Descrizione del progretto

Autor(en): **Diethelm, Willy / Gallati, Fritz / Henke, Andreas**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **98 (1980)**

Heft 36: **Der Gotthard-Strassentunnel**

PDF erstellt am: **19.03.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-74178

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Descrizione del progetto

a cura di Willy Diethelm, Locarno, Fritz Gallati, Zurigo, Andreas Henke, Locarno

Basi del progetto

La disposizione del traforo stradale del San Gottardo, come descritta più dettagliatamente nei paragrafi seguenti, rappresenta il risultato di tutta una serie di fasi di progettazione che si sono sviluppate durante parecchi anni. Questa disposizione si basa su numerosi dati che dovettero essere preliminarmente elaborati e successivamente dichiarati impegnativi per la progettazione; essa tiene pure conto delle numerose condizioni marginali dettate dai fattori esterni.
Di seguito vengono brevemente elencati gli elementi basilari e le condizioni marginali della progettazione.
Il problema della *necessità della galleria* venne studiato e chiaramente affermato dal gruppo di studio della galleria stradale del San Gottardo nel suo rapporto finale del settembre 1963 intitolato «Collegamento stradale attraverso il S. Gottardo sicuro d'inverno». La conclusione del rapporto poggia su estese e dettagliate prognosi di traffico. Dando seguito alla proposta del gruppo di studio e alla relativa richiesta del Consiglio Federale, le Camere Federali decidevano, in data 25 giugno 1965, di inserire il traforo della galleria del San Gottardo nella rete delle Strade Nazionali e di passare subito alla realizzazione della prima galleria a due corsie, munita di una ventilazione artificiale.
La data di realizzazione della seconda galleria, mediante la quale potrà essere assicurata la medesima capacità di traffico delle tratte all'aperto, dipenderà dall'evoluzione del traffico nel futuro e ciò conformemente al programma di costruzione a lunga scadenza, delle Strade Nazionali, tutt'ora in vigore.
La Commissione per la costruzione della galleria del San Gottardo decise che la *ventilazione artificiale* della galleria stradale doveva avvenire secondo il sistema trasversale in quanto lo stesso presenta la maggior sicurezza per gli utenti. È risaputo che, con questo sistema, il trasporto dell'aria fresca e dell'aria viziata avviene in due condotti longitudinali, separati dal vano di circolazione. Ad intervalli regolari l'aria fresca viene immessa nel vano di circolazione da apposite bocchette mentre l'aria viziata viene aspirata attraverso apposite aperture disposte nella soletta intermedia. Siccome l'immissione di aria fresca e l'aspirazione di aria viziata avvengono in modo uniforme lungo l'intera galleria, non si crea nel vano di circolazione alcuna corrente d'aria longitudinale dovuta all'esercizio dell'impianto di aerazione.
La Commissione di costruzione della galleria del San Gottardo fissò inoltre a 1800 veicoli unitari per ora (PWE/ora) *l'intensità del traffico di punta determinante* per il dimensionamento dell'impianto di ventilazione. In questo traffico è compresa una percentuale di veicoli pesanti pari al 10%.
Con ciò la potenza dell'impianto di ventilazione corrisponde abbastanza esattamente alla capacità di traffico di una strada a due corsie, con traffico nelle due direzioni.
La curva di durata del traffico, posta a base del dimensionamento dell'impianto di ventilazione, dimostra come la punta massima di 1800 PWE/ora venga raggiunta solo 30 ore all'anno e come la curva scenda molto rapidamente; un'intensità superiore a 600 veicoli/ora si riscontra per esempio solo durante 1000 delle 8760 ore di un anno.
Il *fabbisogno di aria fresca* per la ventilazione può essere determinato con il calcolo partendo dall'intensità determinante del traffico, della concentrazione dei gas nocivi ammissibili nell'aria della galleria e dalle ipotesi fatte sulla produzione di gas di scappamento dei veicoli a motore.
Alcuni problemi connessi con le *condizioni geologiche* hanno avuto un'importanza determinante nella scelta del tracciato definitivo della galleria, in particolare si tratta:

- dell'attraversamento lungo il percorso più corto possibile delle formazioni geologiche sfavorevoli del mesozoico e del permocarbone sotto l'intaglio vallivo della Orsera,
- del desiderio di evitare per mezzo di una deviazione della galleria verso ovest, le zone con frequenti cambiamenti di roccia nel tratto centrale del percorso, approssimativamente lungo la coordinata 687 fino al Monte Prosa,
- del desiderio di schivare la depressione del substrato roccioso sotto la valle della Orsera nella zona di Andermatt la cui profondità, come risaputo, raggiunge quasi la quota della galleria ferroviaria.

Grazie alle osservazioni fatte da diversi Enti, le condizioni naturali per quanto concerne le *valanghe* erano note abbastanza bene e vennero riportate in appositi piani.
Questi dati presentavano particolare interesse per l'esatta ubicazione delle opere di sbocco dei pozzi di ventilazione. Il fatto di dover tener conto delle valanghe limitava in maniera notevole l'ubicazione di queste opere.
Elemento determinante per la progettazione della galleria era il fatto connesso alle *condizioni topografiche* che voleva essere l'intaglio vallivo della Reuss del Gottardo, accessibile in ogni punto dalla strada del valico e pertanto particolarmente favorevole alla costruzione dei pozzi di ventilazione, sensibilmente spostato verso ovest rispetto alla linea diretta che collega i due portali di Göschenen e Airolo. Degno di nota era inoltre il fatto morfologico che l'andamento della copertura della galleria tra Airolo e Göschenen non fosse per niente simmetrico.
A sud il terreno sale a partire da Airolo in modo molto più ripido che non sul versante nord, dove da Göschenen fino alla regione di Hospental si rileva una differenza di altitudine piuttosto modesta. Anche il valico del Gottardo si trova sensibilmente più vicino ad Airolo che non a Göschenen.
Il progetto della galleria stradale fu d'altra parte, notevolmente influenzato dalle *costruzioni esistenti* tra le quali si possono enumerare in particolare quelle delle Ferrovie Federali, degli impianti idroelettrici e delle opere militari.
In considerazione degli elementi basilari dati e delle ulteriori condizioni qui sopra esposte, la disposizione della galleria, quale è descritta nei paragrafi seguenti, comportante cioè 4 pozzi di ventilazione e condotte per l'aria di ventilazione situate nella calotta del profilo della galleria risultò, sulla base di estesi e precisi calcoli di ottimalizzazione, essere la soluzione più favorevole.

Parte civile

Disposizione generale e scelta del tracciato

Le condizioni topografiche e geotecniche parlavano indubbiamente a favore di un tracciato che si scostasse verso ovest rispetto alla retta di collegamento dei due portali di Göschenen e di Airolo (figura 1). La costruzione della galleria poté con ciò far affidamento sulle migliori condizioni geologiche possibili riguardo alla situazione pronosticata. Questa scelta creava inoltre le premesse per la costruzione di pozzi di ventilazione, possibilmente corti e facilmente accessibili a partire dalla strada del valico.

La scelta del numero e dell'ubicazione dei pozzi di ventilazione e pertanto la lunghezza dei singoli tratti di ventila-

zione, era da parte sua determinata da considerazioni economiche. Tuttavia la libertà di scelta per lo sbocco superiore dei pozzi era come già indicato, notevolmente ristretta non solo dal pericolo di valanghe ma anche da altre costruzioni e progetti.
Gli estesissimi studi di confronto eseguiti che portarono a un elevato numero di varianti, mostravano che la disposizione con 4 pozzi di ventilazione rappresentava la soluzione ottima. Di particolare rilievo è il fatto che i pozzi non si susseguono ad intervalli regolari.
Nella parte meridionale la loro distanza, e dunque anche la lunghezza dei tratti di ventilazione, è circa doppia che non nel tratto settentrionale. Questo fato è stato dettato dall'andamento della copertura lungo la galleria (figura 2).
Nelle zone con una copertura relativamente ridotta, ossia dal portale di Göschenen fino alla regione di Hospental/Guspisbach, risultò più favorevole una soluzione con tratti di ventilazione corti e conseguentemente con parecchi pozzi di ventilazione di modesta lunghezza.
Al contrario risultò più favorevole attraversare le zone con forte copertura, ossia in particolare la zona del valico, con tratti di ventilazione più lunghi.
Siccome le portate d'aria che devono essere trasportate nei condotti disposti in calotta della galleria, variano proporzionalmente con le lunghezze dei tratti di ventilazione, si ha che nella metà nord della galleria, da Göschenen fino al pozzo di ventilazione di Guspisbach passando per i pozzi di Bäzberg e Hospental, la soluzione ottima è rappresentata da un profilo più piccolo di quello scelto per la metà sud dove, fino ad Airolo, si ha un unico pozzo, quello di Motto di Dentro.

Galleria

Tracciato

La galleria stradale ha una *lunghezza totale di 16 322 m*. La deviazione dell'asse di 2400 m verso ovest causa una maggior lunghezza di ca. 870 m rispetto alla linea retta di collegamento dei due portali che misura 15 455 m.
In pianta la galleria descrive un ampio arco con 4 curve di 2000 m di raggio le quali da un lato permettono un traffico fluido e d'altra parte contribuiscono a rompere la monotonia del passaggio in galleria.
Presso i portali sono disposte delle curve d'entrata con raggi di 700 m, rispettivamente 750 m con lo scopo di limitare ad un breve tratto l'effetto d'abbaglio della luce naturale all'uscita della galleria.

Profilo longitudinale

Dal portale di Airolo fino metà galleria circa, su di una lunghezza di 8198 m si ha una pendenza longitudinale del 3 per mille valore considerato quale minimo accettabile per un'eccepibile evacuazione dell'acqua. Dal portale di Göschenen la galleria presenta, su di un tratto di 6088 m una pendenza relativamente forte di ca. 14 per mille. Il tratto restante di 2036 m fino a metà galleria, ha una pendenza del 3 per mille. Il cambiamento di pendenza avviene con un arrotondamento verticale di 20 000 m di raggio.
Con questa disposizione del profilo longitudinale si poté procedere, dapper tutto, con un avanzamento in salita; il lotto sud venne scavato, per tutta la lunghezza, dal portale di Airolo. Il lotto nord, invece, venne scavato per una lunghezza di 6806 m, dal portale di Göschenen mentre, per i restanti 1318 m, dall'attacco intermedio di Hospental.
Il tratto nord della galleria viene suddiviso dal pozzo di ventilazione inclinato di Bäzberg e dai pozzi verticali di Hospental e Guspisbach in quattro tratti di ventilazione di 1279 m ognuno e in due tratti di 1597 m.
Dal pozzo di Guspisbach fino al portale meridionale, il pozzo inclinato di Motto di Dentro serve a suddividere il lotto sud in 3 tratti di ventilazione di cui due misurano 2829 m ed il terzo 2354 m. Di conseguenza l'intera galleria è suddivisa in nove tratti di ventilazione.

Profili

Il profilo normale della galleria prevede un vano di circolazione con un campo stradale di 7,80 m di larghezza e di 4,50 m di altezza con pendenza trasversale unica del 2% (figure 3 e 4). Tenendo conto dei due marciapiedi laterali di 1,10 m ognuno, risulta una larghezza totale del profilo di 10 m.
Nei marciapiedi sono gettati, nel calcestruzzo, i tubi per i cavi di alta e bassa tensione e di telecomando, come pure, solo sulla parte ovest, la tubazione dell'acqua sotto pressione.
A questa tubazione sono allacciati gli idranti posti alla distanza regolare di 125 m. La tubazione dell'acqua è alimentata da due serbatoi situati a Göschenen ed Airolo, nonchè da una stazione di pompaggio, all'interno della galleria, funzionante con l'acqua di infiltrazione.
Sotto questi marciapiedi si trovano da una parte la cunetta principale, dall'altra la cunetta di drenaggio secondaria. A distanze regolari di ca. 250 m, la cunetta secondaria viene ad immettersi in un pozzetto di controllo della cunetta principale. Le cunette sono formate da un elemento in calcestruzzo prefabbricato, a forma di U, di una larghezza utile di 50 cm. La profondità della cunetta secondaria è di 30 cm su tutta la lunghezza della galleria mentre quella della cunetta principale è stata adattata al presunto afflusso d'acqua. Nel lotto nord la sua profondità è di 50 cm, nel lotto sud varia da 50 a 85 cm.
Le cunette vennero lasciate aperte il più lungo possibile durante la costruzione; furono quindi coperte da elementi prefabbricati in calcestruzzo, posati solo al momento in cui vennero eseguiti i marciapiedi sovrastanti.
Lo scolo dell'acqua delle carreggiate verso le due cunette avviene per il tramite di scarichi disposti negli elementi prefabbricati dei marciapiedi e di altrettante aperture nelle lastre di copertura.
L'acqua d'infiltrazione captata dalla preisolazione della galleria, venne addotta alle cunette attraverso dei tubi speciali disposti sotto i marciapiedi.
La larghezza del marciapiede viene ridotta a 70 cm dagli elementi prefabbricati di rivestimento dei paramenti della galleria che creano un'intercapedine nella quale sono disposti i condotti secondari dell'aria fresca nella parte est mentre nella parte ovest sono invece disposti cavi di altri enti (PTT).
Sopra le pareti di rivestimento, sulla parte est della galleria è disposta l'illuminazione continua ed un canale secondario di cavi, sulla parte ovest è invece inserito uno schermo in eternit, pure con canale cavi.
Sotto la carreggiata tra i due marciapiedi è inserito uno strato di fondazione, stabilizzato mediante bitume dello spessore di 17 cm. Lo strato di fondazione viene pure drenato verso le due cunette laterali. La carreggiata è provvista di un manto di asfalto dello spessore di 18 cm.
Nello spazio rimanente, nella calotta della galleria, sopra il vano di circolazione, sono disposti i due condotti per l'aria di ventilazione creati con una soletta intermedia e una parete di separazione. Come già detto, uno dei condotti serve all'aria fresca, l'altro all'aria viziata. La parete di separazione non si trova esattamente nell'asse del profilo ma è invece spostata verso il lato dell'aria viziata in quanto è risultato economicamente vantaggioso scegliere il condotto per l'aria fresca di sezione maggiore di quello dell'aria viziata a dipendenza della maggior durata d'esercizio dei ventilatori dell'aria fresca. La soletta intermedia (spessore di 10 cm nel profilo nord e di 12 cm nel profilo sud) poggia in risparmi creati nel rivestimento della galleria ed è sospesa alla parete intermedia (di spessore 15 cm per il profilo nord e sud) mediante apposite stanghe di ancoraggio fissate nella calotta.
A causa della notevole differenza di lunghezza dei tratti di ventilazione tra la parte nord e quella sud e a dipendenza della conseguente notevole differenza delle portate d'aria necessarie, il profilo ottimo dei condotti di ventilazione varia pure in misura notevole e portò a scegliere due profili-tipo differenti. Tra Göschenen e Guspisbach il profilo normale ha un'altezza libera di 6.90 m e una sezione di scavo teorico di 68 m^2,

mentre tra Guspisbach e Airolo l'altezza raggiunge 8,20 m e la sezione teorica di scavo 82 m².

Rivestimento della galleria

La galleria è rivestita su tutta la sua lunghezza con calcestruzzo, il cui spessore minimo teorico è stato fissato a 30 cm per ragioni di esecuzione. Quando le condizioni geologiche lo hanno richiesto, lo spessore teorico minimo venne portato da 45 fino a 60 cm.

Nel rivestimento sono disposte a distanze regolari di 8 m dei risparmi circonferenziali di 40 cm di larghezza che, chiusi verso l'interno della galleria, servono al drenaggio della montagna. In caso di necessità perforazioni di drenaggio possono essere eseguite a partire da questi risparmi con l'intento di aumentare l'effetto drenante. Grazie a queste misure il cui scopo è quello di ridurre notevolmente la pressione dell'acqua d'infiltrazione, si potè limitare alle zone adiacenti i portali, cioè dove si riscontrano condizioni particolari, l'esecuzione di una isolazione vera e propria con fogli di PVC.

Lungo alcuni tratti presentanti delle condizioni geologiche sfavorevoli si dovette procedere ad un rinforzamento del profilo normale:

- Nella zona del portale di Göschenen si dovette avanzare per circa 160 m in materiale sciolto. Il profilo normale, in queste tratte presenta una doppia calotta (spessore totale 110 cm) con isolazione intermedia e una soglia orizzontale in calcestruzzo armato dello spessore di 70/80 cm.
- Nella zona del Mesozoico sotto l'intaglio vallivo di Andermatt, per una lunghezza di 300 m si dovette procedere con avanzamento a tappe, ne è quindi risultata una calotta, gettata in due fasi il cui spessore totale varia da 100 fino al massimo di 200 cm mentre l'arco rovescio presenta uno spessore di 140 cm.
- Nella zona del paragneis situato nel terzo della galleria, della parte sud, si dovette pure procedere con avanzamento in diverse tappe. Per questo motivo è risultato uno spessore totale di 60–70 cm sia per la calotta che per i paramenti. I paramenti, relativamente alti, sono inoltre assicurati mediante ancoraggi permanenti in roccia. La soglia orizzontale in calcestruzzo armato presenta uno spessore medio di 160 cm.
- Ad Airolo, il tratto tra il portale in roccia e la centrale di ventilazione della lunghezza di ca. 30 m, in materiale sciolto, venne realizzato mediante scavo a cielo aperto e successivo riempimento per un'altezza fino a 17 m. La costruzione in calcestruzzo armato, con soglia orrizzontale di 60 cm di spessore è pure provvista di una isolazione esterna.

Opere accessorie

A distanze regolari di ca. 750 m si creano, con l'allargamento del profilo della galleria alternativamente a destra e a sinistra, delle nicchie di sosta di 3 m di larghezza e 41 m di lunghezza, nelle quali gli utenti della galleria possono posteggiare i veicoli in caso di guasto (Figura 5). In queste nicchie sono pure disposti i pozzetti che contengono le muffole di congiunzione dei cavi relativi alla galleria. Dalla parte ovest della galleria tra le nicchie di sosta vere e proprie sono state create ulteriori e più ridotte possibilità di sosta (lunghezza 24 m), e ciò per le esigenze delle PTT. In un secondo tempo è quindi possibile procedere senza perturbazioni del traffico, ad eventuali lavori di ampliamento (quali l'inserimento di ulteriori cavi) da parte delle PTT facendo capo a queste nicchie laterali disposte a 750 m di distanza, sulla parte ovest.

Con la disposizione di nicchie di giro, in corrispondenza delle 4 centrali di ventilazione, è stata creata ai veicoli ed, in particolare, anche agli autotreni e le corriere, la possibilità di invertire la direzione di marcia. Queste nicchie sono formate da gallerie trasversali disposte perpendicolarmente all'asse principale con una larghezza di 9 m ed una profondità di 25 m.

A distanze regolari di 250 m sono previsti dei rifugi per gli utenti con lo scopo di aumentare la sicurezza in caso di incidenti e particolarmente in caso di incendi (figura 6). Questi cunicoli con una larghezza di 4,50 m possono ospitare 60 persone ognuno e creano un collegamento tra la galleria stradale ed il cunicolo di emergenza. Sono concepiti in modo da garantire ogni sicurezza agli utenti anche in caso di catastrofe; a questo scopo sono muniti di tutte le attrezzature, strumenti e mezzi di comunicazione necessari.

Nel caso della futura ulteriore costruzione di una seconda galleria stradale, questi rifugi verrebbero utilizzati quali collegamenti pedonali tra le due gallerie.

Il loro scopo attuale, quello di rifugi chiusi, cadrebbe in quanto nel caso di una catastrofe ogni galleria rappresenterebbe l'uscita d'emergenza ideale per l'altra.

I rifugi, in corrispondenza delle nicchie di sosta dalla parte est, a distanze di ca. 1500 m sono già sin d'ora eseguiti con un profilo maggiore, affinchè possano servire, in un secondo tempo, da collegamento transitabile tra le due gallerie.

Nei rifugi sono pure installati gli armadi dell'attrezzatura elettrica a bassa tensione ed a corrente debole necessari per l'illuminazione, la segnalazione, la sorveglianza, ecc. del tratto di galleria adiacente.

Davanti ad ogni rifugio è disposto un pozzetto per la posa dei cavi elettrici.

In ogni rifugio sono pure installati gli armadi SOS con telefono, pulsanti di allarme ed estintori, a disposizione degli utenti della galleria.

Dalla parte ovest della galleria gli armadi SOS sono disposti in nicchie speciali, alla distanza di 125 m.

Cunicolo di sicurezza

Il cunicolo di sicurezza, il cui scopo è quello di garantire una maggior sicurezza agli utenti della galleria e di facilitare l'esercizio e la manutenzione, venne eseguito con un profilo minimo di scavo teorico di 6 m² (figura 7). Si trova nell'asse della futura seconda galleria stradale, normalmente ad una distanza dall'asse dalla prima di 30 m e, quale cunicolo pilota, può venir allargato per la seconda eventuale galleria. Ad eccezione della soglia in calcestruzzo il cunicolo di sicurezza venne rivestito solo laddove le condizioni geologiche lo hanno richiesto.

Durante la costruzione, oltre alle finalità di progetto, il cunicolo di sicurezza, ha offerto i vantaggi seguenti:

- Informazione completa relativa alle condizioni geologiche prima dello scavo della galleria principale. Il metodo di scavo potè quindi essere anticipatamente pianificato.
- Nelle zone presentanti condizioni di roccia molto sfavorevoli il cunicolo di sicurezza permise l'attacco intermedio riducendo in questo modo i ritardi non previsti.
- La roccia poté essere drenata attraverso il cunicolo di sicurezza il cui fronte era più avanzato rispetto a quello della galleria principale.
  Nelle zone a forte pressione dell'acqua di drenaggio si potè procedere ad una riduzione di queste pressioni in modo da assicurare migliori condizioni di avanzamento nella galleria principale.
- La ventilazione nella fase dei lavori fu enormemente facilitata grazie al cunicolo di sicurezza di quanto questo cunicolo venne impiegato quale canale per l'aria fresca.

Lo scolo dell'acqua del cunicolo di sicurezza viene realizzato mediante una cunetta laterale aperta, solo eccezionalmente è disposta una tubazione. Generalmente in ogni rifugio l'acqua viene convogliata mediante un tubo trasversale nella cunetta principale della galleria stradale. Nella tubazione di raccordo è inserito un pozzetto-sifone che impedisce il passaggio, attraverso questa tubazione, dell'aria del cunicolo, mantenuta a pressione maggiore grazie a ventilatori propri, nella galleria principale.

Grazie al cunicolo di sicurezza, in caso di un'azione di salvataggio, è possibile raggiungere ogni rifugio e quindi ogni punto della galleria. Per azioni del genere e anche per facilitare l'esercizio

normale, nel cunicolo di sicurezza è previsto l'impiego di autoveicoli di ridotte dimensioni (Haflinger).
Il cunicolo di sicurezza e con esso i rifugi viene ventilato da un impianto indipendente da quella della galleria stradale. Questo impianto assicura un sufficiente ricambio dell'aria e crea una certa sovrapressione rispetto al vano di circolazione della galleria stradale. Questa sovrapressione impedisce che, in caso di incendio, i fumi possano penetrare nei rifugi e nel cunicolo di sicurezza.
Contrariamento a quanto previsto per i rifugi, il cunicolo di sicurezza non è accessibile direttamente dagli utenti della galleria. In caso di emergenza, qualora le persone presenti nel rifugio non potessero ritornare nella galleria principale, la relativa evacuazione dovrebbe avenire attraverso il cunicolo di sicurezza sotto la sorveglianza del personale della galleria.

Pozzi di ventilazione

I dati principali dei quattro pozzi di ventilazione sono i seguenti (figura 8-9, tabella 1).

Tabella 1. Dati principale dei quattro pozzi di ventilazione

Pozzo	*Diametro luce*	*Pendenza*	*Lunghezza*
Bäzberg	5,90 m	84 %	512 m
Hospental	5,60 m	verticale	304 m
Guspisbach	6,65 m	verticale	522 m
Motto di Dentro	5,70 m	80 %	844 m

Contrariamente a quanto inizialmente previsto i *due pozzi inclinati* sono stati scavati meccanicamente e cioè mediante un pozzo pilota dal basso e con una successiva fase d'allargamento dall'alto. Ne è quindi risultata una sezione circolare. La struttura interna si compone essenzialmente di elementi prefabbricati speciali (nella soglia dei quali sono raccordati dei fogli continui in PVC) e di un rivestimento in calcestruzzo con uno spessore teorico di 37 cm. Per il pozzo di Bäzberg, la superficie del profilo circolare risultò sorprendentemente liscia, inoltre, a parte la rete di protezione per la caduta dei sassi, non si rese praticamente necessaria alcuna assicurazione della roccia. La membrana di impermeabilizzazione potè quindi essere posata, dopo l'allontanamento delle reti di protezione, direttamente sulla roccia fresata con la sola protezione di un feltro. Nel pozzo di Motto di Dentro a causa delle diverse misure di sicurezza - ancoraggi, calcestruzzo proiettato, Liner Plates e centine metalliche, in alcuni punti si dovette procedere a riempimenti di calcestruzzo nei camini e nelle faglie laterali - sulla superficie della roccia si rese neccessario un livellamento mediante gunite.

I *pozzi verticali* vennero scavati a sezione intera dall'alto. Per il pozzo di Hospental furono le condizioni geologiche e geotecniche ad imporre questo metodo di lavoro, mentre per il pozzo di Guspisbach il fattore programma di lavoro è stato determinante. Infatti, siccome quest'ultimo pozzo si trova a poca distanza dal punto di traforo della galleria, in caso di scavo dal basso non si sarebbe potuto ultimare il lavoro secondo programma.

I pozzi verticali vennero eseguiti con profilo circolare e con un doppio rivestimento con isolazione intermedia. Questa disposizione venne imposta dal metodo di lavoro che prevedeva lo scavo per tappe di pochi metri e - per ragioni di sicurezza della mano d'opera - il successivo getto immediato dell'anello esterno.

Su proposta dell'impresa l'anello esterno del rivestimento del pozzo di Hospental venne eseguito con elementi prefabbricati di 15 cm di spessore e con un riempimento di ghiaia a tergo verso roccia. Per il pozzo di Guspisbach invece l'anello esterno venne gettato in opera con uno spessore teorico di 20 cm e presenta, ogni 10 m di distanza, delle aperture di drenaggio di 40 cm di altezza. L'anello interno, dello spessore di 30 cm, venne eseguito con calcestruzzo gettato in opera con un cassero scorrevole dal basso verso l'alto. Nel rivestimento dei pozzi trovano posto anche le condutture elettriche e due tubazioni di scarico per l'acqua d'infiltrazione. Queste ultime sono accessibili, a distanze di 50 cm, per il tramite di nicchie a scopo di controllo e pulizia.
Ogni pozzo è suddiviso da una parete longitudinale in due condotti di cui uno destinato all'aspirazione dell'aria fresca, l'altro all'espulsione dell'aria viziata. Come per la galleria stradale al parete di separazione non si trova esattamente nell'asse del profilo bensì leggermente spostata verso il vano dell'aria viziata.
Speciali ascensori assicurano l'accesso ai pozzi di ventilazione per lavori di controllo e di manutenzione. Le installazioni elettromeccaniche e la piattaforma, come pure i relativi organi di comando, sono sistemati nella costruzione alla sommità dei pozzi di ventilazione. Questa installazione permette di raggiungere facilmente ogni punto del pozzo. La portata utile dell'ascensore è di 3 to. É quindi possibile il trasporto, oltre che dei normali attrezzi per pulizia e controllo del pozzo e dei drenaggi, anche di attrezzature per l'esecuzione di lavori di manutenzione di lieve entità.

Centrali di ventilazione

Ai portali e al piede di ogni pozzo, si trova una centrale di ventilazione nella quale sono installati un ventilatore per l'aria fresca e un ventilatore per l'aria viziata per ognuno dei tratti di ventilazione adiacenti. Le centrali di ventilazione comportano con ciò due, rispettivamente 4 ventilatori a seconda che alimentino uno o due tratti di ventilazione. Le centrali di ventilazione non sono vere caverne indipendenti dalla galleria ma sono semplicemente formate da un allargamento della galleria e nella quale accanto ai ventilatori trovano posto tutti i locali annessi necessari per l'alimentazione e la distribuzione dell'energia, il comando, il controllo, ecc. (figura 10). Questa disposizione è dovuta al fatto che per ragioni aerodinamiche, ossia per ridurre al minimo le perdite di pressione, si è voluto disporre i ventilatori assiali direttamente sopra il vano di circolazione piuttosto che installarli in caverne indipendenti dalla galleria. Il montaggio e lo smontaggio dei ventilatori ha luogo direttamente dal vano di circolazione con l'ausilio di un veicolo speciale. Durante questa operazione, di breve durata, una delle due carreggiate deve essere chiusa al traffico. L'allargamento del profilo per la creazione delle centrali si estende su una lunghezza di oltre 50 m e presenta una larghezza maggior di una nicchia di sosta.
Nella nicchia di giro, verso il cunicolo di sicurezza, sono inserite, a livello della carreggiata, le celle dei trasformatori.
Il piede dei pozzi di ventilazione si trova a circa 20 m a ovest delle centrali di ventilazione. Con questa disposizione la zona a est della galleria rimane libera per il tracciamento della seconda galleria e della relativa ulteriore centrale di ventilazione con il relativo pozzo di ventilazione. Le dimensioni del cunicolo di raccordo tra le centrali di ventilazione ed i pozzi di ventilazione sono state determinate principalmente sulla base della superficie necessaria per i canali di ventilazione. A livello della carreggiata è pure disposto un accesso al piede di ogni pozzo, munito di una porta blindata.
Tra le diverse possibilità in discussione circa la costruzione delle centrali di ventilazione (quali la costruzione monolitica con la volta del rivestimento, la sospensione mediante ancoraggi della costruzione, l'appoggio laterale nel rivestimento all'altezza della soletta intermedia) venne adottata, per l'esecuzione, quella che garantisse un comportamento statico, completamente indi-

pendente dal rivestimento in calcestruzzo. Onde raggiungere questa finalità la centrale venne suddivisa in 3 settori staticamente indipendenti. Nei settori laterali che sono incastrati nella parete di testa, trovano sistemazione i ventilatori, i canali d'aria e le apparecchiature tecniche. Nel settore centrale, sopra la nicchia di giro e che si sviluppa su due piani, trovano posto le attrezzature elettromeccaniche. Il corpo centrale, edificato come un normale fabbricato, poggia oltre all'incastro laterale, su pilastri laterali disposti dietro le lastre di rivestimento e dotati di una fondazione separata. I tre settori risultano quindi completamente separati tra di loro e staccati dalla calotta in calcestruzzo grazie ad una membrana di materiale schiumoso. L'intera sovrastruttura rimane quindi, completamente scaricata da tensioni dovute a incastri, su pilastri flessibili. Questa soluzione presenta il vantaggio di una chiara struttura statica. Bisognò però prendere in considerazione un lavoro in calcestruzzo armato molto spinto, in situazioni di spazio molto limitate, in particolar modo nella zona dei pilastri dove venivano scaricate sollecitazioni notevoli e nella zona delle pareti trasversali portanti dove le ampie aperture per i canali di ventilazione per gli accessi, i canali di climatizzazione e delle tubazioni lasciavano a disposizione una ridottissima zona per il calcestruzzo portante.

Le due centrali ai portali sono strutturate in maniera simile per quanto riguarda il montaggio dei ventilatori sopra la carreggiata; sono comunque state edificate come costruzioni a cielo aperto. In queste centrali sono pure inseriti i trasformatori di 50 kV.

A Göschenen la centrale fa corpo unico con la galleria e si estende fino all'arco sopra la Reuss e, a valle, si raccorda alla galleria artificiale. In questa centrale sono quindi inseriti, oltre ai ventilatori della galleria stradale, anche quelli per la galleria artificiale della lunghezza di 700 m come pure i diversi locali per le strutture di comando, servizio e manutenzione. L'aria fresca viene aspirata direttamente dal basso, sotto la volta del canale d'uscita della Reuss.

Ad Airolo la centrale è collocata in una parte separata e fa corpo unico con la stazione di trasformazione di 50 kV. L'edificio venne costruito all'aperto e successivamente ricoperto seguendo l'andamento primitivo del terreno. Esternamente sono quindi visibili unicamente gli accessi, la cappa d'aspirazione disposta longitudinalmente secondo l'andamento del terreno e il camino dell'aria viziata. L'edificio con i locali per l'esercizio e manutenzione della galleria si trova più a sud, disposto sui due lati della carreggiata ed è raccordato all'autostrada da un accesso separato (figura 11).

Opere esterne dei pozzi

Allo sbocco di ogni pozzo è stata disposta un'apposita opera destinata alla captazione dell'aria fresca rispettivamente per l'espulsione dell'aria viziata. A seconda delle condizioni locali (topografia, valanghe, vento, geologia) le opere di presa e di resa sono riunite in un'unica costruzione oppure una separata dall'altra. Le installazioni elettromeccaniche per gli ascensori definitivi del pozzo sono disposte in un edificio alla sommità del pozzo combinato con le opere di presa e di resa dell'aria.

Siccome tutte queste opere si trovano nelle immediate vicinanze della strada cantonale del San Gottardo, possono essere facilmente raggiunte.

Per i pozzi inclinati di Bäzberg e Motto di Dentro tutte le parti sono riunite in un unico edificio. Nel caso di Bäzberg l'aria viene aspirata lateralmente, sotto un tetto di forma tabulare, oblungo e molto ripido. Nel caso di Motto di Dentro l'insieme dell'edificio ha la forma di un cuneo triangolare in modo da poter resistere ai cedimenti di lastroni di neve e alle valanghe (figura 12); l'aria fresca viene aspirata frontalmente, sotto un tetto inclinato e molto sporgente. In entrambi i casi il canale dell'aria viziata viene deviato verticalmente verso l'alto a partire dallo sbocco del pozzo vero e proprio e costituisce un corpo unico con la costruzione.

Per i pozzi verticali di Hospental e Guspisbach si è dimostrata più idonea la suddivisione delle parti in due opere separate. A Hospental, l'opera di presa dell'aria fresca, con il tetto a fungo, potè essere situata adeguatamente in una depressione del terreno, sulla riva della Reuss (figura 13). La restituzione dell'aria viziata si trova direttamente sopra il pozzo. Appresso è costruito l'edificio di servizio. Con questa disposizione si potè limitare a delle dimensioni ragionevoli le opere fuori terreno. Nel caso dello sbocco di Guspisbach, dove non sussistevano problemi di posto ma unicamente dei requisiti più spinti riguardo le condizioni invernali, l'opera di presa, a forma rotonda, a fungo, è chiaramente separata dall'edificio di servizio che fa invece corpo unico con il camino dell'aria viziata, appoggiato sul pendio ovest.

Queste opere esterne nel loro insieme come pure alcuni dettagli interessanti, sono illustrati in maniera più approfondita in un articolo separato.

Ventilazione

Quantitativi di aria, potenza

Con l'intensità determinante di traffico (1800 veicoli/ora di cui il 10% di veicoli pesanti) e la relativa concentrazione ammissibile di CO (150 ppm per traffico di punta; 100 ppm durante il resto del tempo, 230 ppm con formazione di colonna), tenendo conto delle condizioni esterne date (quote, pendenza, peso medio dei veicoli, velocità, percentuale di veicoli in un senso e nell'altro) ne risultano i quantitativi di aria fresca e viziata seguenti:

- 145 m^3/s km per la rampa nord con la pendenza del 14 per mille,
- 122 m^3/s km per la rampa nord rispettivamente sud con pendenza del 3 per mille

In vista del futuro traffico unidirezionale dopo la messa in esercizio della seconda galleria, la Commissione per la costruzione della galleria del San Gottardo decise di aumentare del 30% la capacità dei ventilatori di aria fresca rispetto ai valori sopra esposti corrispondenti alle necessità di prima tappa, cioé con traffico nelle due direzioni.

Le portate d'aria installate, per l'intera galleria, ammontano quindi a:

- ca. 2150 m^3/s di aria fresca e viziata per il traffico di punta normale
- ca. 2800 m^3/s di aria fresca, compresa una riserva del 30%

La relativa potenza teorica calcolata dei ventilatori raggiunge i 22 500 kW di cui 12 800 kW per i ventilatori di aria fresca (compresa la riserva del 30%) e 9700 kW per i ventilatori di aria viziata. In caso di esercizio normale di punta (senza utilizzare quindi la riserva) risulta un fabbisogno di potenza di ca. 5800 kW per i ventilatori di aria fresca e un fabbisogno totale di potenza di 15 500 kW.

Impianto di ventilazione

Ciascuno dei nove tratti di ventilazione viene servito da un ventilatore per l'aria fresca e uno per l'aria viziata (figura 14). Questi ventilatori sono installati nelle 6 centrali ai due portali e al piede dei quattro pozzi di ventilazione. A dipendenza della diversa lunghezza dei tratti, i quantitativi d'aria e le potenze dei singoli aggregati sono fortemente variabili. La potenza minima si riscontra nel ventilatore d'aria viziata di Göschenen con ca. 400 kW, mentre la potenza massima si ha con il ventilatore di aria fresca di Guspisbach, per il tratto di ventilazione sud, con ca. 2600 kW.

Impianto di ventilazione nel cunicolo di sicurezza

Il fabbisogno di aria fresca nel cunicolo di sicurezza e nei rifugi viene assicurato da tre ventilatori indipendenti installati in una caverna a lato della centrale di

ventilazione di Guspisbach. L'aria fresca viene aspirata direttamente dal pozzo di ventilazione e, tramite uno dei tre ventilatori, viene immessa nel cunicolo di sicurezza da dove, attraverso i rifugi, raggiunge il vano di circolazione della galleria stradale.
Il concetto per l'esercizio dei ventilatori è il seguente:

- Il ventilatore per esercizio normale (potenza 63 kW) convoglia un quantitativo sufficiente per assicurare un ricambio dell'aria nel cunicolo di sicurezza (anche in caso d'impiego di veicoli di servizio) e per rifornire di aria fresca i rifugi in caso di occupazione completa (min. 0,25 m³/s per rifugio). Il dosaggio della quantità d'aria si effettua mediante un'apertura calibrata disposta nella parete di chiusura tra i rifugi e la galleria stradale.
- In caso d'incendio viene messo in esercizio un ventilatore di maggior potenza (potenza 390 kW) che assicura una sufficiente velocità d'uscita dell'aria fresca (1 m/s) attraverso le porte aperte dei rifugi (verso la galleria stradale) in modo da evitare la penetrazione di fumo e gas nocivi. La regolazione del quantitativo di aria (ca. 3 m³/s per rifugio, con 10 porte aperte contemporaneamente) viene realizzata in questo caso da un'apertura appositamente dimensionata, nella parete di separazione tra il rifugio ed il cunicolo di sicurezza.
- Se, per un caso improbabile, l'alimentazione di corrente elettrica venisse interrotta sia dalla rete nord e sud contemporaneamente, è a disposizione il terzo ventilatore d'emergenza (15 kW), in grado di convogliare una quantità ridotta di aria fresca (0,17 m³/s per rifugio) nel cunicolo di sicurezza e nei rifugi. Questo ventilatore di emergenza è alimentato direttamente da batterie e funziona a corrente continua.

I sistemi tecnici

Già nel 1969 uno dei temi principali di discussione circa la galleria autostradale del San Gottardo era la ricerca di un massimo di sicurezza per l'utente. Per ottenere questo fine fu necessario non soltanto prendere in considerazione tutti gli accorgimenti tecnici allora sul mercato, ma anche tutto quanto la tecnica avrebbe potuto sviluppare durante gli anni della realizzazione. Per l'utente sono appunto queste installazioni che, unitamente al personale di servizio, serviranno a garantire la sicurezza del traffico.
Al giorno d'oggi tutti i lavori sono stati appaltati ad eccezione di qualche piccolo dettaglio. Seguendo l'avanzamento dei lavori di genio civile furono montati i ventilatori e, dove possibile, posati cavi e instrumenti per l'approvvigionamento d'energia.
In seguito saranno descritti in modo particolare i sistemi tecnici, che vengono definiti in stretta collaborazione con le istanze federali competenti (Ufficio Federale per la costruzione delle strade), con i due cantoni Ticino ed Uri in veste di committente, come pure con commissioni e con periti alfine di poter disporre di un massimo di sicurezza per l'utente in occasione dell'attraversamento della galleria autostradale più lunga del mondo.
I sistemi spiegati in modo semplice e comprensivo danno l'indicazione circa le installazioni tecniche impiegate e circa il comportamento dell'utente, per un miglioramento della sicurezza del transito.

Appunti generali circa la sorveglianza e il comando

Nel figura 15 e 16 sono indicate le informazioni che pervengono al personale di servizio, e più precisamente:

- rilevamento e valutazione del traffico sulle rampe di accesso ed indicazione del flusso di traffico in galleria con indicazione delle chiamate di soccorso da parte degli utenti.
- sorveglianza delle conseguenze dovute al traffico, in modo particolare lungo i 17 km di galleria, e controllo delle installazioni preposte alla sua sicurezza.
- pianificazione dell'intervento per l'aiuto agli utenti, tramite Polizia e personale d'esercizio, in caso di incidenti o catastrofi.
- Esercizio e manutenzione delle installazioni di genio civile, elettriche e meccaniche necessarie in galleria. Su questi molteplici problemi non si può evidentemente nel quadro delle seguenti descrizioni entrare in argomento. Le misure necessarie sono tuttavia determinanti per la sicurezza e devono essere tenute in giusta considerazione nella pianificazione e durante l'esecuzione.

Illuminazione della galleria

Scopo dell'illuminazione è di garantire all'utente della galleria un'ottima visibilità, accrescendo la sicurezza del transito (figura 17).
Sul lato est è montata un'illuminazione ininterrotta conformemente alle norme nazionali ed internazionali. Questo sistema d'illuminazione ci permette di ridurre l'intensità luminosa, risparmiando energia, in caso di traffico ridotto. In questo nastro illuminato ogni decima lampada è allacciata al gruppo di soccorso in modo da sopperire, con un'autonomia di 3–4 ore, ad una eventuale caduta della rete.
L'illuminazione di soccorso anti incendio, montata 50 cm sopra il marciapiede e a distanza di 40 m, così come quella delle nicchie SOS, delle piazze di giro, delle piazze di posteggio e dei rifugi, è pure allacciata, in parte, al gruppo soccorso che viene inserito automaticamente ad ogni caduta di rete.
Come in ogni galleria di una certa lunghezza ai portali verrà montato un tratto d'illuminazione d'adattazione, affinchè l'occhio dell'automobilista possa adattarsi progressivamente.
Dai centri di comando l'illuminazione può essere regolata, su dei tratti ben definiti, a seconda della necessità.

Numero di lampade montate FL 40 W	ca. 14 000 pezzi
Potenza assorbita massima	ca. 1000 kW
Necessità in energia annuale	ca. 4 Mio kWh

Ventilazione in galleria

La ventilazione è l'installazione principale per la sicurezza e la salute, sia degli utenti sia del personale di galleria (figura 18). Il gas di scappamento dei veicoli, monossido di carbonio, sostanze contenenti zolfo ecc. devono essere diluiti ed allontanati dal vano di circolazione, onde evitare la messa in pericolo della salute e della vita dell'utente in qualsiasi situazione.
A parte il problema della sicurezza è di particolare importanza l'esercizio economico della ventilazione principale. Tale ventilazione dimensionata per un traffico di 1800 veicoli all'ora, è sostenuta in momenti di poco traffico, dal tiraggio naturale nei pozzi di ventilazione, che assicurano una ventilazione longitudinale.
In caso d'incendio verranno adottate delle misure particolari. Programmi speciali azionano la ventilazione affinchè gas e calore non abbiano a propagarsi su un lungo tratto di galleria.
I 22 ventilatori per l'aria fresca e viziata, che si trovano nelle 6 centrali di ventilazione, dispongono di pale regolabili e motori elettrici a 2 velocità. La regolazione del quantitativo d'aria fresca necessario viene effettuata da apposite installazioni situate nelle centrali stesse. Onde garantire l'esercizio economico della ventilazione di tutta la galleria sarà installato per il comando un calcolatore elettronico, programmato a tale scopo.
Per i 17 km di galleria sono stati installati ventilatori con potenza che variano da *490 a 2920 kW*. La potenza massima installata è di 24 255 kW.

Comando traffico

L'accesso alla galleria è d'ambo i lati con autostrade a 4 corsie separate, mentre la galleria stessa è a 2 corsie con traffico nei due sensi (figura 21). È comprensibile che ai portali siano installati numerosi segnali d'indicazione. Questa segnaletica serve in primo luogo ad ordinare il traffico per l'entrata in galleria, ed in secondo luogo a sbarrare l'accesso alla stessa quando il passaggio non è possibile (per esempio in casi d'incidenti ecc.). Alfine di accelerare il comando del traffico in galleria, ogni 250 m sono montati i semafori rosso-giallo-verde e segnali di limitazione di velocità.
Il comando della segnaletica viene effettuato tramite un ordinatore elettronico per il traffico. Ad eccezione dei casi d'incendio ed allarme CO, il personale di servizio nella sala comando può intervenire direttamente grazie alle informazioni che riceve sugli apparecchi e sui monitor. In caso d'incendio e di massima concentrazione di CO, la segnaletica viene comandata con i programmi prestabiliti.

Armadi d'allarme

Gli armadi d'allarme, rispettivamente le stazioni SOS, sono a disposizione dell'utente per eventuali annunci circa situazioni d'emergenza in galleria (figura 23). Le stazioni sono situate in nicchie ad intervalli di 125 m sul lato ovest, mentre sul lato est (Direzione Sud-Nord) si trovano ogni 250 m nei rifugi.
Gli armadi contengono:

- Un telefono per chiamate d'emergenza, analogo a quelli che si trovano sulle autostrade;
- Un tasto SOS di chiamata, nel caso dovessero esserci disturbi sul telefono;
- Due estintori che sono a disposizioni degli utenti in caso d'incendio.

L'ubicazione degli armadi SOS è indicata tramite un'apposita segnaletica.
Ogni manovra effettuata su un armadio d'allarme, come per esempio il prelievo degli estintori, l'azionare il tasto d'allarme od il telefono di soccorso, mette in azione un'allarme nelle sale di comando. Allo stesso istante è indicata la posizione in galleria e l'apparecchio che è stato utilizzato; in seguito a questi dati appare sui monitor la tratta di galleria in questione e sul vano stradale tutti in segnali di accesso vengono fatti funzionare sul giallo. Ulteriori provvedimenti verrano in seguito presi in funzione degli allarmi, che appariranno nelle sale comando.

Sistemi anti incendio

Per un rapido riconoscimento di casi d'incendio in galleria ed alfine di poter disporre circa i primi interventi, è installato in galleria un sistema d'allarme in grado di segnalare incendi superiori ai 20 l di benzina (figura 25).
Un incendio in galleria può avere conseguenze catastrofiche. Non appena questa installazione viene sollecitata entrano in esercizio automaticamente i programmi predisposti da un lato per circoscrivere l'incendio, dall'altro per permettere al personale addetto alla galleria di intervenire rapidamente.
L'installazione anti-incendio aziona:

- allarmi ottici ed acustici nelle sale di comando e nei centri di manutenzione;
- Annuncio del luogo d'incendio sull'apposita tavola e sintonizzazione delle telecamere;
- Comando automatico di:
  ventilazione,
  segnaletica,
  illuminazione d'emergenza.

In caso d'incendio in galleria gli utenti possono proteggersi negli appositi rifugi che si trovano ogni 250 m. Questi rifugi proteggono dai gas e dal calore in quanto sono costantemente ventilati dal cunicolo di sicurezza. Ogni qualvolta si apre la porta di un rifugio, viene trasmesso un segnale nella sala comando da dove si procederà all'organizzazione dei primi soccorsi.

Impianto televisione

Per la sorveglianza del vano stradale sui 17 km di galleria viene montato un sistema televisivo con telecamere piazzate ogni 250 m circa in modo da coprire, senza interruzioni, tutta la tratta (figura 26). Con questo sistema si evita di dover mantenere costantemente il personale di sorveglianza in galleria e al tempo stesso si permette all'operatore, che si trova in sala comando, di poter intervenire rapidamente con i necessari soccorsi. Ogni qualvolta appare un allarme viene messo in servizio automaticamente sulla tratta in questione, questo sistema televisivo. In questo modo si permette di sorvegliare, dalla sala comando, una tratta di circa 2 km. Con un sistema manuale o automatico di progressione sarà poi possibile sorvegliare la galleria su tutta la sua lunghezza.
In totale sono montate 83 telecamere. In ogni sala comando sono installati 10 monitor, che possono essere azionati in modo indipendente in ogni sala.

Installazione radio in galleria

Per le comunicazioni con i veicoli di servizio dei due Cantoni Uri e Ticino viene montato, in galleria, un sistema radio (figura 27). Le antenne montate lungo il vano stradale permettono la rice-trasmissione ai veicoli della polizia e della manutenzione sulle frequenze già utilizzate nei due Cantoni. Con questo sistema vengono così installate 8 frequenze. Con le medesime antenne vengono pure diffusi i programmi ad onde ultracorte Uri e Ticino, che possono essere captati dalle radio montate sulle automobili. Questi programmi possono tuttavia essere interrotti per comunicazioni importanti agli automobilisti che si trovano in galleria.
Il sistema nazionale auto-telefono PTT farà pure capo a queste antenne.
Le comunicazioni tra sale comando e veicoli, e tra veicoli e veicoli ha una importanza primordiale in caso di catastrofe. Il sistema è stato perciò concepito in modo da assicurare le trasmissioni anche in caso di rottura dell'antenna dovuto per esempio ad incendio.

Approvvigionamento d'energia

Per gli utenti della galleria la sicurezza è direttamente collegata con la sicurezza del sistema d'approvvigionamento d'energia. L'alimentazione viene effettuata tramite le reti di distribuzione 50 kV già in servizio nelle vallate Uri e Ticino con possibilità di alimentazione diretta partendo dalle centrali del Lucendro e di Göschenen (figura 27). Durante il servizio normale della galleria le due reti provvedono al 100% dell'alimentazione. Se una rete dovesse essere messa fuori servizio, l'alimentazione di questa tratta verrebbe ripresa dall'altra rete in ragione del 75%, in corrispondenza ad un traffico di 1400 veicoli/ora circa.
Oltre ai soprammenzionati sistemi d'alimentazione sono installati in ogni centrale e centri di comando dei gruppi d'emergenza. Ogni decima lampada del nastro illuminante così come la segnaletica e gli allarmi sono costantemente alimentati da questi gruppi.
La potenza massima installata per tutti i sistemi di galleria è di circa 29 MW con la seguente ripartizione:

ca. 86% per la ventilazione,
ca. 4% per l'illuminazione,
ca. 10% per le installazioni secondarie,

Il consumo annuale d'energia sarà di circa 14,5 milioni di kWh così ripartiti:
ca. 6,5 milioni kWh per la ventilazione,
ca. 4 milioni kWh per l'illuminazione,
ca. 4 milioni kWh per installazioni secondarie.

Ritrasmissione dati e calcolatore

Alfine di assicurare un buon funzionamento degli impianti installati, approvvigionamento d'energia-illuminazione-ventilazione-armadi d'allarme, è necessaria la costante sorveglianza ed il comando a distanza (figura 28).
Gli allarmi ed i comandi da parte della Polizia e del personale di servizio vengono segnalati nelle due sale di comando praticamente all'attimo stesso in cui appaiono sulle installazioni distribuite in galleria. Dalle 11 sottocentrali devono venir ritrasmessi, nelle due sale di comando, circa 4000 dati che vengono successivamente elaborati onde permettere le seguenti operazioni:

- controllo dello stato delle installazioni sui pannelli di conferma,
- comando delle installazioni, trasmissione degli ordini per la regolazione e per l'indicazione dei valori massimi,
- redazione dei verbali concernenti allarmi - servizio e statistica in italiano e tedesco.

Questo sistema comprende un calcolatore per il comando della ventilazione che, tenendo conto dei dati raccolti, procede alla ventilazione della galleria, in caso normale, rendendo minimi i costi. Non appena appare un allarme compromettente la sicurezza dell'utente, entrano automaticamente in funzione i programmi speciali.
Tutto il sistema è stato concepito in modo da garantire la sicurezza anche in caso di guasti a queste due installazioni.

Installazioni di comando

Le centrali di comando situate al nord ed al sud della galleria sono i centri ai quali attingono tutte le informazioni e gli equipaggiamenti necessari per la sorveglianza ed il comando della galleria stessa (figura 29). Le rampe di accesso alla galleria, da Amsteg rispettivamente da Varenzo, vengono controllate separatamente dai due centri di Göschenen rispettivamente di Airolo, mentre la galleria sarà comandata, su tutta la sua lunghezza, alternativamente da Airolo e da Göschenen.
L'organizzazione è separata in servizio di Polizia, per quanto si attiene al traffico, ed in servizio manutenzione-comando per quanto concerne il funzionamento delle installazioni del genio civile ed elettromeccaniche.
La sorveglianza del traffico domanda la presenza della Polizia 24 ore su 24 con i seguenti compiti principali:

- i normali compiti di polizia per il traffico sulle strade nazionali,
- il controllo del deflusso del traffico in galleria e la presa di decisione circa i provvedimenti atti a garantire la sicurezza degli utenti,
- la manipolazione dei mezzi di comunicazione come il telefono, registratore, radio, telefono di servizio strade nazionali, chiamate di soccorso ed allarmi,
- organizzazione e servizio di picchetto per assicurare eventuali aiuti.

I principali compiti del personale di servizio possono essere riassunti come segue:

- controllo e giudizio dei valori ritrasmessi e dello stato delle installazioni in modo da poter rapidamente intervenire in caso di guasti,
- sorveglianza e manutenzione delle installazioni elettromeccaniche e del genio civile,
- provvedimenti per la riparazione di guasti agli apparecchi,
- aiuto in caso d'incidenti.

Autori: *W. Diethelm* e *A. Henke*, Dipl. Ing. ETH, Studio d'ingegneria Dott. G. Lombardi, 6601 Locarno. *F. Gallati*, El. Ing. HTL, Elektrowatt Ingegneri Consulenti SA, 8022 Zurigo.