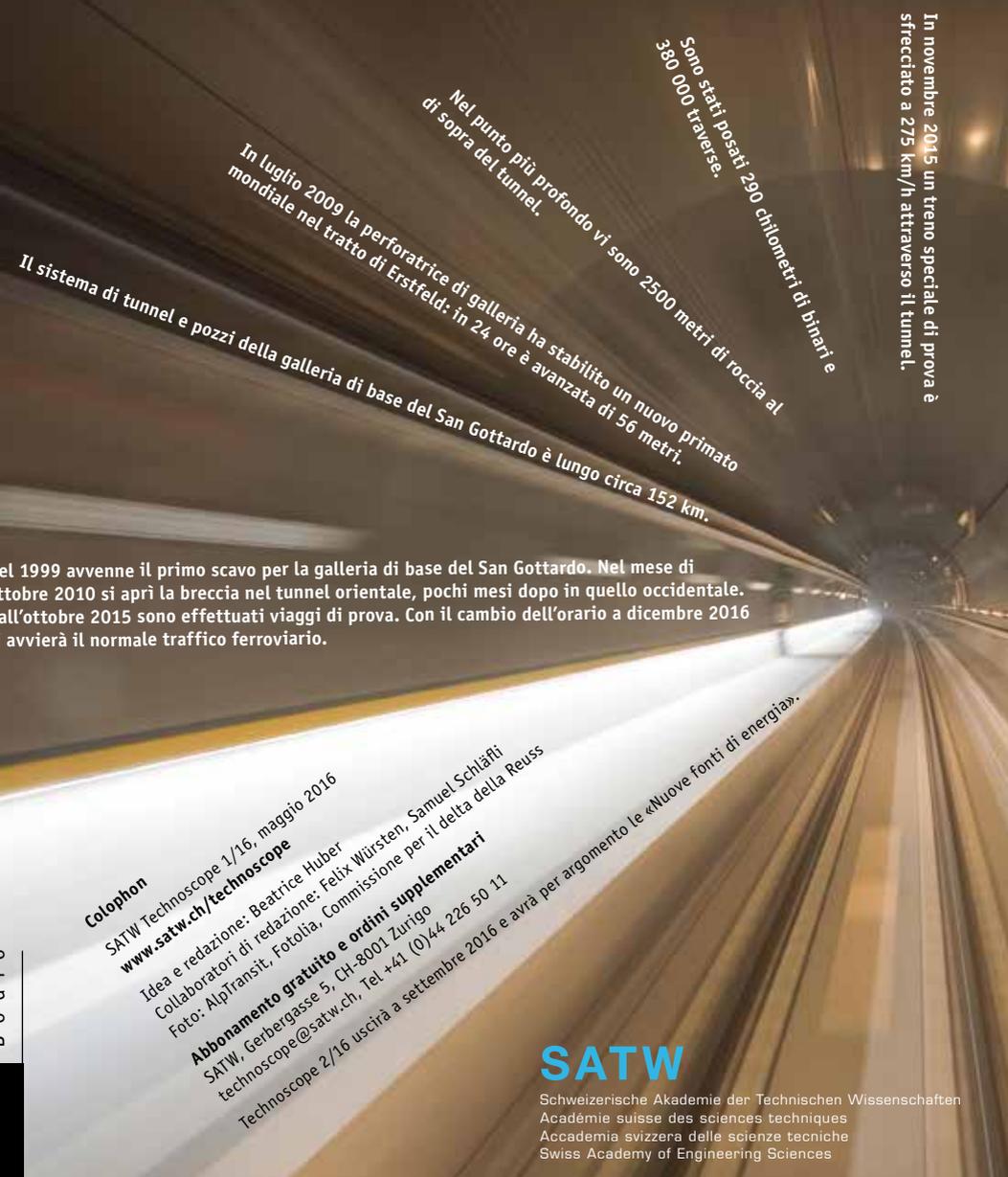


WOW!

La rivista tecnica per i giovani e per coloro che lo sono ancora

TechnoScope

1/16
by SATW



In novembre 2015 un treno speciale di prova è sfrecciato a 275 km/h attraverso il tunnel.

Sono stati posati 290 chilometri di binari e 380 000 traverse.

Nel punto più profondo vi sono 2500 metri di roccia al di sopra del tunnel.

In luglio 2009 la perforatrice di galleria ha stabilito un nuovo primato mondiale nel tratto di Erstfeld: in 24 ore è avanzata di 56 metri.

Il sistema di tunnel e pozzi della galleria di base del San Gottardo è lungo circa 152 km.

Nel 1999 avvenne il primo scavo per la galleria di base del San Gottardo. Nel mese di ottobre 2010 si aprì la breccia nel tunnel orientale, pochi mesi dopo in quello occidentale. Dall'ottobre 2015 sono effettuati viaggi di prova. Con il cambio dell'orario a dicembre 2016 si avvierà il normale traffico ferroviario.

Colophon
SATW Technoscope 1/16, maggio 2016
www.satw.ch/technoscope
Idea e redazione: Beatrice Huber
Collaboratori di redazione: Felix Würsten, Samuel Schläfli
Foto: AlpTransit, Fotolia, Commissione per il delta della Reuss
Abbonamento gratuito e ordini supplementari
SATW, Gerbergasse 5, CH-8001 Zurigo
technoscope@satw.ch, Tel. +41 (0)44 226 50 11
Technoscope 2/16 uscirà a settembre 2016 e avrà per argomento le «Nuove fonti di energia».

SATW

Schweizerische Akademie der Technischen Wissenschaften
Académie suisse des sciences techniques
Accademia svizzera delle scienze tecniche
Swiss Academy of Engineering Sciences

La galleria di base del San Gottardo

Scopri che cosa serve per costruire una galleria di 57 km attraverso le Alpi.

www.satw.ch/technoscope



Erstfeld

Una ferrovia in pianura

Il 1° giugno 2016 si parte: dopo 17 anni di lavori sarà inaugurata la galleria di base del San Gottardo. Con una lunghezza di 57 km è la galleria ferroviaria più lunga del mondo. La sua costruzione non sarebbe stata possibile senza il grande impegno di molti ingegneri e innumerevoli altri tecnici specializzati.

Insieme alla galleria di base del Monte Ceneri, che sarà aperta nel 2020, nasce così un collegamento ferroviario veloce ed efficiente, con pendenze minime e curve ampie. Mentre i treni che percorrevano la vecchia tratta del Gottardo dovevano salire attraverso numerosi e stretti tornanti sino ad un'altitudine di 1150 metri, il punto più alto della nuova tratta è di soli 550 m sul livello del mare. Con la galleria di base del San Gottardo nasce quindi una ferrovia in pia-

nura attraverso le Alpi, che si inserisce bene nella rete europea ad alta velocità.

Più veloce e più efficiente

Per chi viaggia sull'asse Nord-Sud ciò comporta grandi vantaggi: la durata del viaggio fra Zurigo e Lugano si ridurrà di circa 45 minuti. La nuova galleria è importante anche per il trasporto delle merci: sulla nuova ferrovia di pianura potranno viaggiare treni più lunghi e più pesanti rispetto alla vecchia linea. Sulla linea di montagna erano sino ad ora necessarie due locomotive per trainare attraverso le Alpi un treno merci da 1400 tonnellate; ora ci sarà bisogno di una sola locomotiva per trasportare un treno pesante sino a 2000 tonnellate.



Da dicembre 2016 la galleria di base del San Gottardo sarà aperta al traffico pubblico, a cadenze regolari secondo l'orario ufficiale.



A m s t e g



Materie prime dalla montagna

I minatori hanno estratto dalla montagna 28 milioni di tonnellate di roccia. Sarebbe bastata per costruire cinque piramidi grandi quanto quella di Cheope in Egitto. Presso le entrate della galleria, i costruttori avevano allestito quattro cave di ghiaia per smaltire subito la roccia. Veniva rotta, setacciata, arrotondata e infine suddivisa in gruppi con diverse dimensioni dei granuli. Un buon 30% poteva essere utilizzata come sabbia e ghiaia per la produzione di calcestruzzo. Gran parte di questo è stato reimpiegato nella galleria stessa, come calcestruzzo a getto o per elementi in calcestruzzo. Con il rimanente materiale di scavo sono stati rinaturalizzati fiumi e ruscelli o sono state riempite vecchie cave di ghiaia.



Circa 2,5 milioni di tonnellate di roccia che i minatori avevano ricavato dal San Gottardo sono state sparse nel Lago d'Uri per recuperare il delta della Reuss come paesaggio naturale.

Per saperne di più sulla galleria di base del San Gottardo
www.satw.ch/technoscope



1 km 2 km 3 km 4 km 5 km 6 km 7 km 8 km 9 km 10 km 11 km 12 km 13 km 14 km 14 km 16 km 17 km 18 km 19 km

Sicurezza

Un ruolo centrale per la sicurezza nella galleria è ricoperto dalle due stazioni d'emergenza di Sedrun e Faido. Per esempio, qualora, in caso di incendio, il macchinista non possa più condurre il convoglio fuori dalla galleria, dovrà condurlo a una delle stazioni d'emergenza. Qui grandi ventilatori condurranno aria fresca dall'esterno all'interno della galleria. Contemporaneamente i gas di combustione saranno aspirati attraverso grandi pozzetti di sfianto. Solo allora i passeggeri potranno scendere. Per questi casi gravi sono di-

sponibili 24 ore su 24 soccorritori specializzati in grado di arrivare sul posto entro 45 minuti con un treno di salvataggio. Meglio, tuttavia, evitare emergenze tanto gravi. Allo scopo, sono stati installati lungo il percorso d'accesso più impianti di rilevazione. Questi riconoscono se in un treno si surriscalda un asse o se un carro perde materiale infiammabile. Quel treno sarà fermato prima che entri nella galleria.

S e d r u n



Massiccio del
San Gottardo



Rilevamento topografico

All'interno di una montagna la posizione non può più essere determinata tramite GPS; essa deve essere rilevata tramite una complessa misurazione lungo il percorso della galleria. Ciò è riuscito: lo scostamento alla fine è risultato di soli 8 centimetri in orizzontale e di 1 centimetro in verticale. I misuratori hanno fissato presso le entrate della galleria punti di riferimento rilevati con estrema precisione sulla base di altri punti di riferimento sul territorio. Da

questi punti di partenza hanno poi misurato il percorso della galleria durante i lavori di costruzione. Se si contano tutte le rilevazioni di direzione, distanza e altezza effettuate, i misuratori hanno rilevato nel corso degli anni circa 100 000 valori. Particolarmente complicata è stata la rilevazione nel tratto di Sedrun: i lavori di costruzione nel tunnel principale sono iniziati qui in un luogo inusuale: alla base di un pozzo profondo 800 m.

Geologia

Innanzitutto nessuno sapeva con certezza quali rocce avrebbero trovato effettivamente nel sottosuolo i minatori. I geologi, perciò, hanno effettuato numerose perforazioni di prova e rilevazioni geofisiche. Grazie a queste si sapeva per esempio che la **sacca di Pióra**, un punto chiave molto temuto, era una difficoltà superabile. I minatori hanno dovuto comunque affrontare alcuni problemi. Soprattutto scisti leggermente deformabili e una zona con polvere di roccia sfusa hanno creato difficoltà sul lato nord della galleria. In alcuni punti critici i minatori hanno dovuto anche scavare in modo più ampio la galleria. In questo modo la roccia tenera si è potuta nuovamente espandere dopo l'esplosione, senza che la galleria si fosse ristretta troppo. Sul lato sud in alcuni punti uscì dalla roccia, inaspettatamente, molta acqua.

Dalla struttura alla galleria

Con lo scavo dei due tunnel si è compiuto solo il primo passo. Dopodiché c'è stato lo sviluppo sino alla costruzione completata. Innanzitutto i tunnel sono stati messi in sicurezza – in parte con archi d'acciaio. Poi è stato applicato alle pareti uno strato di calcestruzzo massiccio, spesso 30 cm. Nei cunicoli circolari di calcestruzzo è stato poi applicato un fondo fisso, mentre sui due lati sono state applicate due banchine leggermente rialzate. Infine con un treno speciale sono state posate con precisione millimetrica binari e traverse, poi cementate in un binario fisso. Poi è stata montata una linea aerea di contatto appositamente sviluppata, adatta sia ai pesanti treni merci sia a treni passeggeri che viaggiano ad alta velocità. Infine sono stati installati gli impianti per il comando dei treni, la comunicazione, l'illuminazione, l'alimentazione e la ventilazione. La galleria era ormai pronta.



Una perforatrice lunga 400 m

Le gallerie sono scavate in modo «convenzionale» o «meccanizzato». Per «convenzionale» s'intende perlopiù tramite esplosioni. Queste oggi sono impiegate solo per brevi tratti di avanzamento di pochi chilometri e per rocce particolarmente difficili. Più significativo è l'avanzamento meccanizzato tramite la talpa meccanica. Nella galleria di base del San Gottardo quattro talpe meccaniche impiegate contemporaneamente

hanno potuto scavare circa il 75 % dell'intero sistema. Le macchine – chiamate «Sissi», «Heidi» e «Gabi» (I e II) – erano lunghe oltre 400 metri, pesavano fino a 2700 tonnellate ed erano azionate da dieci motori da 350 kW ciascuno (in totale 4700 CV). Parte principale della talpa meccanica è la testa perforante, una grande ruota di metallo. Per la galleria di base del San Gottardo il suo diametro era di 9,58 me-

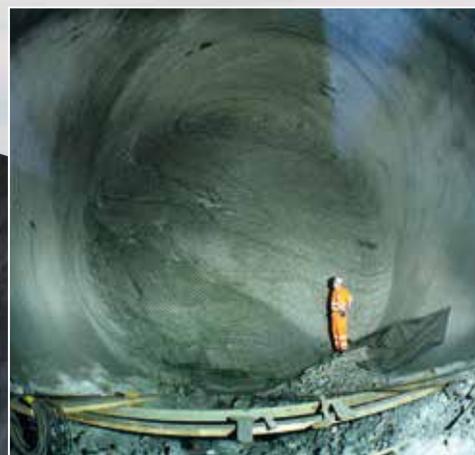
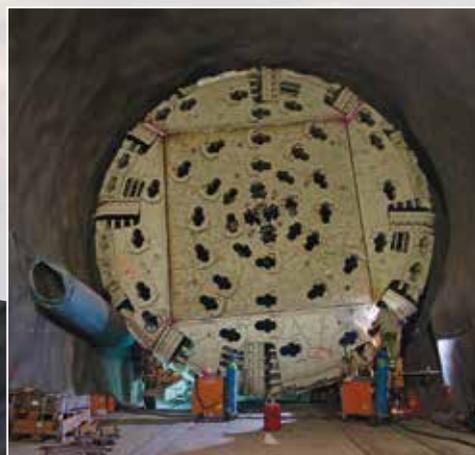
tri. Sulla ruota sono installati scalpelli a rulli rotanti – rulli semoventi con elementi da taglio – che vengono premuti contro la roccia. «Sissi» per esempio ha premuto contro la roccia 66 scalpelli a rullo con una forza massima di 26 tonnellate. La roccia frantumata, è stata raccolta sulla parte posteriore della perforatrice tramite una ruota a pale, rovesciata su un nastro trasportatore e così portata fuori della galleria.

Controllo

L'intera galleria è controllata dalla centrale d'esercizio di Pollegio. Questa segue tutti i movimenti dei treni e dà ai macchinisti i comandi su quale velocità devono mantenere. Nella galleria non c'è più la segnaletica convenzionale. I comandi di movimento sono trasmessi direttamente alla cabina del macchinista nella locomotiva tramite il nuovo sistema europeo di controllo dei treni ETCS. I movimenti dei treni sono rilevati nella galleria con le cosiddette balise. Se un treno supera una balise, questa invia un segnale alla centrale di controllo. Dalla centrale di comando sono sorvegliati e talvolta anche comandati a distanza tutti gli impianti elettrici ed elettromeccanici come la ventilazione, l'illuminazione, i sistemi radio e di telefonia e le porte presenti nella galleria. La galleria del San Gottardo è dotata di un sofisticato sistema radio. Grazie a questo i passeggeri possono usare i loro smartphone in galleria.



F a i d o



La testa è la parte più importante della talpa meccanica. Per la galleria di base del San Gottardo questa aveva un diametro di 9,58 metri.



La tecnica più moderna: tutti i comandi di movimento sono trasmessi direttamente alla cabina del macchinista sulla locomotiva.



Il sistema radio della galleria deve funzionare: test con la carrozza misure radio delle FFS.

Zona di gneis nelle Alpi pennine



3 km	39 km	40 km	41 km	42 km	43 km	44 km	45 km	46 km	47 km	48 km	49 km	50 km	51 km	52 km	53 km	54 km	55 km	56 km
------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------



▲ Dopo l'apertura di giugno le FFS dovranno dimostrare in una fase di prova, che la galleria è in grado di soddisfare tutti i requisiti necessari per ottenere l'autorizzazione finale. Poi è fatta: a dicembre 2016 inizia il funzionamento conforme agli orari.

► Marc Manetsch ha conseguito un diploma ETH in ingegneria meccanica e una formazione nel settore amministrativo, ed è oggi capoprogetto generale delle FFS.

«Il progetto del San Gottardo è una motivazione incredibile»

Marc Manetsch è capoprogetto generale delle FFS. È responsabile del corretto collegamento alla rete ferroviaria svizzera della galleria di base del San Gottardo. Il 1° giugno, giorno previsto per l'apertura della galleria, sarà per lui un evento speciale.

Da due anni e mezzo sono capoprogetto generale delle FFS e responsabile per l'ampliamento della ferrovia davanti al portale nord della galleria di base del San Gottardo. La galleria non è stata costruita da noi, ma dalla nostra affiliata «Alptransit Gotthard AG», ma le FFS sono responsabili della sua apertura. Faccio da interfaccia tra le due aziende per garantire che stiamo parlando sempre della stessa cosa. Mi occupo anche del coordinamento delle scadenze, della verifica dei costi e della qualità dei lavori. Per questo mi incontro regolarmente con i responsabili dei progetti parziali, come per esempio le opere sotto il livello del suolo, il montaggio dei binari e della linea aerea. Si tratta di esperti del loro settore e conoscono i dettagli tecnici molto meglio di me. Tuttavia, se si presentano problemi o variazioni in un settore parziale ho la responsabilità di adattare di conseguenza tutte le altre scadenze e gli altri lavori.

Una sfida attuale è per esempio costituita dalla moderna segnalazione in cabina di guida ETCS L2. I segnali, per esempio semafori rossi o verdi, non saranno più posti lungo il percorso ferrovia-

rio, ma direttamente trasmessi via radio nella cabina del macchinista. Si tratta di un balzo tecnologico, che richiede perfetta sincronizzazione con gli interessati, per poter alla fine garantire una sicurezza totale. Un altro esempio: se colleghiamo un nuovo tipo di scambio nella nostra rete e questo causa problemi, si dice subito: «Manetsch, fa' in modo che funzioni». Allora mi siedo con i miei esperti e discutiamo come risolvere il problema il più in fretta possibile. In queste situazioni le ore di straordinario non sono certo rare.

Separare le cose importanti da quelle che non lo sono

Anche se ho seguito gli studi di ingegneria meccanica, alle FFS mi occupo soprattutto di compiti di gestione. Nonostante questo, la mia formazione fino ad oggi mi permette di distinguere ciò che è importante da ciò che non lo è, di elaborare rapidamente soluzioni per problemi tecnici e di porre le domande giuste ai vari esperti. Tecnologia e macchine mi hanno affascinato molto presto. Da bambino montavo spesso modelli in plastica di aerei e volevo assolutamente comprendere

come potesse funzionare una cosa simile. Successivamente, al liceo mi appassionai soprattutto per la matematica e la fisica. L'esperienza cruciale per la scelta dei miei studi la ebbi due anni prima della fine del liceo, quando uno studente di ingegneria al Politecnico di Zurigo venne da noi a illustrarci ciò che studiava. Ebbi dunque la certezza: questo fa per me! Al Politecnico di Zurigo scoprii presto però che non avrei voluto diventare un ingegnere «classico». Mentre i miei colleghi si concentravano sulla ricerca e su calcoli dettagliati complessi, a me interessavano questioni più grandi. Per questo già dopo il secondo anno del mio corso di studi cercai possibilità di approfondimento nel settore dell'economia e mi specializzai nello sfruttamento sostenibile delle energie.

Formazione continua nella gestione

Il mio primo posto di lavoro fisso dopo gli studi lo trovai alla AAE, un'impresa ferroviaria con un parco di 30000 carri merci. Qui lavorai per quattro anni come ingegnere «classico». Ero responsabile della manutenzione e della revisione dei carri. Su alcuni prototipi abbiamo per esempio testato con quale frequenza debbano essere sottoposti a manutenzione per garantire una funzionalità più lunga possibile. Dopo quattro anni cominciai a seguire una formazione suppl-

mentare mentre lavoravo, un «Master of Advanced Studies» (MAS) in Management, tecnologia e economia presso il Politecnico di Zurigo. Lavoravo per il 60 per cento a Baar e frequentavo le lezioni due volte a settimana a Zurigo. Subito dopo la fine del corso c'era un posto vacante all'AAE nel Management che si adattava perfettamente al mio profilo. Dopo quattro anni di lavoro presso l'azienda provai lo stimolo di affrontare una nuova sfida. Trovai un annuncio delle FFS corrispondente al mio profilo; mi dissi: questo è perfetto! La gioia aumentò ancora, quando, dopo l'assunzione, venni a sapere che mi sarei dovuto occupare del progetto del San Gottardo. La galleria di base del San Gottardo è la galleria più lunga del mondo e questo è fantastico! Molti incarichi e sfide sono completamente nuovi. È stata una motivazione grandissima per me! Per questo motivo l'apertura della galleria di quest'estate sarà per me un momento speciale. Fino ad allora lavoreremo al massimo affinché i nostri treni, il 1° giugno, possano attraversare effettivamente la galleria.

Ah, ecco!



Come viene regolato il clima in una galleria?

La galleria di base del San Gottardo, con i suoi 57 km di gallerie non è solo la più lunga, ma anche la galleria ferroviaria più profonda del mondo. In alcuni punti vi sono oltre 2000 metri di roccia tra la galleria e la superficie terrestre. L'aria là sotto non è molto stantia e la temperatura non fa sudare? In una galleria del genere come si crea un clima sopportabile, per i lavoratori che si occupano della manutenzione, ma anche per i passeggeri del treno, nel caso di una fermata d'emergenza? Sorprendentemente, con un funzionamento normale, non è necessaria alcuna ventilazione. Questo grazie all'«effetto stantuffo» dei treni. Se questi viaggiano ad una velocità di 200 km/h attraverso il tunnel, con il loro risucchio aspirano tanta aria da ventilare in modo sufficiente la galleria. In futuro nella galleria transiteranno quotidianamente fino a 260 treni merci e 65 treni passeggeri e questo traffico garantirà una ventilazione regolare.

Nonostante questo nella galleria di base del San Gottardo sono stati installati due impianti di venti-

lazione. Attraverso di essi è possibile regolare la temperatura, la velocità di flusso dell'aria e le oscillazioni di pressione e si possono comandare 24 ventilatori. In caso di incendio in galleria, un impianto di ventilazione aspira automaticamente il fumo e immette aria fresca. Inoltre, attraverso la ventilazione, viene creato il clima di lavoro necessario per i lavori di manutenzione in galleria. La temperatura in galleria dipende anche dalla temperatura della roccia, da quella dei treni in ingresso, dalla dissipazione di calore delle installazioni tecniche e dalla temperatura dell'acqua sotterranea. Durante i lavori di costruzione in alcuni punti, senza una ventilazione adeguata, le temperature avrebbero raggiunto i 50°C. Grazie a grandi ventilatori e agli impianti di raffreddamento la temperatura è stata abbassata alla temperatura massima ammessa sul posto di lavoro, vale a dire 28°C. Durante il funzionamento la temperatura della galleria in estate arriverà fino a 37°C e in inverno intorno ai 35°C. Una temperatura di esercizio ottimale garantisce anche una lunga durata degli impianti tecnici in galleria.

Scelta degli studi e del lavoro

Luise Franke, consulente per le professioni, gli studi e la carriera al centro di orientamento (Biz) a Oerlikon presso Zurigo



Gentile signora Franke

Frequento il secondo anno di scuola media e presto dovrò scegliere una professione. L'articolo sulla galleria di base del San Gottardo ha risvegliato il mio interesse. Che possibilità di lavoro ci sono allora come costruttore di gallerie? (Cédric, 15 anni)

Caro Cédric

Il minatore si trova sul fronte più avanzato nella costruzione di gallerie. In un team collaudato e con le macchine da costruzione più diverse, penetra metro dopo metro nella roccia della montagna. Per questo i minatori sono anche definiti macchinisti. Non esiste una formazione specifica per diventare minatore. Nella maggior parte dei casi hanno una formazione seguita nel settore edilizio e poi seguono una specializzazione in azienda o in corsi esterni. Ci si può specializzare per diventare esperti di lavori di mina o caposquadra.

Molto prima che i minatori potessero cominciare con la perforazione, gli ingegneri erano dipendenti dal lavoro preliminare dei geologi e di circa 100 esperti di geomatica. Questi sono veri artisti della

precisione. Il prelievo del suolo viene registrato con precisione e trattato con il supporto di computer. Non è richiesta tanto manodopera, quanto piuttosto un lavoro preciso al millimetro. Gli esperti di geomatica specializzati nella misurazione trascorrono circa metà del loro tempo di lavoro sul cantiere. Chi invece sceglie la specializzazione in geoinformatica trascorre principalmente il proprio tempo al computer. I dati rilevati vengono analizzati e modellizzati per esempio su mappe in 3D, del tipo che conosciamo bene grazie a Googlemaps.

Il corso di formazione in geomatica dura 4 anni. Successivamente puoi seguire un corso di perfezionamento come tecnico specializzato in geomatica. Con la maturità professionale è inoltre disponibile una scelta di corsi di formazione simili presso scuole universitarie professionali: geomatica, pianificazione territoriale o ingegneria civile. Le scuole universitarie professionali svizzere, il Politecnico di Zurigo e il Politecnico di Losanna offrono ai candidati con maturità professionale con esami passerella o ai diplomati con maturità liceale una serie di studi tecnico-scientifici.

Info & link

Login è il partner di formazione attivo in tutta la Svizzera per apprendisti nel settore dei trasporti. Sul sito trilingue www.login.org troverai per esempio i posti di apprendistato liberi presso le FFS e puoi persino candidarti online.

Su www.orientamento.ch puoi informarti comodamente da casa su tutte le professioni e i corsi di formazione.