

Pietro Lunardi

Membro esperto del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

Desidero ringraziare gli organizzatori per avermi invitato a questa giornata che ritengo molto importante perché, forse, il miglior tributo che si possa offrire alle vittime della tragedia che è avvenuta nel Monte Bianco è la tempestività e l'attenzione ai problemi che un domani possono risolvere questo tipo d'incidenti e scongiurarli al 100%.

Quando avviene una tragedia come quella del Monte Bianco l'opinione pubblica tende normalmente a criminalizzare quello che è l'ambiente in cui essa si è sviluppata. In questo caso, l'ambiente è la galleria, un ambiente chiuso, gli impianti di sicurezza fissi di questa galleria e i piani di prevenzione. Nel caso del Monte Bianco, la galleria è una struttura che è nata 35-40 anni fa, ma in generale la galleria in sé, come tale, è un ambiente sicuro per definizione, perché è un tratto di strada protetto in tutti i sensi dall'impiantistica, dalla segnaletica, ecc. ed è più protetto, ovviamente, di qualsiasi tratto di strada all'aperto. Come conseguenza di ciò incute un rispetto e un timore maggiori da parte dell'utente, il quale, anche per effetto dei colpi dell'oscurità, i colpi di luce entrano-

do e uscendo, è portato a essere più prudente. Basta consultare le statistiche: questa mattina si sono lette e discusse e si è visto che gli indici d'incidentalità e di mortalità nelle gallerie sono 20 volte inferiori a quelli delle strade all'aperto: un ambiente, quindi, da non criminalizzare assolutamente. L'altro aspetto sono gli impianti fissi. Quelli del traforo del Monte Bianco sono stati aggiornati e potenziati con continuità nell'arco di 35 anni e hanno funzionato egregiamente fino all'ultimo momento: lo dimostra il fatto che ci sono state "solo" 3 vittime in 35 anni, un numero molto inferiore a quanto avviene sulle strade all'aperto.

Il terzo aspetto, i piani di prevenzione, merita qualche critica ma non tanto al traforo del Monte Bianco quanto a tutte le gallerie e ai trafori in generale, perché nel caso di questo incidente, eccezionale sotto tutti i suoi aspetti, si può dire che se si fosse saputo prima che la margarina è un materiale altamente incendiario e addirittura esplosivo, come ha dimostrato di essere, molto probabilmente l'incidente non sarebbe accaduto. In passato non si è mai pensato, per esempio, di effettuare dei controlli termometrici 300-400 metri prima dei portali d'ingresso d'un traforo qualsiasi, uno dei nostri trafori alpini o anche appenninici. Nel caso in questione, se ci fosse stato un controllo termometrico probabilmente questa tragedia non sarebbe successa.

Purtroppo, però, dobbiamo prendere atto di quello che è accaduto e cercare insegnamenti per il futuro.

Vorrei fare qualche considerazione per capire che spazio ha, nell'ambito di un progetto, la sicurezza di questi trafori, di queste grandi infrastrutture, e vedere rapidamente e sinteticamente, perché il tempo a disposizione è poco, com'essa nasce e come si sviluppa nell'ambito del progetto stesso.

Si può dire che quando si progetta un traforo normalmente si hanno da unire due punti: un punto A con un punto B. Esistono infiniti percorsi per collegare questi due punti, ma ne esiste uno che è ottimale e che è quello che sarà scelto e chiamato tracciato dell'opera. Questo dev'essere il più corto possibile tra i due punti, deve attraversare formazioni geologiche e situazioni idrogeologiche il più favorevoli possibile, deve avere le minori coperture possibili, affinché siano ridotti i problemi connessi allo stato tensionale dell'ammasso roccioso al livello della galleria.

Una volta definito il tracciato rimangono automaticamente definite la lunghezza del traforo, la sua copertura, cioè l'altezza di roccia al di sopra della galleria che si dovrà realizzare e che influenzano poi quelli che sono gli aspetti costruttivi dell'opera.

Gli aspetti costruttivi hanno un'importanza notevole perché devono risolvere problemi di venute d'acqua che possono essere importanti (fino a un migliaio di litri al secondo), problemi di temperatura (il gradiente geotermico che si genera sotto alle catene montuose), di gas, di stati tensionali elevati. Tutti aspetti che, alla fine, condizionano la scelta della struttura del traforo. Lunghezza, coperture e aspetti costruttivi definiranno se il traforo dovrà nascere a un fornice, a due fornici o a tre fornici. Nascono così le gallerie ferroviarie o autostradali, monodirezionali e bidirezionali. È a questo punto che si parlerà di sicurezza: sicurezza dell'esercizio, sicurezza del traforo. Questo è il momento in cui bisogna badare a come avvengono le scelte che condizioneranno la sicurezza che si vuol dare all'opera.

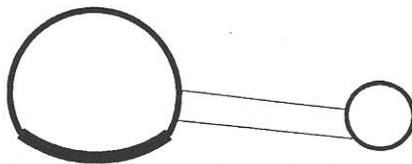
Le illustrazioni seguenti mostrano quali sono le tipologie fondamentali dei grandi trafori: il monofornice, il monofornice con galleria di servizio, il doppio fornice con by-pass di collegamento e il doppio fornice con cunicolo di servizio.

EVOLUZIONE DEGLI SCHEMI PROGETTUALI
PER LE GRANDI GALLERIE

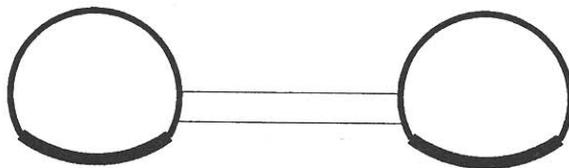
1) MONOFORNICE



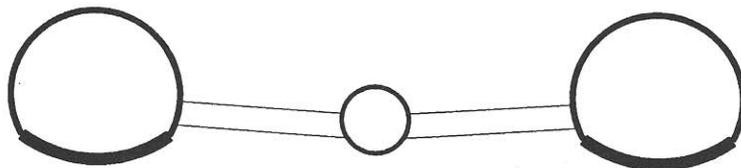
2) MONOFORNICE CON CUNICOLO DI SERVIZIO



3) DOPPIO FORNICE CON BY-PASS DI COLLEGAMENTO



4) DOPPIO FORNICE CON CUNICOLO DI SERVIZIO

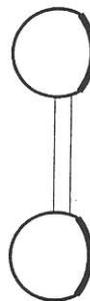


P.LUNARDI - MILANO

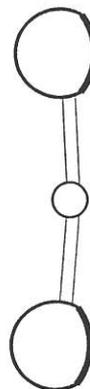
MAGGIORI GALLERIE FERROVIARIE NEL MONDO

ANNO	GALLERIA	UBICAZIONE	FERROVIA	LUNGHEZZA	TIPOLOGIA
In costr.	S. Gottardo	Italia/Svizzera	Alptransit	56.900 m	3
1985	Seikan	Giappone	Linea ferroviaria Tokyo-Sapporo (Shinkansen lines)	53.850 m	2
In prog.	Alpetunnel	Italia/Francia	Linea ferroviaria Torino-Lione	52.000 m	3
1994	Eurotunnel	Francia/Inghilterra	Sottopasso ferroviario de La Manica	47.500 m	4
In costr.	Lötschberg	Svizzera	Alptransit	34.600 m	3
1905	Sempione	Italia/Svizzera	Traforo ferroviario del Sempione	19.820 m	3
In costr.	Vereina	Svizzera	Linea del Vereina	19.000 m	1
In costr.	Vaglia	Italia	Nuova linea ferroviaria A.V. "Firenze-Bologna"	18.647 m	2
1934	dell'Appennino	Italia	Linea ferroviaria "Direttissima" Bologna-Firenze	18.507 m	1
1982	Furka	Svizzera	Linea ferroviaria Briga-Amsteg	15.400 m	1
1881	S. Gottardo	Italia/Svizzera	Traforo ferroviario del S. Gottardo	14.944 m	1
In costr.	Firenzuola	Italia	Nuova linea ferroviaria A.V. "Firenze-Bologna"	14.340 m	1
1960	Hokoriku	Giappone		13.871 m	1
1870	Frejus	Italia/Francia	Traforo ferroviario del Frejus (Cenisio)	13.636 m	1
1988	Prato Tires	Italia	Linea ferroviaria Verona-Brennero	13.200 m	1
1827	New Cascade	Stati Uniti		12.400 m	1
In costr.	Pianoro	Italia	Nuova linea ferroviaria A.V. "Firenze-Bologna"	10.706 m	1
1884	Arlberg	Austria/Svizzera	Linea ferroviaria Sant'Antoine-Langen	10.239 m	1
In costr.	Raticosa	Italia	Nuova linea ferroviaria A.V. "Firenze-Bologna"	10.380 m	1
	S. Lucia	Italia	Linea ferroviaria Salerno-Nocera	10.265 m	1
1889	Giovi	Italia	Linea ferroviaria Novi-Genova	8.300 m	1

3) DOPPIO FORNICE CON BY-PASS DI COLLEGAMENTO



4) DOPPIO FORNICE CON CUNICOLO DI SERVIZIO



1) MONOFORNICE



2) MONOFORNICE CON CUNICOLO DI SERVIZIO



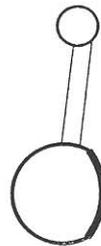
MAGGIORI GALLERIE AUTOSTRADALI NEL MONDO

ANNO	GALLERIA	UBICAZIONE	AUTOSTRADA	LUNGHEZZA	TIPOLOGIA
1979	Gottardo	Italia/Svizzera	Trafo autostradale del San Gottardo	16.900 m	2
1960	Frejus	Italia/Francia	Trafo autostradale del Frejus	12.895 m	1
1965	M. Bianco	Italia/Francia	Trafo autostradale del M. Bianco	11.600 m	1
1980	Gran Sasso	Italia	Autostrada Roma-L'Aquila-Teramo	10.173 m	3
1980	Seelisberg	Svizzera	Autostrada Chiasso-Basilea	9.300 m	3
In costr.	Galleria di Base	Italia	Autostrada A1, variante di valico tra Bologna e Firenze	8.600 m	3
1964	Gran San Bernardo	Italia/Svizzera	Trafo autostradale del Gran San Bernardo	6.600 m	1
1985	Cels	Italia	Autostrada Torino-Bardonecchia	5.250 m	3
	San Domenico	Italia	Autostrada Torano-Avezzano-Pescara	4.550 m	3
1970	San Rocco	Italia	Autostrada Roma-L'Aquila-Teramo	4.181 m	3
1985	Prapontin	Italia	Autostrada Torino-Bardonecchia	4.000 m	3
	Petraro	Italia	Autostrada Messina-Palermo	3.330 m	3
1993	Villeneuve	Italia	Autostrada Torino-Aosta	3.230 m	3
1978	Capo Calavà	Italia	Autostrada Messina-Palermo	3.150 m	3

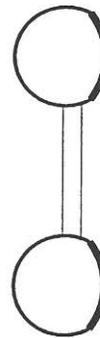
1) MONOFORNICE



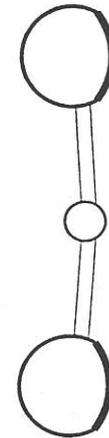
2) MONOFORNICE CON CUNICOLO DI SERVIZIO



3) DOPPIO FORNICE CON BY-PASS DI COLLEGAMENTO

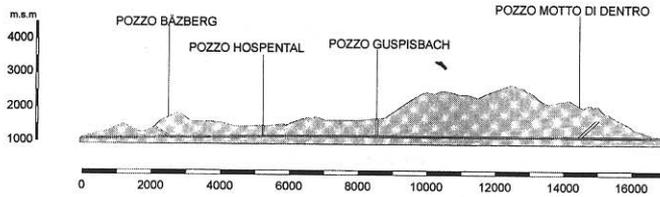


4) DOPPIO FORNICE CON CUNICOLO DI SERVIZIO

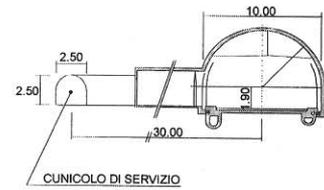


Uscire dal tunnel

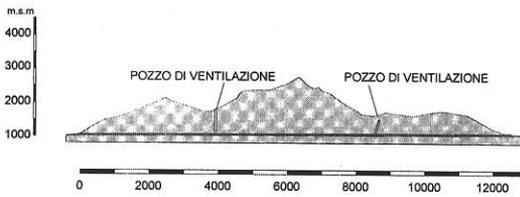
TRAFORO AUTOSTRADALE DEL SAN GOTTARDO
(L=16.900 m.)



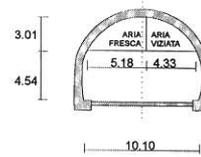
SEZIONE TRASVERSALE



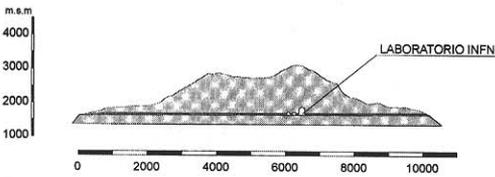
TRAFORO AUTOSTRADALE DEL FREJUS
(L=12.895 m.)



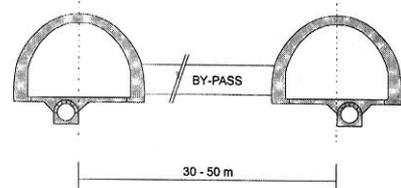
SEZIONE TRASVERSALE



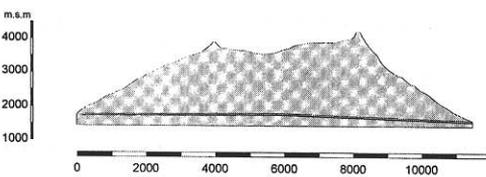
TRAFORO AUTOSTRADALE DEL GRAN SASSO
(L=10.173 m.)



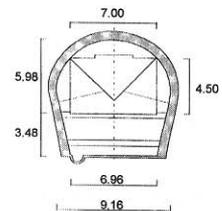
SEZIONE TRASVERSALE



TRAFORO AUTOSTRADALE DEL MONTE BIANCO
(L=11.600 m.)



SEZIONE TRASVERSALE



Sono tipologie che nascono da tutta una serie di considerazioni legate alla lunghezza dei trafori, alla loro copertura e ad altri aspetti. Se diamo rapidamente un'occhiata ai più grandi trafori che sono stati realizzati in passato in campo ferroviario o stradale, notiamo una cosa molto interessante: si vede che nel tempo è aumentata la loro lunghezza, essa addirittura è triplicata.

I trafori più recenti o in corso di progettazione hanno lunghezze di 53, 56, 62, 52,47 Km. Tutti nascono sin dall'inizio secondo criteri di sicurezza. Sono dotati di gallerie di servizio o di doppio fornice, schemi che sono stati scelti in funzione degli aspetti costruttivi e in base anche a quella che dovrà essere la loro sicurezza a lungo termine. Se si passa ad esaminare i trafori autostradali, vediamo che anche in questo caso si tende ad aumentare la lunghezza rispetto al passato. Questo perché sia in campo ferroviario sia in campo stradale le tecniche progettuali e le tecniche costruttive hanno fatto progressi enormi. Oggi ci si può spingere a fare trafori molto importanti, molto lunghi.

In campo autostradale le gallerie sono tutte a due fornici, tranne quelle concepite negli anni '50 e '60, cioè Fréjus, Monte Bianco e Gran San Bernardo. Il San Gottardo nasce con una galleria di servizio, vedremo perché. Questa è la tendenza generale. Osserviamo rapidamente, traforo per traforo, come è nato ciascuno e perché è nato così. Cominciamo col traforo del San Gottardo.

Il traforo del San Gottardo ha un tracciato di 16 km.. Esso fu scelto per motivi geologici e idrologici. La morfologia del terreno, molto variata, ha permesso di realizzare camini di ventilazione di profondità massima di 1.000 metri, i quali garantiscono un sistema di ventilazione sicuro e potente. Il traforo, dicevamo, ha una galleria di servizio: essa fu costruita non tanto per motivi di sicurezza, ma perché doveva essere il foro pilota del raddoppio futuro del traforo, in previsione d'inserirlo in un sistema autostradale.

Il traforo del Fréjus, concepito sempre negli anni '60, nasce con due camini di ventilazione su uno sviluppo di 13 km, che spezzano la galleria in tre tronconi.

I camini sono alti fino a 1.000 metri, perché fino ad oggi è questa la profondità massima per cui si è riusciti a realizzare dei camini. Non è detto che in futuro non si possano fare

Uscire dal tunnel

più profondi, ma ovviamente ogni epoca ha i propri progressi in questo senso. Quindi il Fréjus nasce già con una concezione più sicura.

Passiamo ora al traforo del Gran Sasso, che fu costruito anch'esso negli anni '60.

Esso nasce a doppia canna perché inserito in un sistema autostradale e ciò ovviamente si riflette sul grado di sicurezza generale degli utenti e sull'efficienza della ventilazione, che sono di buona qualità. Nel Gran Sasso è stato realizzato un laboratorio di fisica nucleare sotto la massima copertura di 1.400 metri, nel quale giornalmente lavorano circa 100 persone. Il laboratorio, per la sua attività, viene ventilato attraverso le gallerie autostradali.

Infine il traforo del Monte Bianco: sono circa 12 km, con una morfologia che, al momento in cui è stato progettato, non permetteva di pensare a pozzi di ventilazione.

Questo perché con coperture di circa 2.000-2.500 metri era impossibile praticarli, d'altra parte anche oggi sarebbe difficoltoso fare pozzi di questa altezza. Per questo motivo nasce senza pozzi di ventilazione, con una ventilazione di tipo semi-trasversale operata sotto il pavimento del piano di scorrimento.

I progetti che abbiamo esaminato risalgono agli anni '50-'60. In essi la sicurezza è stata garantita mediante degli impianti fissi. Quando parliamo di sicurezza di un traforo, infatti, la sicurezza è determinata soprattutto da due fattori: gli impianti fissi e la prevenzione.

Gli impianti fissi sono quello di ventilazione, quello antincendio, quello di illuminazione, le vie di fuga, i rifugi pressurizzati, gli impianti televisivi, telefonici e la segnaletica. Essi vengono progettati in base alla struttura che si realizza (un fornice, due fornici, camini di ventilazione, ecc.) e dimensionati per condizioni normali. Nel senso che quando si realizza, per esempio, il progetto di una ventilazione, questa viene dimensionata non per far fronte a incendi eccezionali come quello che è avvenuto nel Monte Bianco, cosa che sarebbe impossibile, bensì per diluire i gas di scarico dovuti al traffico o per controllare incendi di normale potenza. In altre parole, essa viene progettata sul "prevedibile".

Quando, come nel caso del Monte Bianco, si incendia della margarina che produce fumo a 500° di temperatura, riempiendo la galleria alla velocità di 200 metri al minuto, in un

Uscire dal tunnel

senso e nell'altro, nei 3-4 minuti utili le persone che si trovano al suo interno assolutamente non sono in grado di salvarsi, anche in presenza di un sistema di sicurezza con vie di fuga efficienti. I loro stessi tempi di reazione non sono sufficientemente rapidi per poter far fronte a eventi eccezionali come questo. La ventilazione in qualsiasi tipo di traforo non sarà mai in grado di prevenire incendi e avvenimenti come quelli accaduti nel Monte Bianco.

Quindi bisogna lavorare non tanto sugli impianti fissi quanto sulla prevenzione. La prevenzione, ne sono stati portati alcuni esempi, può essere educazione dell'utente, che deve avvenire fin da quando consegue la patente. Tutti sanno che bisogna spegnere il motore in caso di blocco stradale all'interno del tunnel. Ma ciò non è sufficiente, la gente deve sapere che entrando in galleria, se accade qualcosa, deve lasciare la macchina e correre verso l'imbocco, sapendo da che parte deve correre e a che distanza è l'imbocco. Quindi anche la segnaletica, i cartelli che indicano a che progressiva uno si trova e in che direzione correre verso le vie di fuga, è importantissima. Devo riprendere un po' il concetto che esprimeva l'Arch. Virano, sul fatto di considerare la galleria con molto rispetto: come un traghetto che porta l'uomo da una parte all'altra avendo la pazienza di sopportare i tempi di percorrenza connessi con quelli che sono gli aspetti legati alla sicurezza. Il controllo termometrico dei veicoli in entrata è un'idea che è venuta adesso che è successo questo incidente.

Al Fréjus è stata già sperimentata una telecamera a raggi infrarossi che permette di rilevare la temperatura sul veicolo in movimento man mano che si avvicina all'entrata della galleria. Se questo sistema viene collegato a un sistema semaforico, i camion che presentano delle sorgenti di calore o di combustione anomale vengono bloccati prima che entrino in galleria. Rammentiamo, infatti, che nel caso del Monte Bianco l'incendio è stato portato dentro, cioè non è stato un incendio a caso, è stato portato dentro perché il camion, evidentemente, aveva già i presupposti per scoppiare e per produrre quell'esplosione di fumo che si è scatenata poi all'interno. Il controllo termometrico è una delle numerose tecniche che potranno e dovranno essere utilizzate per la sicurezza nei nostri trafori.

**FATTORI CHE DETERMINANO LA SICUREZZA DI UNA LUNGA
GALLERIA**

IMPIANTI FISSI:

- ventilazione
- antincendio
- illuminazione
- vie di fuga
- rifugi pressurizzati
- televisivo
- telefonico
- segnaletica

PREVENZIONE:

- educazione dell'utente
- regolamentazione del traffico e dei carichi trasportati
- controllo termometrico dei veicoli in entrata
- priorità alla salvaguardia della vita umana

Uscire dal tunnel

L'ultima cosa che mi permetto di segnalare, ne hanno parlato questa mattina sia l'On. Bargone sia altri conferenzieri, è quella delle priorità: cioè dobbiamo decidere se dobbiamo dare priorità alla salvaguardia della vita umana o agli aspetti ambientali. Io credo che oggi esistano già degli esempi macroscopici che ci indicano come si stia trascurando questo aspetto. L'esempio più eclatante è quello del traforo del Gran Sasso e del laboratorio di fisica nucleare cui prima ho accennato. Vi operano 100 persone, fisici di tutto il mondo che stanno lavorando in questo straordinario laboratorio, voluto dal Prof. Zichichi e dal Prof. Rubbia. Ecco: queste persone respirano prendendo l'aria attraverso le gallerie autostradali. Il giorno che succede un minimo incidente, un incendio nelle gallerie, queste persone rimangono asfissiate nel giro di 5 minuti. Si tratta di un problema che abbiamo segnalato da tempo al Ministero dei Lavori Pubblici ed è già pronto il progetto per realizzare un cunicolo di servizio indipendente, indispensabile per portare aria direttamente nel laboratorio, ma ancora non se ne sa niente. E come questo ci sono tanti altri casi: vedasi il raddoppio dell'autostrada Bologna-Firenze che è stato bloccato, eppure si tratta di una trappola mortale per tutti gli utenti. Sono tanti, troppi, in Italia i casi di lavori indispensabili che sono stati bloccati, perché? Perché si predilige purtroppo, alla salvaguardia della vita dell'uomo, quella dell'ambiente.