

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

Herausgeber: Società Svizzera Ingegneri e Architetti

Band: - (2000)

Heft: 5

Artikel: Con l'alta capacità verso l'Europa

Autor: [s.n.]

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-131971>

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

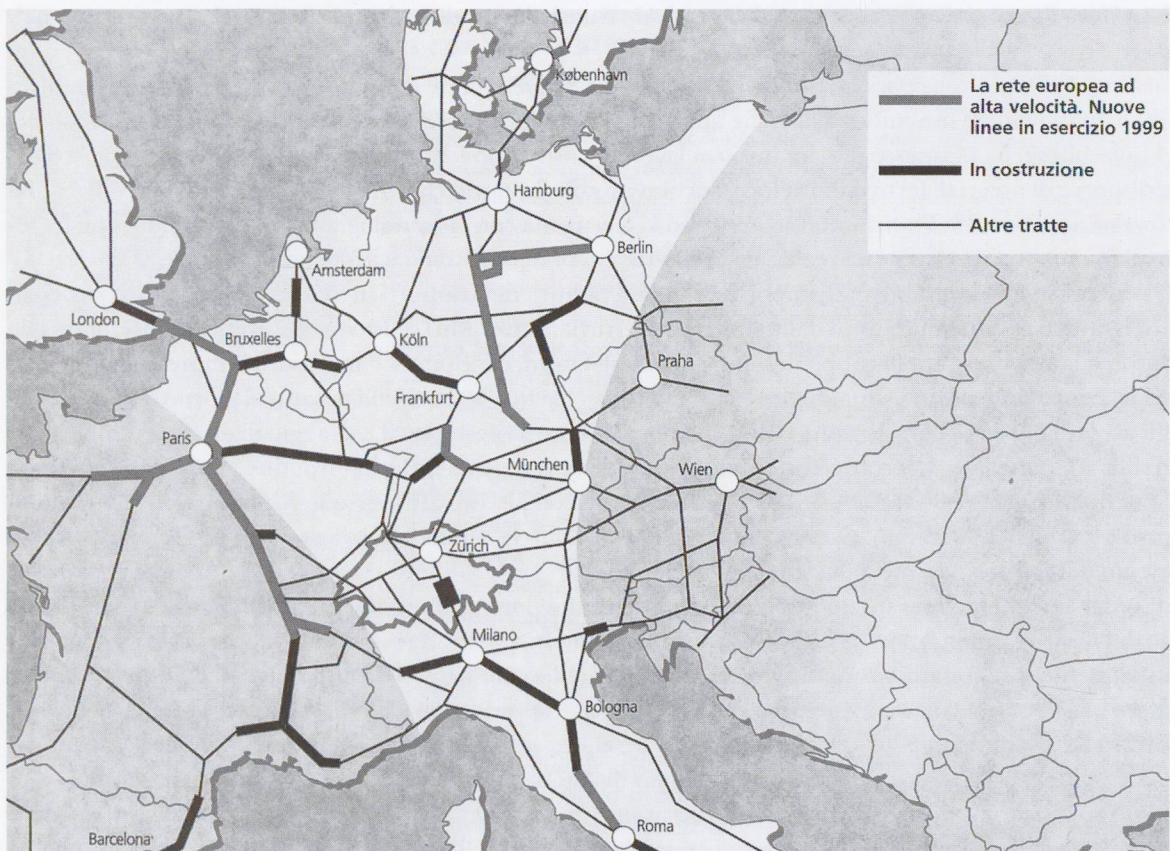
Terms of use

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

Download PDF: 23.01.2026

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

Con l'alta capacità verso l'Europa



La rete europea ad alta velocità

Solo 20 anni fa il futuro della ferrovia per il trasporto di passeggeri era incerto. Auto e aerei sembravano una concorrenza troppo forte. A partire dal 1981, l'introduzione di treni ad alta velocità ha modificato la situazione in Europa in modo sorprendente. Con la costruzione delle trasversali alpine, anche la Svizzera si integra con successo nella rete ad alta velocità europea.

La culla della velocità non si trova in Europa: il primo vero treno ad alta velocità, lo «Shinkansen Tokaido», che è stato inaugurato in Giappone nel 1964, raggiungeva una velocità massima di 210 km/h. In Europa sono entrati in esercizio in Francia nel 1981 i tgv sulla tratta Parigi-Lione ed in Italia sulla tratta Firenze-Roma. Essi hanno assunto il ruolo di precursori. Adottando il medesimo principio costruttivo dei tgv si è introdotto

dal 1992 anche in Spagna il treno AVE, come pure il Thalys che dal 1997 collega il Belgio con la Francia, l'Olanda e la Germania.

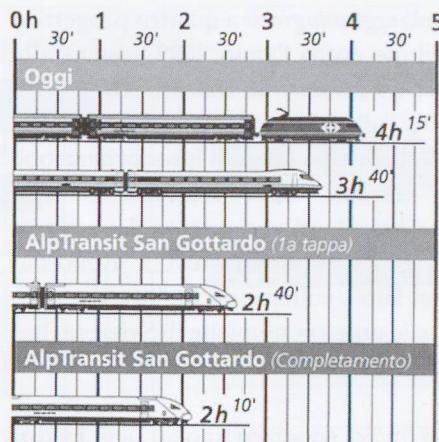
La Germania ha iniziato nel 1991 l'impiego di treni ad alta velocità: l'ICE è un treno ad alta velocità, che non viaggia su percorsi riservati, ma utilizza le normali linee ferroviarie su cui viaggiano gli altri treni passeggeri e merci. In Italia circola il treno ETR 500 sulla linea ad alta velocità, la direttissima Firenze-Roma, tra Londra e Parigi viaggiano gli Eurostar ed in Svezia dal 1989 è già iniziata, con la messa in servizio dell'x 2000, una nuova era per le ferrovie.

Negli ultimi 20 anni, pertanto, si è creata una rete europea di linee ad alta velocità, che aumenta

continuamente: nel 2005 ne esisteranno in Europa circa 6000 km. Con la presenza di un tale sistema ferroviario, il treno diventa un'interessante alternativa all'auto. Esso permette un viaggio comodo e sicuro. Se due centri possono essere collegati con il treno in meno di quattro ore, ciò rappresenta una seria concorrenza per l'aereo.

I sistemi ad alta velocità in Europa sono costantemente potenziati e soprattutto sono meglio integrati tra loro. La «interoperabilità» è un fattore importante per un esercizio efficiente: il treno Thalys, ad esempio, deve attualmente riconoscere sei diversi sistemi di segnalazione e utilizzare quattro tipi di corrente elettrica per poter operare in quattro differenti Paesi. L'obiettivo è l'unificazione dei sistemi di segnalazione e degli impianti per il controllo dei treni tra i vari Stati.

Anche le nuove linee svizzere sono costruite tenendo ben presente il fattore della «interoperabilità». Con le Nuove Trasversali Ferroviarie Alpine (NTFA), il traffico ad alta velocità fa la sua entrata anche in Svizzera: i futuri treni passeggeri



Confronto del tempo di percorrenza per fasi di realizzazione nel trasporto passeggeri Zurigo-Milano

AlpTransit viaggeranno tra 200 e 250 km/h. Inoltre le nuove linee rappresentano un imponente conquista nella zona alpina: la galleria di base del San Gottardo con i suoi 57 km sarà la più lunga galleria ferroviaria del mondo.

Una nuova era per il traffico transalpino

In Europa, un numero sempre maggiore di persone e merci attraversa le Alpi. La Svizzera vuole fronteggiare questo flusso di traffico in aumento con la ferrovia. Per realizzare gli obiettivi relativi alla politica del traffico sono indispensabili notevoli investimenti nell'infrastruttura dei trasporti pubblici.

Il traffico merci transalpino su strada e rotaia è progressivamente aumentato in Europa da 30 anni e in Svizzera da quasi 20 anni (a partire dall'apertura della Galleria stradale del San Gottardo).

Il commercio internazionale cresce più rapidamente del commercio interno. La porzione di traffico merci da e per l'Italia è inoltre notevolmente aumentata.

Il traffico merci europeo attraverso le Alpi grava attualmente per la maggior parte sulla strada: il traffico stradale transalpino raddoppia ogni otto anni, mentre il traffico su rotaia rimane stabile. L'eliminazione del limite delle 28 t a favore di un limite di 40 t fa sì che meno autocarri aggirino la Svizzera via Austria o Francia: il traffico di transito aumenta continuamente. Uno studio della commissione UE pubblicato nel 1998 pronostica per l'intera area delle Alpi dal 1992 al 2010 un aumento del traffico merci del 75%.

Il protrarsi di questa tendenza minaccia la qualità dello spazio vitale nostro e delle future generazioni. La Svizzera vuole perciò orientare l'aumento del traffico non su strada, ma su rotaia.

La linea del San Gottardo, che ha quasi 120 anni, non è in grado però di fronteggiare questi volumi di traffico. Solo con una trasformazione dell'infrastruttura ferroviaria, la Svizzera sarà in grado di far fronte alla sempre maggiore richiesta di traffico merci ed alle sempre maggiori esigenze dei passeggeri. La nuova linea Alp Transit San Gottardo convoglia il traffico merci nel rispetto dell'ambiente attraverso le Alpi. Grazie ai due assi NTFA la capacità del traffico merci passerà dagli attuali 28 milioni di t ai 52 milioni di t all'anno. In tal modo è possibile fronteggiare senza problemi l'aumento previsto. Una maggior capacità e qualità significa più vantaggi per i clienti.

Traffico merci transalpino tra Mt. d'Ambin/Fréjus e Brennero:

Incremento su strada 1970 – 1998		Incremento su rotaia 1970 – 1998	
Francia:	1050 %	Francia:	100 %
Svizzera:	1150 %	Svizzera:	37 %
Austria:	725 %	Austria:	160 %

Già un moderato spostamento del traffico da strada a rotaia comporta un raddoppio del traffico su rotaia. Le nuove linee transalpine consentono un elevato livello di qualità: così è possibile soddisfare in modo ottimale le richieste dei clienti per quanto riguarda il trasporto di merci (velocità, volume dei carichi, trasporti Just-in-time, molteplicità di tracciati).

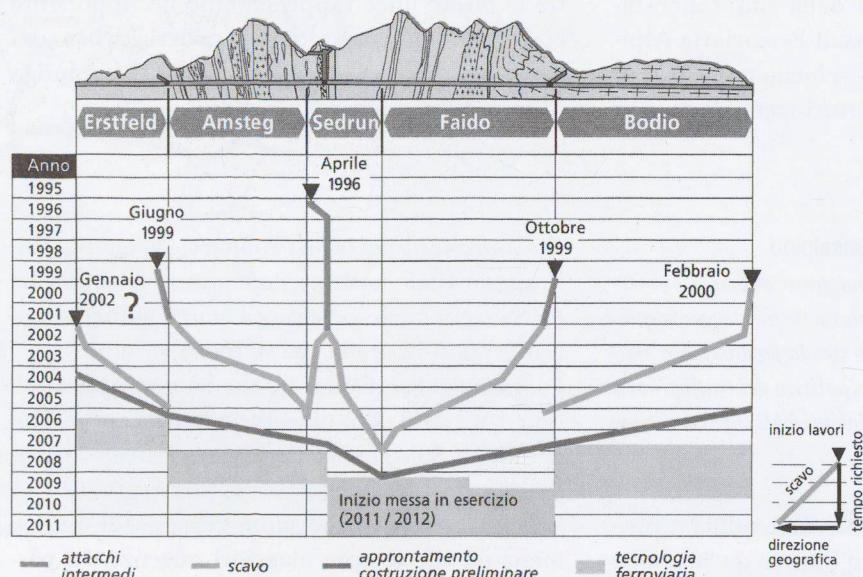
L'obiettivo sarà raggiunto grazie a quattro progetti la cui realizzazione entro l'anno 2022 costerà alla Svizzera circa 30 miliardi di franchi: AlpTransit, Ferrovia 2000, l'allacciamento della Svizzera alla rete ad alta velocità europea e l'insonorizzazione delle linee esistenti. La costruzione dell'asse nord-sud soddisferà primariamente il trasporto di merci, rendendolo più attrattivo a livello nazionale da un lato e collegando fra loro in modo più efficiente le aree economiche di Svizzera, Italia e Germania dall'altro.

Dal profilo del traffico passeggeri fino ad oggi i flussi di traffico interni ed in entrata e uscita tra Svizzera e Italia sono notevolmente più intensi del traffico di transito. Contemporaneamente prosegue la realizzazione di una rete ferroviaria ad alta ve-

locità europea, si creano nuove relazioni economiche e la mobilità oltre confine assume maggior rilevanza. In questo contesto l'integrazione nella rete ferroviaria europea ad alta velocità presenta la massima priorità per la Svizzera.

La progettazione delle Nuove Trasversali Ferroviarie Alpine (NTFA) con il nome di AlpTransit è praticamente terminata tanto per il San Gottardo quanto per il Lötschberg. I lavori di costruzione sono iniziati nel 1996. La ferrovia diventerà, grazie all'AlpTransit, un vettore moderno ed efficiente: essa offrirà una maggiore capacità di trasporto ed un tempo di percorrenza minore. Inoltre garantirà una gestione ecologica e duratura della mobilità e dei flussi di traffico in continuo aumento.

Programma generale dei lavori



Il finanziamento della modernizzazione

La modernizzazione della ferrovia è regolata da un principio di finanziamento globale che la popolazione svizzera ha approvato alla fine del novembre 1998.

Il 28 novembre 1998 il popolo svizzero ha approvato il progetto di costruzione e finanziamento dell'infrastruttura di trasporti pubblici (FinTP). La base finanziaria per la modernizzazione della ferrovia è costituita da un fondo alimentato dai dazi sui carburanti, dalla tassa sul traffico pesante forfettaria e commisurata alle prestazioni e dall'1% sull'IVA.

Dei circa 30 miliardi di franchi, che saranno investiti nel corso di 20 anni per il pacchetto di modernizzazione, circa 14 miliardi serviranno per la realizzazione delle nuove trasversali alpine. Per Alp Transit San Gottardo saranno utilizzati circa 10 miliardi di franchi, ad es. la costruzione della galleria di base del San Gottardo costa all'incirca 7 miliardi di franchi.

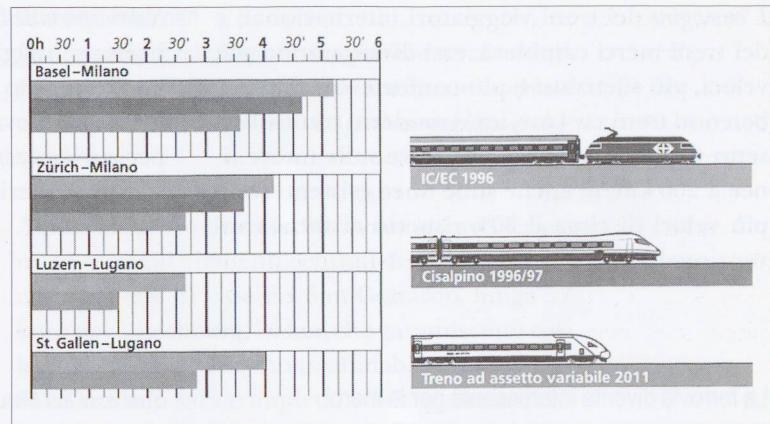
Entrambe le linee di base sono costruite a tappe. Ciò significa che la realizzazione della nuova linea del San Gottardo inizierà con la galleria di base del San Gottardo a cui seguiranno la galleria di base del Monte Ceneri e dello Zimmerberg.

Treni più veloci, migliori collegamenti, viaggi più brevi
 L'offerta ferroviaria sarà migliorata in futuro non soltanto con la costruzione della nuova rete, ma anche grazie all'impiego di nuovo materiale rotabile. Il traffico passeggeri principale si svolge tra i centri di Zurigo e di Milano.

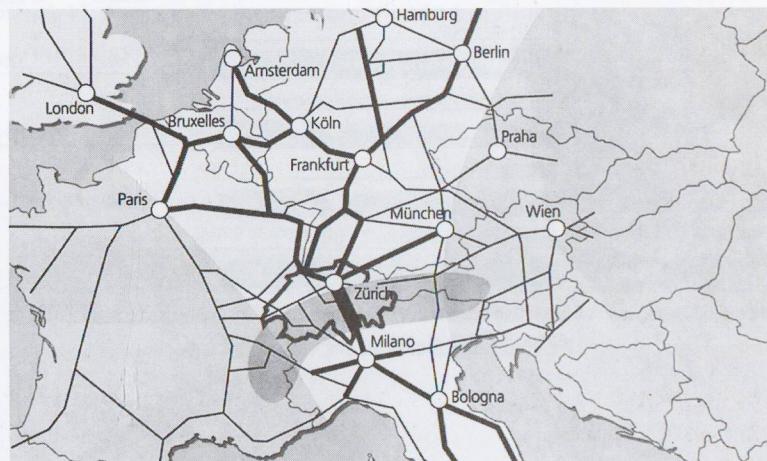
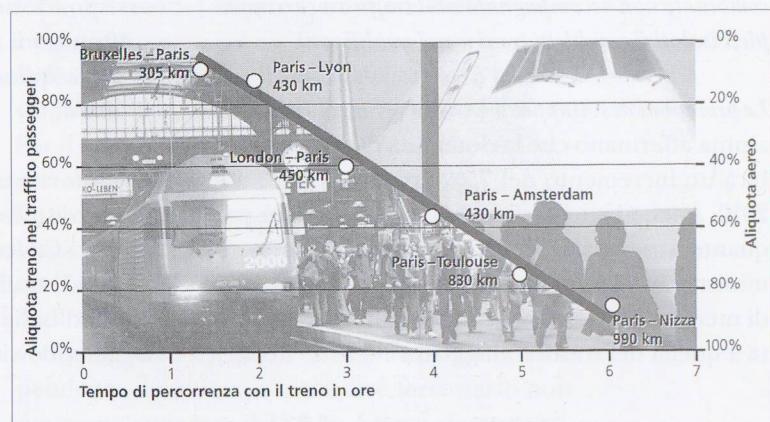
AlpTransit San Gottardo garantirà, unitamente alle opere costruttive per la realizzazione di Ferrovia 2000 e grazie all'impiego di nuovo materiale rotabile, una notevole riduzione del tempo di percorrenza. Mentre oggi per il percorso Zurigo-San Gottardo-Milano necessitano ancora 3 ore e 40 minuti di viaggio, in futuro (Cisalpino) questo tempo sarà ridotto a 2 ore e 40 minuti. È senz'altro possibile effettuare ulteriori riduzioni. Pertanto, la ferrovia costituisce la reale alternativa al traffico automobilistico ed aereo. Della riduzione del tempo di percorrenza possono approfittarne 20 milioni di persone che abitano nelle zone immediatamente limitrofe alla nuova linea del San Gottardo.

I collegamenti internazionali, costruiti e realizzati attorno ai nodi di Zurigo e Milano, diventeranno notevolmente più veloci grazie alla galleria di base del San Gottardo. I centri situati nella Germania meridionale si avvicineranno notevolmente alle città industriali italiane del Nord, soprattutto alla metropoli di Milano. Se attualmente sono necessarie ancora più di 7 ore da Monaco a Milano attraverso l'asse del Brennero, la galleria di base del San Gottardo e l'introduzione di nuovi treni sulla linea Zurigo-Monaco ridurranno il tempo di viaggio a circa 6 ore. In tal modo e ad ogni successiva tappa di realizzazione dell'asse del San Gottardo, la ferrovia si avvicina al «magico» limite delle 4 ore nella sfida modale tra aereo e treno: la ferrovia, per i tratti che possono essere percorsi in un tempo inferiore alle 4 ore, può contare su oltre il 50% dei passeggeri. Per ogni ulteriore ora di riduzione del tempo di percorrenza, aumenta l'aliquota di coloro che decidono di fare un viaggio per ferrovia di un altro 15%. Queste cifre si riferiscono ai Paesi vicini e lontani, dove l'era dei treni ad alta velocità è già iniziata da parecchio tempo.

Il traffico passeggeri internazionale non si sovrapporrà al sistema nazionale, ma lo integrerà. Il progetto di base prevede che sulla linea del San Gottardo transiteranno a scadenza oraria un treno Intercity (IC) da Zurigo a Milano ed ogni due ore un IC da Basilea via Lucerna per Milano. Il traffico attraverso il San Gottardo sarà integrato a nord delle Alpi con i percorsi sincronizzati di Ferrovia 2000.



Riduzione del tempo di percorrenza attraverso l'AlpTransit San Gottardo



Il San Gottardo: l'attraversamento più rapido delle Alpi

I sistemi di orario cadenzato di Ferrovia 2000 e delle ferrovie italiane dello Stato (FS) saranno complementari fra loro. I treni InterRegio (IR) Basilea/Zurigo-Chiasso circoleranno alternativamente ogni due ore. Ad Arth-Goldau saranno create relazioni orarie con la Svizzera orientale. Completeranno l'offerta del traffico viaggiatori alcuni treni Non-stop fra Zurigo e Milano.

L'immagine dei treni viaggiatori internazionali e dei treni merci cambierà: essi diventeranno più veloci, più silenziosi e più confortevoli. Oltre ai ben noti treni TAV (TGV, ICE) i moderni treni ad assetto variabile possono viaggiare sulle nuove linee a 200 km/h; anche sulle linee esistenti sono più veloci di circa il 30% rispetto ai treni convenzionali.

La ferrovia diventa interessante per le merci

La richiesta di trasporto merci in Europa aumenterà ancora in futuro. Le maggiori opportunità di mercato per il trasporto merci su rotaia riguardano il traffico combinato non accompagnato ed il traffico a carri completi isolati (i cosiddetti treni merci qualificati).

Le previsioni di sviluppo del traffico merci nell'area alpina affermano che la domanda di trasporti subirà un incremento del 75% circa fra il 1992 e il 2010. Anche i clienti diverranno più esigenti per quanto attiene all'esercizio e alle procedure amministrative. La qualità dell'orario nel trasporto di merci su rotaia deve ancora migliorare, adattata a quella del traffico viaggiatori.

Nel trasporto delle merci, i treni merci qualificati, che possono raggiungere punte massime di 160 km/h, aprono nuove prospettive. Grazie alla velocità più elevata, essi non dovranno più sostare per lasciar passare i treni viaggiatori. In tal modo si riduce ulteriormente il tempo di percorrenza.

Sull'asse del San Gottardo hanno viaggiato nel 1997 giornalmente tra 110 e 130 treni merci. Con la costruzione di AlpTransit San Gottardo la capacità aumenta a 200-220 treni giornalieri. Ciò corrisponde ad una capacità di trasporto di circa 40 milioni di t di merci all'anno, il che rappresenta quindi circa il doppio degli attuali 20 milioni di t.

Si prevede che un buon terzo dei treni merci viaggeranno attraverso la galleria di base del San Gottardo via Cadenazzo-Luino fino ai terminali di carico per il traffico combinato non accompagnato del Nord Italia. Mentre i due terzi dei treni merci viaggeranno via Chiasso verso l'Italia.

Futuri treni merci	Velocità massima (km/h)	Carico massimo di aggancio (t)	Lunghezza massima inclusa locomotiva (m)
Treni merci speciali	≥160	1200	450
Traffico combinato senza accompagnamento	120	2000-4000	750-1500
Trasporto automezzi	120	2000-4000	750-1500
Trasporto carichi su gomma	100-120	2000-3200	750

Il traffico merci diventa più efficiente

Una linea di pianura ininterrotta, a tappe verso il traguardo
La realizzazione di una ferrovia di pianura sulla nuova linea del San Gottardo consente una gestione economica del trasporto merci, mentre il vantaggio principale del traffico passeggeri risiede nella massiccia riduzione dei tempi di percorrenza.

Sul San Gottardo e sul Monte Ceneri, con la costruzione delle gallerie di base, viene realizzata una moderna ferrovia di pianura, il cui punto più elevato (altezza massima di 550 m sul livello del mare) si trova alla stessa altezza della città di Berna. A confronto, la sommità del percorso montano esistente si trova a 1150 m sul livello del mare. Le pendenze non sono mai superiori a quelle richieste per l'attraversamento del Giura tramite l'Hauenstein (Basilea-Olten) e il Bözberg (Basilea-Brugg). La ferrovia di pianura consente la traversata delle Alpi con treni più lunghi rispetto ad oggi, che possono avere un peso doppio (4000 t in luogo delle attuali 2000t). I treni merci veloci possono viaggiare fino a 160 km/h: il doppio della velocità attuale. Sulle linee esistenti nell'area alpina, le pendenze e le curve strette impediscono l'utilizzo di questi treni. Dopo la costruzione della ferrovia di pianura, a parità di merci trasportate, saranno necessarie meno locomotive, meno personale e meno energia elettrica.

Confrontando il profilo longitudinale, prima e dopo la messa in servizio della galleria di base del San Gottardo nell'anno 2012, il percorso attraverso la Svizzera risulterà più pianeggiante e più corto di 40 km: l'Italia e la Germania saranno più vicine.

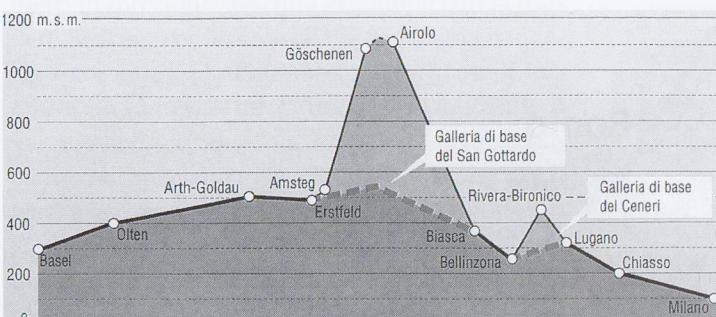
Due assi ferroviari

La domanda di trasporto di viaggiatori e merci nel traffico nazionale ed internazionale dovrà essere coperta con due nuovi trafori alpini. La parola magica è «soluzione a rete».

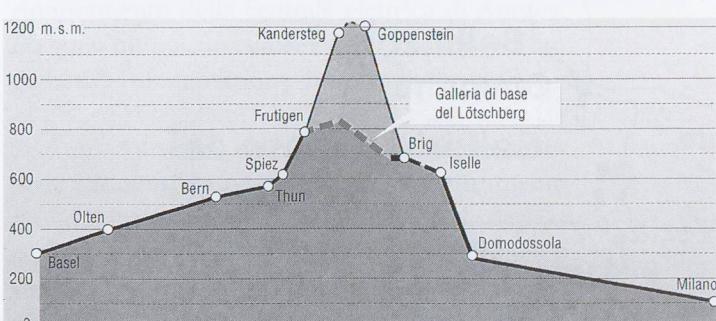
Anche in futuro due assi ferroviari attraverseranno le Alpi. Gli elementi centrali di AlpTransit sono le gallerie di base del San Gottardo, lunga 57 km e del Lötschberg, 36 km, che garantiscono collegamenti Nord-Sud molto affidabili. La linea del San Gottardo sarà completata dalla galleria di 10 km tra Thalwil e Litti, presso Zugo (come continuazione della galleria dello Zimmerberg, tra Zurigo e Thalwil, parte di Ferrovia 2000) e dalla galleria di base del Monte Ceneri tra Bellinzona e Lugano.

Il Ticino e il Vallese saranno integrati con le nuove gallerie ferroviarie alla rete di Ferrovia 2000. Per il momento si deve rinunciare alle linee di accesso, previste nel precedente concetto.

La linea di base attraverso il San Gottardo presenta pendenze ridotte, come i nuovi tracciati che corrono sull'Altipiano. Con il suo culmine posto a soli 550 m s.l.m. sarà il traforo alpino posto al livello più basso tra quelli esistenti e progettati. Le pendenze del nuovo capace asse ferroviario non dovranno superare il 12,5 %, i raggi di curva saranno solo eccezionalmente inferiori ai 4000 m. Ciò consentirà ai treni merci di trasportare i loro carichi a una velocità massima di 160 km/h e ai treni viaggiatori di sfrecciare nelle gallerie a 250 km/h.



La Linea di base del San Gottardo, tutta a doppio binario, conformemente al messaggio è l'elemento centrale di AlpTransit. Con la galleria dello Zimmerberg, la galleria di base del San Gottardo e la galleria di base del Ceneri e con il culmine a 550 m s.l.m. l'asse Basilea-Chiasso diventa «ferrovia di pianura». Le linee di accesso si congiungono a nord presso Arth-Goldau e a sud presso Bellinzona.



La galleria di base del Lötschberg tra Frutigen e la valle del Rodano è stata progettata per metà a binario unico. Grazie alla nuova tratta Mattstetten-Rothrist, parte di Ferrovia 2000, essa disporrà di una valida linea d'accesso da nord lungo l'Altipiano svizzero e da sud attraverso le gallerie elicoidali della attuale linea del Sempione.

Tracciato della galleria di base del San Gottardo
Panoramica Zurigo-Lugano



La galleria in cinque tratte

Ciò che le marmotte ricevono come dono da madre natura, gli esseri umani sono obbligati a scoprire di volta in volta con grande studio e innumerevoli esperimenti pratici: il metodo «giusto» di scavare le montagne. Le marmotte mimetizzano le loro abitazioni sotterranee con un labirinto di vie di comunicazione e scavano «uscite intermedie», per raccorciare le lunghe distanze necessarie al trasporto del materiale di scavo e le vie di fuga. È quanto fanno i costruttori di gallerie sul San Gottardo: con una lunghezza di 57 chilometri fra rocce di durezza e stabilità assai varie, la galleria di base del San Gottardo costituisce il più lungo progetto di costruzione sotto una montagna. Per ridurre i rischi sulla durata di costruzione e per accrescere la sicurezza di chi vi lavora, si ritiene opportuno suddividere l'opera in cinque tratte, comprendenti tre cosiddetti punti di attacco intermedio.

Erstfeld – Qui si trova il portale nord della galleria di base del San Gottardo. Oltre agli impianti esterni, la tratta di Erstfeld, lunga 7,6 km, si compone di due tubi paralleli ad un solo binario. I primi 450 metri verranno realizzati in trincea (scavo a cielo aperto). Partendo dalla stazione di Erstfeld, verrà posato un binario di raccordo provvisorio di 1,3 km, ad ovest della linea esistente, per il trasporto del materiale di scavo, degli inerti per il calcestruzzo e di altri materiali da costruzione.

Amsteg – Al primo punto di attacco intermedio, un cunicolo di accesso lungo due chilometri (zona di Brindli, Silenen) conduce ai due tubi della galleria. Questi verranno scavati per circa 12 chilometri in direzione sud, fino al confine con la tratta di Sedrun. Per attraversare la montagna in queste zone tettonicamente molto deformate di Intsch e Clavaniev, si dovrà usare probabilmente il metodo della perforazione e del brillamento ed altri metodi speciali, poiché l'impiego di una fresatrice meccanica risulterebbe troppo pericoloso, a causa della roccia poco stabile. Per i trasporti di materiale si utilizzerà in prima linea il binario di raccordo Amsteg-Erstfeld, posato per i lavori di rinnovamento della centrale elettrica di Amsteg. Da quest'ultima, un cunicolo per i cavi lungo 2 km garantirà l'alimentazione di corrente ferroviaria.

Sedrun – Partendo dall'attacco intermedio di Sedrun saranno attraversate le zone tecnicamente molto impegnative del massiccio centrale del Tavetsch sia in direzione nord (circa 1,9 chilometri) sia verso sud (circa 4,6 chilometri). Lo scavo dei due tubi della galleria è previsto con brillamento



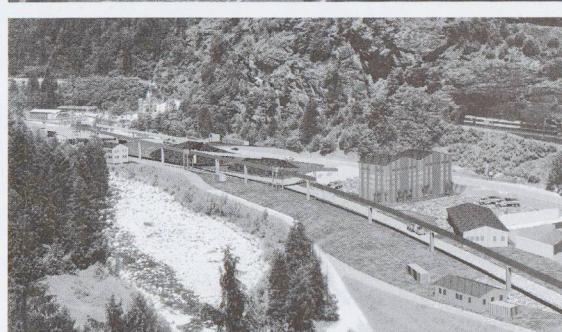
1.



2.



3.



4.



5.

1. Erstfeld
2. Amsteg
3. Sedrun
4. Faido
5. Bodio

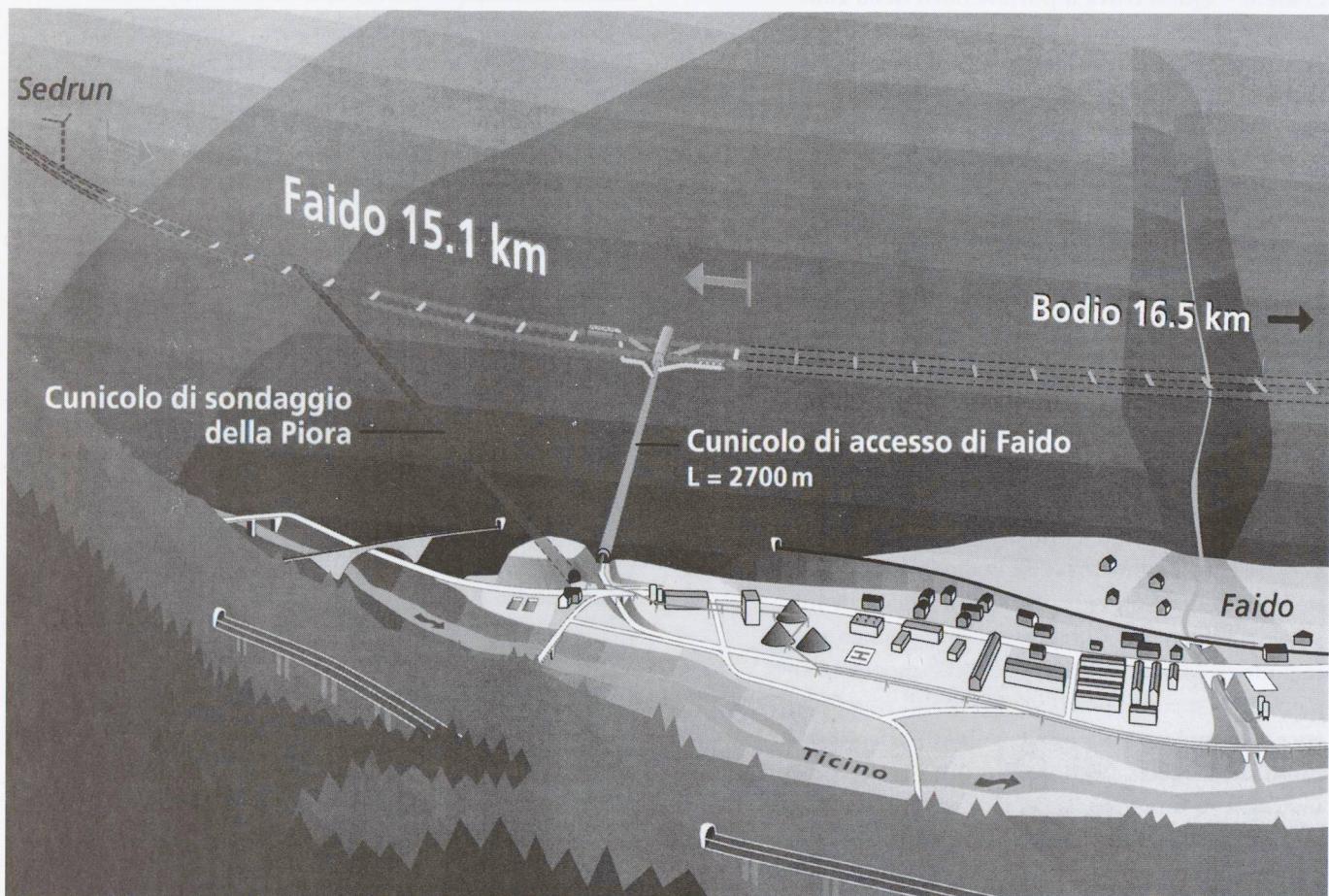
oppure con l'ausilio di mezzi di scavo meccanici. Qui, all'incirca a metà della galleria di base (distanza dal portale nord 21 km, dal portale sud 36 km), sarà situata la cosiddetta stazione multifunzionale che, in caso di emergenza, permette il cambio di corsia e di galleria. Nel complesso, questo punto di attacco intermedio comprende le seguenti opere:

- a) Un cunicolo di accesso lungo 990 m dal cantiere di Las Rueras (a sud di Sedrun) fino alla testa del pozzo.
- b) Un cunicolo di ventilazione di 450 m, dalla testa del pozzo fino all'impianto di ventilazione situato in Val Nalps.

c) Il pozzo di Sedrun, destinato a collegare il cunicolo di accesso con i futuri tubi della galleria, situati circa 800 metri più in basso.

d) Gli impianti esterni al cantiere, un nuovo binario di raccordo lungo circa due km (dalla linea della ferrovia Furka-Oberalp) che collega il cantiere e le installazioni per la fornitura e lo smaltimento dei materiali come pure per la gestione del materiale di risulta.

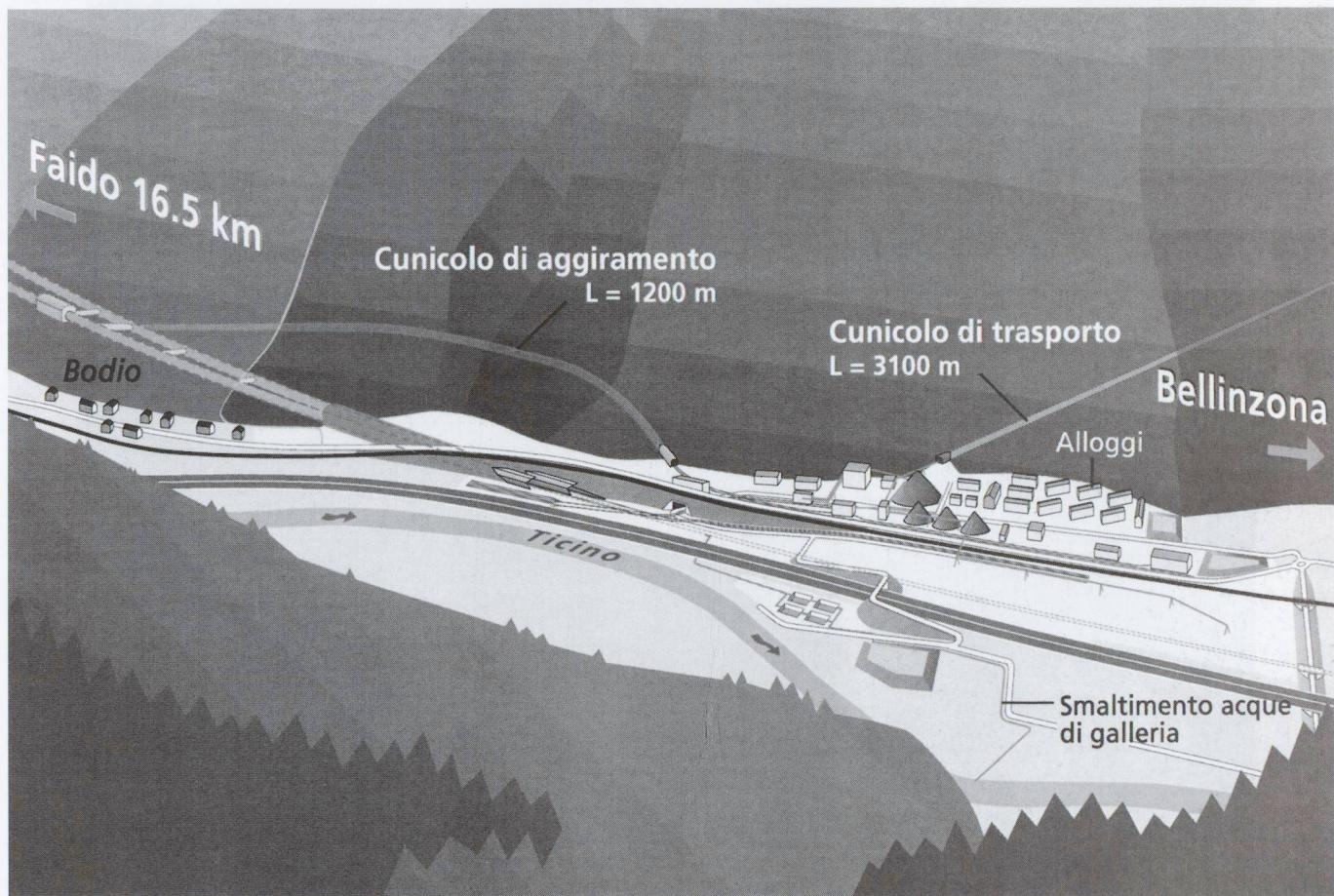
È previsto di depositare in Val Bugnei e in Val da Claus (riempimento) parte del materiale di risulta eccedente. In Val da Claus è prevista l'estrazione di materiale per la produzione di inerti per calcestruzzo.



Tratta Faido

Faido – A sud, l'attacco intermedio di Faido è composto dagli impianti esterni e da una discenderia lunga 2,7 chilometri con una pendenza del 12 %, per collegare verso nord lo scavo principale in direzione di Sedrun. Da Bodio verso Faido verrà scavato il più presto possibile un cunicolo pilota per mezzo di una fresatrice meccanica. Esso servirà da un lato per l'evacuazione del materiale di scavo verso Bodio; d'altra parte attraverso il cunicolo pilota dovrà avvenire l'alimentazione dei cantieri sotterranei. Esso infine verrà allargato e diverrà a sua volta uno dei due tubi della galleria. La tratta di Faido misura 14 chilometri fino al confine a nord con la tratta di Sedrun.

Bodio – Il portale sud della galleria di base del San Gottardo è situato nel comune di Bodio. Anche qui è prevista al portale una galleria artificiale di 400 metri, costruita a cielo aperto (cfr. tratta di Erstfeld), e un tratto di uguale lunghezza scavato in sottosuolo in materiale sciolto. Per questo motivo un cunicolo di aggiramento in roccia stabile evita questa zona critica, permettendo così di iniziare tempestivamente lo scavo della galleria verso nord. Con i suoi 16,6 chilometri, la tratta di Bodio è la più lunga della galleria di base del San Gottardo. A sudovest del portale, un cunicolo di trasporto per materiale di risulta lungo quasi 3 km porta alla Buzzza di Biasca, adibita al deposito intermedio e finale.



Tratta Bodio

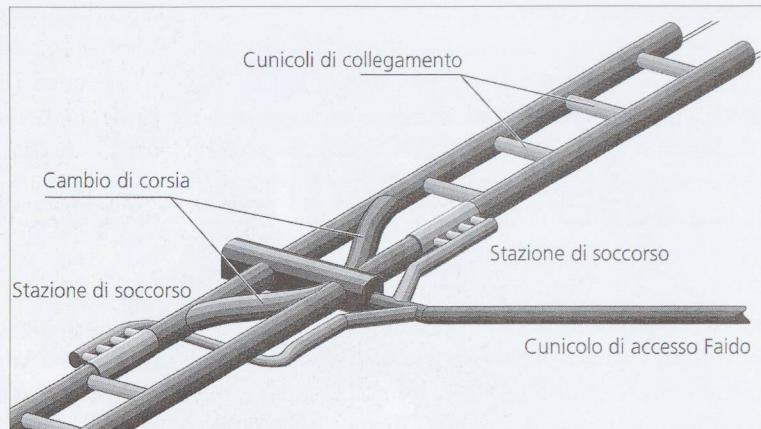


Due tubi? Non solo!

La galleria di base del San Gottardo è costituita da due tubi ad una corsia collegati fra loro mediante cunicoli trasversali. Nelle due stazioni multifunzionali a circa un terzo della galleria sono presenti aree di cambio corsia e stazioni di soccorso, locali tecnici per l'esercizio ferroviario e installazioni di ventilazione.

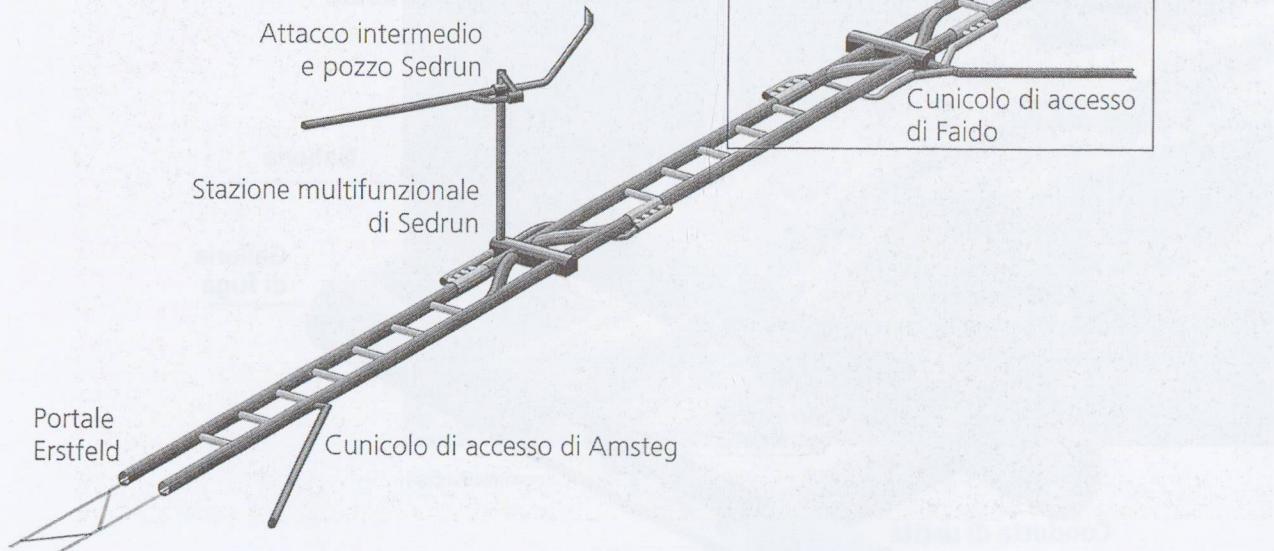
Il Consiglio Federale ha approvato nel 1995 un progetto di massima per la galleria di base del San Gottardo con un sistema di gallerie a due tubi. Questi si trovano all'incirca a 40 m l'uno dall'altro e sono collegati ogni 325m tramite cunicoli di collegamento. Grazie a due doppi cambi di corsia è possibile fare lo scambio dei treni da una galleria all'altra – ciò è necessario soprattutto per poter effettuare i lavori di manutenzione, quando viene bloccata una sezione del percorso. Le aree per il cambio di corsia si trovano nelle stazioni multifunzionali di Sedrun e di Faido, accessibili dall'esterno tramite i pozzi e i cunicoli degli attacchi intermedi. Qui si trovano anche parte delle installazioni di ventilazione, i locali tecnici con gli impianti di sicurezza e i posti di interruttori e due stazioni di soccorso che sono collegate direttamente l'una con l'altra mediante cunicoli separati.

Le stazioni di soccorso sono concepite per l'arresto di emergenza di un treno, servono però anche co-



me vie di fuga e di evacuazione. Sulla corsia di salvataggio delle altre gallerie non si devono attraversare i binari né utilizzare scale o ascensori. Le stazioni di soccorso ed i relativi cunicoli laterali e di collegamento sono ventilati con aria esterna in presenza di eventi anomali, mentre il fumo viene aspirato. Una leggera sovrappressione nella stazione di soccorso è sufficiente per mantenere nell'altra galleria la via di fuga libera da fumo. Partendo dalla stazione di soccorso, un treno di salvataggio trasporta i passeggeri fuori dalla galleria. Nel caso un treno si arresti al di fuori di una stazione di soccorso, i viaggiatori possono utilizzare i cunicoli di collegamento come via di fuga nelle gallerie adiacenti.

Rappresentazione schematica del sistema a due tubi



Nessuna paura di fronte ai pericoli

I rischi non possono essere totalmente esclusi durante l'esercizio di impianti tecnici. Lo scopo delle misure di protezione è di ottenere un livello di sicurezza quanto più possibile elevato. La sicurezza è particolarmente importante nel caso della galleria di base del San Gottardo a causa della sua lunghezza.

L'esercizio della futura galleria di base non è totalmente privo di pericoli. Questi devono essere affrontati con misure di sicurezza adeguate. Determinante è l'impiego di misure costruttive, di esercizio, di ventilazione e di salvataggio. Nell'analisi dei rischi è stato preso in particolare considerazione il numero necessario di stazioni di soccorso ed i cunicoli di collegamento ed altre componenti del progetto. In base alle attuali conoscenze, i rischi in galleria del nuovo percorso sono inferiori a quelli relativi alla già esistente rete delle Ferrovie Federali Svizzere (FFS).

Le FFS hanno definito – in collaborazione con altre ferrovie europee e con gli organi di controllo competenti – gli obiettivi di protezione per l'esercizio delle loro nuove vie di traffico. Il piano di sicurezza – fino alla messa in esercizio dell'asse del San Gottardo – sarà progressivamente perfezionato, per cui anche i reali incidenti – come ad esempio l'incendio nell'Eurotunnel – sono stati presi in considerazione in fase di programmazione.

La pianificazione delle misure persegue quattro obiettivi: il fattore più importante è costituito naturalmente dalla prevenzione degli incidenti. In caso di incidenti, balzano in primo piano la riduzione dell'entità degli stessi e le attività di soccorso

effettuate autonomamente o con l'aiuto di terzi. Vie di fuga adeguate come le stazioni di soccorso e le corsie di emergenza favoriscono l'auto-salvataggio. Per un efficiente salvataggio da parte di terzi, sono determinanti squadre di soccorso ben organizzate ed utilizzanti metodi di salvataggio mirati al caso specifico.

Con il gruppo di progetto delle altre gallerie alpine in fase di programmazione (Lötschberg, Brenner, Mont d'Amble) viene effettuato regolarmente uno scambio di esperienze. A parte il diverso stato di preparazione, i progetti sono molto simili per quanto riguarda la concezione costruttiva ed i concetti di sicurezza e di esercizio. Essi confermano in particolare l'opportunità di scegliere un sistema di gallerie con due tubi a semplice binario senza cunicolo di servizio per le lunghe gallerie ferroviarie che attraversano le Alpi.

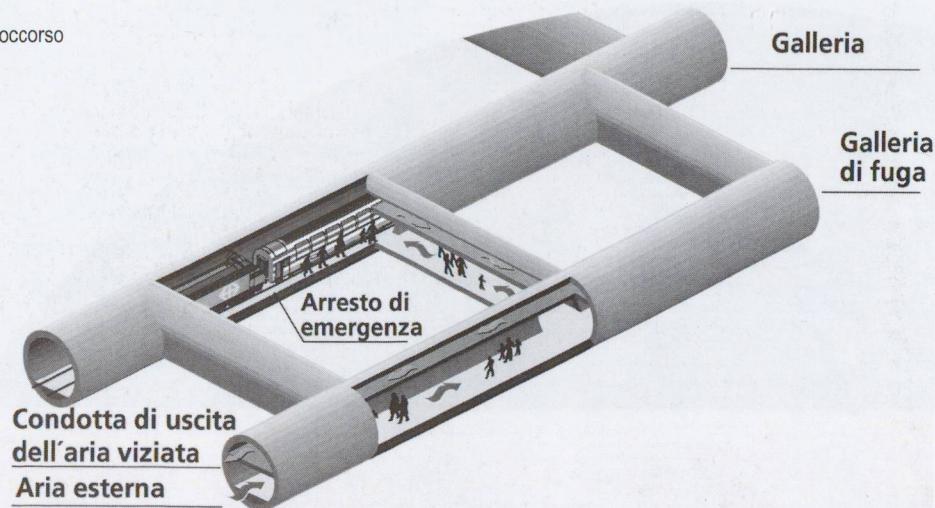
Chi pertanto si attende dall'attraversamento delle Alpi in treno un'avventura emozionante, sarà deluso: nelle gallerie del nuovo asse del San Gottardo la mancanza di spaziosi sorprese è ampiamente garantita.

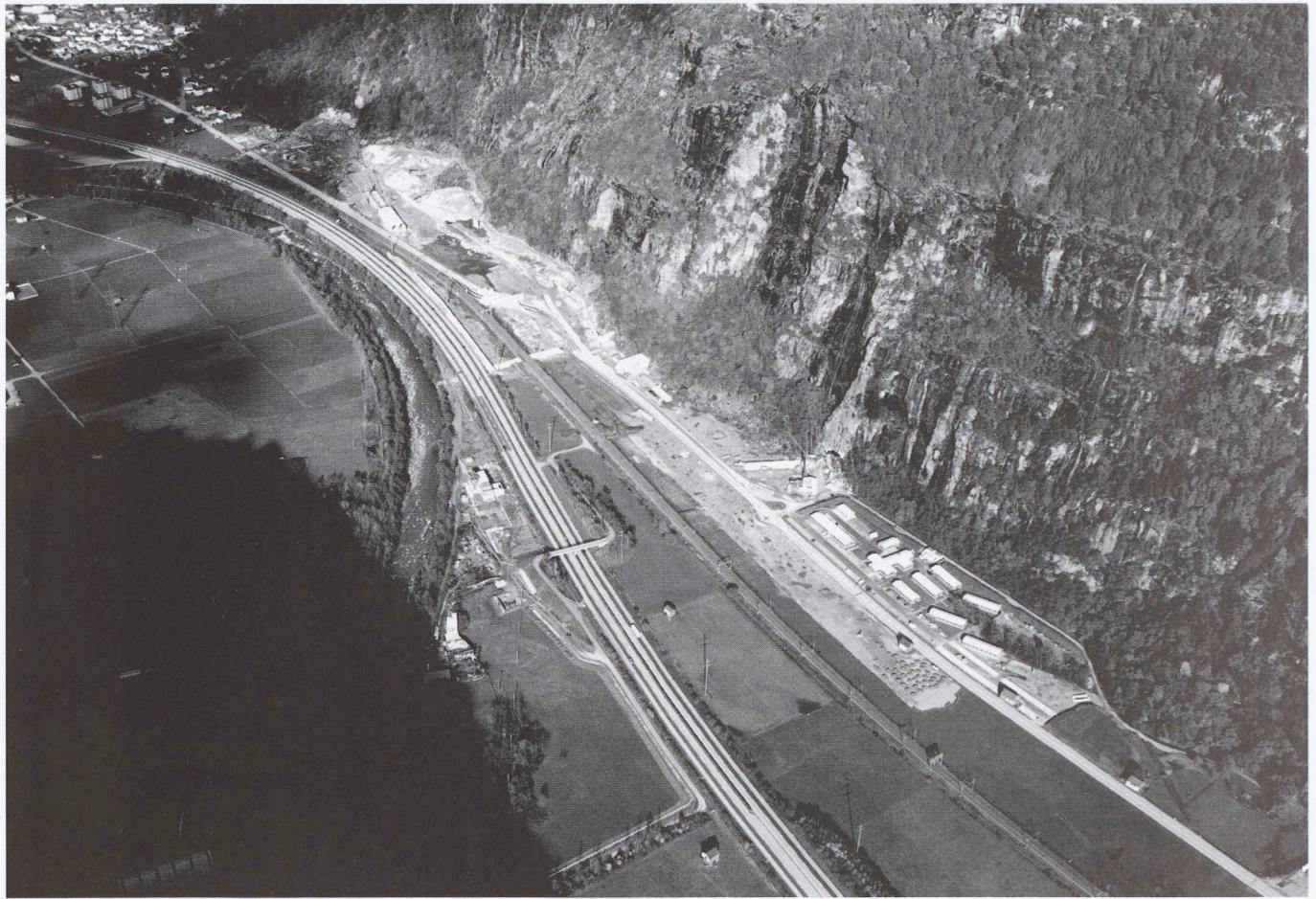
Considerazioni sulla sicurezza

Particolari importanti per la sicurezza della nuova galleria di base del San Gottardo:

- la lunghezza della galleria (San Gottardo 57 km, Zimmerberg 20 km, M. Ceneri 16 km)
- la stratificazione parzialmente elevata (sul San Gottardo fino a 2300 m) con particolari condizioni di pressione nella montagna e condizioni climatiche.
- velocità fino a 250 km/h
- da media ad elevata frequenza di treni, combinata con un'elevata aliquota di merci
- la grande importanza internazionale quale trasversale delle Alpi, ciò che richiede elevati requisiti di affidabilità e sicurezza.

Stazione di soccorso





Bodio-Pollegio



Faido-Polmengo

La montagna

La galleria di base del San Gottardo, lunga 57 km tra il portale nord di Erstfeld e il portale sud presso Bodio, attraversa di prevalenza rocce cristalline¹ interrotte in alcuni punti da zone relativamente sottili di rocce sedimentarie².

Le rocce cristalline possono essere suddivise in tre unità geologiche principali (*massiccio dell'Aar* nel nord; *massiccio del San Gottardo* nel centro e *zona penninica* nel sud). Questi complessi cristallini sono stati formati nelle ere antiche della crosta terrestre (paleozoico e precambrio), ossia alcune centinaia di milioni di anni fa. Consistono in un «cristallino antico» (prevalentemente rocce trasformate in gneiss sotto le pressioni e le temperature elevate) e in corpi di graniti intrusi successivamente (circa 300 milioni di anni fa, durante la fase orogenetica variscica).

Durante la formazione della catena alpina («orogenesi alpina», da 65 a 25 milioni di anni fa) il cristallino antico e i graniti intrusivi sono stati nuovamente messi sotto pressione a temperature elevate e hanno così subito una nuova metamorfosi³. Il massiccio del Tavetsch, intercalato tra quello dell'Aar e quello del San Gottardo e appartenente al cristallino antico, è composto da filliti e scisti teneri presenti in una sequenza di banchi alternativamente teneri e duri quasi verticali. Durante l'orogenesi alpina il massiccio del Tavetsch è stato fortemente deformato e parzialmente scavalcato.

Negli spazi fra i grossi massi cristallini si inseriscono delle rocce di età variabili: nella parte settentrionale del massiccio dell'Aar si trova la *zona di Intschi* con vulcaniti e con rocce sedimentarie contenenti carbone (età circa 300 milioni di anni, periodo carbonifero) trasformate durante la fase alpina. La «*zona di Orsera-Garvera*», ubicata tra i massicci del Tavetsch e del San Gottardo e la ben nota *zona di Piora*, situata sul bordo sud del massiccio del San Gottardo, sono composte da rocce di origine sedimentaria marina di età mesozoica (era che va da 245 a 66 milioni di anni fa) che coprivano originariamente il cristallino del massiccio del San

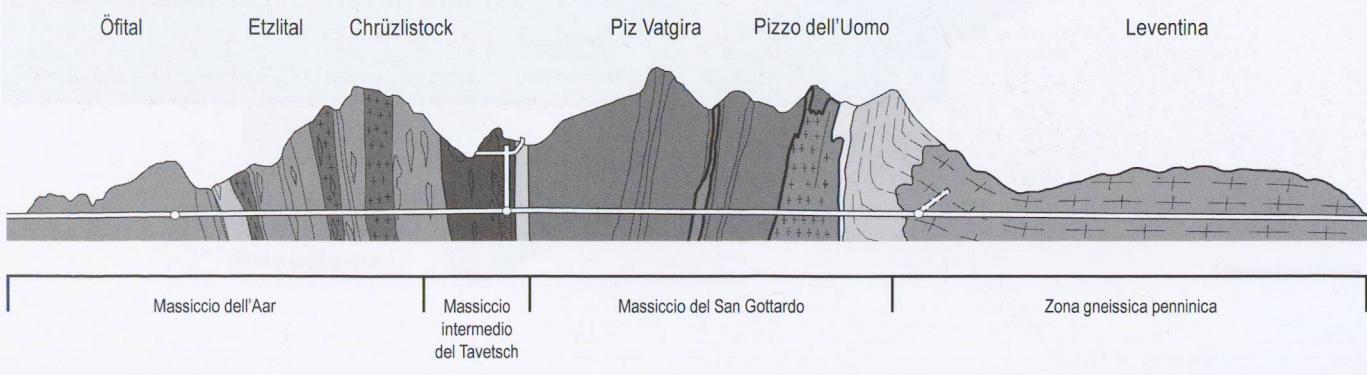
Gottardo. A causa dei forti movimenti delle zolle della crosta terrestre (tettonica) le rocce sedimentarie si presentano oggi come cunei incastriati tra i massicci cristallini.

Le difficoltà di carattere geologico per lo scavo di gallerie sono soprattutto da cercare nelle rocce sedimentarie, nelle rocce del massiccio del Tavetsch e nella «*zona di Clavanier*» che hanno qualità tecniche e contenuti di acqua molto variabili. La zona di Piora per esempio è composta dalle rocce sedimentarie dolomia, dolomia saccaroide, dolomia carlata e gesso. Dai sondaggi effettuati è emerso che, a livello della galleria di base del San Gottardo, la dolomia saccaroide è presente in forma solida.

La galleria di base del San Gottardo fa parte della linea ferroviaria di pianura con il punto culminante a quota 550 metri sopra il livello del mare (oggi 1'151.42 m s.l.m.). Mai fino ad ora in Svizzera si era scavato tanto in basso nella montagna: le masse rocciose sotto le quali passa la galleria sono sovrastate di 2300 m nel punto più alto. La grande copertura esercita una forte pressione sulle gallerie. La temperatura della roccia aumenta con la profondità. A livello della galleria di base si prevedono temperature fino a 50 °C. Durante i lavori di scavo la temperatura dovrà essere abbassata ad un massimo di 28 °C per rendere sopportabile l'ambiente di lavoro.

Significato dei termini

1. *rocce cristalline*: termine collettivo per rocce magmatiche (create dalla solidificazione di fluidi fusi) e di rocce metamorfiche (rocce trasformate e ricristallizzate a causa di cambiamenti della pressione e della temperatura).
2. *rocce sedimentarie*: depositi consolidati formati dai prodotti dell'erosione e della dissoluzione chimica di rocce preesistenti.
3. *metamorfosi delle rocce*: cambiamento mineralogico della roccia sotto condizioni di pressioni e di temperature differenti da quelle esistenti durante la formazione originale.
4. *tettonica*: descrizione della struttura della terra e dei processi che causano la formazione delle montagne. Nelle più importanti catene montagnose della terra i movimenti sono tuttora in corso. La formazione delle Alpi continua per via dello scontro tra il continente europeo e quello africano che si sposta verso nord-nord-ovest.



Scoprire la montagna per mezzo dei sondaggi

Per mantenere al livello più basso possibile i rischi legati alla costruzione della galleria, dal 1989 sono stati intrapresi estesi lavori di sondaggio.

La geologia chiama in causa gli ingegneri. Nella costruzione della galleria di base si prevedono circa 80 zone critiche. Dal punto di vista geologico la zona della sacca della Piora e il massiccio del Tavetsch figurano tra i passaggi più ardui. Per mantenere al livello più basso possibile i rischi legati alla costruzione della galleria di base del San Gottardo dal 1989 al 1998 sono stati intrapresi estesi lavori di sondaggio.

La sacca di Piora

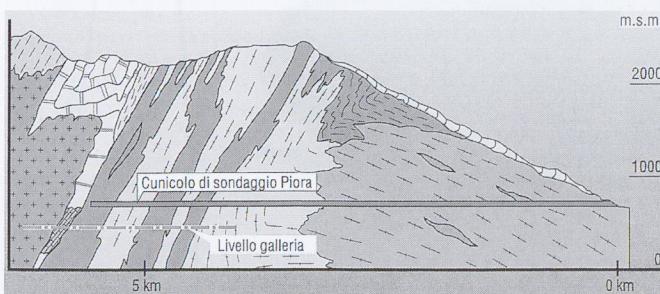
Al livello della galleria di base del San Gottardo la dolomia saccaroidè è presente allo stato solido e asciutto. Questo è il risultato emerso dalle ultime quattro perforazioni effettuate nel cunicolo di sondaggio. La costruzione del tunnel di base può così avvenire con i noti metodi di costruzione delle gallerie (perforatrice meccanica, avanzamento con esplosivo) e non si prevedono particolari difficoltà per l'attraversamento di questa zona.

Per raggiungere questi risultati è stato necessario scavare un cunicolo di sondaggio lungo 5,5 km che da Polmengo, ad un'altezza di 350 m sopra la galleria di base, arriva fino a 50 m dalla zona della sacca della Piora. All'altezza del cunicolo di

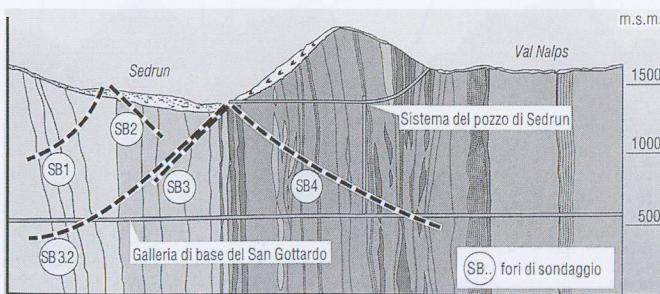
sondaggio si è riscontrata la presenza di dolomia saccaroidè e di acqua a pressione elevata. Più in basso non si è più riscontrata acqua in pressione, la roccia si presenta solida e asciutta. Il cantiere di Polmengo – a seguito dell'esito positivo raggiunto dai sondaggi – è stato chiuso nel corso del 1998. (Fig.1)

Il massiccio del Tavetsch

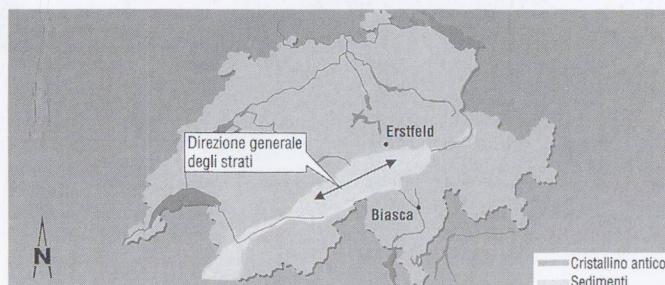
Negli ultimi tre anni a sud e a nord del massiccio del Tavetsch sono stati scavati due cunicoli di sondaggio della lunghezza di circa 2 km. Entrambi hanno raggiunto e sono andati al di sotto del livello della galleria di base del San Gottardo. Completano i primi tre scavi, più corti, nella parte meridionale del massiccio del Tavetsch. Su una lunghezza di circa 1,3 km sono inoltre stati realizzati i primi lavori nei cunicoli. I relativi risultati mostrano che nel cunicolo d'accesso orizzontale del pozzo di Sedrun la roccia è migliore di quanto si prevedeva. Nella parte nord, per contro, le previsioni sono confermate. Il 70 % circa di questa zona, larga 1,1 km, attraverso la quale sarà costruita la galleria di base, è costituita da cachirite poco consistente. Si definisce cachirite la roccia polverizzata, deformata in pietra poco compatta. In occasione degli scavi di sondaggio oltre a prelievi di carote per l'analisi geologica, sono state eseguite misurazioni delle temperature delle rocce e dell'altezza dello specchio d'acqua della montagna. (Fig.2)



1.



2.



La stratificazione alpina

Nella zona delle vette alpine più alte dominano le formazioni di cristallino antico, in massima parte verticali. Al loro interno si trovano, schiacciate, strisce continue di sedimenti.

I tipi di roccia

Il massiccio dell'Aar è composto da diversi tipi di rocce. Alcune sono molto dure e compatte, altre sono più tenere e meno compatte. Questo è dovuto alla pressione e alla temperatura che le rocce hanno subito durante il loro formazione.

Fillite (del periodo permocarbonico)

roccia tenera e poco compatta (si trova nella zona di Orsera-Garvera)



Granito centrale dell'Aar

duro e compatto; favorevole ai lavori di scavo



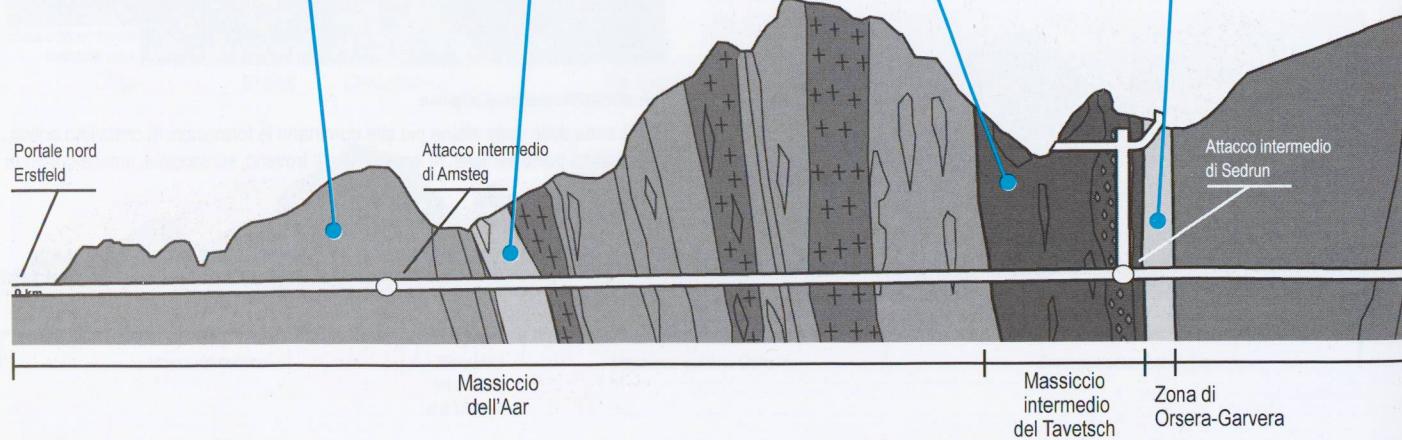
Fillite (scisti)

roccia tenera e poco compatta, facilmente deformabile. Si rompe facilmente in mano (nel massiccio dell'Aar si trova nella "zona di Intschi")



Gneiss a muscovite trasversale

compatto e stabile; in questa roccia sarà scavato il pozzo di Sedrun, che serve come accesso alle due gallerie, (vedi attacco intermedio di Sedrun)



Le gabbri sono le rocce metamorfiche più antiche del massiccio del San Gottardo. Sono formate da granofirite e da mafite.

Le gabbri si trovano nelle zone più alte della catena.

Le gabbri sono formate da granofirite e da mafite.

Le gabbri sono formate da granofirite e da mafite.

Le gabbri sono formate da granofirite e da mafite.

Le gabbri sono formate da granofirite e da mafite.

Le gabbri sono formate da granofirite e da mafite.

Le gabbri sono formate da granofirite e da mafite.

Le gabbri sono formate da granofirite e da mafite.

Le gabbri sono formate da granofirite e da mafite.

Le gabbri sono formate da granofirite e da mafite.

Le gabbri sono formate da granofirite e da mafite.

Le gabbri sono formate da granofirite e da mafite.

Le gabbri sono formate da granofirite e da mafite.

Le gabbri sono formate da granofirite e da mafite.

Le gabbri sono formate da granofirite e da mafite.

Le gabbri sono formate da granofirite e da mafite.

Le gabbri sono formate da granofirite e da mafite.

Le gabbri sono formate da granofirite e da mafite.

Le gabbri sono formate da granofirite e da mafite.

Le gabbri sono formate da granofirite e da mafite.

Le gabbri sono formate da granofirite e da mafite.

Le gabbri sono formate da granofirite e da mafite.

Le gabbri sono formate da granofirite e da mafite.

Le gabbri sono formate da granofirite e da mafite.

Le gabbri sono formate da granofirite e da mafite.

Le gabbri sono formate da granofirite e da mafite.

Le gabbri sono formate da granofirite e da mafite.

Le gabbri sono formate da granofirite e da mafite.

Le gabbri sono formate da granofirite e da mafite.

Le gabbri sono formate da granofirite e da mafite.

Le gabbri sono formate da granofirite e da mafite.

Le gabbri sono formate da granofirite e da mafite.

Le gabbri sono formate da granofirite e da mafite.

Le gabbri sono formate da granofirite e da mafite.

Le gabbri sono formate da granofirite e da mafite.

Le gabbri sono formate da granofirite e da mafite.

Le gabbri sono formate da granofirite e da mafite.

Le gabbri sono formate da granofirite e da mafite.

Le gabbri sono formate da granofirite e da mafite.

Le gabbri sono formate da granofirite e da mafite.

Le gabbri sono formate da granofirite e da mafite.

Le gabbri sono formate da granofirite e da mafite.

Le gabbri sono formate da granofirite e da mafite.

Le gabbri sono formate da granofirite e da mafite.

Le gabbri sono formate da granofirite e da mafite.

Le gabbri sono formate da granofirite e da mafite.

Le gabbri sono formate da granofirite e da mafite.

Le gabbri sono formate da granofirite e da mafite.

Le gabbri sono formate da granofirite e da mafite.

Le gabbri sono formate da granofirite e da mafite.

Le gabbri sono formate da granofirite e da mafite.

Le gabbri sono formate da granofirite e da mafite.

Le gabbri sono formate da granofirite e da mafite.

Le gabbri sono formate da granofirite e da mafite.

Le gabbri sono formate da granofirite e da mafite.

Le gabbri sono formate da granofirite e da mafite.

Le gabbri sono formate da granofirite e da mafite.

Le gabbri sono formate da granofirite e da mafite.

Le gabbri sono formate da granofirite e da mafite.

Le gabbri sono formate da granofirite e da mafite.

Le gabbri sono formate da granofirite e da mafite.

Le gabbri sono formate da granofirite e da mafite.

Le gabbri sono formate da granofirite e da mafite.

Le gabbri sono formate da granofirite e da mafite.

Le gabbri sono formate da granofirite e da mafite.

Le gabbri sono formate da granofirite e da mafite.

Le gabbri sono formate da granofirite e da mafite.

Le gabbri sono formate da granofirite e da mafite.

Le gabbri sono formate da granofirite e da mafite.

Dolomia saccaroides

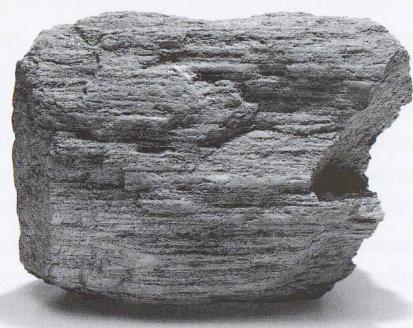
roccia granulosa; se disturbata si sbriciola in sabbia sciolta.

All'altezza della galleria di base si presenta allo stato solido



Gneiss striato

duro e compatto (nel massiccio del San Gottardo)



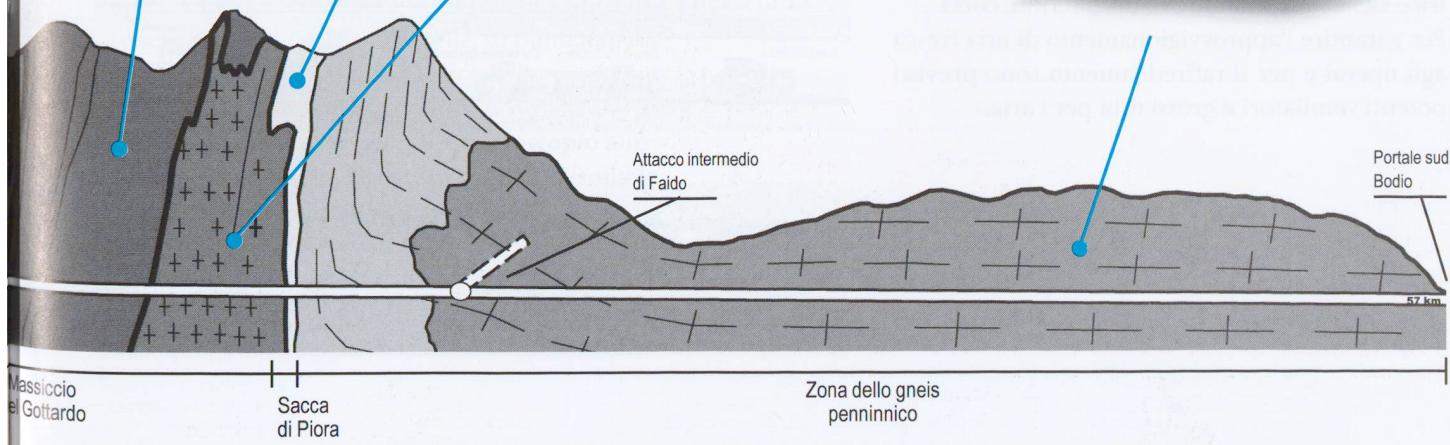
Granito di Medels

duro ma fragile, compatto (nel massiccio del San Gottardo)



Gneiss della Leventina

duro e compatto (nella zona penninica, in Leventina)



Così sarà costruita la galleria

I punti di attacco intermedio riducono il tempo di costruzione. L'intera galleria è suddivisa in cinque tratte con tre attacchi intermedi. Le singole tratte saranno scavate con metodi di costruzione differenti.

Fresatrice meccanica

Dove la roccia è sufficientemente massiccia la perforatrice per gallerie, della lunghezza di circa 300 metri (definita macchina a sezione intera, vedi figura), può scavare fino a 20 metri di roccia al giorno. Su 50 dei 57 chilometri di lunghezza complessiva della galleria di base del San Gottardo, ci si attende di incontrare condizioni di roccia favorevoli. Nel caso del massiccio intermedio del Tavetsch nei pressi di Sedrun e di eventuali altre zone sedimentarie strette è previsto un avanzamento convenzionale senza perforatrice per gallerie. La fresatrice può essere paragonata ad un gigantesco trapano. Davanti vi è la testa foratrice, munita di scalpelli rotanti (circa 30 dischi d'acciaio rinforzato). Potenti motori elettrici fanno girare lentamente la testa foratrice mentre, mediante presse idrauliche, viene esercitata contro la parete da scavare una pressione di spinta che può arrivare a 2000 tonn. (corrispondenti al peso di quasi 11/2 treni merci). Per le curve delle gallerie, la pressione esercitata dalle presse può avvenire anche lateralmente. Sotto la pressione forte e puntuale degli scalpelli rotanti, la roccia si frantuma in cosiddetti chips (piccoli dischi di forma piatta). Per mezzo di nastri trasportatori i chips raggiungono la parte posteriore della fresatrice e ricadono nei vagoncini per essere portati all'esterno (cosiddetti treni di smarino). Immediatamente dietro la testa foratrice della fresa vi è spazio a sufficienza per la messa in opera delle misure di sicurezza (ancoraggi, calcestruzzo spruzzato). Più indietro sono installate le pompe per il calcestruzzo per un ulteriore rivestimento della galleria. Tenuta con presse di appoggio laterale, la testa della fresatrice scava la roccia e fa una «corsa di scavo» di più o meno un metro. Per mezzo di un sistema di bloccaggio ausiliario, le presse di appoggio laterale possono essere rese e tutto il tronco della fresatrice viene fatto avanzare di un'ulteriore corsa. Per garantire l'approvvigionamento di aria fresca agli operai e per il raffreddamento sono previsti potenti ventilatori e grossi tubi per l'aria.

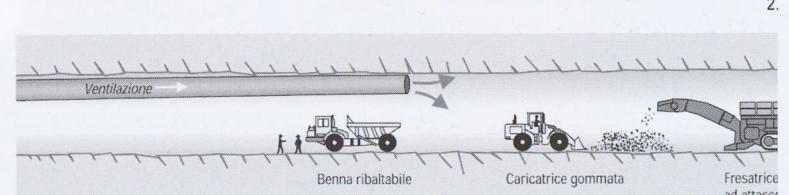
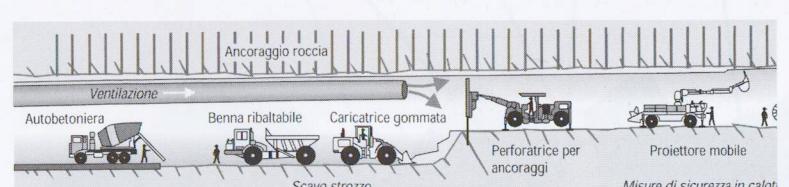
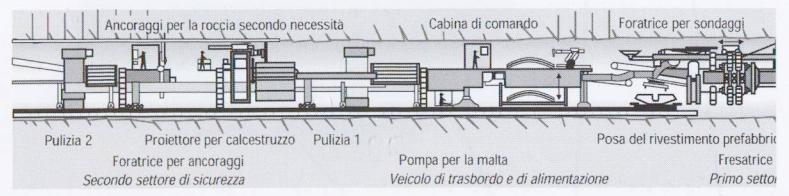
Per evitare che la fresatrice venga impiegata in zone non idonee allo scopo, ad esempio in presenza di rocce eterogenee, instabili o di forti infiltrazioni di acqua, sono necessarie approfondite conoscenze geologiche preliminari. Attraverso perforazioni di sondaggio i costruttori di gallerie studiano in anticipo la composizione, la stabilità e altri segreti della montagna. Infatti, se la roccia è poco consistente, la fresa può restare incagliata, subire danni o addirittura essere distrutta a causa di crolli. (Fig.1)

Avanzamento all'esplosivo

Quando c'è un tipo di roccia sfavorevole (montagna molto eterogenea o poco stabile) non si possono utilizzare fresatrici meccaniche. Si avanza nella montagna come ai vecchi tempi, mediante perforazione e brillamento («scavo convenzionale»). Se le condizioni topografiche e geologiche lo richiedono, lo scavo della galleria viene suddiviso in singoli settori di taglio, allo scopo di non mettere in pericolo la stabilità del fronte di roccia – e di conseguenza anche la sicurezza dei minatori. Il materiale di risulta viene normalmente trasportato fuori della galleria per mezzo di treni di smarino. (Fig. 2)

La fresatrice meccanica ad attacco puntuale

L'avanzamento con una fresatrice meccanica ad attacco puntuale è un'alternativa all'avanzamento all'esplosivo. Le fresatrici ad attacco puntuale dispongono di un braccio con una parte rotante, munita di denti (specie di scalpelli) in grado di «graficare» la montagna. (Fig. 3)



Precisione al centimetro attraverso il San Gottardo

Come vengono effettuati dai costruttori della galleria i diversi scavi in profondità sotto alla montagna? Procedimenti di misura estremamente precisi fanno sì che gli specialisti possano conoscere sempre la direzione di scavo e che i vari tracciati si incontrino effettivamente nei punti prestabiliti. In tal modo anche le installazioni in galleria vengono costruite in posizione esatta.

La posizione della galleria di base del San Gottardo è stata stabilita. Per l'esecuzione dei lavori, tutti i componenti a cielo aperto ma anche quelli in profondità sotto la montagna devono essere collocati esattamente nel posto giusto. Per le vecchie gallerie del San Gottardo e del Lötschberg i geometri hanno dovuto tracciare in anticipo in superficie il percorso della galleria per il controllo dei loro calcoli. Gli attuali programmi di simulazione, per contro, offrono sufficiente sicurezza per cui non è più necessario effettuare un tracciato in superficie. Misure di controllo indipendenti coprono gli errori di misura e aumentano pertanto l'affidabilità per quanto riguarda la direzione di scavo.

A questo scopo con l'aiuto di satelliti, i geometri hanno stabilito una rete di punti fissi, sull'intero campo di progettazione, che costituiscono il punto di riferimento tra progettazione e topografia. La misurazione e il calcolo di questa rete di base dura oggi solo alcune settimane e la qualità raggiunta è sorprendente: per il collegamento tra i punti del portale nord e sud della galleria di base del San Gottardo lunga 57 km si raggiunge una precisione di pochi centimetri per quanto riguarda la posizione e l'altezza. Nel passato invece tali reticolli dovevano essere misurati faticosamente tramite punti di stazione posti sulle cime e sulle creste della montagna. Le operazioni di misura ed i relativi calcoli – allora eseguiti senza ausilio di computer – duravano parecchi mesi.

Lunghe costruzioni sotterranee come la galleria di base del San Gottardo non possono essere tracciate con le normali procedure di misura: per la determinazione della direzione sotterranea, vale a dire senza potersi riferire alle stelle, su punti lontani della montagna o satelliti artificiali, la precisione di un compasso magnetico non è sufficiente. Si sfrutta invece la proprietà di un giroscopio a rotazione rapida con asse di rotazione orizzontale che, a causa della rotazione terrestre, pendola attorno al nord geografico.

Attrezzature di scandaglio di alta precisione sono state progettate per la trasmissione delle coordi-

nate attraverso il pozzo a Sedrun profondo 800 m. È necessario tenere in considerazione anche i più piccoli errori di scostamento, che normalmente non hanno nessun rilievo nella misurazione ingegneristica: le grandi masse montagnose del massiccio del San Gottardo causano scostamenti nella direzione di scandaglio tra la forma matematica della terra, l'ellissoide di rotazione, e la configurazione effettiva, il geoide. Anche le differenze di temperatura della galleria deviano i raggi di misura. La simulazione di tutte le misure previste su modello computerizzato ha evidenziato che i singoli scavi in galleria, con una probabilità del 95%, confluiscano uno nell'altro con un errore massimo di 20 cm. Ciò corrisponde all'incirca alla larghezza della pagina di questo prospetto!

La formazione apparentemente stabile delle Alpi è tuttora in movimento. Oltre ad un sollevamento generale delle Alpi di circa 1 mm all'anno, si riscontrano tra le singole formazioni orografiche anche spostamenti geotettonici che possono influenzare la costruzione della galleria di base. Gli addetti alle misure controllano questi movimenti in diversi punti di misura sia in superficie che in galleria. In base alle informazioni ricavate, gli ingegneri civili programmano le misure che garantiscono la sicurezza del futuro tracciato ferroviario.

Gestione dei dati – affinché tutti lavorino sullo stesso progetto

Per un progetto imponente come la nuova ferrovia del San Gottardo, si deve poter assicurare che in ogni momento tutte le persone coinvolte dispongano dei dati aggiornati sul progetto. Inoltre, a progetto terminato, deve essere consegnato al futuro proprietario e all'utente degli impianti una documentazione dettagliata relativa alla costruzione dell'opera. Queste informazioni vengono raccolte in modo digitale da Alp Transit San Gottardo SA, e quindi gestite e scambiate tra i vari partecipanti al progetto. Queste informazioni inoltre sono disponibili anche in forma cartacea, in quanto il passaggio dall'elaborazione dati manuale a quella elettronica non è stato ancora adottata ovunque.

Protezione ambientale: dai piani all'opera

AlpTransit permette lo spostamento, ritenuto urgente, del traffico stradale sulla ferrovia. L'uomo e l'ambiente saranno risparmiati da ulteriore traffico. Le fasi di progettazione per la realizzazione e l'esercizio delle linee di nuova costruzione comportano numerose misure di protezione dell'ambiente.

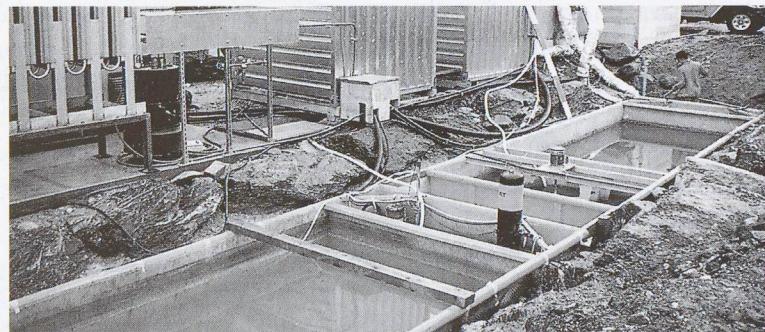
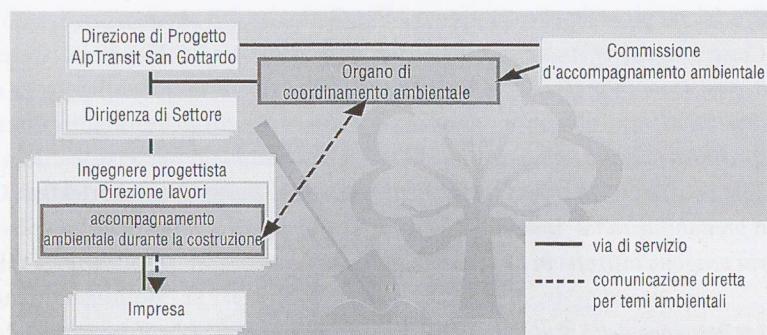
Grazie al tracciato per lo più sotterraneo, in queste tratte l'ambiente sarà solo minimamente pregiudicato. Allo stesso modo la linea esistente sarà sgravata in modo significativo dalle fonti di rumore. Dove la linea corre a cielo aperto, nelle zone abitative, l'inquinamento sonoro sarà ridotto nella misura del possibile mediante l'impiego di materiale rotabile poco rumoroso e l'adozione di misure di protezione dal rumore.

Attraverso la riutilizzazione massima eseguibile del materiale di scavo, sarà possibile salvaguardare le sempre più limitate risorse di ghiaia e di sabbia situate su territorio elvetico e, soprattutto, evitare un considerevole numero di spostamenti. Dove sarà indispensabile effettuare trasporti, ciò avverrà per quanto attuabile in modo ecologico (treno, battello, nastro trasportatore).

I cantieri e le aree delle installazioni si trovano al di fuori delle zone densamente popolate. Per proteggere le poche abitazioni attigue ai cantieri, nell'ambito del progetto di pubblicazione, saranno stabilite le opportune misure per la conformazione delle aree destinate ad accogliere i cantieri e gli impianti.

Nel corso della fase di costruzione, le direzioni lavori locali cureranno la messa in atto delle misure di protezione ambientale. Per questo esse saranno affiancate dai servizi locali di accompagnamento ecologico e dall'organo di coordinamento ambientale attivo sull'intero settore.

I servizi cantonali, comunali e della Confederazione vengono informati regolarmente sull'attuazione delle misure ambientali sul posto.



La protezione ambientale: sempre un punto centrale per la progettazione, l'organizzazione, lo smaltimento, la costruzione...

que se realizó en la planta de Rioch que convierte granito y piedra volcánica en arena y grava. La planta es capaz de procesar 1000 toneladas por hora y produce arena y grava de 20 mm. y 40 mm. de diámetro. La planta también procesa 1000 toneladas diarias de arena y grava de 10 mm. y 20 mm. de diámetro.

En el año 1990 se realizó una investigación a encuestados que compran arena y grava en la planta de Rioch. Los resultados indicaron que el 80% de los encuestados compran arena y grava para su uso en la construcción de viviendas y que el 20% restante compran arena y grava para su uso en la construcción de caminos y carreteras.

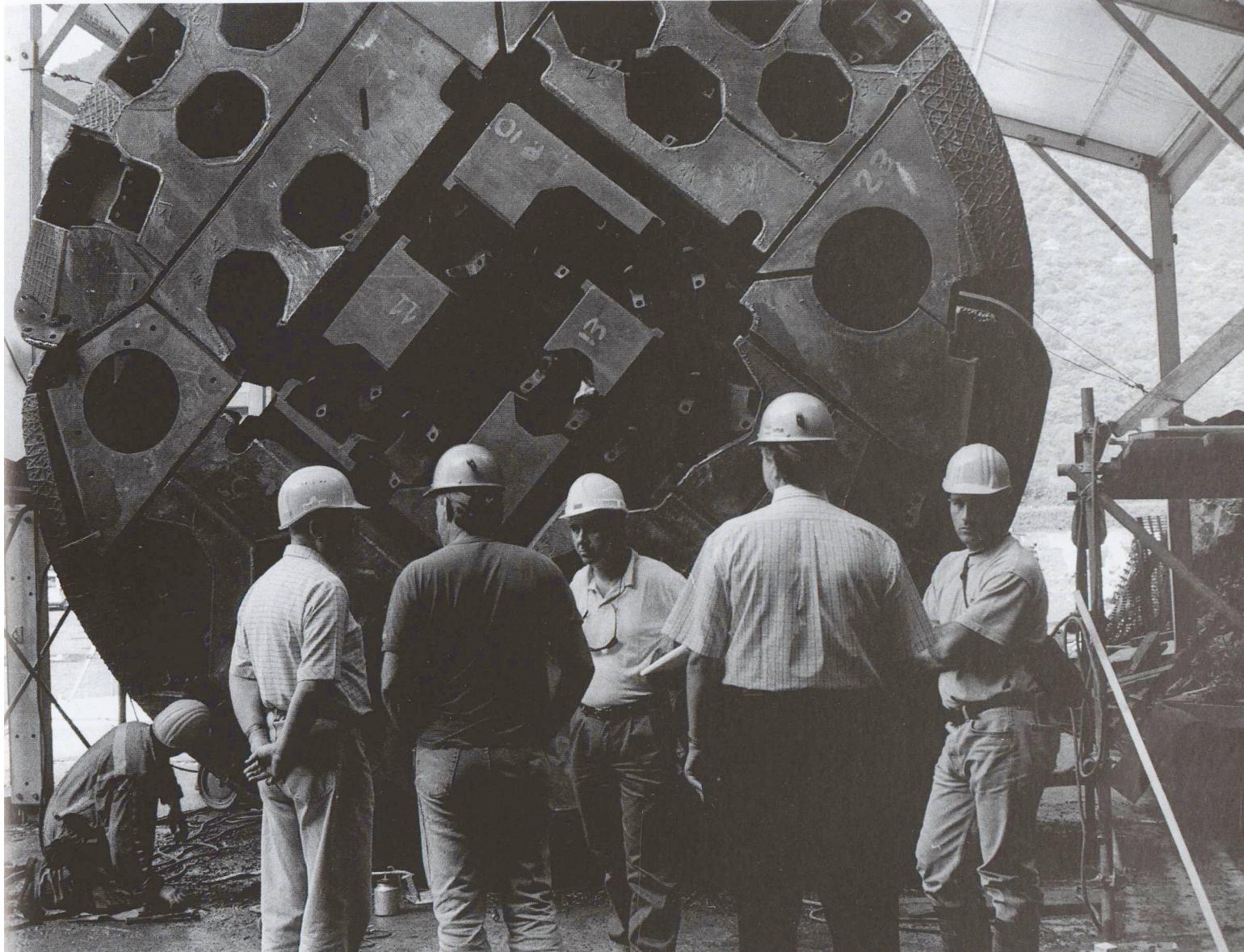


Foto Alfonso Zirpoli

Planta de arena y grava en la planta de Rioch.

Planta de arena y grava en la planta de Rioch.

Installazione e collegamento

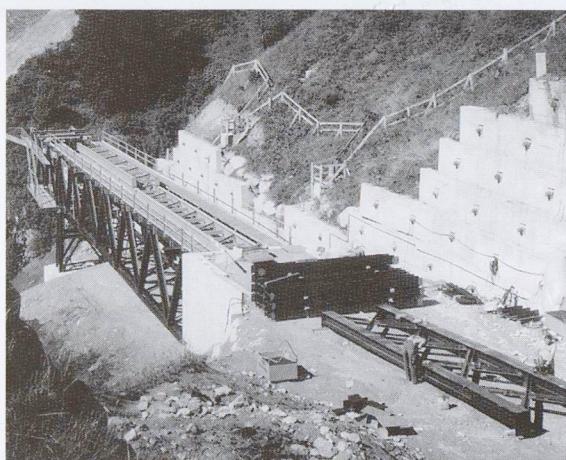
Quali sono i lavori che devono essere terminati prima che entrino in azione le macchine perforatrici? La costruzione di una galleria richiede una preparazione minuziosa e rispettosa dell'ambiente tanto sul luogo dell'installazione quanto dei collegamenti, dalla fornitura fino allo smaltimento.

Nei diversi cantieri della galleria di base del San Gottardo, devono essere movimentate quantità enormi di materiale da costruzione e di scavo. La fornitura del materiale da costruzione e lo smaltimento del materiale di scavo devono rispettare l'ambiente. Per il funzionamento della zona di installazione e per i lavori di costruzione, è necessario disporre anche della corrente elettrica e dell'acqua, in quantità che non possono essere prelevate facilmente dalla rete locale. Per quanto riguarda le centrali elettriche, è necessario stabilire esattamente la capacità di prelievo e anche la possibilità di verificare accuratamente l'approvvigionamento idrico. Inoltre, ci sono le esigenze delle maestranze e si pongono così altri quesiti: dove costruire gli alloggi? Qual'è l'entità delle acque sporate? Come deve essere trattata l'acqua presente in galleria? Come vengono convogliate le acque sporate dalla zona di installazione all'impianto di depurazione locale?

Per quanto riguarda l'approvvigionamento dell'acqua per i lavori di costruzione bisogna distinguere tra acqua potabile e acqua industriale. L'acqua potabile può essere prelevata dalla rete locale. Si calcola un fabbisogno di circa 300 l al giorno e per persona. La quantità di acqua industriale è notevolmente più elevata (fino a 500.000 l/giorno); quest'ultima non deve soddisfare particolari requisiti. Viene per la maggior parte acquisita separatamente, ad esempio da un fiume oppure dalla falda, in quanto la rete locale non deve e non può essere sollecitata oltre misura. Quest'acqua è necessaria nella galleria e sul luogo d'installazione: per la produzione del calcestruzzo, per il raffreddamento oppure semplicemente per il lavaggio delle macchine. Spesso, come acqua industriale è pur possibile utilizzare le forti infiltrazioni della montagna. P.es. il volume di 20 litri/s. di acqua di galleria previsto nello scavo del cunicolo di accesso di Faido sarà utilizzato per raffreddare le macchine, sgravando il prelievo dal Riale Vigera. Per garantire la capacità d'acqua necessaria per eventuali incendi, vengono impiegate le riserve d'acqua presenti nei cantieri. L'acqua, dopo il trattamento, viene infine riconvogliata ai ricettori naturali.

L'approvvigionamento dell'energia elettrica deve essere previsto in larga misura: il cantiere di Amsteg ad esempio necessita nei giorni di punta di circa 11 Megawatt di potenza elettrica; ciò è esattamente il doppio di quanto consuma il villaggio di Sedrun a Natale, quando gli skilift sono in funzione e gli alberghi sono al completo. Pertanto la corrente elettrica necessaria per il cantiere non può essere prelevata semplicemente dalla rete del villaggio. Anche nel caso di una capacità sufficiente, ciò sarebbe inoltre poco opportuno, in quanto le macchine impiegate per la costruzione della galleria richiedono, per la maggior parte dei casi, una corrente ad alta tensione. La perforatrice, ad esempio, richiede 5 Megawatt di potenza elettrica. Ciò corrisponde all'incirca a 2500 forni utilizzati contemporaneamente, oppure al fabbisogno di circa 50.000 lampadine. L'alimentazione elettrica del cantiere è realizzata pertanto tramite linee ad alta tensione: devono essere modificate, le linee esistenti, eseguite le derivazioni, ampliate le sotto-stazioni e installate nuove stazioni di trasformazione.

La collocazione e la costruzione degli impianti devono garantire non solamente lo svolgimento ottimale dei lavori, ma anche la protezione degli abitanti da rumore e polveri. La costruzione di un cantiere, inclusi i lavori di accesso, dura da tre fino a sei mesi: devono essere sostituite le linee elettriche esistenti ed effettuati nuovi allacciamenti. Le strade e i sentieri devono essere adeguati alle nuove condizioni. Prima dell'inizio dei lavori principali, viene asportato l'humus e il fondo nutritivo. Vengono quindi costruiti gli alloggi, gli impianti per la produzione del calcestruzzo, le officine, i magazzini, ecc. Solo quando sono state soddisfatte le premesse per un funzionamento ottimale del cantiere rispettoso dell'ambiente, si inizia con la costruzione della galleria.



Ponte costruito appositamente per l'accesso al cantiere di Sedrun



After the
initial test

Tratto da:

- «La nuova linea ferroviaria del San Gottardo. Il Progetto», maggio 2000

- «La nuova linea ferroviaria del San Gottardo. La visione», maggio 2000
- «La nuova linea ferroviaria del San Gottardo.

IpTransit Gotthard
San Gottardo L'opera, maggio 2000
– «Info San Gottardo», gennaio 1999



- Tratto da:**

 - «La nuova linea ferroviaria del San Gottardo. Il Progetto», maggio 2000
 - «La nuova linea ferroviaria del San Gottardo. La visione», maggio 2000
 - «La nuova linea ferroviaria del San Gottardo. L'opera», maggio 2000
 - «Info San Gottardo», gennaio 1999

In collaborazione con:
Sacha Gobbi, AlpTransit San Gottardo SA