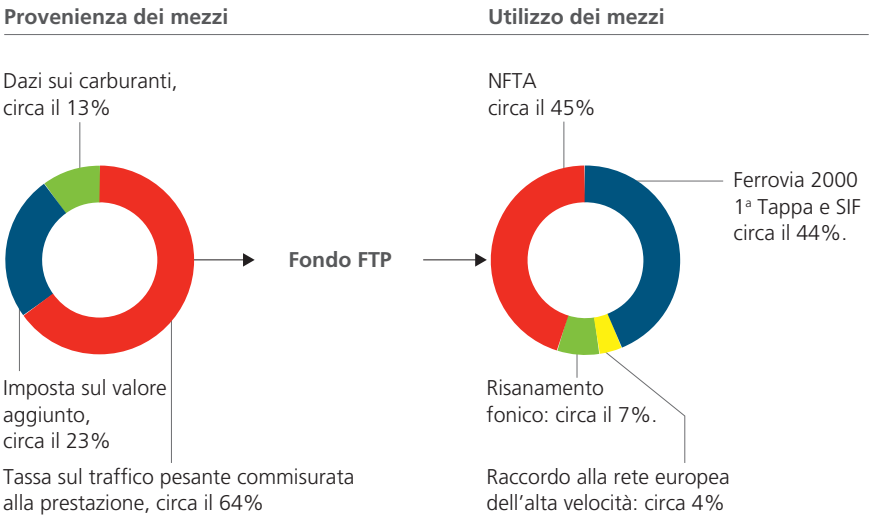
2016 – Inaugurazione (prevista) della Galleria di base del San Gottardo.

2019 – Inaugurazione (prevista) della Galleria di base del Ceneri.

Finanziamento
Un Fondo assicura la pianificazione

Per ammodernare e potenziare in modo sostanziale le infrastrutture ferroviarie Svizzere, la Confederazione ha allestito un concetto di finanziamento speciale. Complessivamente esso assicura il finanziamento di quattro grandi progetti ferroviari.

Finanziamento tramite il Fondo FTP
Nel 1998 il popolo svizzero ha votato il «Decreto concernente la costruzione e il finanziamento dei progetti d'infrastruttura dei trasporti pubblici (FTP)». Ha così approvato la costituzione del Fondo FTP, alimentato con proventi della tassa sul traffico pesante commisurata alle prestazioni TTPCP (64%), dell'imposta sugli oli minerali (13%) e dell'imposta sul valore aggiunto (23%). Questo fondo garantisce il finanziamento sicuro di quattro grandi progetti ferroviari: la NFTA del San Gottardo e del Lötschberg, Ferrovia 2000 e SIF, il collegamento della Svizzera orientale e occidentale alla rete europea ad alta velocità RAV nonché il risanamento fonico della rete ferroviaria esistente.



Finanziamento delle infrastrutture dei trasporti pubblici (FTP)

Previsioni stabili per i costi finali
Nel 2008 il Parlamento svizzero ha approvato un credito globale di 19,1 miliardi CHF per la realizzazione della NFTA. Per l'asse del San Gottardo sono stati preventivati 13,2 miliardi CHF. Queste cifre si basano sul livello dei prezzi del 1998 e non comprendono il rincaro, l'IVA e gli interessi di costruzione. La previsione dei costi finali per la costruzione dell'asse del San Gottardo (con le Gallerie di base del San Gottardo e del Ceneri) è rimasta stabile negli scorsi anni. AlpTransit San Gottardo SA ritiene che il credito d'impegno di 13,2 miliardi CHF sarà sufficiente.

Il Parlamento elvetico ha stanziato un credito complessivo di circa 19,1 miliardi di franchi per la NFTA

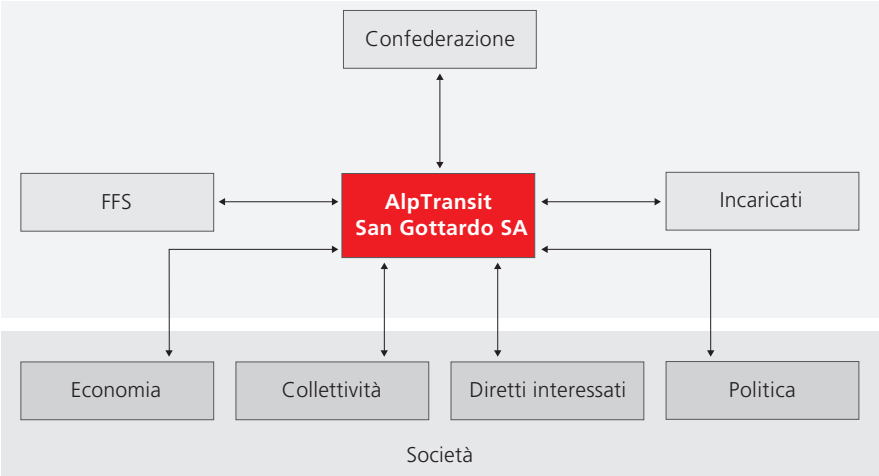
Organizzazione
Partner forti per una grande opera

La NFTA attraverso il San Gottardo è un progetto miliardario per le generazioni future, un'opera altamente complessa che coinvolge quasi 2200 partecipanti. La gestione di un progetto di tale importanza richiede una struttura organizzativa valida ed efficace.

Nella costruzione della nuova ferrovia di pianura sono impegnati specialisti di vari settori. Responsabile dei lavori nelle due gallerie è AlpTransit San Gottardo SA (ATG), la società filiale delle FFS fondata nel 1998.

Funzione manageriale di ATG
ATG opera su incarico della Confederazione (committente delle costruzioni) e delle FFS (futuro gestore) assumendo il ruolo di «committente-esecutore». È responsabile della gestione del progetto e del rischio e assicura il rispetto dei costi, dei tempi e della qualità concordata. ATG ha funzioni esclusivamente manageriali. Presso la sua sede principale, a Lucerna, e negli uffici esterni di Altdorf, Sedrun, Faido e Bellinzona ATG occupa circa 160 collaboratori. Non esegue progetti e non costruisce, bensì affida questi compiti a ingegneri progettisti, a imprese di costruzione e consorzi.

Fitta rete di relazioni
ATG opera a stretto contatto e in permanente dialogo con diversi partner e deve confrontarsi con esigenze di vario tipo.



AlpTransit San Gottardo SA è al centro dell'interesse di diversi gruppi con esigenze diverse

Confederazione
Oltre al suo ruolo di committente della NFTA, la Confederazione svizzera è anche l'istanza che approva, sorveglia, controlla e finanzia il progetto. Esperti dell'Ufficio federale dei trasporti autorizzano i singoli sottoprogetti. La Delegazione di vigilanza della NFTA, composta di membri del Parlamento federale, è l'organo responsabile della sorveglianza politica.

FFS: futuro gestore delle gallerie ferroviarie
Una volta ultimate, le Gallerie di base del San Gottardo e del Ceneri passeranno sotto la gestione delle FFS. Già durante la fase di costruzione e soprattutto nella successiva fase di messa in esercizio, ATG opera in stretta collaborazione con le FFS.

L'esecuzione è affidata all'economia privata
Per la progettazione e l'esecuzione dell'opera sono stati incaricati progettisti, costruttori e fornitori, designati tramite una procedura d'appalto pubblica.

Le esigenze della collettività
Un progetto di simili dimensioni interessa e tocca molte persone. Di conseguenza ATG si vede confrontata con le esigenze più svariate della popolazione residente nelle vicinanze dei cantieri, di rappresentanti dell'economia, di organizzazioni ambientaliste e del mondo della politica.

Galleria di base del San Gottardo
La galleria più lunga del mondo

La Galleria di base del San Gottardo è composta di due canne a binario unico lunghe 57 km. Esse sono collegate ogni 325 m tramite cunicoli trasversali. L'intero sistema di galleria, tenendo conto anche di tutti i cunicoli di accesso, di collegamento e dei pozzi, misura più di 152 km.

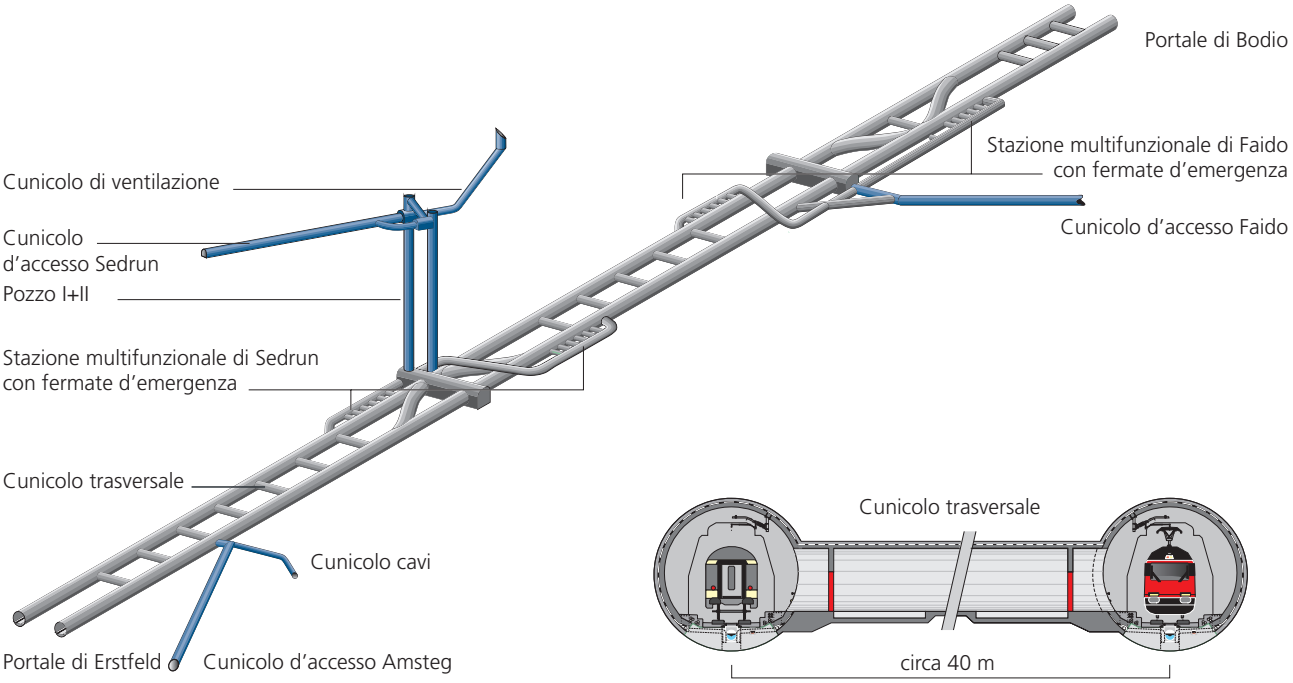
Il sistema di galleria
Due stazioni multifunzionali, a Sedrun e a Faido, suddividono le due canne in tre settori di lunghezza pressoché uguale. Qui sono situate le fermate d'emergenza e i cambi corsia (due per stazione) che consentono ai treni di passare da una canna monobinario all'altra. Inoltre contengono il sistema di evacuazione dell'aria viziata e diversi impianti tecnici indispensabili per l'esercizio ferroviario. La galleria di base è collegata alla linea ferroviaria esistente attraverso le tratte d'accesso all'aperto a nord e a sud dei due portali di Erstfeld e di Bodio.

Suddivisione in comparti
Per la progettazione e la costruzione la Galleria di base del San Gottardo è stata suddivisa in vari comparti. Appositi cunicoli d'accesso permettevano di trasportare persone, materiale e macchinari ai cantieri situati nel ventre della montagna. Al fine di risparmiare tempo e mezzi, i lavori nei vari comparti sono stati coordinati e realizzati in parte contemporaneamente.

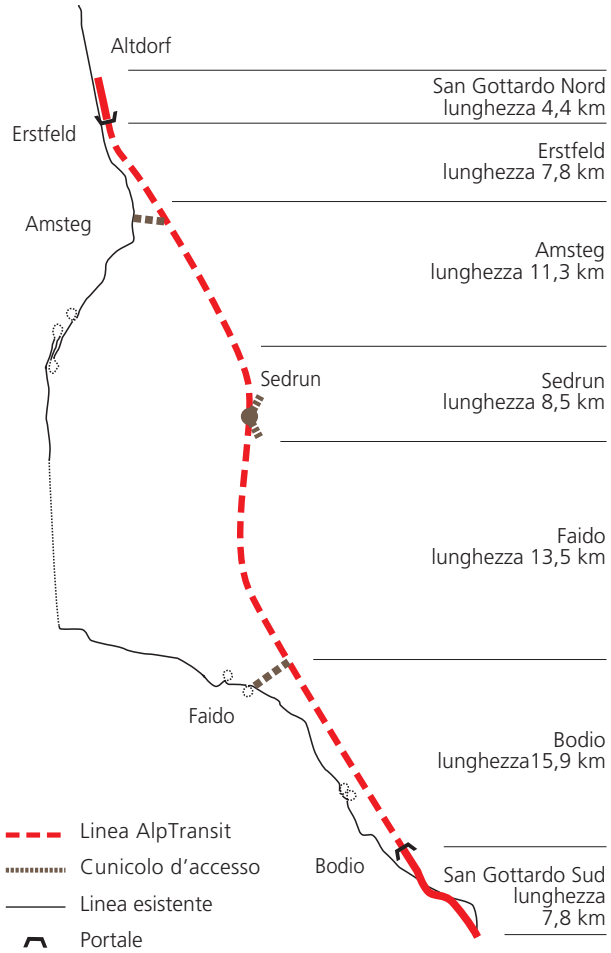
San Gottardo Nord (4,4 km)
Il tracciato all'aperto tra Altdorf/Rynächt e il portale nord collega la nuova linea del San Gottardo alla linea esistente delle FFS. Oltre al nuovo corpo ferroviario hanno dovuto essere realizzati diversi manufatti quali sottopassi e ponti.

Erstfeld (7,8 km)
I primi 600 m del comparto situato all'estremità nord della galleria di base sono stati costruiti come manufatto a cielo aperto e successivamente interrati. Due diramazioni sotterranee, situate circa 3 km a sud dei portali, consentono un eventuale futuro prolungamento della galleria in direzione nord.

Amsteg (11,3 km)
Per poter iniziare lo scavo delle due canne si è dovuto realizzare un cunicolo d'accesso lungo 1,8 km. Per la futura alimentazione di corrente di trazione, una TBM ha scavato un cunicolo cavi fino alla centrale sotterranea degli impianti idroelettrici di Amsteg. L'avanzamento nelle due canne da Amsteg verso Sedrun è stato eseguito mediante frese meccaniche (TBM).



Schema del sistema di galleria del San Gottardo



Tracciato della Galleria di base del Gottardo

Sedrun (8,5 km)
Per realizzare il comparto di Sedrun è stato necessario scavare due pozzi di 800 m di profondità a partire da un cunicolo d'accesso orizzontale lungo 1 km. La posizione del cantiere a grande profondità nel cuore della montagna ha costituito una sfida particolare dal profilo logistico. Ai piedi dei pozzi sono state scavate le caverne (destinate poi a diventare le stazioni multifunzionali) da cui sono partiti gli avanzamenti all'esplosivo verso nord e verso sud in entrambe le canne. Considerato il rischio di forti deformazioni dello scavo dovute alle coperture rocciose elevate e a condizioni di roccia spingente, hanno dovuto essere applicati provvedimenti speciali per la messa in sicurezza della roccia. Gli ingegneri hanno sviluppato un metodo innovativo di centinatura flessibile. Scivolando gli uni negli altri gli elementi metallici cedevano alla spinta della roccia quanto necessario per evitare deformazioni della galleria ultimata.

Faido (13,5 km)
Un cunicolo d'accesso lungo 2,7 km con una pendenza del 13% («discenderia») porta ai cantieri sotterranei e alla seconda stazione multifunzionale. Difficoltà geologiche impreviste, con «colpi di montagna», riscontrate durante la costruzione hanno reso necessaria una nuova progettazione e lo spostamento verso sud di un cambio corsia. Per gli avanzamenti in direzione nord sono state utilizzate le due TBM già impiegate nel comparto di Bodio.

Bodio (15,9 km)
Come a Erstfeld, anche nel comparto situato all'estremità sud della galleria i primi metri sono stati realizzati come opera a cielo aperto. Poi, dopo un breve tratto in materiale sciolto, ha preso il via l'avanzamento meccanico nella roccia dura. Per poter accedere più rapidamente con le TBM alle caverne di montaggio sotterranee, è stato realizzato un cunicolo di aggiramento. Dalla caduta del diaframma tra Bodio e Faido fino all'anno 2013 la canna est è impiegata come canna di trasporto. La canna ovest di Bodio, invece, è il primo comparto della galleria di base ad essere equipaggiato di impianti di tecnica ferroviaria.

San Gottardo Sud (7,8 km)
La tratta all'aperto che dal portale di Bodio porta al nodo della Giustizia, a sud di Biasca, collega la nuova Galleria di base del San Gottardo alla linea storica delle FFS. Grazie alla costruzione di diversi ponti e sottopassi, il nuovo tracciato risulta inserito in modo armonioso nel paesaggio, nell'ambiente e nei fitti spazi insediativi.

Cambio corsia nella stazione multifunzionale di Sedrun

Galleria di base del Ceneri
L'altro cardine della linea di pianura

La ferrovia di pianura da Altdorf a Lugano diventerà una realtà solo quando sarà stata ultimata la galleria di base lunga 15,4 km che attraversa il Monte Ceneri. In ordine di grandezza la Galleria di base del Ceneri è la terza galleria ferroviaria della Svizzera dopo il San Gottardo e il Lötschberg.

Il sistema di galleria

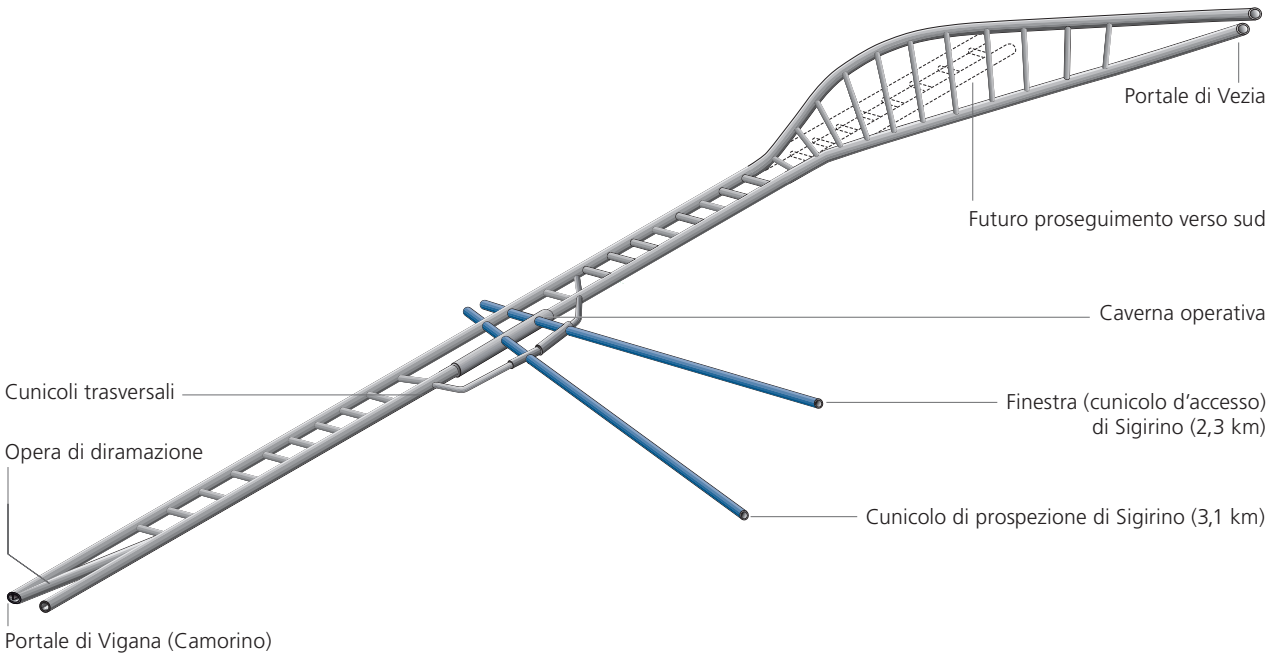
La Galleria di base del Ceneri comprende due canne a binario unico come quella del San Gottardo. La distanza fra le due canne è di una quarantina di metri. Esse sono collegate da cunicoli trasversali. Considerata la lunghezza della galleria, non sono previste stazioni multifunzionali né cambi di corsia. Su incarico del Cantone Ticino si realizza la «Bretella Locarno–Lugano», che serve anche a migliorare la rete dei trasporti regionali in Ticino. I tempi di percorrenza tra Lugano e Locarno diminuiranno dagli attuali 55 minuti ai 22 minuti.

Concetto di costruzione

La Galleria di base del Ceneri viene scavata esclusivamente con esplosivo. La copertura massima ammonta a 900 m, quella minima a pochissimi metri. La maggior parte della galleria viene scavata in entrambe le direzioni contemporaneamente a partire dall'attacco intermedio di Sigirino. Per risparmiare tempo e mezzi, sono stati eseguiti dei contro avanzamenti a partire dai portali di Vigana e Vezia. Considerata la sensibilità delle zone in prossimità dei portali, sono stati applicati esclusivamente metodi di costruzione sostenibili.

Camorino

Per allacciare la Galleria di base del Ceneri alla rete ferroviaria esistente, presso il Nodo di Camorino sono in via di esecuzione numerosi manufatti: un nuovo ponte a quattro binari che sormonta l'autostrada A2 e due nuovi viadotti ferroviari a un binario per scavalcare la strada cantonale a quattro corsie.



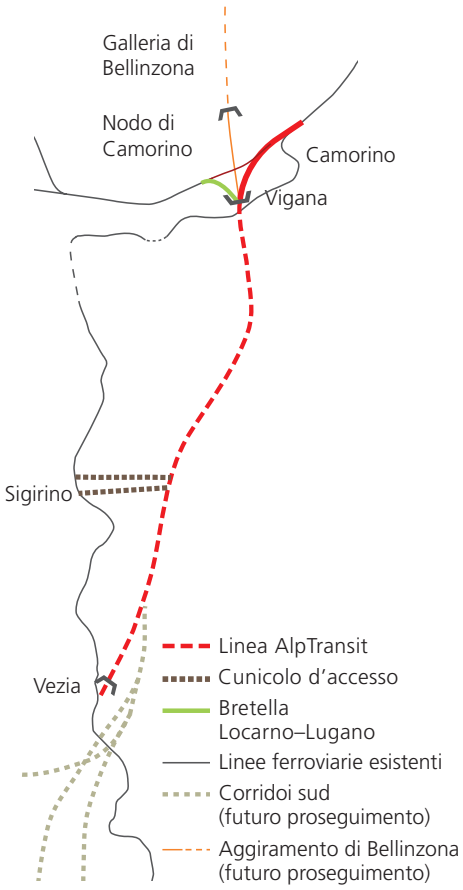
Schema del sistema di galleria del Ceneri

Portale nord della Galleria di base del Ceneri con raccordi per Locarno (sinistra) e Bellinzona

Vigana
A Vigana si trova il portale nord della Galleria di base del Ceneri. Qui si è dovuto scavare in materiale sciolto per sottopassare l'autostrada A2 a una profondità di soli 9 m. In entrambe le canne, a pochi metri dal portale si trovano le caverne di diramazione sotterranee che un domani consentiranno di realizzare l'attraversamento del Piano di Magadino.

Sigirino
Già nel 1997 presso Sigirino era stato eseguito un cunicolo di prospezione lungo 3,1 km che ha permesso di raccogliere dati geologici molto importanti. Nel 2008 è stata realizzata la Finestra di Sigirino, un cunicolo d'accesso della lunghezza di 2,3 km scavato tramite TBM. Alla fine di questi cunicoli si trovano due caverne, che dal 2010 rappresentano il punto di attacco di due avanzamenti in ciascuna direzione (verso nord e verso sud). Queste «officine sotterranee» ospitano anche gli impianti di cantiere per i futuri avanzamenti principali e per i lavori di finitura, ad esempio, l'impianto di produzione di calcestruzzo.

Vezia
A Vezia è stato realizzato il portale sud della Galleria di base del Ceneri. All'interno della galleria, circa 2,5 km a nord del portale, è stata scavata la diramazione di Sarè. Da qui sarà possibile in futuro continuare la costruzione in direzione sud (Chiasso e Como). Al fine di salvaguardare la quiete della vicina zona insediativa e il patrimonio architettonico di Villa Negroni, gli avanzamenti nella roccia sono stati eseguiti con cariche di esplosivo minime. Inoltre si è dovuto procedere con grande prudenza in considerazione del fatto che la linea ferroviaria passa solo 4 m sopra la nuova galleria stradale Vedeggio–Cassarate che aggira il nucleo di Lugano. Il raccordo alla linea ferroviaria esistente, che dev'essere adattata su un tratto di 200 m, avviene appena al di fuori del portale.



Tracciato della Galleria di base del Ceneri

Geomatica
Scavare con precisione millimetrica

La nuova linea ferroviaria ad alta velocità pone requisiti di precisione molto severi. La precisione millimetrica richiesta nel tracciamento della NFTA è garantita da sistemi di misurazione ad alta precisione estremamente affidabili.

Misurare in galleria

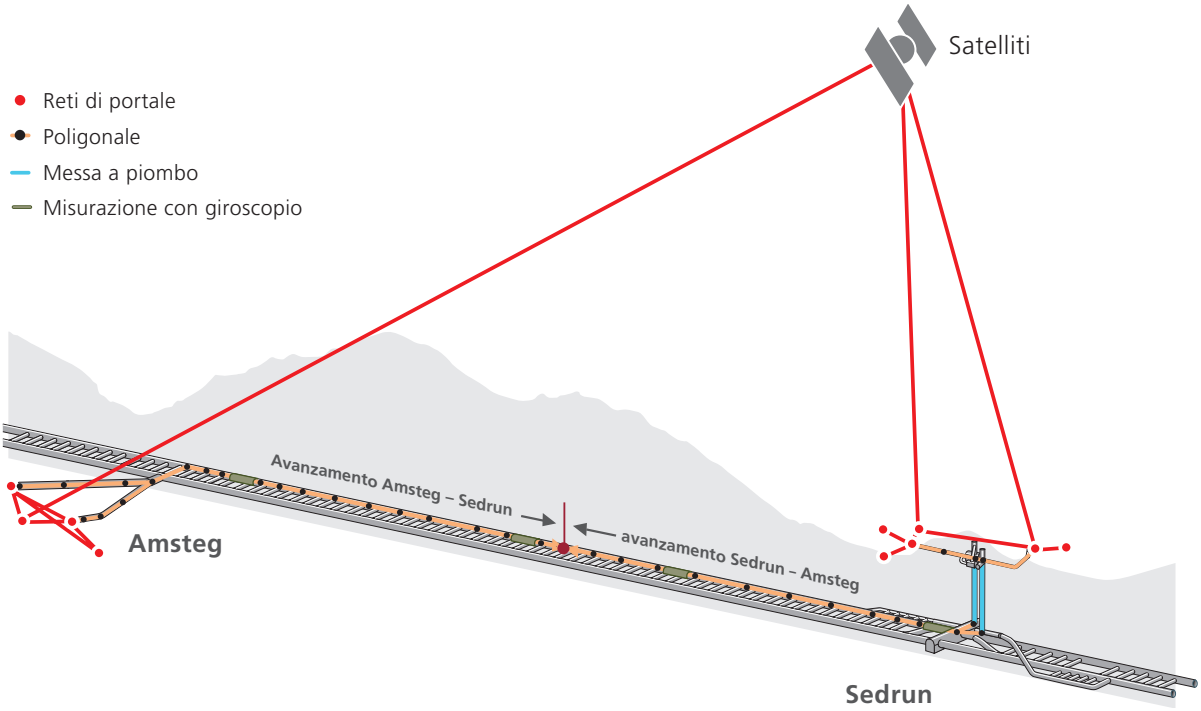
Mediante tecniche di misurazione satellitari è stata definita una rete di punti fissi che coprono l'intero territorio interessato dal progetto. Questi punti formano la rete di riferimento fra i piani e la realtà, una sorta di quadro di partenza per il tracciamento in sotterraneo. Il principio adottato è quello della «poligonale»: distanze e angoli vengono progressivamente rilevati e riportati all'interno della galleria.

Dirigere l'avanzamento

In galleria i compiti del topografo sono numerosi e di diversa natura. In particolare si tratta del tracciamento della costruzione grezza, delle installazioni di tecnica ferroviaria e degli altri impianti. Inoltre i dati di misurazione servono a dirigere gli avanzamenti sia meccanizzati che convenzionali. Tutti i dati della rete di riferimento devono essere costantemente aggiornati. La geomatica ha anche il compito di monitorare l'opera per individuare tempestivamente eventuali deformazioni.

Considerare gli effetti falsanti

Le enormi dimensioni delle grandi opere sotterranee rendono più difficili le operazioni di misurazione. L'organizzazione dei rilevamenti è particolarmente impegnativa a causa del gran numero di cantieri, della complessità degli accessi e perché i lavori in galleria proseguono 24 ore su 24. Occorre inoltre tenere conto dei fattori che possono falsare i risultati dei rilevamenti. Le differenze di temperatura tra le pareti, dove la roccia può emanare molto calore, e il centro della galleria, piuttosto fresco, possono causare deviazioni dei raggi laser utilizzati dai topografi (refrazione). Perciò, per quanto possibile, lo stativo dello strumento di misurazione deve sempre essere collocato al centro della galleria. Inoltre bisogna tenere in considerazione gli influssi del geoide. È definita geoide la forma esatta della Terra che non corrisponde esattamente a una sfera, per via



Rete di tracciamento tra Amsteg e Sedrun

Misurazioni con il tacheometro per lo sfondamento di diaframma Faido–Sedrun

delle variazioni di densità del manto terrestre e della presenza delle catene rocciose in superficie. Se il modello di riferimento non tenesse conto di questi influssi, le misurazioni presenterebbero errori dell'ordine di metri.

Errori di sfondamento nella Galleria di base del San Gottardo

Diaframma	mese, anno	laterale	verticale
Bodio–Faido	settembre 2006	92 mm	17 mm
Amsteg–Sedrun	ottobre 2007	137 mm	3 mm
Erstfeld–Amsteg	giugno 2009	14 mm	5 mm
Faido–Sedrun	ottobre 2010	80 mm	10 mm

Gli strumenti di misurazione

Il tacheometro permette di misurare con estrema precisione distanze, direzioni e angoli di elevazione. I tacheometri moderni sono motorizzati e assistiti da computer. Il sistema di puntamento si basa sull'emissione di onde infrarosse che vengono rinviate da riflettori.

Il giroscopio è impiegato per determinare esattamente le direzioni di avanzamento in galleria. L'asse rotante del suo pendolo soggiace all'influsso della rotazione terrestre e, di conseguenza, indica la direzione nord.

Laser a scansione: attrezzature in grado di rilevare fino a 500 000 punti al secondo che consentono di effettuare misurazioni di modelli fotorealistici tridimensionali. Sono impiegate nei collaudi di costruzioni grezze poiché permettono di riconoscere persino fini fessure nel calcestruzzo. Forniscono informazioni preziose per la posa delle installazioni di tecnica ferroviaria nonché per l'esercizio e la manutenzione.

Occhio alle deformazioni della superficie

Le geomatica ha anche il compito di sorvegliare la superficie terrestre. Perciò la regione delle dighe di Curnera, Nalps e Santa Maria, nei pressi del tracciato della Galleria di base del San Gottardo, è costantemente sorvegliata con il compito di individuare eventuali deformazioni del suolo dovute all'attività di costruzione. Presso il portale nord della Galleria di base del Ceneri l'attraversamento in sotterraneo dell'autostrada A2 avviene a una distanza minima. Per garantire la sicurezza in caso di assestamenti o cedimenti (inattesi) è messo a punto un sistema di monitoraggio e di allarme.

I pozzi di Sedrun sono punti critici

Nei pozzi di Sedrun, profondi 800 m, i rilevamenti hanno richiesto soluzioni innovative. La precisione richiesta nella trasposizione di coordinate e direzioni dalla testa del pozzo fin giù al livello della galleria ha costituito una grande sfida. Il compito è stato risolto con strumenti di messa a piombo meccanici e ottici e con il giroscopio.

Galleria di base del San Gottardo: misurazioni precise, scostamenti minimi

Nello scavo della galleria più lunga del mondo (57 km) in tutti i comparti i topografi hanno ottenuto risultati di massima precisione nell'abbattimento dei diaframmi.

Geologia
Un rischio permanente

Anche con le tecnologie più avanzate non si può prevedere con assoluta certezza esattamente le condizioni geologiche all'interno della montagna; tuttavia le previsioni di geologi esperti e le trivellazioni di sondaggio riducono sensibilmente i rischi.

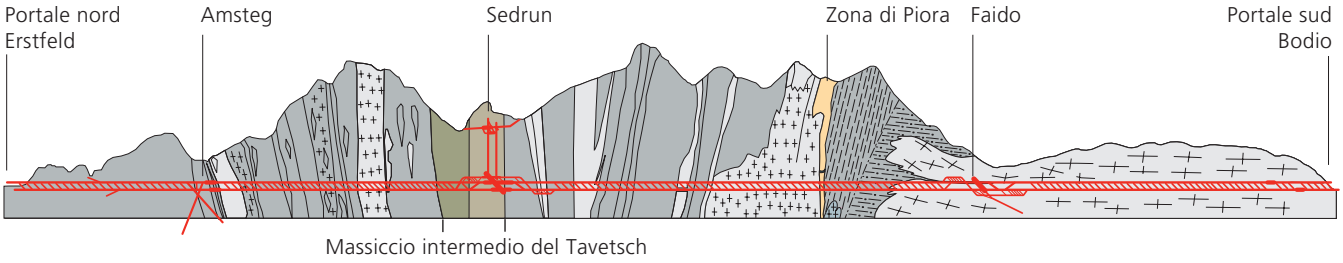
Geologia della Galleria di base del San Gottardo
Durante la costruzione della Galleria di base del San Gottardo hanno dovuto essere attraversati molti strati di roccia di diverso tipo: vari tipi di gneis e granito duro formano i massicci del San Gottardo e dell'Aar, ma trai due massicci si trovano delle fasce di sedimenti in parte fortemente fratturati.

Sottosuolo problematico
Prima dell'inizio dei lavori la zona della Piora e il settore nord del massiccio intermedio del Tavetsch erano considerati i passaggi più problematici. Nella zona di Piora i geologi temevano di incontrare «roccia natante», ossia dolomia saccaroide satura d'acqua e sotto forte pressione. Ci si chiedeva persino se il progetto fosse ancora realizzabile. I sondaggi mostrarono invece che al livello della galleria la roccia era asciutta e che la dolomia presentava caratteristiche favorevoli. Nell'autunno 2008 è poi giunta la conferma, con l'attraversamento della Piora nella canna est. E nel febbraio del 2009 anche nella canna ovest la zona è stata superata senza difficoltà.

Gli ingegneri e i geologi consideravano tecnicamente critica anche la parte settentrionale del massiccio intermedio del Tavetsch, inserito tra il massiccio del San Gottardo e quello dell'Aar. Si temeva di incontrare una roccia particolarmente spingente.

Di conseguenza sono state elaborate nuove misure di messa in sicurezza dello scavo. Utilizzando centine metalliche cedevoli e ancoraggi si è ottenuto un aumento della resistenza del rivestimento in sintonia con le deformazioni. Al contempo questo sistema innovativo tollerava deformazioni iniziali notevoli, ciò che era necessario per ottenere un rivestimento di dimensioni ragionevoli, sia dal profilo tecnico che da quello economico.

Nel massiccio intermedio del Tavetsch sono stati raggiunti buoni risultati adottando metodi innovativi per la messa in sicurezza dello scavo



Profilo geologico longitudinale della Galleria di base del San Gottardo

Geologia della Galleria di base del Ceneri

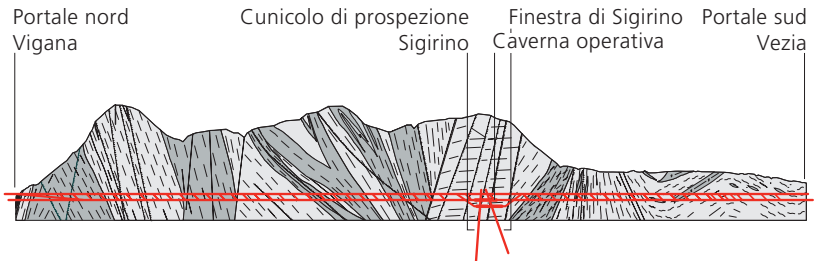
Dal 1997 a 2000 a Sigirino era già stato scavato un cunicolo di prospezione lungo 3,1 km fino agli assi delle due canne di galleria. Sostanzialmente gli strati di ortogneiss così come gli altri gneiss riscontrati non presentano particolari difficoltà tecniche per lo scavo. In base ai dati ricavati è quindi stato stabilito il tracciato definitivo delle due canne monobinario.

Diversi fattori dettano il tracciato attraverso la montagna

Nonostante il collegamento più breve sia la linea retta, la gallerie di base del San Gottardo e del Ceneri hanno entrambe un tracciato ondulato. A definire il tracciato hanno contribuito, oltre alle condizioni geologiche, anche criteri geografici quali la posizione di dighe, le possibilità di accesso ai cantieri o l'altezza della copertura rocciosa e il tipo di utilizzo del suolo in superficie. Quanto alle linee d'accesso all'aperto, vanno prese in considerazione anche le esigenze delle regioni interessate. Un altro aspetto determinante è l'inserimento estetico e l'impatto ambientale dei tracciati e dei portali sul paesaggio e gli spazi abitati.

Avanzamento con escavatore nella zona di faglia «Linea Val Colla», nella Galleria di base del Ceneri

Un carotaggio eseguito nell'estate 2008 nella zona di Piora



Profilo geologico longitudinale della Galleria di base del Ceneri

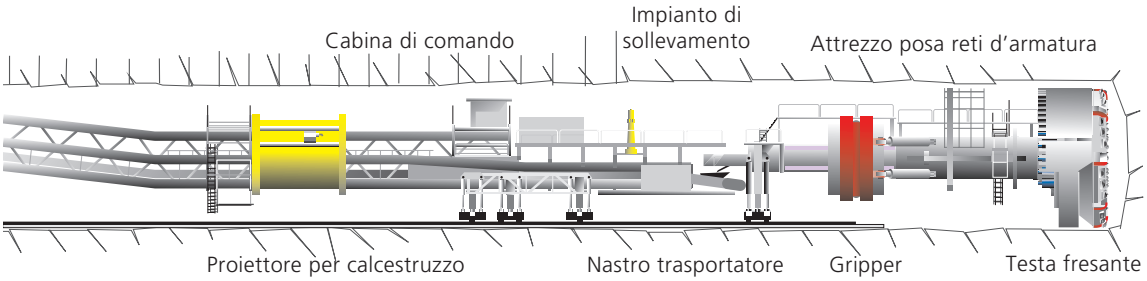
Metodi d'avanzamento
Meccanizzato o convenzionale

Quattro frese TBM hanno scavato quasi il 75% della Galleria di base del San Gottardo. Nella Galleria di base del Ceneri, invece, l'intero scavo viene eseguito con avanzamento convenzionale all'esplosivo.

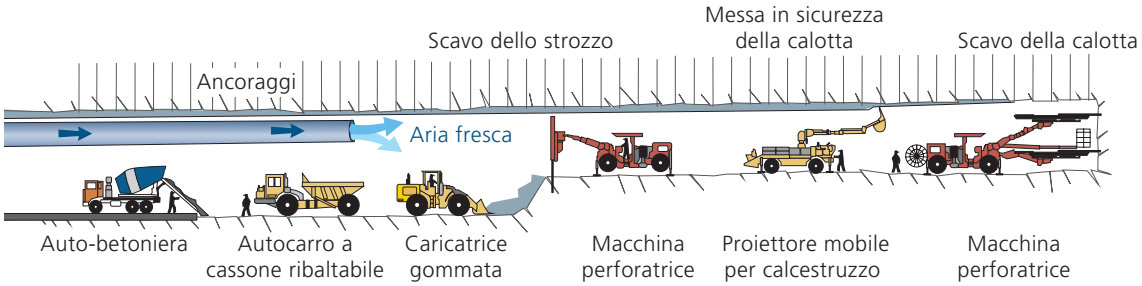
La scelta del metodo di avanzamento non dipende soltanto dalle presunte condizioni geologiche, bensì anche dalle possibilità di accesso, dai collegamenti, dalle condizioni ambientali e da criteri economici. La lunghezza del tracciato e il tempo a disposizione sono altresì determinanti.

Avanzamento meccanizzato
Una fresa TBM, compresa l'intera attrezzatura di avanzamento (treno di servizio), misura circa 450 m. In condizioni geologiche favorevoli, i processi meccanizzati e standardizzati consentono di raggiungere buoni rendimenti giornalieri. Nella Galleria di base del San Gottardo sono state utilizzate complessivamente quattro TBM con diametro di scavo di 9,5 m. I costi d'investimento per una TBM ammontano a circa 30 milioni di franchi. L'acquisto e i preparativi fino all'avvio dello scavo richiedono più tempo rispetto al metodo convenzionale; di regola, l'investimento in una TBM è redditizio solo per tracciati di una certa lunghezza.

Avanzamento convenzionale all'esplosivo
L'avanzamento convenzionale è una tecnica di costruzione molto versatile. La sezione di scavo, le tappe di avanzamento e i mezzi impiegati per la messa in sicurezza dello scavo quali calcestruzzo spruzzato, ancoraggi, centine o reti metalliche possono essere adattati in ogni momento alle esigenze. La roccia viene rimossa con esplosivo o frantumata meccanicamente. Nell'avanzamento all'esplosivo le fasi di lavoro sono chiaramente stabilite: dapprima vengono eseguiti i fori da mina, i quali vengono caricati con esplosivo. Successivamente viene fatta brillare la carica; seguono la ventilazione e la messa in sicurezza della zona di avanzamento. L'ultima fase è lo «smarinaggio», l'allontanamento del materiale di scavo. Nella Galleria di base del San Gottardo sono stati eseguiti con il metodo convenzionale soprattutto il comparto di Sedrun e la stazione multifunzionale di Faido, nonché i cunicoli e i pozzi d'accesso e i cunicoli trasversali.



Avanzamento con fresa TBM



Avanzamento convenzionale (con esplosivo)

Rivestimento interno della galleria
Almeno 100 anni di vita

Il rivestimento e gli elementi strutturali delle gallerie di base devono raggiungere una durata di vita di 100 anni senza interventi di manutenzione sostanziali. Ciò richiede un'elevata qualità e un lungo ciclo di vita dei materiali impiegati per l'impermeabilizzazione e il rivestimento della galleria.

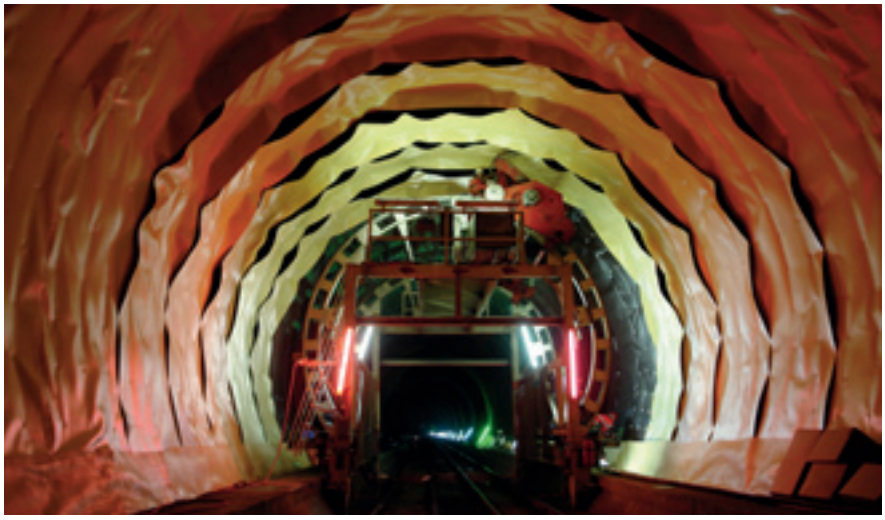
Le opere di messa in sicurezza servono a evitare crolli di roccia prima del rivestimento definitivo e dunque a proteggere i lavoratori. Le opere di sostegno, essendo a diretto contatto con la roccia, sono esposte agli influssi dell'ammasso e dell'acqua d'infiltrazione.

Opere di sostegno di diversa robustezza

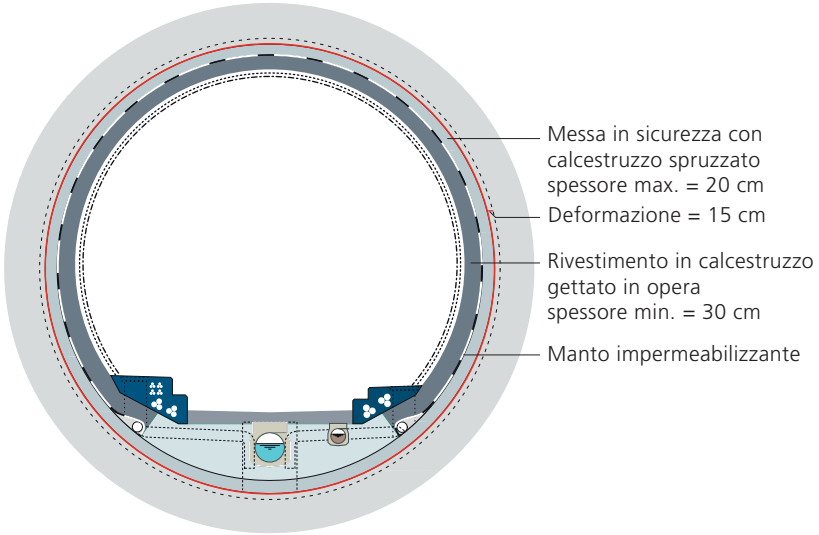
A seconda delle condizioni geologiche sono richieste misure più o meno estese di messa in sicurezza. Ancoraggi, calcestruzzo spruzzato e centine possono essere combinati fra loro come un sistema modulare, variandone sia la quantità che la forza. Se le condizioni del sottosuolo lo richiedono, possono essere adottate misure supplementari per migliorare la consistenza dell'ammasso o per impermeabilizzarlo, ad esempio con infilaggi ad ombrello, perforazioni di drenaggio o iniezioni.

Rivestimento con foglio impermeabile e calcestruzzo

Ultimata la messa in sicurezza, sull'intera lunghezza della galleria viene posato un manto impermeabile appositamente sviluppato per proteggere l'opera da infiltrazioni d'acqua. Infatti l'opera deve resistere a temperature elevate, alle infiltrazioni, alla pressione della roccia per almeno 100 anni, la durata d'esercizio richiesta. Dato che le impermeabilizzazioni che si trovano in commercio non avrebbero soddisfatto i requisiti speciali, per la Galleria di base del San Gottardo sono stati sviluppati appositi sistemi. Gli aggregati per la fabbricazione di calcestruzzo sono ricavati al 100% da materiale di scavo. Per sopperire alla mancanza d'esperienza in questo ambito, sono state eseguite diverse verifiche preliminari, sperimentali, e fornite le prove di qualità necessarie. L'anello di rivestimento interno ha uno spessore minimo di 30 cm.



Posa di fogli impermeabili



Profilo trasversale, avanzamento con TBM

Protezione dell'ambiente
In armonia con la natura

Con la costruzione della Galleria di base del San Gottardo, la Svizzera realizza un progetto di protezione dell'ambiente tra i più importanti d'Europa. La ferrovia di pianura contribuisce alla tutela del mondo alpino. Anche la sua costruzione avviene nel modo più ecologico possibile.

Sia nella progettazione che nell'esecuzione sono state adottate estese misure per contenere gli effetti nocivi per l'uomo e gli animali nonché contro l'inquinamento dell'aria e delle acque. Inoltre il dialogo con le autorità competenti contribuisce a trovare soluzioni sostenibili.

Trasporti a basso impatto
Per contenere l'inquinamento atmosferico, i trasporti di materiale avvengono soprattutto su nastri trasportatori, tramite ferrovia o via lago. Al fine di minimizzare l'immissione di particolato nell'atmosfera, gli imprenditori devono dotare i propri veicoli e macchinari di filtri specifici.

Direttive severe per le acque luride
Il traffico e le attività di cantiere sono fattori inquinanti anche per l'acqua d'infiltrazione e di galleria. Prima di essere nuovamente immessa nei fiumi, l'acqua dev'essere chiarificata e raffreddata conformemente alle prescrizioni legali.

L'irrigazione del materiale depositato riduce la formazione di polvere

Misure antipolvere e antirumore
La polvere e i rumori causati dai cantieri possono disturbare la popolazione. I depositi intermedi di humus sono disposti in modo che possano formare delle colline antirumore. Inoltre, per tutelare la popolazione dall'esposizione al rumore, gli orari di attività sui cantieri sono limitati. A Sigirino una parte dell'area d'installazione è stata allestita in una caverna nella montagna. Per ridurre la formazione di polveri, le aree di cantiere e i depositi intermedi devono essere regolarmente irrigati e i veicoli lavati.

Protezione di fauna e flora
La costruzione della Galleria di base del San Gottardo interessa anche gli spazi vitali di specie animali e vegetali. Sovente questi spazi sono occupati solo temporaneamente e poi ripristinati. Se invece sono destinati in forma permanente ad altro uso, sono previste misure compensative: il ripopolamento deve avvenire con alberi stanziali. I corsi d'acqua vengono rinaturati e le rive rimodellate secondo criteri naturalistici. Lungo i tracciati all'aperto vengono erette pareti fonoassorbenti e realizzati altri provvedimenti contro i rumori e le vibrazioni.

Sedrun: rivitalizzazione della zona golenale Insla

Gestione del materiale
Un recycling di tipo particolare

La costruzione di gallerie genera una quantità gigantesca di materiale di scavo: 28 milioni di tonnellate risultano dallo scavo della Galleria di base del San Gottardo e 8 milioni di tonnellate da quella del Ceneri – una fonte preziosa di materie prime.

Al fine di tutelare le risorse naturali, gran parte del materiale di scavo è destinata alla produzione del calcestruzzo che viene impiegato per il rivestimento interno della galleria. Il materiale rimanente viene utilizzato ad esempio per misure di risistemazione del paesaggio o per la realizzazione di terrapieni. Soltanto una minima parte viene sistemata in depositi specifici.

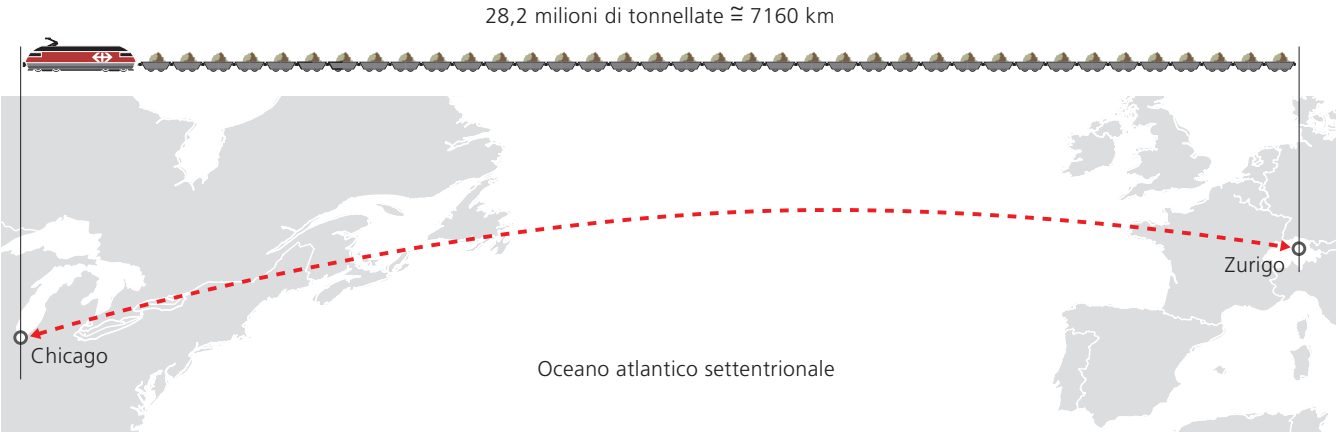
Un piccolo paradiso per bagnanti realizzato con materiale di scavo nel Canton Uri

Dallo smarino agli aggregati per calcestruzzo

Un tempo il materiale di scavo a grana fine e piatta estratto dalle TBM non era considerato idoneo per la produzione del calcestruzzo. I politecnici e l'industria hanno perciò sviluppato tecniche innovative e nuovi macchinari in grado di utilizzare queste enormi quantità di materiale trasformandolo in aggregati idonei. Per fornire la prova di idoneità sono stati condotti diversi studi e test pratici in laboratori e cantieri. La fabbricazione degli aggregati per calcestruzzo avviene direttamente sui cantieri in apposite strutture di produzione. Un sistema di collaudo verifica costantemente che la qualità corrisponda ai requisiti.

Depositi lacuali nel Canton Uri

Dal cantiere di Amsteg, il materiale di scavo non idoneo al reimpiego è stato convogliato tramite ferrovia e chiatte al Lago di Uri, dove è stato impiegato per ricreare zone di acqua poco profonda. Nel medesimo contesto sono state realizzate tre isolette balneari e altre tre protette.



Il materiale di scavo proveniente dal San Gottardo riempie un treno lungo da Zurigo a Chicago

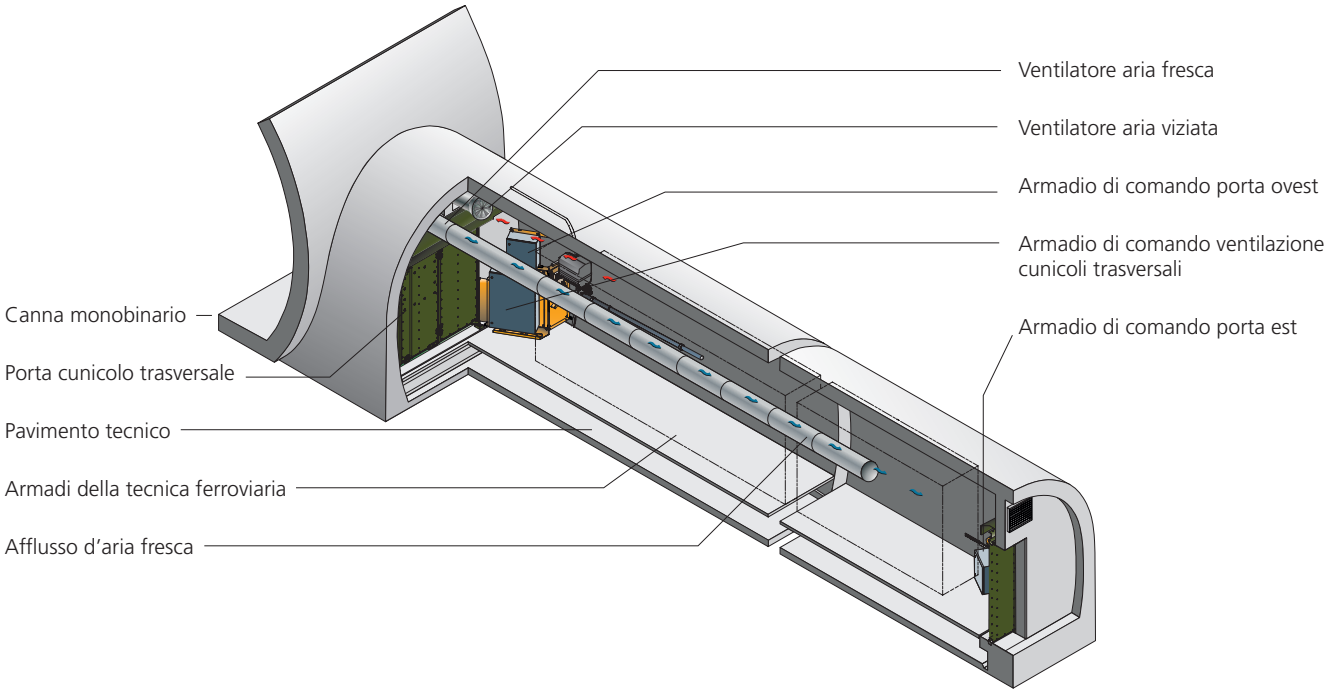
Attrezzature di costruzione grezza
Tecnica di punta

La posa degli impianti di tecnica ferroviaria delle gallerie di base è preceduta dall'installazione di impianti meccanici ed elettromeccanici, la maggior parte dei quali si trova nei cunicoli trasversali e nelle due stazioni multifunzionali.

Le attrezzature di costruzione grezza comprendono impianti di ventilazione, di approvvigionamento idrico e di smaltimento delle acque, nonché impianti di climatizzazione per edifici, gru, porte, pavimenti tecnici, costruzioni metalliche, installazioni elettriche e antincendio. Queste attrezzature sono per la maggior parte installate nei cunicoli trasversali e nelle due stazioni multifunzionali della Galleria di base del San Gottardo; alcune si trovano nelle due canne principali e nelle aree di portale.

Attrezzatura dei cunicoli trasversali
I cunicoli traversali (176 nella Galleria di base del San Gottardo e 46 in quella del Ceneri), essendo dotati delle attrezzature di costruzione grezza, sono destinati a svolgere determinate funzioni:

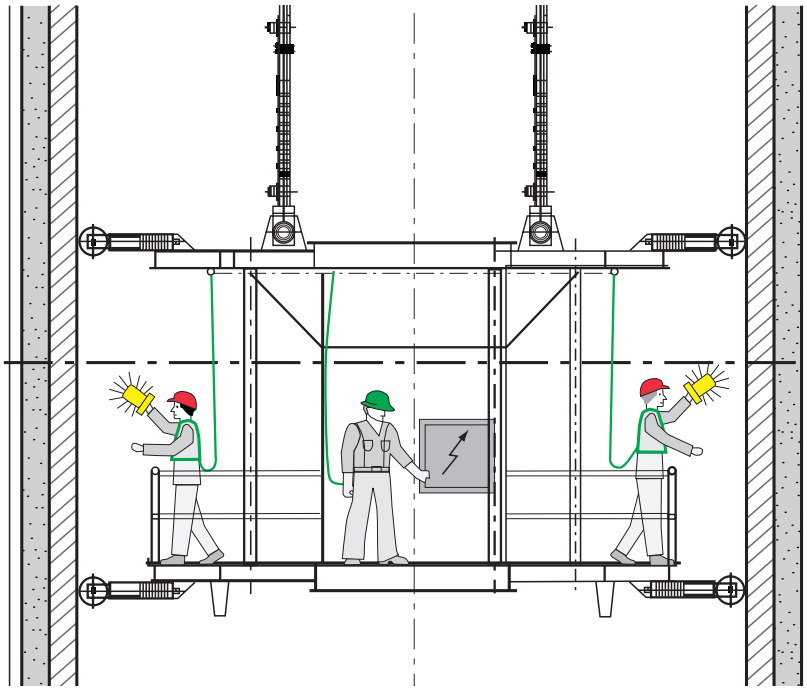
- sono locali protetti che devono alloggiare gli armadi della tecnica ferroviaria. Sono dotati di ventilazione per evitare che la temperatura oltrepassi i 35 °C e riduca la durata di vita e la disponibilità degli impianti tecnici. Il pavimento tecnico facilita la posa dei cavi di collegamento per gli impianti.
- In caso di incidente i cunicoli trasversali servono come via di fuga da una canna all'altra. Sono perciò dotati di porte di fuga resistenti al fuoco. Queste porte devono potere essere aperte in modo facile e rapido, ma al contempo devono essere resistenti al calore e garantire una lunga vita utile. Per soddisfare tutti questi requisiti hanno dovuto superare estese prove ed essere confezionate su misura.



Schema dell'attrezzatura dei cunicoli trasversali

Attrezzatura delle stazioni multifunzionali e delle opere accessorie

- I cambi di corsia delle stazioni multifunzionali consentono ai treni di passare da una canna all'altra. Sono dotati di speciali portoni che durante l'esercizio normale rimangono chiusi per garantire una separazione aerodinamica tra le canne. In caso di necessità, ad esempio per lavori di manutenzione, i portoni possono essere aperti per lasciare passare i treni.
- Nelle opere accessorie tutti i locali tecnici devono essere climatizzati e perciò sono dotati di impianti di raffreddamento e ventilazione.
- Durante l'esercizio normale, il pozzo I di Sedrun non serve solo come condotta per l'aria fresca per la Galleria di base del San Gottardo. Al suo interno passano anche vari cavi della tecnica ferroviaria e una condotta d'acqua per la stazione multifunzionale. Per consentire il controllo, la manutenzione e il risanamento del rivestimento del pozzo e delle condotte citate, viene installato un montacarichi con piattaforma d'ispezione.
- In ogni stazione multifunzionale (Sedrun e Faido) si trovano due fermate d'emergenza. Le porte di queste fermate hanno una funzione doppia: Esse rappresentano le porte sulle vie di fuga e sono azionabili a distanza. Aprendole e chiudendole viene però anche regolato l'apporto d'aria fresca.



Montacarichi di lavoro con piattaforma d'ispezione nel pozzo I di Sedrun

Le porte dei cunicoli trasversali devono funzionare anche in caso d'emergenza

Attrezzatura di costruzione grezza
Aria fresca per la galleria di base

L'esercizio normale della Galleria di base del San Gottardo non prevede una ventilazione attiva. In caso d'incendio, tuttavia, una ventilazione d'esercizio provvede ad assorbire il fumo e a immettere aria fresca nella galleria. Anche per lavori di manutenzione entra in funzione la ventilazione d'esercizio per creare il clima ideale per lavorare.

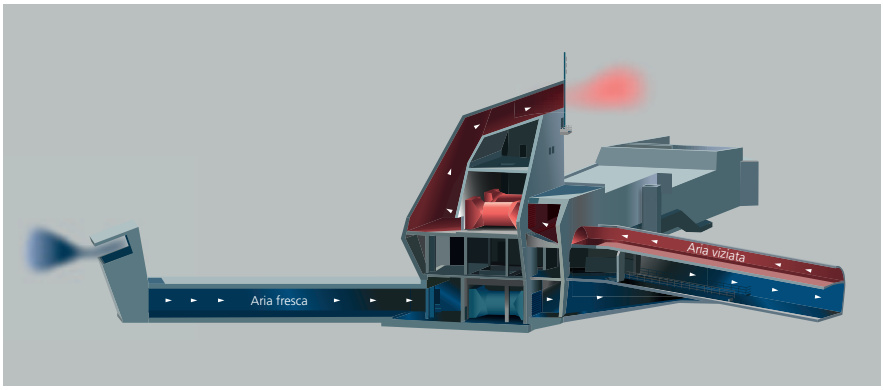
Durante le fase normali d'esercizio non è necessario ventilare attivamente la galleria. Infatti «l'effetto pistone» dei treni che transitano garantisce un sufficiente risucchio d'aria. In questo modo in entrambe le canne ha luogo uno scambio d'aria con l'esterno.

Ventilazione nella Galleria di base del San Gottardo
La ventilazione d'esercizio nella Galleria di base del San Gottardo è assicurata da due centrali di ventilazione. Esse si trovano alla testa del pozzo di Sedrun e presso il cunicolo d'accesso di Faido e sono dotate di ventilatori di afflusso e di estrazione. In prossimità di ogni portale vengono installati sei acceleratori d'aria, per un totale di 24 ventilatori. Tutte le componenti del sistema di ventilazione sono ridondanti al 100%, ciò che garantisce un avvicendamento in caso di guasto.

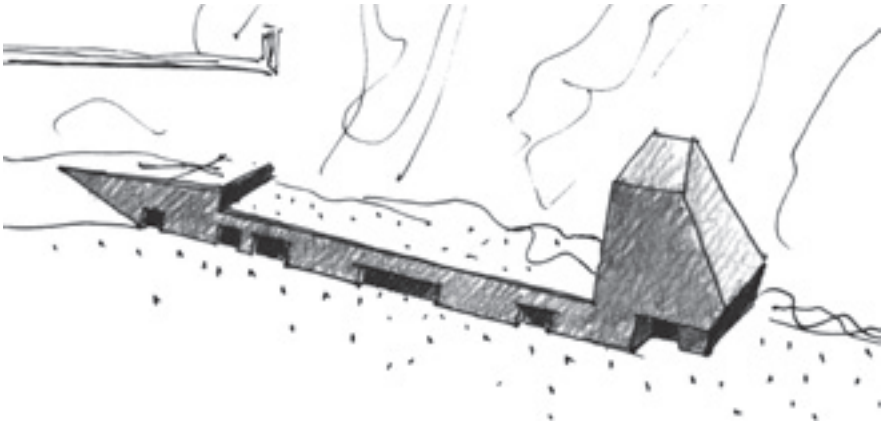
Ventilazione nella Galleria di base del Ceneri
Nella Galleria di base del Ceneri non sono previste centrali di ventilazione. L'aerazione necessaria sarà assicurata da oltre 50 acceleratori d'aria collocati in prossimità dei portali e al centro della galleria.

Clima per lavori di manutenzione
Qualora la temperatura dovesse raggiungere livelli troppo elevati, la ventilazione d'esercizio può immettere aria per raffreddare la galleria. Inoltre la ventilazione crea il clima necessario per il personale chiamato a eseguire lavori di manutenzione. Perciò nel settore in cui hanno luogo i lavori occorre regolare le temperature, la velocità di circolazione dell'aria e le oscillazioni di pressione.

Clima in galleria
Un clima ottimale in galleria è determinante per garantire l'elevata disponibilità e durata di vita degli impianti tecnici. D'estate la temperatura si aggira sui 36–37 °C, d'inverno intorno a 35 °C. La temperatura in galleria dipende da fattori come la temperatura della roccia, la temperatura dei treni al momento dell'ingresso in galleria, dal calore ceduto dalle installazioni tecniche e dalla temperatura dell'acqua di montagna. All'entrata, nei pressi dei portali, l'umidità relativa dell'aria può superare il 70%; essa diminuisce progressivamente con l'aumento della temperatura nella direzione di corsa e si attesta sul 20 al 40% presso il portale all'uscita.



Rappresentazione 3D del sistema di ventilatori di afflusso e di estrazione della centrale di ventilazione di Faido


Abbozzo della centrale di ventilazione al portale del cunicolo d'accesso di Faido

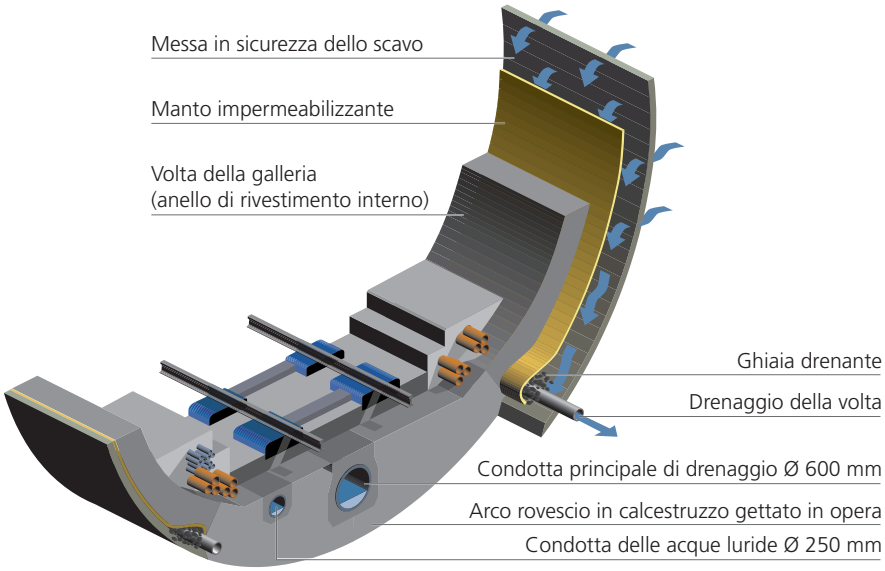
Attrezzatura di costruzione grezza
Uso ragionevole e pulito dell'acqua

Nelle canne delle gallerie si registra un afflusso notevole di acqua d'infiltrazione. Nella Galleria di base del San Gottardo l'acqua d'infiltrazione e le acque luride scorrono in condotte separate. La Galleria di base del Ceneri dispone invece di un sistema misto.

Impermeabilizzazione contro le infiltrazioni
Gli anelli interni delle gallerie sono costantemente esposti alle venute d'acqua. L'acqua d'infiltrazione scorre lungo il manto impermeabilizzante fino al piede delle volta, dove viene raccolta dalla condotta di drenaggio. Ogni 100 m si riversa in pozzetti di controllo e da qui nella condotta principale situata sotto il binario.

Separazione delle condotte
Nella Galleria di base del San Gottardo, in caso di avaria, le acque luride presenti nel settore dei binari vengono raccolte attraverso pozzetti ogni 100 m e allontanate attraverso una condotta separata di eduzione: si parla di un «sistema separato». Le acque luride sono convogliate in un bacino di raccolta esterno dove vengono analizzate. A seconda della composizione, dopo il trattamento, possono essere nuovamente immesse nei corsi d'acqua naturali.

Ceneri: sistema misto
Nella Galleria di base del Ceneri l'acqua di montagna e le acque luride non vengono separate per l'evacuazione, poiché le venute d'acqua sono di gran lunga inferiori rispetto alla Galleria di base del San Gottardo.



Sistema di eduzione delle acque nella Galleria di base del San Gottardo

Impianto di trattamento delle acque di Erstfeld

Tecnica ferroviaria
Binari, corrente e sistema radio

Sono gli impianti di tecnica ferroviaria a consentire l'esercizio nelle Gallerie di base del San Gottardo e del Ceneri. Essi integrano la nuova linea nella rete ferroviaria esistente.

Fanno parte degli impianti di tecnica ferroviaria i binari, gli scambi, la linea di contatto, l'approvvigionamento di corrente, i collegamenti radio e telefonici e la tecnica di segnalamento per treni che transitano in galleria a velocità fino a 250 km/h.

Dispositivi provvisori e aree d'installazione

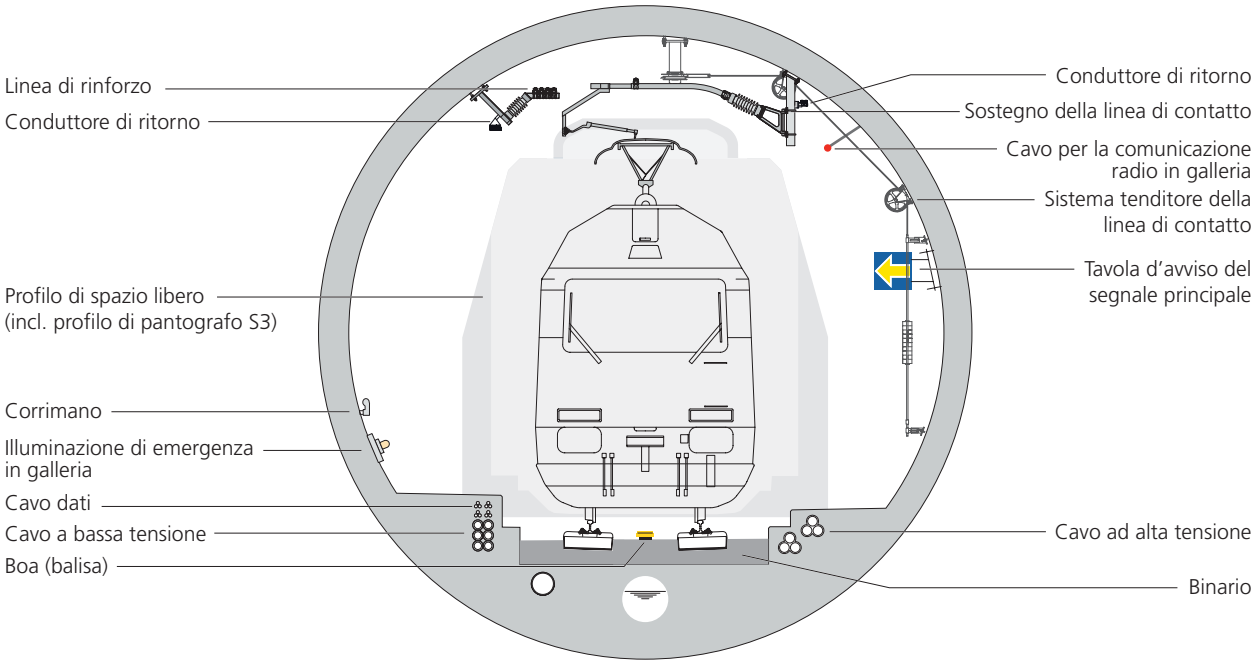
Accanto agli impianti per l'esercizio sono necessarie costruzioni provvisorie e prestazioni temporanee per la posa in opera della tecnica ferroviaria. Le aree d'installazione in prossimità dei portali costituiscono la base logistica, ma fanno parte di questi dispositivi anche il «treno di betonaggio» per il getto della piastra, la ventilazione e la climatizzazione di cantiere nonché l'alimentazione di corrente.

Tecnica moderna

La progettazione e l'esecuzione delle installazioni di tecnica ferroviaria avvengono al massimo livello tecnico. I lunghi tempi di progettazione e realizzazione rappresentano una sfida particolarmente impegnativa, poiché al momento della messa in esercizio tutti i componenti devono corrispondere agli standard tecnici più avanzati.

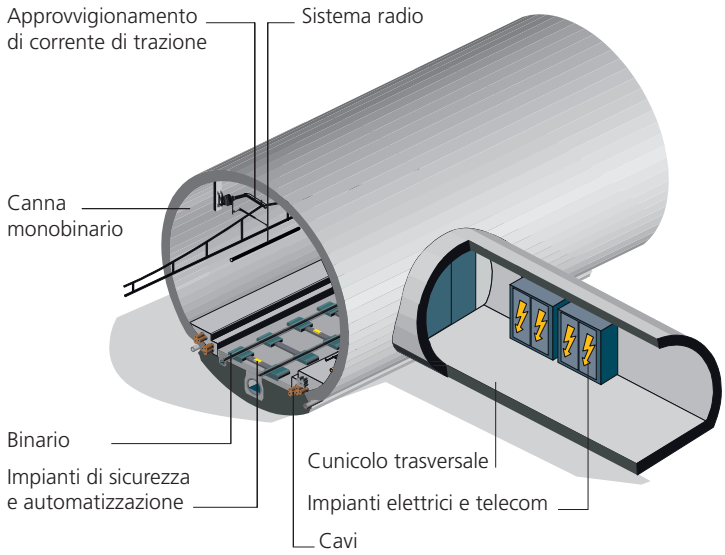
Verifiche approfondite

La tecnica ferroviaria è un sistema altamente complesso. Perciò già durante la progettazione sono state comunque ricercate soluzioni possibilmente semplici da costruire, con un minimo di interfacce. Diverse prove sono state effettuate in fabbrica con largo anticipo rispetto alla fase esecutiva: test sui materiali e in laboratorio e campionature per i



Sezione della galleria con installazioni di tecnica ferroviaria

vari settori della tecnica ferroviaria. Si è così potuto accrescere la sicurezza riguardo ai programmi di messa in esercizio. Il progetto richiede un coordinamento stretto e tempestivo con le autorità e i partecipanti al progetto.



Installazioni di tecnica ferroviaria della Galleria di base del San Gottardo

Coordinamento delle attività d'installazione

Prima di dare inizio ai lavori d'installazione, occorre uno stretto coordinamento fra i singoli settori della tecnica ferroviaria, ma anche tra gli imprenditori responsabili della costruzione della galleria e delle attrezzature di costruzione grezza. Tutti questi settori operano in parte contemporaneamente e devono essere armonizzate accuratamente le esigenze di spazio e di tempo nonché la logistica dei materiali.

Un'impresa generale

Nella Galleria di base del San Gottardo è stata incaricata un'impresa generale per la posa in opera della tecnica ferroviaria. Il contratto del valore di 1,7 miliardi CHF è il contratto più importante mai sottoscritto da AlpTransit San Gottardo SA e rappresenta anche a livello mondiale uno dei maggiori contratti siglati nel settore della tecnica ferroviaria. Durante la fase principale d'installazione saranno all'opera circa 700 persone, tra cui molti specialisti.

Visualizzazione delle installazioni di tecnica ferroviaria e dei dispositivi provvisori

Tecnica ferroviaria
Installazione a tappe

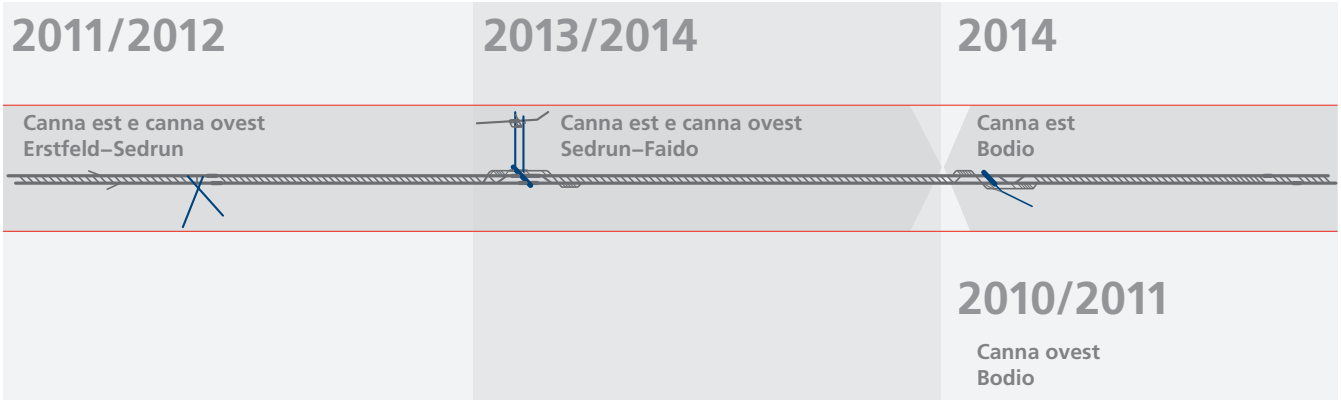
L'installazione degli impianti di tecnica ferroviaria è un compito tutt'altro che facile per gli specialisti del ramo. Necessita di preparativi onerosi e le condizioni quadro sono assai complesse.

- Sia per la posa in opera che per la manutenzione delle installazioni di tecnica ferroviaria gli accessi sono limitati. Gli unici accessi efficaci sono i due portali. Le vie di trasporto, essendo così lunghe, richiedono una logistica efficace.
- Nella galleria le condizioni di spazio sono assai ridotte. I mezzi gommati non hanno la possibilità di invertire la direzione di corsa. Perciò la posa delle installazioni di tecnica ferroviaria si avvale principalmente della rotaia stessa.
- Le condizioni climatiche estreme rappresentano una sfida sia per il personale che per gli impianti. Per proteggere le installazioni dalle temperature elevate e dall'umidità, esse sono alloggiate in armadi speciali situati nei cunicoli trasversali. Durante la fase di costruzione è indispensabile ventilare e raffreddare i luoghi di lavoro.
- L'alta velocità e le esigenze in materia di sicurezza sul lavoro incrementano il grado di difficoltà delle attività d'installazione della tecnica ferroviaria.

Posa dei binari senza massicciata

Processi di lavoro

In ogni comparto la posa degli impianti di tecnica ferroviaria avviene secondo il medesimo ordine: dapprima vengono montati i dispositivi provvisori e posati i cavi. Successivamente si procede alla posa del binario senza massicciata. Così si assicura la logistica di trasporto degli altri impianti. Segue il montaggio dei sostegni della linea di contatto e dell'attrezzatura dei cunicoli trasversali. Il passo successivo prevede l'installazione dell'illuminazione d'emergenza e dei corrimano nelle canne principali; poi vengono tesi i fili della linea di contatto. Quindi vengono collegati i punti dati e i sistemi tecnici e finalmente ha luogo la messa in esercizio.



Fasi e direzioni della posa in opera degli impianti di tecnica ferroviaria

Montaggio del cavo radiante nella Galleria di base del San Gottardo

Installazione a tappe
Nella Galleria di base del San Gottardo la posa in opera delle installazioni di tecnica ferroviaria avviene dapprima a sud, nella canna ovest del comparto di Bodio. Poi si continua partendo da nord. Con l'avanzare dei lavori si creano distanze di trasporto lunghe fino a 40 km. Alla fine si ritorna con le installazioni a sud, nella canna est di Bodio.

Tratta di prova
La canna ovest del comparto di Bodio sarà il primo settore della galleria ad essere dotato di tutte le componenti di tecnica ferroviaria. Nel 2014 in questo comparto lungo 15 km saranno effettuati test in condizioni reali di tutti i sottosistemi di tecnica ferroviaria. La tratta di prova consente di raggiungere velocità fino a 230 km/h. Sarà dunque possibile individuare il potenziale di perfezionamento dell'installazione e minimizzare i rischi in vista della messa in esercizio.

Logistica impegnativa
Per potere disporre dei componenti di tecnica ferroviaria necessari al momento giusto e nel luogo desiderato per la posa in opera, è indispensabile un sistema efficiente di gestione logistica. Molti componenti vengono confezionati su misura. Devono essere ordinati per tempo, fabbricati nella qualità desiderata, sottoposti a prove preliminari e quindi forniti. Vengono depositati provvisoriamente nelle aree d'installazione e – secondo il fabbisogno giornaliero – confezionati e trasportati nei luoghi di montaggio in galleria. Grandi quantità di materiale devono essere fornite con estrema puntualità per essere installate.

Galleria di base del San Gottardo
- 2860 sostegni per linea di contatto
- 250 trasformatori
- 6000 km di cavi
- 930 boe trasmittenti

Galleria di base del Ceneri
- 900 sostegni per linea di contatto
- 85 trasformatori
- 2055 km di cavi
- 200 boe trasmittenti

Tecnica ferroviaria
Binario per l'alta velocità

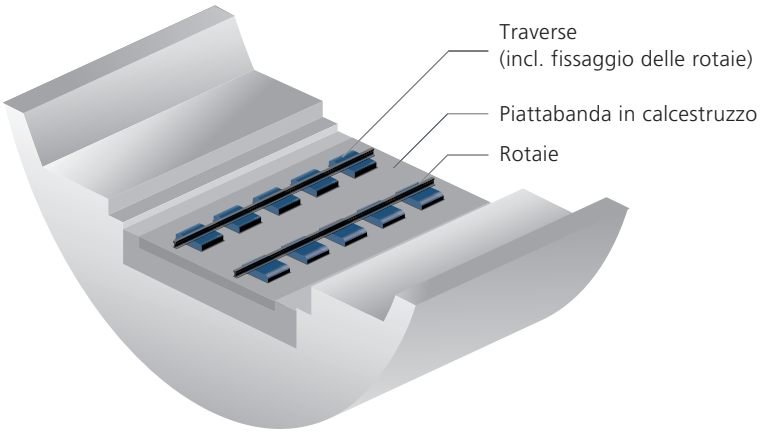
A differenza dei tracciati all'aperto, le gallerie di base del San Gottardo e del Ceneri saranno dotate di binari senza massicciata. Per consentire velocità fino ai 250 km/h dovranno essere disposti con la massima precisione.

Rispetto ai binari con massicciata, il binario «su piastra» (cioè con piattabanda di calcestruzzo) presenta due vantaggi: l'altezza inferiore e maggiore stabilità. Di conseguenza gli oneri di manutenzione sono inferiori e il confort per i viaggiatori è superiore.

Componenti del binario senza massicciata

Sostanzialmente questo tipo di binario è composto di meno componenti, ma la quantità di pezzi da montare è immensa. Per le due gallerie di base sono necessari circa

- 400 km di rotaie
- 480 000 singoli blocchi-traversa in calcestruzzo per binari senza massicciata
- 90 000 traverse in calcestruzzo per binari con massicciata
- 170 000 m³ di calcestruzzo



Componenti del binario senza massicciata

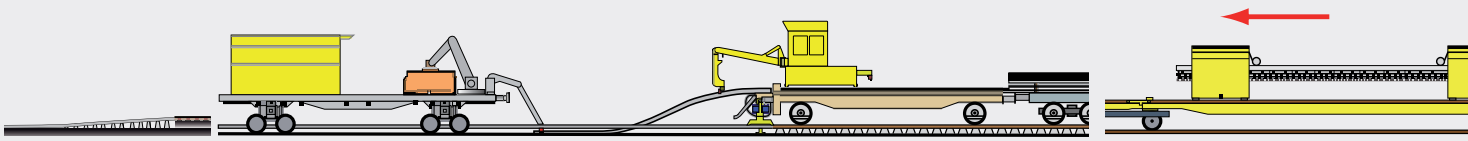
Installazione dei binari con «treno di betonaggio»

Una volta sigillate le traverse nel calcestruzzo, la geometria del binario senza massicciata non può più essere corretta. Perciò nella posa in opera devono essere soddisfatti severi requisiti. La posa avviene per tronchi di 2 km di lunghezza.

Dopo la fornitura in galleria del materiale completo (traverse, rotaie ecc.) in galleria, il binario viene allineato con precisione millimetrica con l'ausilio di carri misuratori. Solo dopo questa operazione le traverse vengono annegate nel calcestruzzo. A tal fine, per la Galleria di base del San Gottardo, l'imprenditore ha

Posa dei binari

I 120 km di rotaie vengono scaricati, disposti sulla platea della galleria e collegati con distanziatori. Una volta disposte le rotaie per una lunghezza di oltre 2000 m, sul luogo giungono «just in time» i blocchi-traversa. I blocchi sono trasportati su vagoni speciali e imballati in modo da non dover essere rimballati per la posa: è sufficiente rimuovere l'imballaggio da trasporto e posarli.



Treno di betonaggio e d'installazione dei binari

sviluppato un impianto di produzione del calcestruzzo su rotaia. La produzione in loco garantisce un'alta qualità poiché non ha luogo nessun trasporto tra il luogo di produzione e il luogo d'impiego. Completare il binario è essenziale per la posa in opera di tutte le altre installazioni di tecnica ferroviaria.

Sistema di azionamento degli scambi

A causa dei limiti di spazio nelle canne monobinario gli scambi sono dotati di un sistema di azionamento nuovo per la Svizzera. Invece della trasmissione meccanica della forza (mediante aste), si impiega un sistema idraulico.

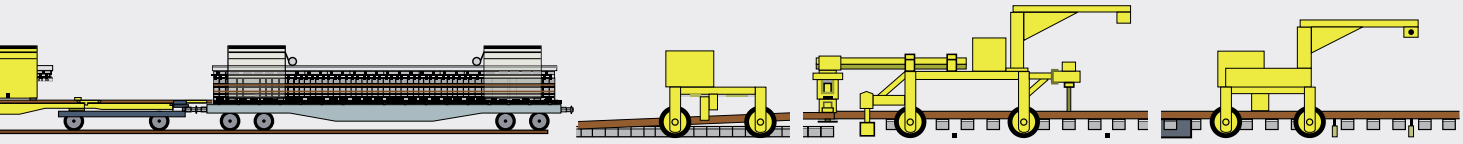
Tratte all'aperto

Nelle tratte all'aperto, al nord come al sud delle due gallerie di base, viene posato un binario convenzionale con massicciata e traverse in calcestruzzo. Al fine di prolungare la vita utile delle traverse in calcestruzzo, esse sono dotate di una suola elastica.

Capannone di Biasca con in mostra un campione di binario

Binario con massicciata sulla tratta all'aperto presso Biasca

Una gru a portale solleva una fila di 60 traverse per volta, la trasporta e la deposita tra i binari. Dopo che le traverse sono state distribuite, esse vengono posizionate per la messa in opera. In seguito viene montato il sistema di sostegno e messa in posizione l'intelaiatura del binario.



Tecnica ferroviaria
L'energia per gli impianti tecnici

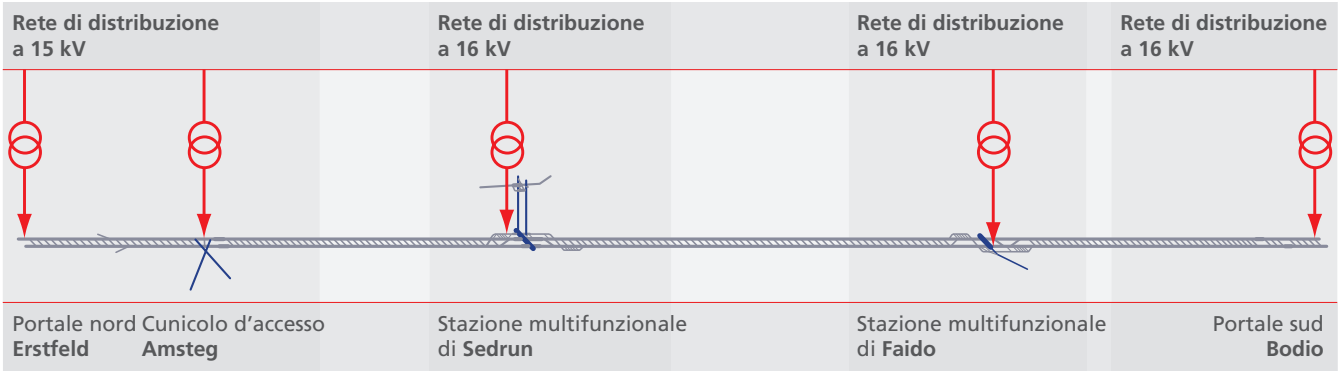
Nelle gallerie di base e lungo i tracciati realizzati all'aperto tutte le installazioni tecniche necessitano di energia elettrica. L'alimentazione di corrente 50 Hz deve rispondere alle massime esigenze in materia di affidabilità e disponibilità.

Installazioni quali i sistemi di comando, di sicurezza, di comunicazione e di sorveglianza così come gli impianti d'illuminazione, ventilazione, domotica e drenaggio pongono esigenze molto elevate all'approvvigionamento elettrico. Anche in condizioni straordinarie, ad esempio in presenza di temperature elevate o di polvere, l'alimentazione deve essere sicura.

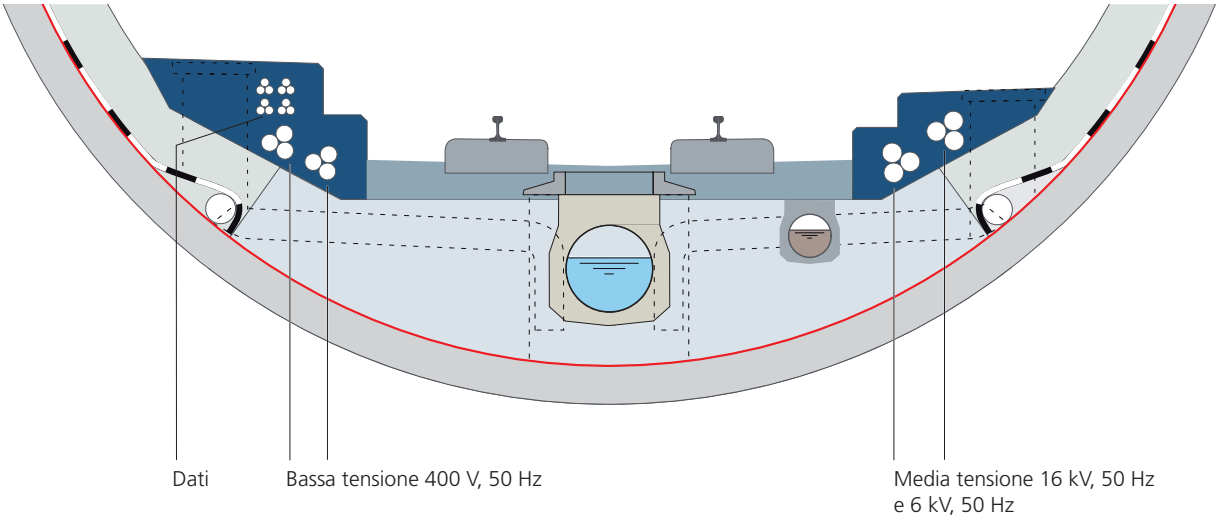
Sottostazione esistente Faido

Corrente dalla rete pubblica
L'alimentazione di corrente 50 Hz, tramite la rete cosiddetta normale, avviene a partire dalla rete di approvvigionamento pubblica. Per la Galleria di base del San Gottardo vi sono 5 punti di alimentazione: Erstfeld, Amsteg, Sedrun, Faido e Bodio. Per la Galleria di base del Ceneri sono previsti punti di alimentazione a Vigana e a Vezia. In più, in questi punti sono installati due generatori diesel ciascuno, che in caso d'emergenza alimentano una rete sostitutiva. Questa entra in funzione automaticamente in caso di guasto della rete normale.

Tecnica di protezione e di comando
Tutti gli impianti vengono visualizzati, sorvegliati e azionati dalla «tecnica di comando». In caso di disturbo del sistema di approvvigionamento elettrico, appositi dispositivi di protezione individuano il guasto e disattivano le parti del sistema interessate. Nella Galleria di base del San Gottardo sono necessari 3200 km di cavi



Principali punti di alimentazione dalla rete d'alimentazione pubblica



Cavi disposti nei bauletti incorporati nelle banchine sui lati della galleria

per l'alimentazione elettrica e 2600 km per la trasmissione di dati. L'affidabilità dei cavi è una premessa per la disponibilità di corrente 50 Hz. Per evitare guasti meccanici, i cavi sono disposti in appositi bauletti incorporati nelle banchine sui lati della galleria. Cavi con livelli di tensione e funzioni diverse sono sistemati in sezioni separate.

Illuminazione della galleria e dei cunicoli trasversali

Nelle gallerie di base durante la fase d'esercizio l'illuminazione rimane spenta. Le circa 9500 lampade della Galleria di base del San Gottardo servono solo in caso d'emergenza per i passeggeri che si trovano sulle vie di fuga. Sono inoltre usate per lavori di manutenzione.

Corrimano e illuminazione d'emergenza in galleria

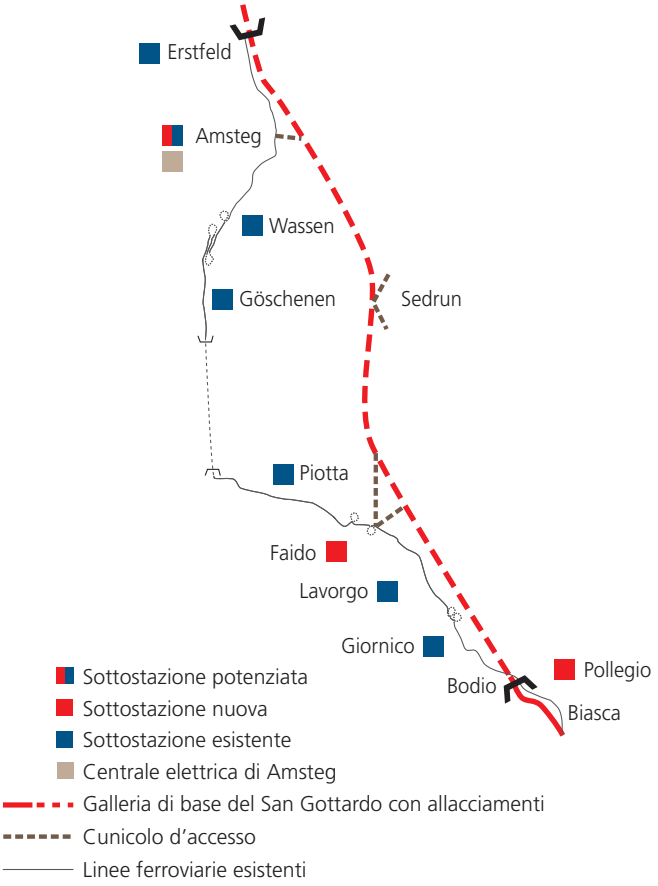
Posa dei cavi nel comparto di Bodio (canna ovest)

Tecnica ferroviaria
Corrente di trazione e catenaria

La nuova linea del San Gottardo sarà utilizzata sia da treni ad alta velocità sia da pesanti treni merci. La lunghezza delle gallerie, la breve successione di treni e l'indispensabile elevata disponibilità pongono esigenze particolari all'alimentazione di corrente di trazione.

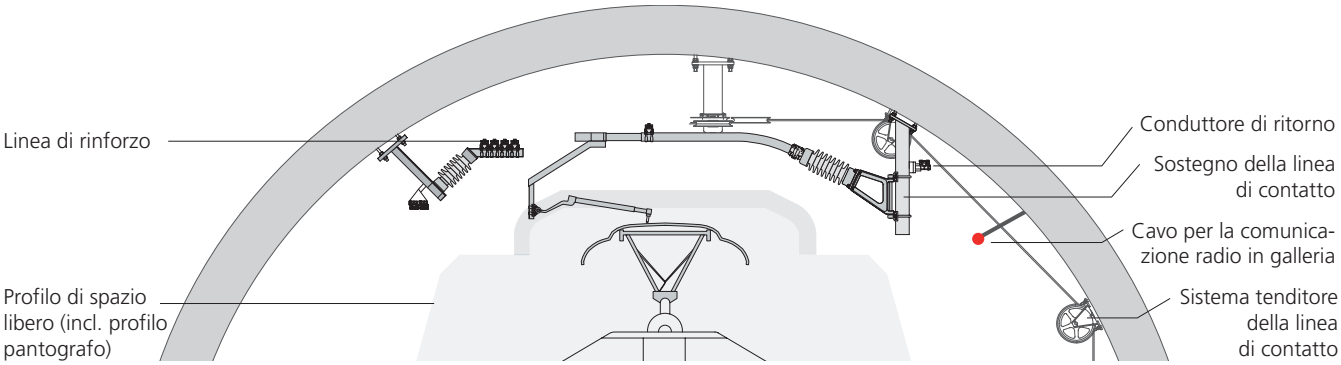
Alimentazione di corrente di trazione
L'alimentazione di corrente di trazione avviene attraverso sottostazioni alimentate dalla rete ad alta tensione delle FFS. Complessivamente cinque sottostazioni sono state costruite o potenziate per assicurare l'approvvigionamento delle gallerie di base. Esse trasformano la tensione massima di 132 000 volt in tensione di 15 000 volt richiesta per le motrici. Se una delle sottostazioni subisse un guasto, le altre sarebbero ancora in grado di fornire la corrente necessaria per l'intera linea. L'approvvigionamento delle due canne (est e ovest) avviene in modo indipendente l'una dall'altra. Anche gli impianti di comando e di protezione sono installati separatamente.

Linea di contatto per treni veloci e pesanti
Le linee di contatto alimentano i treni con corrente elettrica. Per rendere possibile il transito sia di treni ad alta velocità sia di pesanti treni merci, la linea di contatto di ogni canna deve condurre delle correnti fino a 2400 Ampere. È essenziale che le motrici possano contare su



Punti di alimentazione di corrente di trazione per la Galleria di base del San Gottardo

Montaggio dell'impianto di corrente di trazione



Dettagli delle installazioni della linea di contatto

un'alimentazione senza interruzioni, anche alle massime velocità

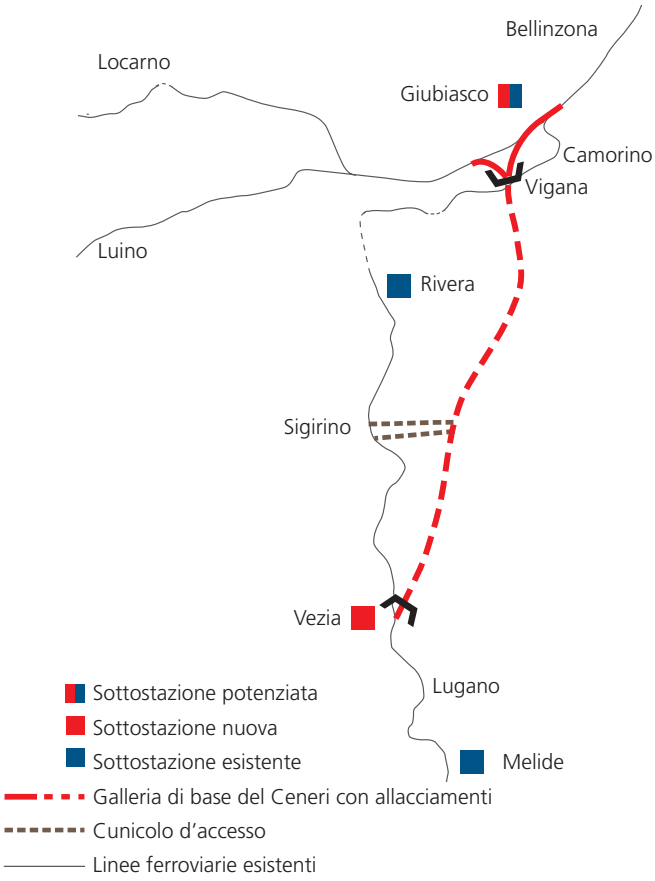
Linea di contatto a catenaria con dispositivo tenditore

Le Gallerie di base del San Gottardo e del Ceneri saranno dotate di linee di contatto a catenaria. Il filo di contatto è di rame legato con argento. È appeso a una fune portante di bronzo con pendini della lunghezza massima di 90 cm. Ogni 48 m le corde portanti sono fissate tramite elementi di sostegno alla volta della galleria. Un sistema tenditore con dispositivi posti a una distanza di 1300 m fra di loro permette di regolare con precisione l'intera linea di contatto. Perciò questo sistema è chiamato «linea di contatto con tensionatura completa». Parallelamente alla catenaria scorre una linea di rinforzo regolarmente connessa, la quale contribuisce ad assicurare l'elevato fabbisogno di corrente. La linea di contatto è dimensionata in modo da poter sopportare anche un guasto a una sottostazione.

Messa a terra

La corrente di trazione è condotta dalla sottostazione alla linea di contatto (catenaria) da dove viene prelevata attraverso il pantografo dalla motrice. Da qui la corrente passa alle ruote e ai binari. Infine, attraverso i binari e i conduttori di ritorno, la corrente ritorna alla sottostazione. La messa a terra ferroviaria assicura che nelle immediate vicinanze della linea ferroviaria non si verifichino tensioni inammissibili con rischio di scosse elettriche pericolose per le persone.

Posa del filo di contatto



Punti di alimentazione di corrente di trazione per la Galleria di base del Ceneri

Tecnica ferroviaria
Telefonare senza disturbi

Nelle Gallerie di base del San Gottardo e del Ceneri i passeggeri potranno telefonare senza problemi con il proprio cellulare grazie a un'affidabile rete radio e telefonica. Questa rete servirà anche per la trasmissione di grandi quantità di dati d'esercizio ferroviario.

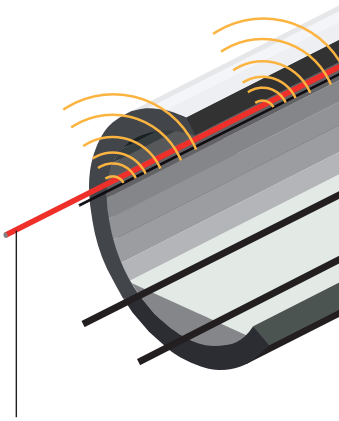
Sistema di comando della galleria basato sulla rete fissa
La rete di telecomunicazione fissa costituisce la base del sistema di gestione che comanda a distanza e sorveglia l'insieme degli impianti specifici di galleria quali ventilazione, smaltimento delle acque, portoni e illuminazione. Sono inoltre collegati alla rete altri sistemi che assistono il personale di servizio in caso di emergenza e nella pianificazione dei lavori di manutenzione. La gestione dell'intero sistema di comando basato su rete fissa è affidato al Centro d'esercizio di Pollegio (CEP).

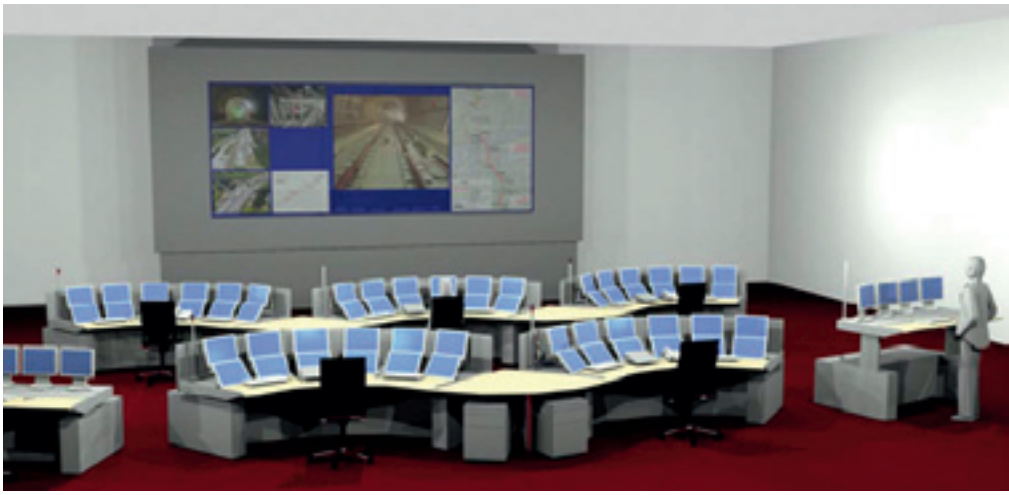
Telefonare tramite la rete fissa
La rete dati costituisce anche la base per i collegamenti telefonici tra le gallerie di base e gli edifici esterni. Per queste comunicazioni d'esercizio si applica il sistema di telefonia VoIP (Voce tramite protocollo internet). Apparecchi VoIP sono installati negli edifici della tecnica ferroviaria, nelle colonnine per chiamate di soccorso in prossimità dei portali e nei cunicoli trasversali.

Rete di radiocomunicazione
Accanto alla rete fissa di telecomunicazione è disponibile anche una rete radio per la telefonia mobile che copre l'intero territorio interessato. Essa è utilizzata per l'esercizio delle gallerie nonché in caso d'emergenza.

Hanno accesso alla rete di radiocomunicazione:

- i **macchinisti dei treni** – tramite un sistema digitale di radio appositamente sviluppato per le ferrovie (GSM-R) – ricevono in cabina di guida le informazioni rilevanti
- le **forze d'intervento** quali polizia e vigili del fuoco – nel quadro dei loro interventi in galleria – utilizzano il proprio sistema di radiocomunicazione digitale POLYCOM
- i **passeggeri** accedono attraverso i sistemi pubblici di radiocomunicazione digitale (GSM-P/UMTS) ai servizi dei rispettivi operatori di telefonia mobile e possono telefonare in treno.





Visualizzazione dati nel Centro d'esercizio di Pollegio (CEP)

Colonnina per chiamate di soccorso
nel cunicolo trasversale

Impianti elettrici e
telecomunicazione

Comunicazione mobile
attraverso la rete radio

Attraverso il sistema di radiocomunicazione
il macchinista riceve segnalazioni in cabina guida

Le gallerie di base dispongono di una rete di telecomunicazione fissa e di un sistema radio

Cavo radiante
Per l'irradiazione del segnale radio si utilizzano antenne e, in galleria, un cavo radiante. Il funzionamento del cavo radiante è paragonabile a quello di un tubo per l'irrigazione dotato di molti «fori», attraverso i quali le onde radio possono entrare e uscire. Presso i portali vengono installate delle centraline che fungeranno da interfaccia tra il sistema di trasmissione in galleria e i servizi di radiocomunicazione (GSM-R, POLYCOM, GSM-P, UMTS).

Antenna GSM-R per la trasmissione delle informazioni rilevanti al macchinista

Le colonnine per chiamate di soccorso nei cunicoli trasversali sono collegate con la rete fissa per dati

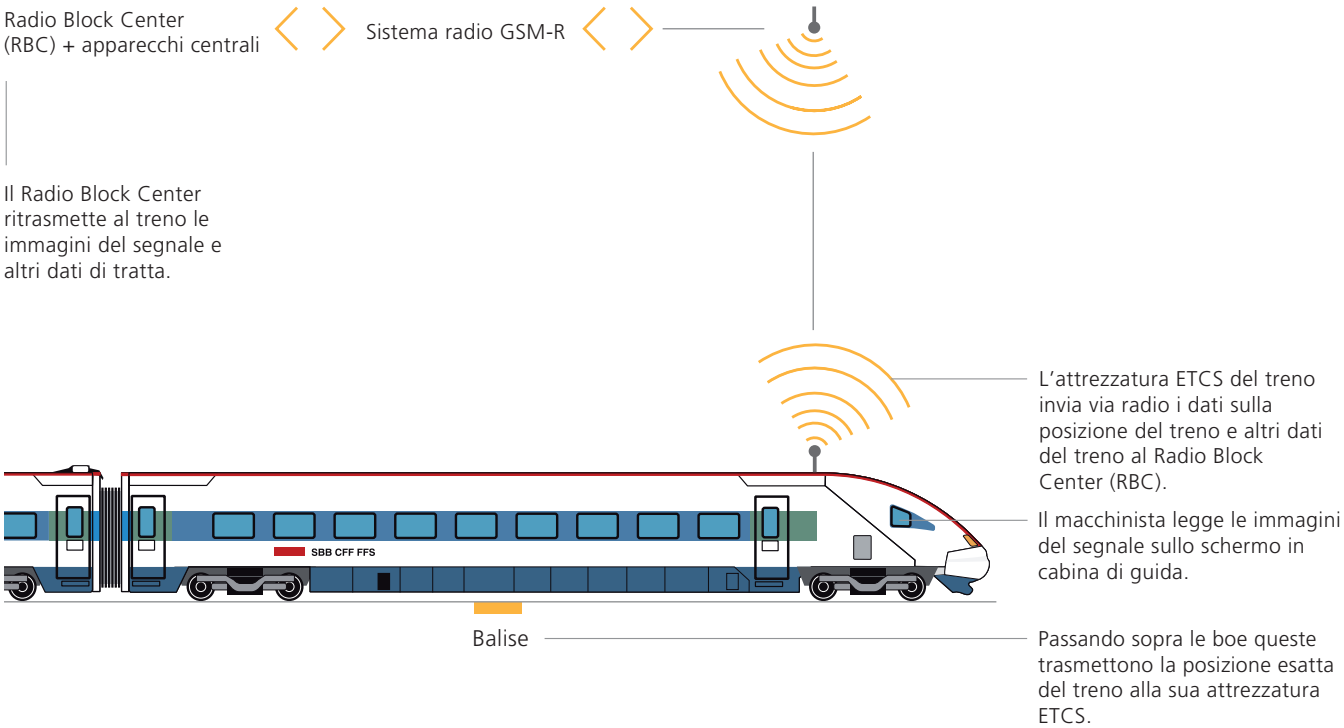
Anche la comunicazione tra le gallerie di base e gli edifici esterni avviene tramite la rete fissa per dati

Tecnica ferroviaria
Impianti per un esercizio sicuro

Gli impianti di sicurezza servono a comandare e sorvegliare i movimenti dei treni sui nuovi tracciati all'aperto e nelle gallerie di base. Essi garantiscono un esercizio ferroviario sicuro.

Gli impianti di sicurezza garantiscono la completa gestione e sorveglianza del traffico ferroviario sull'intera rete. Essi devono soddisfare requisiti molto severi in materia di sicurezza e disponibilità.

- **Gli apparecchi centrali:** apparecchi elettronici d'ultima generazione comandano e sorvegliano elementi quali scambi o dispositivi d'annuncio di binario libero (conta-assi). Provvedono inoltre alla protezione degli itinerari. Per la Galleria di base del San Gottardo saranno impiegati quattro apparecchi centrali elettronici con i relativi impianti esterni: uno ciascuno per le aree di Rynächt e Bodio/Pollegio, per la canna est e per la canna ovest. Per la Galleria di base del Ceneri è previsto l'impiego di un apparecchio centrale elettronico.
- **La centrale radio** di tratta, anche denominata Radio Block Center (RBC), è l'elemento centrale del «segnalamento in cabina guida». L'autorizzazione al movimento e le relative informazioni sulla tratta vengono trasmesse direttamente ai treni dal RBC tramite interfaccia aerea (GSM-R). Le Gallerie di base del San Gottardo e del Ceneri saranno dotate di un RBC ciascuna.
- **La tecnica di comando** per treni è il livello operativo e di controllo vero e proprio. Serve al capomovimento per dirigere e sorvegliare l'esercizio ferroviario. La tecnica di comando per treni comprende il sistema di comando ILTIS, impiegato dalle FFS sull'intera rete, e quello specifico per la Galleria di base del San Gottardo, il TAG (Tunnel Automatik Gotthard).



Funzione del sistema elettronico di segnalamento e controllo ETCS

Collaboratore del «Gotthard-Labor» di Zurigo

Esercizio ferroviario automatizzato
Gli impianti di sicurezza sono gestiti dalla Centrale d'esercizio di Pollegio CEP. All'interno delle gallerie i sistemi decentralizzati (di annuncio binario libero e di azionamento degli scambi) sono collegati fra di loro attraverso una rete dati. L'esercizio ferroviario è completamente automatizzato. Di regola, non sono necessari interventi da parte del capomovimento.

Segnalamento elettronico in cabina di guida
Le nuove tratte sull'asse del San Gottardo e del Ceneri saranno dotate del moderno sistema elettronico di segnalamento in cabina guida ETCS (European Train Control System) di livello 2. Il macchinista riceve tutte le informazioni rilevanti via radio sullo schermo indicatore in cabina guida. ETCS consente il segnalamento di velocità superiori a 160 km/h. Garantisce maggiore sicurezza e consente di aumentare la capacità accorciando i tempi di successione dei treni. Eliminando i segnali fissi ottici, si semplifica l'infrastruttura lungo il tracciato. Il sistema di segnalamento corrisponde alla norma europea e assicura quindi l'interoperabilità e agevola l'accesso alle reti.

Simulatore di motrice presso il «Gotthard-Labor»

Tempi di successione dei treni

La nuova linea del San Gottardo e del Ceneri è impostata in modo da poter consentire il transito di un treno ogni 3 minuti. Questa cadenza molto breve per i treni merci è garantita dagli impianti di sicurezza:

Galleria di base del San Gottardo		**Galleria di base del Ceneri**	
Coppie di boe (balise)	450	Coppie di boe (balise)	200
Conta-assi (ridondanti)	370	Conta-assi (ridondanti)	150

Messa in servizio
Testare, collaudare e istruire

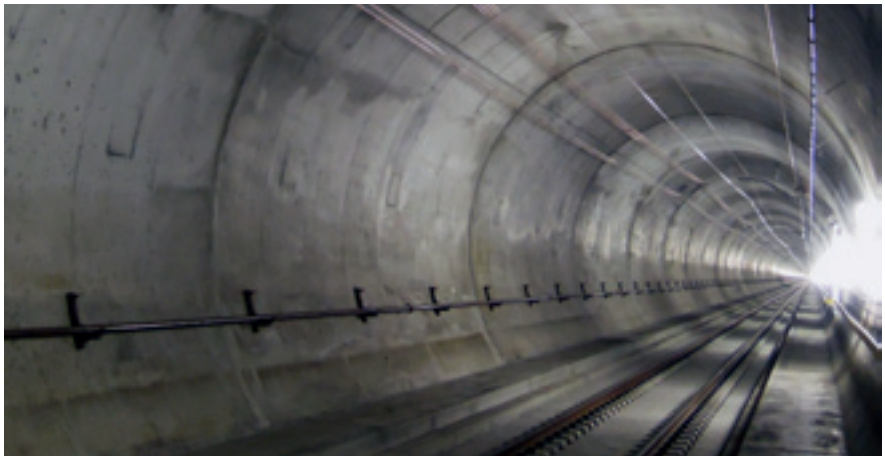
Prima di permettere ai treni di transitare attraverso la galleria più lunga del mondo, tutti gli impianti devono essere testati accuratamente. Occorre inoltre effettuare corse di prova e formare il personale. La Confederazione rilascerà l'autorizzazione d'esercizio soltanto nel momento in cui tutto funzionerà senza difficoltà.

La messa in servizio delle grandi opere ferroviarie del San Gottardo e del Ceneri è una procedura complessa, suddivisa in diverse tappe. Ogni singolo elemento e ogni singolo impianto sarà collaudato nel quadro di prove parziali di funzionamento. Inoltre per ogni componente dev'essere garantita l'interazione con il sistema di comando della galleria e l'integrazione nel sistema globale. Ciò avviene in parte già durante la fase d'installazione.

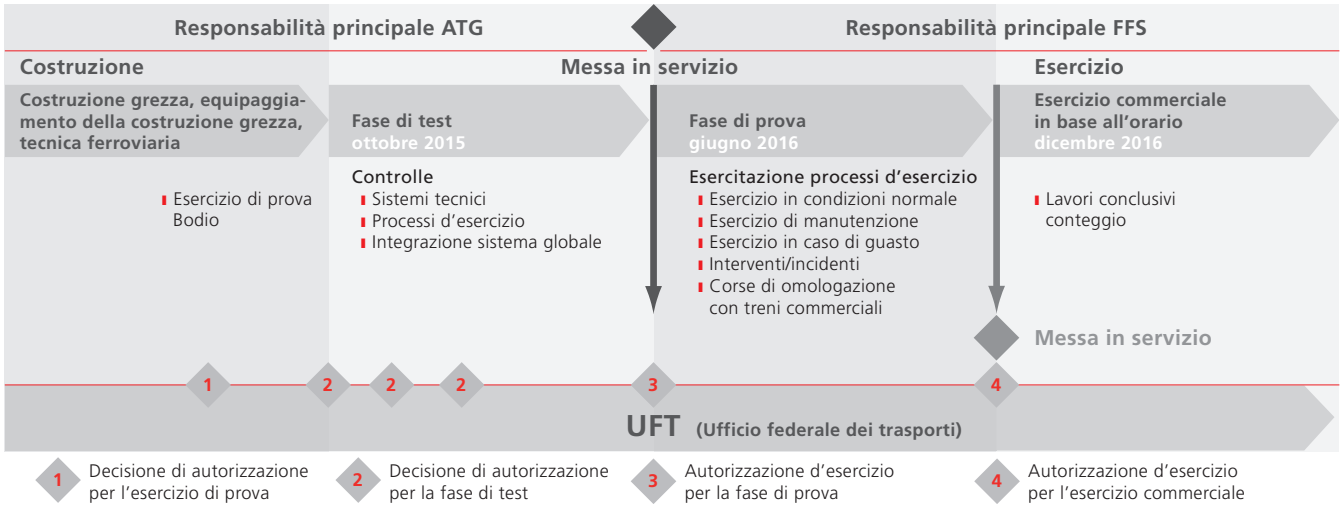
Fasi di prova

Al termine della posa in opera e della prova parziale di tutti i componenti, inizia la fase di messa in servizio effettiva dell'intera galleria. Essa si suddivide nelle seguenti fasi:

- **Fase di test:** nella sua veste di esecutore, AlpTransit San Gottardo SA dimostra la funzionalità e il rispetto dei requisiti di sicurezza. Durante vari mesi di test e attraverso corse di prova, tutti i componenti e le loro interazioni vengono testati a fondo.
- **Fase di prova:** la successiva fase di esercizio di prova è posta sotto la responsabilità delle FFS in qualità di futuro gestore delle gallerie di base. L'Ufficio federale dei trasporti rilascerà l'autorizzazione d'esercizio secondo orario soltanto dal momento in cui sarà dimostrato che l'esercizio con treni viaggiatori e treni merci, nonché l'impiego di personale e la gestione degli eventi non presentino alcun problema.



Tratto di prova Bodio ovest



Messa in servizio della Galleria di base del San Gottardo

Esercizio ferroviario
Controllo e comando

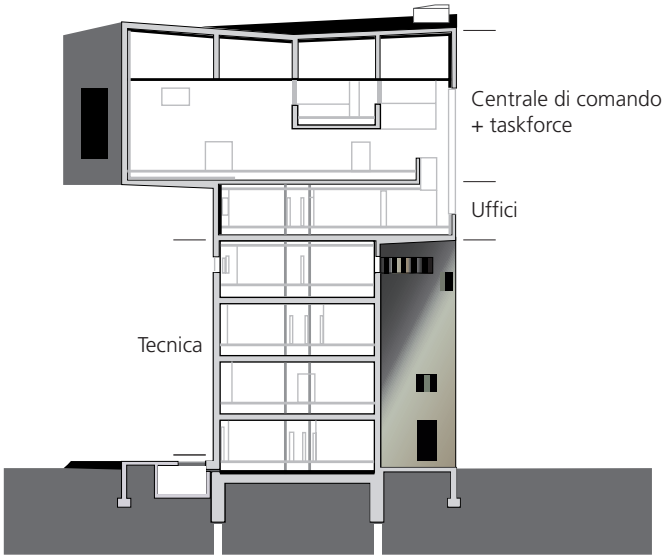
Grazie alle attrezzature tecniche moderne, l'esercizio delle ferrovie e delle gallerie è in gran parte automatizzato. Responsabili per il controllo e il comando di questo sistema sono i collaboratori del CEP.

I collaboratori del Centro d'esercizio di Pollegio (CEP) regolano, sorvegliano e dispongono tutto il traffico ferroviario sull'asse del San Gottardo da Arth-Goldau fino al confine con l'Italia. I compiti del CEP comprendono anche il comando di tutti i sistemi tecnici di entrambe le gallerie di base. Inoltre nel Centro d'esercizio risiede anche la centrale di contatto per il coordinamento delle squadre di manutenzione nelle due gallerie di base. In caso di emergenza anche il comando delle squadre d'intervento s'installa nel CEP.

Esercizio normale e in caso di emergenza

Per esercizio normale s'intende il funzionamento regolare di tutti i sistemi di comando della tecnica ferroviaria: non vi sono disturbi che comportano ritardi dei treni. Se in galleria si verifica un evento che potrebbe rappresentare un pericolo per le persone, l'operatore del CEP o il sistema stesso fa scattare l'esercizio d'emergenza.

Modellino del Centro d'esercizio di Pollegio



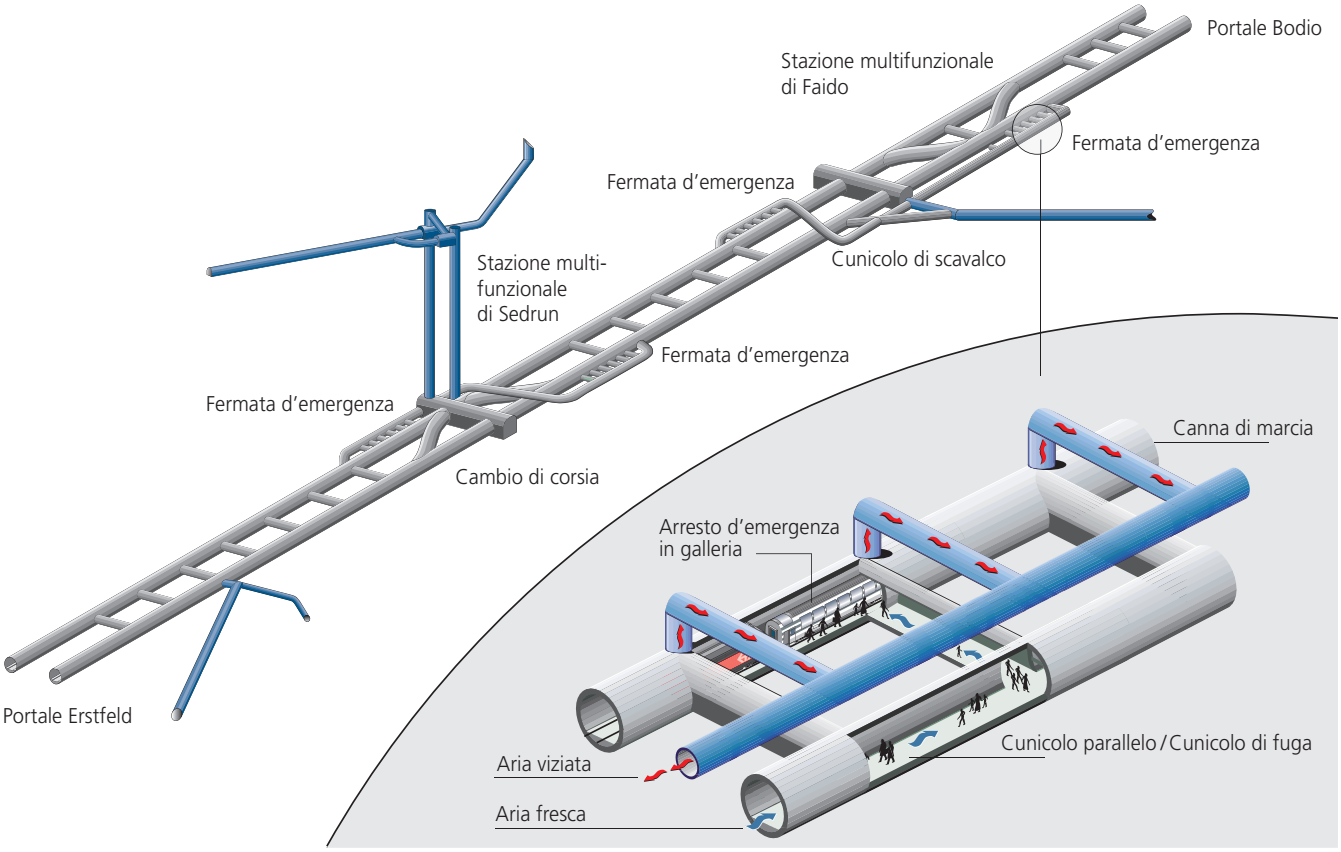
Sezione del modellino del Centro d'esercizio di Pollegio

Esercizio ferroviario
Priorità alla sicurezza e al soccorso

La sicurezza di tutte le persone ha assoluta priorità nelle gallerie di base del San Gottardo e del Ceneri. Occorre possibilmente evitare qualsiasi incidente o per lo meno ridurre al minimo le conseguenze per le persone, per il materiale e l'infrastruttura. Pertanto in entrambe le gallerie è messo in atto un concetto di sicurezza moderno.

Il concetto di sicurezza
Già nella fase di concezione delle gallerie di base si è optato per uno standard di sicurezza elevato. Il sistema di galleria comprende due canne a binario unico con sensi di marcia separati. In caso d'incidente la canna adiacente rappresenta uno spazio protetto. Le due canne parallele sono collegate da cunicoli trasversali ogni 325 m. In caso d'emergenza questi cunicoli fungono da via di fuga verso l'altra canna. Nella Galleria di base del San Gottardo, considerata la sua straordinaria lunghezza (57 km), si applicano misure di sicurezza supplementari: due fermate d'emergenza, situate ognuna a circa un terzo della galleria, a Faido e a Sedrun, che funzionano come segue:

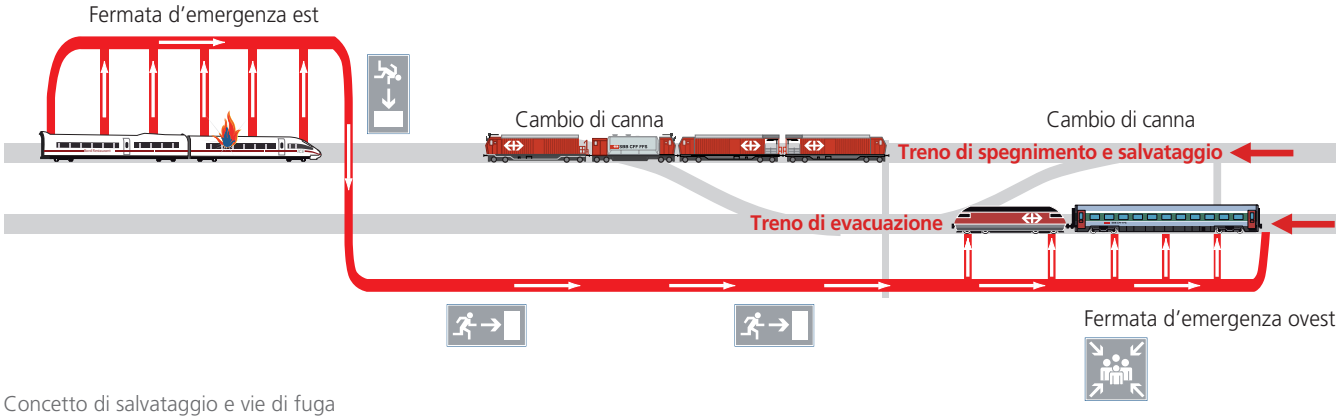
- in caso d'incidente nella Galleria di base del San Gottardo, ad esempio un incendio nel treno o un guasto tecnico, il macchinista tenta per quanto possibile di portare il treno fuori dal tunnel. Se ciò non è possibile si ferma a una fermata d'emergenza. Uno stop può essere ordinato anche dalla centrale di comando. I passeggeri scendono dal



Fermate d'emergenza nella Galleria di base del San Gottardo

Galleria di base del Ceneri

La Galleria di base del Ceneri non è dotata di fermate d'emergenza, data la sua lunghezza inferiore, pari a 15,4 km. Questo vale anche per altre gallerie di lunghezza paragonabile. Un confronto a livello internazione evidenzia che la costruzione di fermate d'emergenza è prevista solo nelle gallerie di lunghezza superiore ai 20 km. Per un'eventuale evacuazione si applica anche qui il principio dell'auto-salvataggio attraverso i cunicoli trasversali per raggiungere l'altra canna.



Concetto di salvataggio e vie di fuga

treno. Su una lunghezza di 450 m vi sono marciapiedi illuminati larghi 2 m. Inoltre i corrimano facilitano l'orientamento.

- I passeggeri attraversano uno dei 6 cunicoli di collegamento e raggiungono un cunicolo parallelo, mantenuto libero da fumo mediante sovrappressione.
- Tramite un sistema di cunicoli comprendente anche un tratto di scavalco, essi raggiungono l'altra canna principale, che nel frattempo è stata bloccata al traffico; l'orientamento è agevolato da tavole segnaletiche.
- Un treno per l'evacuazione preleva i viaggiatori dalla canna adiacente e li trasporta fuori dalla galleria.

Ventilazione in caso di fermata d'emergenza

Le fermate di soccorso ricevono aria fresca tramite ventilatori. Prima dell'entrata del treno in avaria, le porte sulle vie di fuga si aprono, azionate a distanza, e nell'area della fermata di soccorso viene immessa aria fresca. I fumi caldi vengono aspirati e convogliati verso l'esterno dai bocchettoni in calotta. Anche nella canna adiacente, dove i passeggeri attendono il treno di evacuazione, si respira aria pulita, poiché la sovrappressione impedisce ai fumi nocivi di penetrare.

Concetto di salvataggio

Qualora fosse necessario arrestare un treno immediatamente e il macchinista non può raggiungere la fermata di emergenza, i cunicoli trasversali servono come via di fuga verso la canna «sana». Vale il principio dell'auto-salvataggio. Con l'ausilio delle tavole segnaletiche, dei corrimano e dell'illuminazione d'emergenza e accompagnati dal personale istruito, i passeggeri possono raggiungere il cunicolo trasversale più vicino a piedi sulla banchina larga 1 m. Le porte dei cunicoli trasversali si aprono manualmente senza difficoltà. Una volta raggiunta l'area protetta della canna adiacente, i passeggeri attendono l'arrivo del treno di evacuazione. I cunicoli e i pozzi d'accesso sono rilevanti dal profilo della logistica di costruzione ma non hanno nessuna funzione nel concetto di salvataggio, dato che l'evacuazione su rotaia è notevolmente più rapida e sicura.

Esercizio ferroviario
Intervento e salvataggio

In caso di incidente in galleria intervengono i treni di spegnimento e salvataggio. Essi portano i primi soccorsi, mettono in salvo i passeggeri, combattono il fuoco e rimorchiano treni.

Presso ogni portale è stazionato un treno di spegnimento e salvataggio. È gestito dalla «Difesa dell'impresa» delle FFS, eventualmente con il sostegno delle forze d'intervento regionali e cantonali. Altre forze speciali possono essere chiamate a dipendenza del tipo di sinistro.

Ogni minuto conta

Nella Galleria di base del San Gottardo i tempi d'intervento possono allungarsi a dipendenza del luogo che dev'essere raggiunto. Ciò nonostante le prime forze di soccorso giungeranno sul luogo al più tardi 45 minuti dopo l'allarme. In caso di evacuazione di un treno, tutti i passeggeri dovrebbero essere portati fuori della galleria entro 90 minuti al massimo.

Treno di spegnimento e di salvataggio

I treni di spegnimento e salvataggio delle FFS sono dotati di trazione idraulica diesel e sono composti di tre moduli: vagone di spegnimento, vagone materiale e vagone di salvataggio. Il vagone di spegnimento è dotato di un serbatoio di 50 000 litri d'acqua e di un serbatoio di 1800 litri di emulsione per schiuma.

Treno di spegnimento e salvataggio delle FFS

L'interno di un vagone di salvataggio

Vagone materiale | Vagone di spegnimento | Vagone di salvataggio 1 | Vagone di salvataggio 2

Treno di spegnimento e salvataggio (TSS) nella Galleria di base del San Gottardo

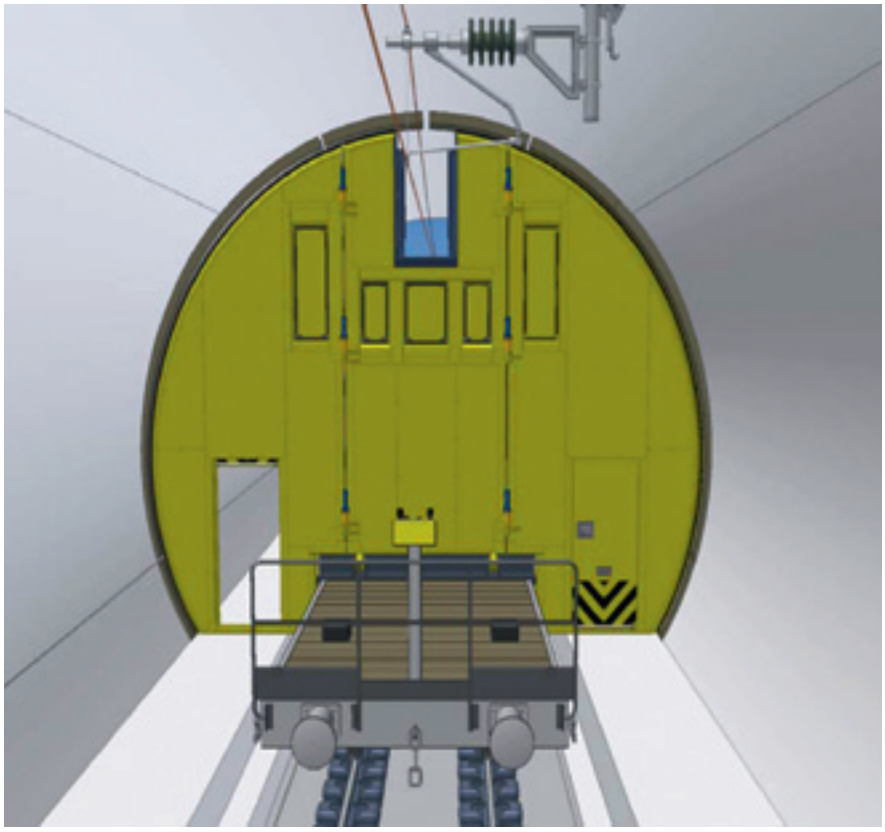
Esercizio ferroviario
Lavori di manutenzione e riparazione

Anche le gallerie necessitano di manutenzione. A tal fine ogni canna di galleria rimane completamente chiusa per due notti la settimana. Ciò consente di eseguire regolarmente opere di manutenzione e riparazione.

Per i lavori di manutenzione sono previsti i periodi di minore affluenza di traffico, come le notti tra sabato e domenica e tra domenica e lunedì. La completa chiusura di una canna consente alle squadre di manutenzione di lavorare in sicurezza senza causare disagi al traffico ferroviario.

Diversi lavori allo stesso tempo
Per i lavori di manutenzione ordinaria, appositi treni entrano in galleria sia da nord che da sud. Il materiale, le attrezzature e i macchinari necessari vengono trasportati su diversi vagoni e scaricati sul luogo d'impiego. Contemporaneamente, in un settore di manutenzione sono all'opera specialisti di settori diversi. Nella Galleria di base del San Gottardo, la lunghezza delle canne e numerosi punti d'intervento pongono esigenze particolari in materia di logistica.

Riparazioni immediate
Spesso, per eseguire una riparazione, non è possibile attendere il prossimo termine di manutenzione ordinaria. È stato perciò necessario definire – in sintonia con l'orario e per ogni singolo settore – dei cosiddetti «intervalli joker» che permettono interventi di riparazione. Così nella Galleria di base del San Gottardo è possibile bloccare per quattro ore una canna tra due cambi di corsia. Ciò consente alle squadre di ricognizione di recarsi sul posto, accertare l'entità del guasto e predisporre quanto necessario per la riparazione.



Un portone mobile separa i flussi d'aria di portata e di scarico per assicurare un apporto sufficiente di aria fresca durante i lavori di manutenzione

Veicolo di diagnosi delle FFS

Editore
AlpTransit San Gottardo SA
Zentralstrasse 5
6003 Lucerna
Telefono 041 226 06 06

Redazione e realizzazione
Servizio stampa ATG
AlpTransit San Gottardo SA, Lucerna

Traduzione
Rolando Stocker, Locarno

Illustrazione
Evoq/Zürich, fotomontaggio in copertina
SBB Fotoservice, pagine 6, 7, 34, 39, 43 in basso, 46
© Il Parlamento svizzero, pagina 10
Keystone, pagine 3, 18
Gruner AG, Ingenieure und Planer (Basilea), pagina 9
Projekt Urner Seeschüttung, pagina 23
IG GBT Süd, pagina 26
Transtec Gotthard TTG, pagine 29, 36
Siemens Svizzera SA, pagina 38
Thales Rail Signalling Solutions AG, pagina 41
Elkuch Bator, pagina 25
Bruno Fioretti Marquez Architekten, pagina 47

Stampa
Engelberger Druck AG, Stans

Tiratura
04/2012, 30 000 copie

© AlpTransit San Gottardo SA, 2012
www.alptransit.ch

AlpTransit Gotthard San Gottardo