

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

Herausgeber: Società Svizzera Ingegneri e Architetti

Band: - (2003)

Heft: 1

Artikel: AlpTransit : il cantiere di Bodio-Pollegio : prime esperienze di realizzazione

Autor: Neuenschwander, Matthias

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-132670>

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: 29.12.2025

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

Il cantiere di Bodio-Pollegio: prime esperienze di realizzazione

Matthias Neuenschwander, Lombardi SA
Membro del Consorzio d'ingegneri della galleria
di base Sud

1. Opere realizzate sul cantiere di Bodio-Pollegio

1.1 Premesse

Sebbene la galleria di base del San Gottardo abbia due portali (Bodio ed Erstfeld) e tre accessi intermedi (Faido, Sedrun ed Amsteg), oltre la metà viene realizzata a partire dal portale di Bodio: infatti, lo scavo fino al limite del lotto di Sedrun verrà effettuato con fresatrici meccaniche, la prima delle quali ha iniziato il proprio lavoro all'interno della montagna nei pressi di Bodio. Sul cantiere di Bodio-Pollegio arriva oltre il 60% del materiale di scavo proveniente dalla galleria di base: in parte per essere riutilizzato come inerte per la produzione di calcestruzzo destinato alla stessa galleria di base, in parte per formare i rilevati della tratta a cielo aperto fino alla Giustizia di Biasca, la parte in esubero è destinata alle sistemazioni di terreno alla Buzza di Biasca.

Il portale si inserisce in un contesto territoriale assai complesso: si tratta di conciliare il cantiere prima e la linea di alta velocità poi con i paesi di Bodio, Personico, Pollegio e Biasca, con l'ambiente rispettivo e con i vettori di traffico già presenti in precedenza: in particolare, la strada nazionale A2, la linea FFS del San Gottardo e la strada cantonale della Leventina.

Durante la fase esecutiva, la cui durata è prevista in oltre dieci anni, fino a 500 persone saranno attive nel cantiere e dovranno in parte essere alloggiate sul posto.

1.2. Interventi preliminari

1.2.1 Approvvigionamenti, allacciamenti e protezioni

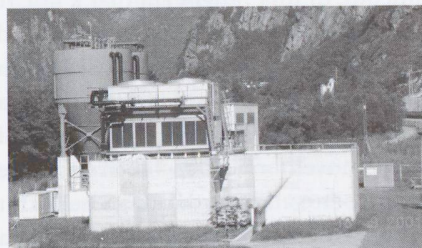
Le varie attrezzature impiegate nella costruzione devono essere alimentate di energia elettrica e di acqua (potabile ed industriale). Le acque reflue della galleria vengono depurate e, nella misura del possibile, riciclate nel cantiere. L'eccedenza di acqua, dopo trattamento apposito, viene immessa nel Ticino. Come primi interventi sono quindi stati realizzati l'elettrodotto e le relative cabine di trasformazione (a cura di AET quale fornitrice dell'energia elettrica), i collegamenti con gli acquedotti di Bodio e di Pollegio, i pozzi di pompaggio di acqua

industriale e l'impianto di trattamento delle acque di galleria.

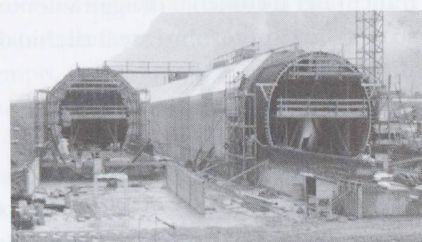
Il cantiere, di un'estensione di oltre 400'000 metri quadri, deve essere protetto contro eventuali inondazioni in caso di piogge eccezionali; occorre perciò una captazione delle acque provenienti dal versante sinistro della valle. A questo scopo è stato costruito un canale di gronda con relativo scarico nel fiume Ticino, passando sotto la strada cantonale, la ferrovia e la strada nazionale.

1.2.2 Inserimento della linea ad alta velocità nel contesto territoriale

Il portale di Bodio è situato nel punto più stretto della valle, incassato tra il fiume Ticino e la strada nazionale d'una parte e tra la linea ferroviaria esistente e la strada cantonale dall'altra. L'incrocio dei binari nuovi con la ferrovia esistente e con la strada cantonale è inevitabile. Il progetto prevede pertanto lo spostamento di questi ultimi due vettori di traffico, prolungando la galleria di base realizzata a cielo aperto di 420 m, che sottopassa i nuovi binari. Per collegare i portali con il resto del cantiere, situato tra la montagna e la strada cantonale, occorre inoltre un sottopassaggio di cantiere.



Impianto di trattamento delle acque di galleria



Galleria di base a cielo aperto

1.2.3 Trattamento del materiale di scavo

Per motivi ambientali ed economici il materiale scavato viene riutilizzato, nella misura del possibile, per confezionare inerti di calcestruzzo per la stessa opera, oppure per costruire i rilevati della tratta a cielo aperto fino alla Giustizia di Biasca. Il materiale in esubero viene sistemato alla Buzza di Biasca. A questo scopo servono un impianto di smistamento (per separare il materiale di rilevato da quello destinato al calcestruzzo e da quello in esubero), una centrale di preparazione di inerti, un impianto di preparazione di materiale per rilevati, ed infine un cunicolo di trasporto, che permette il trasporto dal cantiere alla Buzza di Biasca su nastro trasportatore, senza quindi gravare le strade di numerosi ed inquinanti viaggi di autocarro.

1.3 La galleria di base da Bodio a Faido

1.3.1 L'attraversamento della «Ganna di Bodio»

Prima di entrare nella roccia, la galleria di base attraversa la «Ganna di Bodio», un importante cono di deiezione, al quale sono sovrapposte diversi franamenti di roccia. L'attraversamento dell'ammasso formato da blocchi di volume anche superiore ai 100 mc, da cavità altrettanto grandi e da materiale di riempimento ghiaioso e sabbioso, rappresenta una delle sfide maggiori di tutto il tracciato della galleria di base del San Gottardo. La velocità di scavo prevista in questa tratta, lunga ca. 400 m, era di 65 cm/giorno (rispetto ai 15 m/giorno previsti per le gallerie scavate con fresatrici meccaniche!).

1.3.2 Il cunicolo di aggiramento

Per evitare di causare ritardi agli avanzamenti meccanizzati, causati dall'avanzamento lento nella tratta in materiale sciolto, si è scavato un cunicolo di aggiramento della «Ganna di Bodio». Questo cunicolo, di una lunghezza di 1.2 km, ha permesso un'esecuzione anticipata dello scavo di complessivamente 2.5 km di galleria di base in roccia, e di preparare le grandi caverne necessarie per il montaggio delle due fresatrici meccaniche, così che in novembre 2002, con circa sei mesi di anticipo rispetto alla fine dei lavori nella tratta in materiale sciolto, la prima fresatrice meccanica ha potuto iniziare lo scavo in direzione di Faido. Questo importante investimento (ca. 12 milioni di franchi per il cunicolo di aggiramento) ha permesso di ridurre notevolmente il rischio di ritardi sul programma generale dei lavori.

1.3.3 Due gallerie scavate con fresatrice meccanica

Dopo l'ultimazione di gran parte dei lavori preparatori elencati, il cantiere principale di Bodio è iniziato in dicembre 2001. L'inizio dello scavo in

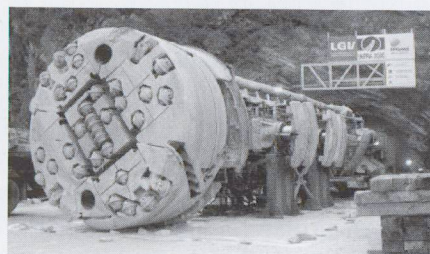
novembre 2002 è stato preceduto da imponenti lavori di installazione. Gli scavi dureranno fino alla metà del 2005, e l'ultima tratta potrà essere consegnata alla posa degli impianti ferroviari nel 2009.

2. Prime esperienze di realizzazione: l'esempio della Ganna di Bodio

2.1 Il progetto

2.1.1 Condizioni morfologiche e geotecniche

Le due gallerie attraversano il cono della ganna di Bodio con un tracciato obliquo rispetto al pendio, ad una distanza in asse una dall'altra di 16-27 m. La copertura è minima nella zona dei portali (ca. 4 m), sale fino a ca. 26 m a metà del cono, per diminuire poi verso la parete rocciosa fino a 14 m. L'ammasso è molto eterogeneo, in particolare in prossimità della superficie dove il cono di deiezione è ricoperto da franamenti vari: in questa zona blocchi di oltre 100 mc si alternano con cavità dello stesso ordine di grandezza. Dai sondaggi risultava un livello di falda freatica al di sotto del piano di posa della galleria. Le analisi geotecniche indicavano un pendio in equilibrio con scarse riserve di stabilità.



Cunicolo di trasporto: la fresatrice (diametro: 5.00 m) alla fine dello scavo



Cunicolo di aggiramento: scavo



La ganna di Bodio con la zona di portale (in basso a destra)

Per il progetto e per la realizzazione ne risultava l'imperativo di evitare nel modo più assoluto disturbi in grado di ridurre la stabilità del pendio, o delle deformazioni importanti dovute ai lavori di scavo.

2.1.2 Dati geometrici

Le due gallerie di una lunghezza di 410 m (canna ovest) e 420 m (canna est), situate fra le gallerie in roccia e le gallerie costruite a cielo aperto, seguono un tracciato curvo ($r = 5'000$ m) ed in lieve ascesa (6.76 ‰ verso nord). La sezione scavata, a forma di ferro di cavallo, è di 90 mq. Come in tutta la galleria di base viene costruito un doppio rivestimento con impermeabilizzazione.

2.1.3 Concetto di avanzamento

Lo scavo di ogni tubo avviene in due fasi: l'avanzamento in calotta con precedente posa di un ombrello di infilaggi ed iniezioni di consolidamento davanti al fronte di scavo, e in seguito lo scavo dello strozzo con la posa della platea di fondo.

La calotta è alta ca. 6 m, lo strozzo ca. 4 m. Il progetto prevede in calotta delle «volate» di 1 m, nello strozzo di 3-4 m. In seguito allo scavo viene immediatamente posata una centina reticolare ed un rivestimento esterno provvisorio di calcestruzzo spruzzato.

In prossimità dei portali l'anello formato dopo l'ultimazione dello scavo dello strozzo e la conseguente esecuzione della platea viene irrigidito con un anello di rinforzo in calcestruzzo spruzzato, per garantire la resistenza e la rigidità della galleria rispetto ai carichi obliqui dovuti alla vicinanza della superficie.

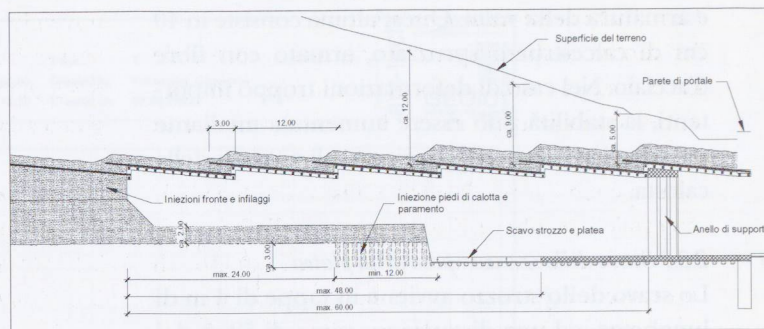
Il fronte di scavo nel tubo ovest è in anticipo su quello del tubo est di ca. 80 m, onde garantire una rigidità ed una resistenza sufficienti del rivestimento al momento dello scavo del tubo est adiacente, che comporta un'importante deviazione delle forze di spinta del pendio.

È previsto uno scavo «convenzionale» con escavatori e martelli idraulici e con brillamento di blocchi particolarmente grossi.

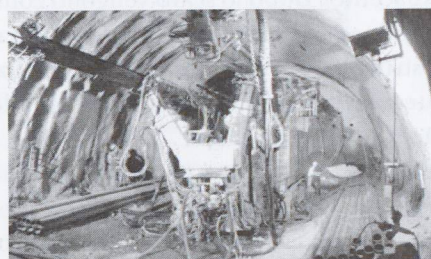
2.2 Procedimento di lavoro

2.2.1 Consolidamento e infilaggi

Prima di ogni tappa di scavo in calotta (lunghezza: 12 m), sul perimetro del profilo viene realizzato un ombrello di infilaggi: 31 tubi di acciaio di un diametro di 140 mm e di 15 m di lunghezza vengono posati in fori trivellati da un macchinario («posizionatore») appositamente costruito per questo cantiere. La sovrapposizione degli ombrelli è quindi di 3 m. Inoltre si effettuano inie-



Concetto di avanzamento



Attrezzatura di consolidamento (posizionatore)

zioni di cemento a partire dal fronte di scavo, che servono a stabilire il fronte stesso ed a creare, attorno al profilo, un anello di materiale con coesione accresciuta di uno spessore di ca. 2 m. Questo corpo iniettato garantisce una ripartizione equilibrata delle sollecitazioni sulla volta. La sovrapposizione delle iniezioni di ogni tappa (15 m di iniezione prima di ogni tappa di scavo di 12 m di lunghezza) assicura che davanti al fronte di scavo il materiale è stato consolidato per una lunghezza minima di 3 m. Infine vengono consolidati pure i piedi del profilo di scavo con delle iniezioni verticali (ventaglio di 3 fori verticali di 3-5 m di lunghezza eseguiti a paramento).

2.2.2 Scavo della calotta e misure di sicurezza

Per evitare la caduta di blocchi dal fronte e dal profilo durante lo scavo, il progetto prevede ancoraggi di acciaio di una lunghezza di 6 m. La discussione con l'impresa in fase esecutiva ha permesso di sostituire questi ancoraggi puntuali con una serie di ancoraggi di vetroresina di 15 m di lunghezza, posati durante i lavori di consolidamento piuttosto che durante lo scavo. Così è stato migliorato il consolidamento del materiale davanti al fronte di scavo e, allo stesso tempo, si è rinunciato agli ancoraggi puntuali con notevole risparmio di tempo. Economicamente la soluzione risultava vantaggiosa sia al committente, sia all'impresa. Dopo ogni «volata» (scavo di 1 m) in calotta viene posata una centina reticolare quale sostegno provvisorio

e armatura della volta. Quest'ultima consiste in 40 cm di calcestruzzo spruzzato, armato con fibre d'acciaio. Nel caso di deformazioni troppo importanti, la stabilità può essere aumentata mediante micropali e/o ancoraggi orizzontali ai piedi della calotta.

2.2.3 Scavo dello strozzo e posa della platea

Lo scavo dello strozzo avviene in tappe di 4 m di lunghezza, ad una distanza massima di 52 m dal fronte di scavo (distanza massima fissata per garantire la chiusura del profilo prima dello scavo del tubo adiacente). Dopo lo scavo vengono completate le centine con i rispettivi piedritti e lo strato di calcestruzzo spruzzato. Infine viene realizzata la platea in calcestruzzo armato, chiudendo così l'anello statico più efficace.

Nella zona del portale, la scarsa copertura impone un irrigidimento supplementare del profilo per garantire la stabilità della struttura. A questo scopo, ogni tappa di galleria di 12 m viene irrigidita con un anello di rinforzo in calcestruzzo spruzzato, armato con fibre di acciaio, lungo 3.50 m e spesso ca. 50 cm.

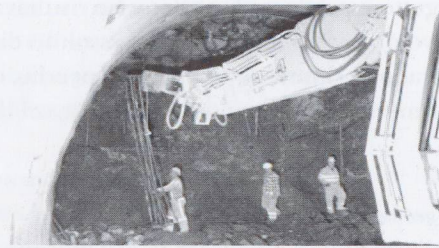
2.3 Controlli durante l'esecuzione

Il controllo della stabilità dell'opera e del pendio durante la realizzazione è assicurato con diversi sistemi, indipendenti tra di loro:

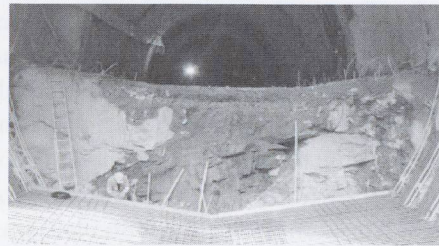
- Misurazioni geodetiche della superficie del terreno nella zona di portale, rispettivamente nella zona di contatto con la roccia.
- Misure inclinometriche nella zona del portale.
- Misurazioni geodetiche di una sezione ogni 6 m di avanzamento (una sezione consiste in 7 punti).
- Misurazioni geotecniche delle deformazioni davanti al fronte di scavo con un inclinometro ed un estensimetro posati in un foro, sopra il profilo di scavo.
- Misurazione delle sollecitazioni dell'armatura del profilo, con un sistema a fibre ottiche, e comparazione con le sollecitazioni previste dai calcoli statici.

Questi controlli, eseguiti durante i lavori di scavo (durante lo scavo della calotta le misurazioni vengono effettuate ogni 2 m di avanzamento), permettono di verificare con grande precisione le deformazioni e le sollecitazioni della galleria, e quindi di intervenire tempestivamente in caso di pericolo. La presenza di vari sistemi indipendenti tra di loro consente inoltre la verifica della plausibilità dei risultati.

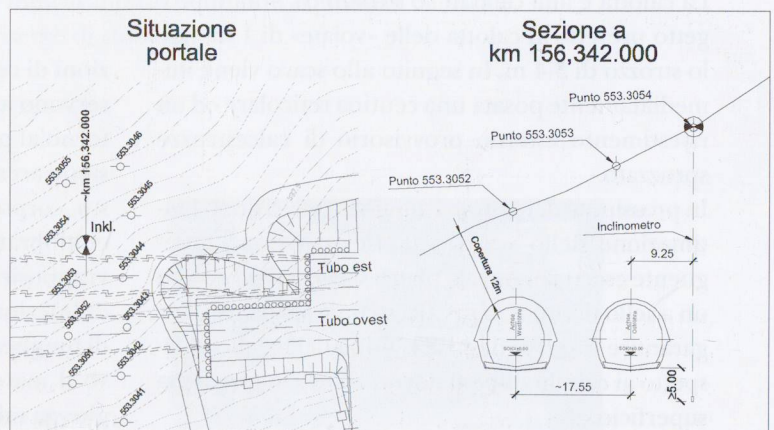
2.4 Ottimizzazioni del progetto



Cunicolo di aggiramento: scavo



La ganna di Bodio con la zona di portale (in basso a destra)



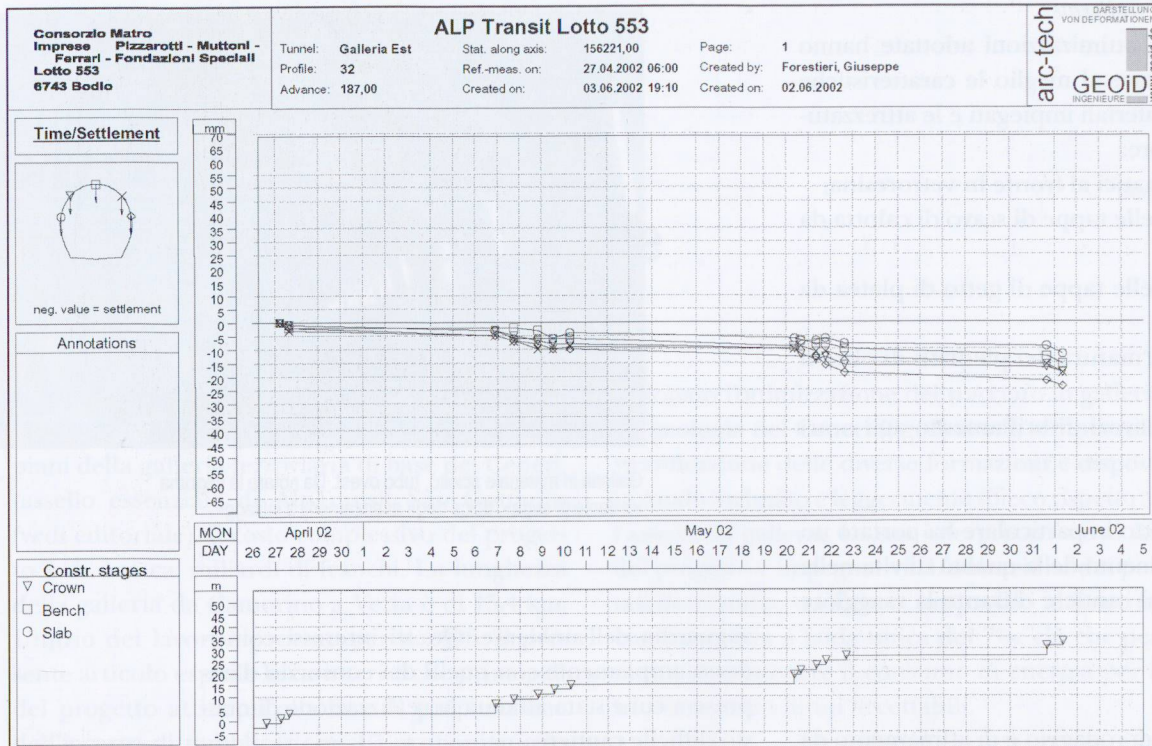
Punti di misurazione in superficie e posizione inclinometro

Il metodo di osservazione prevede quindi un progetto iniziale sicuro e di fattibilità garantita, che può essere ottimizzato a dipendenza di vari criteri:

- deformazioni contenute al di sotto dei limiti di intervento;
- preparazione e capacità dell'imprenditore;
- stretta collaborazione tra direzione lavori, progettista e imprenditore;
- interesse economico per il committente.

2.4.1 Elaborazioni dei dati in tempo reale

Un principio di esecuzione più rapido rispetto a quello previsto dal progetto implica l'assunzione di un rischio maggiore. Per poter accelerare la

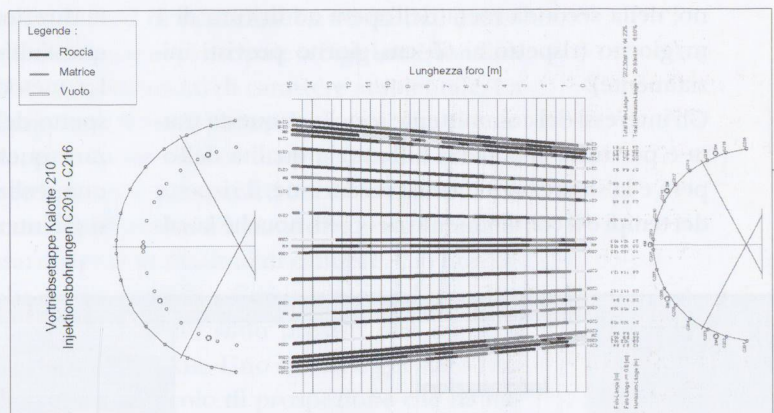


Misurazioni geodetiche in galleria: assestamenti in funzione delle tappe di lavoro

realizzazione è quindi indispensabile disporre sempre di dati affidabili, a dimostrazione della sicurezza dell'opera in corso, e di poter interpretare questi dati immediatamente. A questo scopo la direzione lavori ha sviluppato un attrezzo informatico che permette l'elaborazione dei dati provenienti dalla perforazione dei fori di iniezione e degli infilaggi in tempo reale: infatti, queste perforazioni possono essere considerate i primi sondaggi disponibili di ogni campo, fornendo una «radiografia» del terreno da attraversare.

L'attrezzatura di perforazione dell'imprenditore («posizionatore») rileva automaticamente i dati essenziale di avanzamento (forza di spinta, coppia e velocità di avanzamento). Dopo una serie di prove è stato possibile correlare la velocità di avanzamento al materiale attraversato (terreno sabbioso, blocchi o vuoti). La serie di dati rilevata viene trasmessa alla direzione lavori e il programma «script» la trasforma in una rappresentazione grafica. L'immagine così generata fornisce all'ingegnere responsabile un prezioso aiuto alla decisione sui provvedimenti da prendere in termini di consolidamento necessario e di lunghezza ammissibile delle volate.

Un'ulteriore elaborazione automatizzata dei dati fornisce poi il documento per il computo metrico e la remunerazione dovuta all'imprenditore in base alle caratteristiche del terreno.



Rappresentazione del terreno perforato con programma «script»



Fronte di scavo in materiale sciolto

2.4.2 Ottimizzazioni realizzate

In questo caso, le ottimizzazioni adottate hanno permesso di sfruttare al meglio le caratteristiche del pendio, dei materiali impiegati e le attrezzature dell'imprenditore:

- ancoraggi sistematici al fronte in vetroresina;
- allungamento delle tappe di scavo di calotta da 1 a 2 m;
- allungamento delle tappe di getto di platea da 4 a 12 m;
- riduzione dell'armatura dei piedritti di oltre il 50%;
- limitazione dei lavori di brillamento agli orari diurni.

Quest'ultimo aspetto in particolare ha portato un sensibile miglioramento della qualità di vita nelle abitazioni vicine al cantiere durante la maggiore parte dei lavori.

2.5 Conclusioni

Dopo un periodo di rodaggio e di affinamento da parte di tutti gli addetti, il delicato attraversamento della Ganna di Bodio sta per essere concluso con un lieve anticipo sui tempi previsti e nel pieno rispetto dei costi preventivati.

La velocità media di avanzamento è di 80 cm/giorno; nella seconda metà dell'opera addirittura di 1 m/giorno (rispetto ai 65 cm/giorno previsti inizialmente).

Gli interessi del committente sono (per questa tratta e per tutta la galleria di base) la qualità dell'opera e la sicurezza in fase di esecuzione, il rispetto dei tempi e il contenimento dei costi, nonché la sal-

vaguardia dell'ambiente. Questi interessi coincidono ampiamente con quelli del consorzio d'impresa a cui è stata affidata la realizzazione di questo difficile cantiere.

La caratteristica del sottosuolo comportava diversi aspetti imponderabili, tenuti in considerazione dal progettista con un'impostazione realistica e prudente. I rischi legati alla sicurezza e al rispetto dei tempi e dei costi imponevano inoltre una forte direzione dei lavori, ed un continuo dialogo tra quest'ultima, il progettista e l'impresa.

La metodologia descritta ha permesso - nel rispetto della qualità e della sicurezza - di ottimizzare questo progetto in corso d'opera, evitando una realizzazione massimalistica e garantendo così gli interessi del committente e dell'impresa.



Galleria in materiale sciolto, tubo ovest. Da notare la sagoma «a dente di sega», tipica degli avanzamenti a infilaggi

Informazioni

Per ricevere i moduli d'iscrizione rivolgersi al segretariato per le conferenze AlpTransit del GLS:

Thomi Bräm
PR-Beratung + Verlag
CH-5400 Baden
fgu@thomibraem.ch
Fax +41 (0)56 200 23 34
Tel. +41 (0)56 200 23 33

www.swisstunnel.ch

Sono previste traduzioni simultanee in italiano e inglese.



FGU Fachgruppe für Untertagebau
GTS Groupe spécialisée pour les travaux souterrains
GLS Gruppo specializzato per lavori in sotterraneo
STS Swiss Tunneling Society

sia schweizerischer ingenieur- und architektenverein



AlpTransit Svizzera Convegno a Locarno

Galleria di base del Lötschberg
Galleria di base del San Gottardo
12 /13 giugno 2003

Dopo il primo convegno AlpTransit nel giugno 2002, il Gruppo specializzato per lavori in sotterraneo organizza una successiva conferenza. Durante la quale saranno presentate le nuove esperienze fatte nel corso dei lavori di costruzione delle due gallerie di base.

Programma

Giovedì, 12 giugno 2003

Conferenza sulle gallerie di base del Lötschberg e del San Gottardo.

Venerdì, 13 giugno 2003

Visite ai cantieri della galleria di base del San Gottardo a Bodio, Faudo, Sedrun e Amsteg.