Tunnel del Gran Sasso: esempio di messa in sicurezza di una galleria stradale

■ Cristian Trinchini

L'abstract

Uno dei temi maggiormente dibattuti e approfonditi negli ultimi anni nell'ambito della gestione dei tunnel autostradali è la sicurezza antincendio. Negli incendi verificatisi in passato nei trafori transalpini, con risvolti putroppo devastanti, sono state riscontrate temperature oltre i mille gradi con tempi di estinzione delle fiamme fino a 48 ore. Ecco perchè gli sforzi per migliorare la sicurezza nelle gallerie si sono intensificati in tutta Europa e, a tal riguardo, è emblematico esaminare il contesto normativo e le problematicità connesse alla messa in sicurezza del traforo del Gran Sasso, il tunnel a doppio fornice più lungo d'Europa situato lungo il tracciato dell'autostrada A24 Roma-Teramo, evidenziando alcune criticità affrontabili ricorrendo alle attuali tecnologie.

Gli studi sperimentali sui sistemi innovativi per la sicurezza antincendio, condotti dalla Concessionaria Strada dei Parchi S.p.A. nell'intento di ottimizzare il piano di adeguamento delle gallerie delle autostrade A24 e A25 ai requisiti del D.Lgs. 264/2006, vedono la massima espressione nel traforo del Gran Sasso, un sistema particolarmente complesso i cui aspetti di sicurezza sono resi maggiormente critici dalla presenza interna dei laboratori dell'Instituto Nazionale di Fisica Nucleare. In un tale contesto nei prossimi mesi sarà sperimentato un innovativo sistema di spegnimento automatico degli incen-

di, con due tecnologie complementari: con monitori telecomandati mobili su rotaia aerea e stazionari ancorati alla volta. A valle della sperimentazione, un volta analizzati i risultati, si procederà all'aggiornamento dell'Analisi dei Rischi per valutare i miglioramenti conseguibili in termini di Misura del Rischio Sociale con curve cumulate complementari riportate sul diagramma F-N (Frequenza cumulata - Numero di fatalità).
La Concessionaria autostradale Strada dei Parchi S.p.A, una società privata del Gruppo TOTO che ha il compito di gestire e completare la costruzione delle autostrade A24 e A25, con la sua rete che collega il versante Tirrenico al versante Adriatico dell'area centrale della penisola italiana, svolge un ruolo fondamentale a sostegno della mobilità di attività produttive, comunicazioni, commercio, turismo e sviluppo economico e sociale del paese. Le autostrade A24 e A25 si sviluppano attraverso il sistema montuoso degli Appennini attraversando ben sei Parchi Naturali. In tale contesto geografico lungo il tracciato autostradale si incontrano n. 28 tunnel a doppio fornice, per un totale di circa 70 chilometri di carreggiate in galleria. Di tali tunnel ben n. 16, per complessivi 64,4 chilometri, hanno una lunghezza superiore a 500 metri ed un Traffico Giornaliero Medio (TGM) maggiore di 2000 veicoli per corsia, rientrando dunque nell'ambito normativo del D. Lgs. 264/2006, riguardante l' "Attuazione della direttiva 2004/54/CE in materia di sicurezza per le gallerie della rete stradale transeuropea". Per queste 16 gallerie Strada dei Parchi, a partire dal 2008, ha avviato un complesso e articolato piano di interventi di riqualificazione impiantistica, la cui ultimazione dovrebbe avvenire entro il 2019 (scadenza fissata dal medesimo decreto), nell'ambito del quale è stata prestata particolare attenzione ai sistemi di sicurezza antincendio per gli aspetti gestionali del traforo del Gran Sasso.

■ L'Autore

Ing. **Cristian Trinchini** - Laureato a Roma nel 2001 in ingegneria elettronica, con specializzazione in controlli automatici, ha conseguito nel 2002 un master presso l'Università di L'Aquila collaborando ad un progetto delle Commissione Europea riguardante un sistema di gestione del trasporto merci intermodale globale. A partire dal 2002 si è occupato della riqualificazione degli impianti tecnologici di tunnel autostradali nell'ambito della società Strada dei Parchi, Concessionaria delle autostrade A24 e A25, presso la quale attualmente svolge il ruolo di Responsabile dell'Ufficio Progettazione Impianti e Direzione Lavori. A partire dal 2006 ha coordinato, in particolare, le attività per la redazione delle Analisi dei Rischi e dei Piani di Gestione Emergenza dei tunnel, coordinandone successivamente la progettazione degli interventi di adeguamento impiantistico e svolgendo il ruolo di Direttore dei Lavori per l'ammodernamento degli impianti tecnologici di alcune tra le gallerie a doppia canna più lunghe della rete stradale transeuroprea. Nel 2011 ha assunto l'incarico di Project Manager, che attualmente ricopre nell'ambito della Direzione Tecnica di Strada dei Parchi ed ha partecipato, in rappresentanza della stessa Concessionaria, a gruppi di lavoro sul tema della sicurezza delle gallerie nell'ambito dell'AISCAT (Associazione Italiana Società Concessionarie Autostrade e Trafori) e al progetto europeo EasyWay del settore ITS riguardante i principali corridoi TEN-T.

Le gallerie delle A24 e A25 nell'ambito del D. Lgs. 264/2006

Si riporta di seguito, nella *Tabella 1*, alla pagina successiva un elenco delle gallerie con lunghezza superiore a 500 metri ubicate lungo le autostrade A24 e A25, descrittivo delle loro principali caratteristiche e della tipologia di traffico, in termini di TGM (Traffico Giornaliero Medio) e percentuale di veicoli pesanti.

IL TRAFORO DEL GRAN SASSO

Storia del traforo

Percorrendo l'Autostrada A24, provenendo da Roma, superata la città di L'Aquila ci si trova di fronte al massiccio montuoso del Gran Sasso che, con i 2912 metri del Corno Grande, costituisce il culmine del sistema montuoso degli Appennini. Per eliminare le difficoltà connesse all'attraversamento di tale massiccio, che determinavano un forte rallentamento nelle comunicazioni regionali e nazionali dell'epoca, si decise di realizzare il

n.	Galleria	Anno Apertura	Autostrada	Lunghezza [m]	Fornici [n]	TGM	Veicoli Pesanti [%]
1	**Costa Colle**	1984	A24	511	2	5.181	15,82
2	**Ara Salere**	1970	A24	582	2	13.938	12,24
3	**Roviano**	1970	A24	717	2	11.244	12,75
4	**Genzano**	1969	A24	761	2	6.652	14,37
5	**Colle Castiglione**	1978	A25	793	2	8.311	17,42
6	**Carestia**	1989 (2008)	A24	824	2	6.868	17,70
7	**Colledara**	1984	A24	940	2	9.383	15,08
8	**Colle Mulino**	1970	A24	1041	2	5.782	13,25
9	**S. Giacomo**	1975	A24	1050	2	10.127	14,90
10	**Pietrasecca**	1970	A24	1115	2	16.080	12,88
11	**Stonio**	1969	A24	1242	2	16.080	11,95
12	**S. Angelo**	1970	A24	1537	2	9.383	13,25
13	**Collurania**	1989	A24	2167	2	8.311	17,70
14	**S. Rocco**	1969	A24	4181	2	7.000	14,01
15	**S. Domenico**	1978	A25	4567	2	5.238	17,92
16	**Gran Sasso**	1984 (1993)	A24	10173	2	5.181	15,82

Tabella 1 - Gallerie della rete autostradale A24 e A25 con L> 500m

doppio traforo autostradale che, con una lunghezza di circa 10.173 metri, è attualmente un'opera unica nel suo genere rappresentando la galleria a doppio fornice più lunga in Europa.

Il traforo fu aperto al traffico nel 1984, inizialmente a doppio senso di circolazione nella attuale canna in direzione Teramo, vietando il transito dei veicoli pesanti e dei trasporti di merci pericolose.
Nel 1993 è stata aperta al traffico anche la canna in direzione L'Aquila, consentendo il transito unidirezionale per ciascun fornice e ammettendo anche i veicoli pesanti, fermo restando il divieto al transito per il trasporto di merci pericolose.

Geometria del traforo

La galleria è costituita da due fornici paralleli monodirezionali.
La canna destra e sinistra sono lunghe rispettivamente 10.173 m e 10.124 m.

Inquadramento geografico

Nazione:	Italia
Regione:	Abruzzo
Provincia:	L'Aquila
Comuni:	Isola del Gran Sasso e L'Aquila

Le stazioni di accesso all'infrastruttura, delimitanti la tratta autostradale in cui è localizzata la galleria, sono Assergi (km 116+610) e Colledara (km 136+360), con lunghezza della tratta pari a 19,7 km.

La posizione della galleria sull'autostrada A24 è la seguente: dal km 117+653 al km 127+829.

Il tracciato del traforo si presenta sostanzialmente rettilineo, orientato approssimativamente da Sud-Ovest a Nord-Est. I due rettifili centrali (4.650 m per la canna in direzione Teramo e 6.450 m per la canna in direzione L'Aquila) sono collegati con curve ad ampio raggio che conducono ai rispettivi imbocchi. L'interasse fra le due canne, di circa 60m, è variabile come segue:

- Lato Ovest: da 30 a 50 metri
- Lato Est: da 50 a 90 metri

Il profilo longitudinale del traforo, di tipologia a schiena d'asino, è riportato nella *figura 1*.

La sezione della galleria è di tipo policentrico e presenta le seguenti caratteristiche:

area della sezione:	56,85 mq
area per il traffico:	35,70 mq
altezza in chiave:	7,05 m

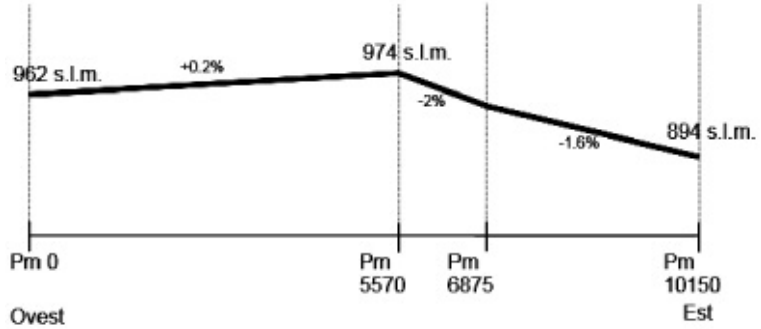

Figura 1 - Profilo logitudinale del traforo

I numeri principali del traforo

- *Interdistanze tra i by-pass:* in media 535 m (variabili da 163 m a 739 m)
- *Distanze tra le stazioni di emergenza* (lungo la parete destra all'interno di nicchie): circa 300 m
- *Sistema di ventilazione longitudinale:* n. 216 elettroventilatori (n. 78 in canna destra, ciascuno di potenza pari a 55 kW, n. 138 in canna sinistra, di cui n. 18 da 55kW e n. 120 da 27kW)
- *Sistema di videosorveglianza:* 100 telecamere (50 per fornice con interdistanza pari a 200 m)
- *Alimentazione elettrica da rete di distribuzione:* linea singola in Media Tensione a 20kV in arrivo al locale tecnico sito all'imbocco lato Ovest. La potenza impegnata complessiva è di 2,54 MW. La distribuzione elettrica in galleria prevede una linea a 20kV per la forza motrice e una a 3,2kV per la pubblica illuminazione, in configurazione ad anello motorizzato e telecomandato che alimenta n. 15 cabine di trasformazione MT/BT (20kV/400V) e n. 24 cabine di trasformazione MT/BT (3,2kV/220V) distribuite nei due fornici sul lato delle corsie di marcia. Dette linee sono coadiuvate e soccorse da gruppi elettrogeni che intervengono sulla barratura di partenza.
- *Gruppi elettrogeni:* n. 3 da 1200kVA ciascuno, azionati da motori diesel, ubicati presso la Centrale attigua alla galleria sul versante lato L'Aquila.
- *Centro di Monitoraggio:* ubicato nel fabbricato attiguo all'imbocco lato L'Aquila garantisce il costante monitoraggio di entrambi i fornici, in orario H24, mediante tecnici altamente specializzati.
- *Squadra mobile di pronto intervento*, in pattugliamento H24 è in grado di fornire un primo soccorso in qualsiasi situazione di emergenza.

Laboratori dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN)

I Laboratori sotterranei dell'INFN sono posizionati nella zona centrale del massiccio del Gran Sasso, accessibili unicamente dalla canna in direzione L'Aquila del traforo, con l'ingresso in prossimità del km 124+150 e l'uscita in prossimità del km 123+440.
L'accesso sotto traffico e in sicurezza ai Laboratori è possibile grazie alla presenza di una riduzione di carreggiata fissa, insistente nella zona interessata dagli accessi, che destina stabilmente la corsia di marcia del fornice in direzione L'Aquila a corsia di decelerazione e di accelerazione rispettivamente per i veicoli diretti ai Laboratori o che dai Laboratori si immettono in autostrada.
La canna sinistra permette così l'accesso ai laboratori al personale impiegato, alle attrezzature ed ai materiali utilizzati dai Laboratori, consentendo al contempo di veicolare all'interno degli stessi anche le infrastrutture tecnologiche di supporto, tra cui le reti di alimentazione elettrica e trasmissione dati e le condotte di areazione ancorate al centro della volta del fornice stesso.

Tipologia del traffico

La velocità consentita nel traforo è 110 km/h per entrambe le canne, con una limitazione a 60 km/h nella zona d'accesso ai Laboratori INFN, per un tratto di circa 600 m, nella sola canna in direzione L'Aquila. Durante l'anno 2012 si è riscontrato un Traffico Giornaliero Medio (TGM) pari 5.181 veicoli con il 15,82% di pesanti. La sagoma stradale delle due canne è pari a 4,75 m in altezza. All'interno dell'opera il transito delle merci pericolose è normalmente vietato ma è autorizzato, in via eccezionale, solo per i trasporti relativi ai laboratori INFN e in condizioni ben definite quali: scorta della Polizia Stradale, orari prefissati e preavviso, chiusura della canna al traffico pubblico previe apposite ordinanze. Non esistono ad oggi statistiche relative al

numero di veicoli con merci pericolose che infrangono potenzialmente i divieti e le prescrizioni imposte per l'attraversamento dell'opera, né sulla natura delle merci trasportate. A tal proposito Strada dei Parchi ha avviato un progetto per lo sviluppo di un sistema per il rilevamento delle merci pericolose (MP) e dei trasporti eccezionali (TE) che transitano sulle A24 e A25, con particolare attenzione al monitoraggio e gestione in tempo reale di eventuali transiti di MP in violazione all'interno del traforo del Gran Sasso.

Criteri di esercizio

La canna destra e la canna sinistra del traforo sono normalmente usate in modo unidirezionale. Eccezionalmente, durante i lavori che implicano la chiusura della canna in direzione L'Aquila, la canna in direzione Teramo può essere impiegata in modalità bidirezionale alternata. La circolazione alternata viene in questo caso avviata a monte dell'opera e non vi è mai una circolazione contemporanea a due direzioni all'interno del singolo fornice.

Criticità e difformità del traforo

Presenza dei Laboratori INFN - Qualsiasi attività svolta dai Laboratori che possa comportare un rischio in termini di sicurezza degli utenti che circolano nella galleria deve essere presa in conto dal Gestore.

Restrizione della carreggiata per l'accesso del personale all'INFN - Il D.Lgs. 264/2006 impone che il numero di corsie debba restare lo stesso all'esterno e all'interno delle gallerie, tuttavia, nel tratto adiacente ai Laboratori, la corsia di marcia è chiusa al traffico in modo permanente.

Interdistanza dei by-pass pedonali - I by-pass pedonali tra le due canne del traforo hanno un'interdistanza media di 535 metri (con variabilità da un minimo di 163 metri ad un massimo di 739 metri). Alcuni dei n. 18 by-pass del traforo hanno dunque un'interdistanza superiore a 500 metri, che è la massima consentita dal D. Lgs. 264/2006 per i by-pass di tipologia pedonale.

Interdistanza media tra le stazioni di emergenza - Le stazioni di emergenza, allestite con colonnine per chiamata SOS ed estintori, hanno un'interdistanza superiore a 250 metri, essendo pari a circa 300 metri, che è la massima consentita dal D.Lgs. 264/2006 nel caso delle gallerie esistenti.

Volume del traffico pesante - In base ai dati del 2012 nel traforo del Gran Sasso è stata riscontrata una percentuale di veicoli pesanti pari al 15,82% che oltrepassa, anche se lievemente, il valore critico indicato dal D.Lgs. 264/2006, che è pari al 15%.

Impianto idrico antincendio - In base al punto 2.11 dell'Allegato 2 del D.Lgs. 264/2006 in tutte le gallerie rientranti nell'ambito del decreto stesso dovrà essere prevista l'erogazione idrica mediante idranti posizionati a intervalli non superiori a 250 metri. È pertanto in corso di realizzazione un impianto tradizionale con condotta idrica interrata alimentata e mantenuta in pressione da un'apposita vasca idrica a gravità.

Impianto di ventilazione attuale - Il traforo attualmente è dotato di un sistema di ventilazione longitudinale che, sebbene garantisca un'areazione efficace del traforo, non risponde agli attuali requisiti di resistenza al fuoco prescritti dal D.Lgs. 264/2006. È dunque in corso di progettazione il nuovo impianto di ventilazione, intervento che dovrà essere completato entro l'anno 2019, scadenza fissata dallo stesso decreto legislativo. Di seguito si riporta la consistenza dell'impianto, evidenziandone al contempo le principali criticità. Nel fornice in direzione Teramo attualmente sono installati n. 78 elettroventilatori assiali disposti a coppie, telecontrollabili da remoto, non resistenti al fuoco e non reversibili;

Nel 2008, in fase di redazione dell'Analisi di Rischio, sono state eseguite alcune simulazioni da cui è risultato che, per potenze di incendio pari a 100 MW, con una differenza di pressione sfavorevole superiore a 550 Pascal, trascorsi i primi 20 minuti, la velocità longitudinale dell'aria diviene inferiore alla velocità critica e la zona a valle dell'incendio non sarebbe quindi più protetta dai fumi: ecco quindi il rischio di back layering

Nel fornice in direzione L'Aquila attualmente sono installati n. 18 ventilatori originari su fila unica non resistenti al fuoco e non reversibili e n. 120 nuovi ventilatori disposti a coppia, resistenti al fuoco ma non reversibili, che furono sostituiti in occasione dei lavori decretati dal Commissario Speciale per il superamento dell'emergenza del "sistema Gran Sasso", commissionati nell'anno 2005 direttamente dal Dipartimento di Protezione Civile per la messa in sicurezza della canna in direzione L'Aquila, che comportarono la realizzazione di una nuova condotta supplementare di aerazione ad uso dei laboratori INFN.
Le principali criticità dell'impianto sono:

- assenza di algoritmi di ventilazione, da cui consegue che gestione dell'impianto di ventilazione manuale e non automatica, essendo demandata agli operatori specializzati
- il dimensionamento dell'impianto ignora le variazioni di differenza di pressione atmosferica tra i due imbocchi, che data la lunghezza del traforo possono raggiungere molte centinaia di Pascal
- le necessità di ventilazione in caso di incendio furono considerate, da parte del Dipartimento di Protezione Civile, esclusivamente per la resistenza al fuoco dei nuovi ventilatori (pertanto è attualmente garantita la sola ventilazione sanitaria)
- l'efficacia sul sito delle macchine è stimata a 0,85 (coefficiente sovrastimato a causa della presenza in volta della condotta di aerazione e della ridotta interdistanza, pari a circa 36 m, tra le coppie di ventilatori).

Tutti questi elementi comportano una possibile perdita di parte dell'impianto di ventilazione, a causa del calore sviluppato da un eventuale incendio, o comunque ne condizionano la durata di funzionamento in caso di un incendio di potenza molto elevata.
Come elemento attenuante del rischio gioca comunque a favore il sovradimensionamento, svolto all'epoca della progettazione dell'opera, basato sulle maggiori emissioni di gas di scarico dei veicoli allora circolanti rispetto ai livelli di inquinamento dei veicoli attuali, da cui deriva un'esuberanza prestazionale che consente di disporre di una discreta ridondanza di macchine, peraltro distribuite nell'arco dell'intera galleria, con batterie di ventilatori alimentate da diverse cabine elettriche. In queste condizioni è ipotizzabile che, in caso d'incendio, possa rendersi inservibile al più una batteria di ventilatori (alimentata da una stessa cabina elettrica), determinando quindi l'eventuale perdita contemporanea di al più n. 12 macchine su n. 78 (nel caso ad esempio della canna in direzione Teramo). Considerando inoltre che i telecomandi della rete 20kV e l'avviamento dei gruppi elettrogeni impiegano circa 5 minuti, e aggiungendo inoltre il tempo di impartire i comandi di avviamento di ogni ventilatore della canna incendiata, si valuta complessivamente che la ventilazione della canna incendiata possa essere pienamente operativa dopo circa 7 minuti a partire dall'istante in cui l'operatore decide di avviare la procedura di ventilazione.
Infine, dalle simulazioni eseguite nel 2008 in fase di redazione dell'Analisi di Rischio è risultato che, per potenze di incendio pari a 100 MW, con una differenza di pressione sfavorevole superiore a 550 Pascal, trascorsi i primi 20 minuti la velocità longitudinale dell'aria diviene inferiore alla velocità critica

Foto A - Simulazione con scooter

Foto B - Mezzo speciale "Pick- Up"

e la zona a valle dell'incendio non sarebbe quindi più protetta dai fumi, esistendo dunque il rischio di back layering. L'efficienza dell'impianto di ventilazione dopo 20 minuti calerebbe dunque drasticamente.

Contromisure attuali per sopperire ai limiti della ventilazione

Per sopperire alle suddette carenze dell'impianto di ventilazione, da circa dieci anni, il traforo è stato dotato di un presidio fisso presso la Centrale attigua operante in orario H24, 7 giorni su 7, attraverso la disponibilità di una squadra mobile di emergenza, con servizio di pattugliamento continuo, che è in grado di intervenire rapidamente essendo dotata di speciali veicoli attrezzati per l'estinzione delle fiamme. In attesa di procedere alla riqualificazione dell'intero impianto di ventilazione, attività richiesta entro il 2019 per il D. Lgs. 264/2006, è prevista inoltre la sperimentazione di tecnologie innovative finalizzate allo spegnimento sempre più rapido de-

Foto C - Mezzo speciale "scooter"

gli incendi. Si riporta nella *Foto A* una simulazione di estinzione delle fiamme eseguita da un operatore specializzato della squadra mobile di pronto intervento.
Il sistema si basa sul principio dell'acqua micronizzata, erogata da una pistola ad aria compressa, che consente di porre in sicurezza una vettura in fiamme in circa 30" e in ulteriori 30" di garantire l'estinzione completa dell'incendio. La tecnologia è stata sviluppata con il criterio di combattere gli incendi utilizzando quantità di acqua incredibilmente ridotte, se paragonate ai sistemi tradizionali, nella misura di un rapporto 1:100.
Nelle *Foto B, C, e D/1D2* si riportano alcuni mezzi speciali in dotazione alla squadra mo-

Foto D1/D2 - Mezzo speciale "Smart"

Il traforo del Gran Sasso, alla luce delle criticità e difformità, con particolare riferimento alla notevole lunghezza dei fornici e alla presenza dei laboratori dell'INFN, è classificabile come una galleria speciale

bile di pronto intervento in servizio presso traforo del Gran Sasso.

Contesto normativo del traforo

Secondo il D.Lgs. 264/2006 una galleria può essere definita "speciale" se possiede caratteristiche geometriche, funzionali e ambientali che possono indurre condizioni di pericolo per gli utenti tali da richiedere, suffragata da Analisi dei Rischi, l'adozione di misure di sicurezza integrative, intese come provvedimenti complementari che integrano i requisiti minimi di sicurezza, finalizzate al perseguimento di un minore livello di rischio per quelle gallerie che presentano caratteristiche speciali rispetto ai parametri di sicurezza standard, tali da determinare condizioni di maggiore potenziale pericolo. Ai sensi dell'art. 4 comma 8 D. Lgs. 264/2006 la Commissione Permanente delle Gallerie (V Sezione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici del Ministero delle Infrastrutture e Trasporti) è l'organo deputato ad individuare le gallerie che presentano caratteristiche speciali per le quali occorre prevedere misure di sicurezza integrative o un equipaggiamento complementare. Alla luce delle suddette criticità, con particolare riferimento alla notevole lunghezza dei fornici e alla presenza dei laboratori dell'INFN, il traforo del Gran Sasso è classificabile come una galleria speciale. Per tale motivazione, unitamente alla necessità di ottimizzare i piani di adeguamento ai requisiti del D.Lgs. 264/2006 delle restanti gallerie delle A24 e A25, la Concessionaria Strada dei Parchi ha ritenuto opportuno sperimentare nuove tecnologie nel traforo, focalizzando l'attenzione su quelle orientate a garantire un innalzamento dei livelli di sicurezza nella rilevazione e gestione degli incendi.

Progetto sperimentale di un sistema di spegnimento automatico degli incendi

Il progetto prevede l'installazione, a scopo sperimentale, di un sistema di spegnimento incendi per mezzo di monitori telecomandati nel tratto del traforo corrispondente alle gallerie di raccordo con i Laboratori dell'INFN.
Il sistema di spegnimento con monitori sarà sperimentato con due tecnologie complementari e precisamente:

- in una tratta di 174 metri con monitori telecomandati montati a bordo di un carrello automatico che corre su una monorotaia aerea;
- in una tratta di 150 m con monitori telecomandati stazionari direttamente fissati alla volta della galleria ad intervalli regolari.

Nella planimetria *(riportata in figura 2),* viene rappresentato, in maniera schematica, il tratto di galleria prescelto e vengono indicate le due differenti tecnologie utilizzate, nonché i rispettivi tratti di galleria in cui le stesse verranno installate. Il sistema è dotato di una stazione di pompaggio e formazione automatica di miscela schiumogena la cui localizzazione è parimenti indicata nello schema di *figura 2.*
È opportuno evidenziare che il tratto di galleria che sarà utilizzato per la sperimentazione è stato selezionato tenendo conto delle particolari caratteristiche costruttive e logistiche della traforo del Gran Sasso. L'impianto sperimentale così posizionato rappresenta, infatti, non solo una misura aggiuntiva che incrementa la sicurezza della galleria, ma costituisce un ulteriore fattore di sicurezza per il punto più critico della stessa (traffico addizionale in uscita dal Laboratorio che si inse-

risce nel flusso principale) e rappresenta infine un'ulteriore garanzia della utilizzabilità della galleria come uscita di sicurezza dal Laboratorio in caso di emergenza di qualunque tipo che dovesse verificarsi nella galleria o nel Laboratorio stesso. Tutte le unità che compongono il sistema sono previste per installazione nella zona zebrata della galleria, in corrispondenza del tratto a corsia unica, e possono quindi venire montate senza interruzione del traffico. Sarà inoltre prevista la possibilità di comando sia automatico che manuale del sistema, locale e remoto (Pulpito di Controllo e Comando). Per la sperimentazione del Gran Sasso il riconoscimento di presenza di fumo e/o fiamma sarà realizzato con telecamere per il rilevamento di temperature anomale, munite di sensore sensibile all'infrarosso, che saranno montate lungo la parete della galleria ad una quota superiore a quella della sagoma dei veicoli in transito e con una geometria tale da permettere un riconoscimento di incendio senza "zone d'ombra". Saranno sperimentati anche monitori stazionari con una portata idroschiuma pari a 1000 litri al minuto cadauno, largamente superiore quindi alla portata di spegnimento specifica dei mezzi, sia fissi che mobili, normalmente in dotazione per lo spegnimento di incendi in galleria.

Vantaggi attesi dal sistema antincendio sperimentale

- Impiego alternativo della tubazione monorotaia aerea per:
  - eventuale condotta idrica di impianti antincendio tradizionali ad uso dei Vigili del fuoco (evitando l'impatto sul traffico tipico dei cantieri necessari per la realizzazione di condotte interrate)
  - eventuale trasporto di acqua miscelata con tensioattivi per la bonifica in caso di sversamenti di liquidi infiammabili
  - eventuale irrorazione di soluzioni antigelive in prossimità degli imbocchi e delle uscite delle gallerie nei periodi invernali

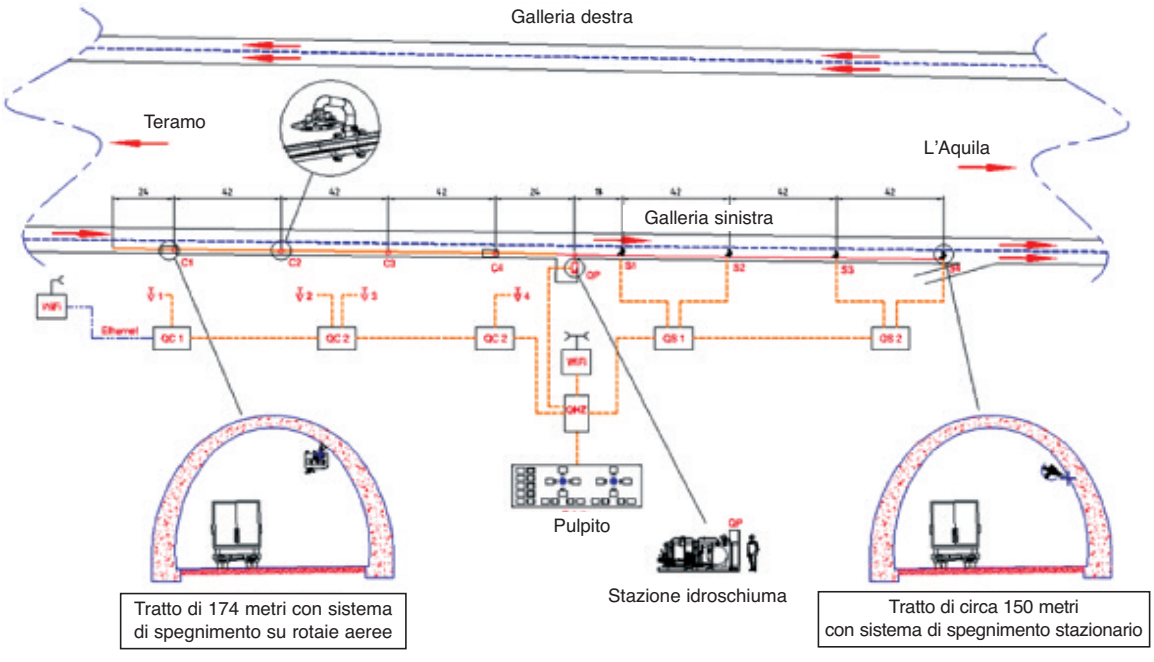

Figura 2 - Layout dell'impianto sperimentale

  - supporto per i cavi in fibra ottica delle dorsali di trasmissione dati
  - supporto per i cavi termosensibili in tecnologia fibrolaser
- Impiego alternativo del carrello automatico su monorotaia per il supporto di telecamere e sensori di vario tipo (ad esempio per la rilevazione dei gas tossici e infiammabili)
- Equipaggiamenti di sicurezza innovativi per proposte di deroga ai sensi dell'art. 14 del D. Lgs. 264/2006 al fine di fornire un livello equivalente o più elevato di protezione rispetto alle tecnologie previste nel decreto legislativo stesso
- Misure di sicurezza integrative per le gallerie Speciali ai sensi dell'art. 4 comma 8 del D.Lgs. 264/2006.

Interventi di adeguamento previsti per il D. Lgs. 264/2006

Le caratteristiche del traforo, quali in primis la lunghezza e la presenza dei Laboratori INFN nella canna in direzione L'Aquila, fanno si che la totalità dei provvedimenti richiesti dal D. Lgs. 264/2006 per le gallerie già in esercizio dovranno essere realizzati entro il 2019, fatta eccezione per quelli relativi alle carenze strutturali, quali ad esempio il rispetto dell'interdistanza minima di 500 metri tra i by-pass pedonali, che potranno essere sostituiti da apposite misure compensative, suffragate da Analisi dei Rischi preventivamente approvate dalla Commissione Gallerie, in quanto richiederebbero un costo sociale sproporzionato, richiedendo la chiusura del traforo per molti mesi con conseguenti disagi per il traffico locale, regionale e nazionale.
Ai sensi del decreto saranno quindi necessari i seguenti adeguamenti.

Adeguamento e potenziamento dell'impianto di ventilazione, con acceleratori e cavi di alimentazione e controllo resistenti al fuoco, prevedendo un sistema dimensionato in maniera tale da garantire una adeguata spinta dei fumi almeno nel 95% dei casi di differenze di pressione tra gli imbocchi.

Impianto idrico antincendio, in quanto per gli incendi non dominati in tempi rapidi, né dall'utente né dalle squadre mobili con presidio fisso, l'intervento dei Vigili del fuoco è comunque essenziale. All'interno del traforo è dunque in fase di ultimazione un sistema di alimentazione idrica con serbatoio a gravità di tipo "superiore", secondo la definizione dell'art. 4.11 della Norma UNI 9490, in grado di garantire una maggiore funzionalità rispetto ai tipici gruppi meccanici che, come noto, necessitano di continue verifiche di efficienza e della disponibilità di una doppia sorgente di alimentazione esterna realizzata tramite una linea preferenziale in aggiunta alla linea ordinaria.
L'impianto antincendio in corso di realizzazione, le cui caratteristiche tecniche sono state concordate durante la fase di progettazione esecutiva con i rispettivi compartimenti dei Vigili del fuoco di L'Aquila e di Teramo, è dotato di attacchi per idranti tipo UNI 70, posizionati ogni 50 metri ai margini del cunicolo lato corsia di sorpasso, con manichette antincendio alloggiate in appositi armadi. La dorsale di alimentazione è realizzata mediante una condotta in PEAD interrata, alloggiata in un apposito scavo predisposto sotto le due carreggiate stradali. Inoltre, su richiesta dei Vigili del Fuoco, è stata realizzata una protezione specifica delle vie di fuga dell'area INFN verso la galleria e precisamente verso i by-pass numero 12 e 13; tale protezione avviene tramite idonee lame d'acqua azionate manualmente, all'occorrenza, dal personale dei Laboratori. L'impianto a lame d'acqua è composto complessivamente di n. 4 barriere, installate a coppie, ognuna delle quali sarà attivabile singolarmente e provvederà alla protezione del percorso verso il relativo by-pass di fuga.
È inoltre in corso di progettazione un sistema sperimentale con monitori mobili telecomandati per l'estinzione automatica dell'incendio che rappresenterà una misura integrativa fi-

nalizzata a garantire lo spegnimento in tempi sempre più rapidi.

Ammodernamento dei by-pass mediante l'installazione di portali resistenti al fuoco REI 120 e la realizzazione di filtri pedonali pressurizzati, dotati di sistemi di videocomunicazione con gli utenti e di altre tecnologie atte a rendere "luoghi sicuri" gli stessi by-pass.

Adeguamento dei by-pass carrabili per l'accesso dei servizi di soccorso, in quanto per le gallerie già in esercizio il D.Lgs. 264/2006 prescrive by-pass carrabili ad intervalli non superiori a 1500 metri.

Ammodernamento dell'impianto di illuminazione, secondo i requisiti della norma UNI 11095, mediante l'impiego di tecnologie orientate all'ottimizzazione della manutenzione e al risparmio energetico, quali i LED (Light Emitting Diode) o le lampade ad Induzione Elettromagnetica.

Segnaletica retroilluminata di sicurezza e di evacuazione sul piedritto, in risposta ai requisiti del punto 2.8.3 Allegato 2 del D.Lgs. 264/2006.

Specifica segnaletica luminosa per preavviso di restringimento di carreggiata per la canna in direzione L'Aquila, con impiego di una corsia dinamica dotata di Pannelli a Messaggio Variabile, Indicatori di Disponibilità di Corsia (semafori "freccia-croce"), telecamere per rilevazione automatica del traffico e sensori a tripla tecnologia.

Stazioni di emergenza aggiuntive, dotate di colonnine SOS corredate da due estintori, per portare l'interdistanza a 250 metri secondo i requisiti del D.Lgs. 264/2006.

Completamento della segnaletica attiva con Indicatori Disponibilità Corsia e Pannelli a Messaggio Variabile.

UPS (Uninterruptible Power Supply), rispondendo ai requisiti del punto 2.17.1 dell'Allegato 2 del D.Lgs. 264/2006, secondo cui tutte le gallerie devono disporre di un'alimentazione elettrica di emergenza per assicurare il funzionamento degli impianti di sicurezza per il tempo necessario a consentire la totale evacuazione degli utenti dalla galleria stessa.

Impianto di Videosorveglianza all'interno e agli imbocchi con sistema di Rilevazione Automatica d'Incidente (RAI) e Rilevazione Fumo (RF).

Controllo e supervisione da remoto di tutti gli impianti, mediante l'impiego di evoluti sistemi SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) che consentono il continuo monitoraggio e telecontrollo degli impianti da parte del CEM (CEntro Moniotraggio), ubicato nella Control Room adiacente all'imbocco

lato L'Aquila del traforo, nella quale sono presenti operatori altamente specializzati in orario H24;

Adeguamento degli impianti, cavi e loro componenti per un'adeguata resistenza al fuoco in caso di loro esposizione ad un incendio, in risposta ai requisiti del punto 2.18 dell'Allegato 2 del D.Lgs. 264/2006.

Sistema di monitoraggio e controllo dei Trasporti delle Merci Pericolose, che prevede l'installazione di sezioni di rilevamento del passaggio dei veicoli nelle zone antecedenti agli imbocchi del traforo, opportunamente dimensionate in funzione del numero di corsie per senso di marcia.
Ogni corsia sarà infatti monitorata da una telecamera di lettura targhe da installare su strutture esistenti (ad esempio portali di sostegno dei Pannelli a Messaggio Variabile nelle tratte antistanti gli imbocchi del traforo), finalizzate a rilevare in tempo reale eventuali transiti di MP in violazione che tentassero di immettersi nel traforo stesso. Presso ciascuna postazione di monitoraggio saranno quindi installati i dispositivi necessari per rilevare il passaggio dei veicoli ed effettuare la lettura delle targhe di immatricolazione posteriori e delle targhe di trasporto MP (pannello di segnalazione arancione riportante il codice Kemler ed il codice ONU) presenti sui veicoli stessi. Nello specifico, per ciascuna corsia di marcia sarà installato un sistema di ripresa composto da una telecamera OCR di lettura targhe, una telecamera di contesto per la documentazione del transito e un illuminatore all'infrarosso.
A livello centrale sarà realizzato un applicativo software per il Centro di Controllo attiguo al traforo, che consentirà la minimizzazione del rischio di incidenti che coinvolgano merci pericolose attraverso il monitoraggio di eventi importanti ai fini della prevenzione, quali ad esempio la presenza di merci incompatibili, di merci ad alto rischio o di un numero elevato di mezzi trasportanti merci pericolose nelle zone adiacenti al traforo.

La disponibilità di dati sulla presenza di mezzi trasportanti determinate merci pericolose, unitamente alle informazioni di dettaglio presenti nella banca dati delle sostanze ADR (European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road), consentirà inoltre un efficace e preciso supporto nella gestione delle emergenze in caso di incidenti coinvolgenti merci pericolose.
A tal fine il sistema in corso di progettazione prevede anche la dotazione, sia per gli Ausiliari alla Viabilità che per le Squadre Mobili antincendio, di appositi dispositivi mobili (tablet industriali), in grado di ricevere in tempo reale la notifica di potenziale presenza di un veicolo ADR, in base alla posizione geografica del mezzo e del dispositivo, nonché ottenere dalla centrale tutte le informazioni in disponibilità del sistema, quali numero dei veicoli con carichi pericolosi presenti nelle tratte precedenti al traforo e quelli nell'area più immediatamente prossima al dispositivo mobile.

Misura del Rischio Sociale per il traforo e miglioramenti in termini di Curve Cumulate Complementari (diagramma F-N)

In generale il rischio di un sistema galleria è espresso, in accordo ai dettati del D.Lgs. 264/2006, tramite una Misura di Rischio Sociale definita assumendo come variabile di rappresentazione le conseguenze attese, sulla popolazione esposta al flusso del pericolo, su un determinato lasso temporale.
La Misura di Rischio Sociale è rappresentata da una curva cumulata complementare tracciata su un piano cartesiano.
L'indice di rischio sociale del traforo del Gran Sasso, in fase di redazione dell'Analisi dei Rischi, è stato dunque rappresentato in termini di curve F-N, che forniscono l'informazione relativa alla frequenza F attesa di un evento incidentale in grado di causare almeno un numero N di fatalità. Per una data galleria, inserita in un determinato contesto ter-

ritoriale, la curva F-N deve poi essere confrontata con le curve che rappresentano il criterio di accettabilità del rischio e identificano sul piano cartesiano una regione ritenuta non accettabile (zona di inaccettabilità). Qualsiasi curva F-N che intersechi la suddetta zona rappresenta una situazione di rischio inaccettabile, viceversa è necessario che la curva ricada almeno nella zona cosiddetta ALARP (As Low As Reasonably Practicable) che rappresenta la zona in cui si individua la massima riduzione del rischio ragionevolmente praticabile. Si riportano nelle *figure 3 e 4* i diagrammi F-N rispettivamente per gli stati pre e post adeguamento del traforo del Gran Sasso. Come si evince dal digramma riportato in *figura 4*, relativo allo stato di post-adeguamento che si conseguirebbe applicando i requisiti minimi di sicurezza prescritti dal D.Lgs. 264/2006, la curva cumulata complementare si collocherebbe ai limiti della zona ALARP, richiedendo requisiti molto stringenti in termini di eventuali guasti o malfunzionamenti temporanei che potrebbero verificarsi sui futuri impianti di sicurezza. L'adozione di misure integrative ed equipaggiamenti complementari, consegubili mediante il ricorso a nuove tecnologie, potrebbe dunque consentire di ottenere sensibili miglioramenti in termini di curve F-N.

Le conclusioni

Il traforo del Gran Sasso nei prossimi anni sarà oggetto di un complesso e articolato piano di interventi, finalizzati all'adeguamento ai requisiti del D.Lgs. 264/2006, i cui relativi investimenti dovranno essere preventivamente approvati dal Ministero delle Infrastrutture e Trasporti. Il termine ultimo per completare gli adeguamenti risulta fissato dallo stesso decreto per l'anno 2019, in risposta alle prescrizioni della direttiva 2004/54/CE del Parlamento Europeo relativa ai "Requisiti minimi di sicurezza per le gallerie della rete stradale transeuropea". Detto piano di interventi, in parte già avviato con la realizzazione dell'impianto antincendio con idranti in galleria, provvedimento precedentemente approvato dal MIT nell'ambito dell'attuale Piano Economico Finanziario, comporterà un notevole impiego di risorse da parte della Concessionaria Strada dei Parchi S.p.A., chiamata a garantire il rispetto dei requisiti di sicurezza del traforo e al contempo

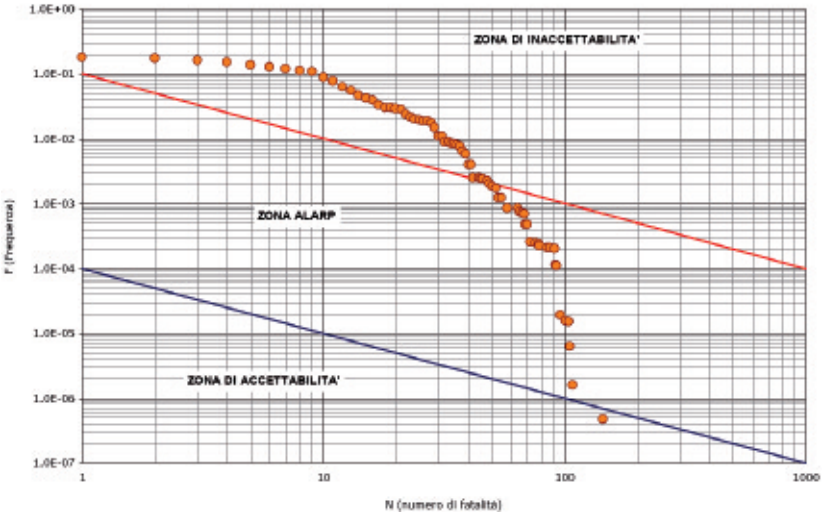

Figura 3 - Diagramma F-N per lo stato di pre – adeguamento D.Lgs. 264/2006

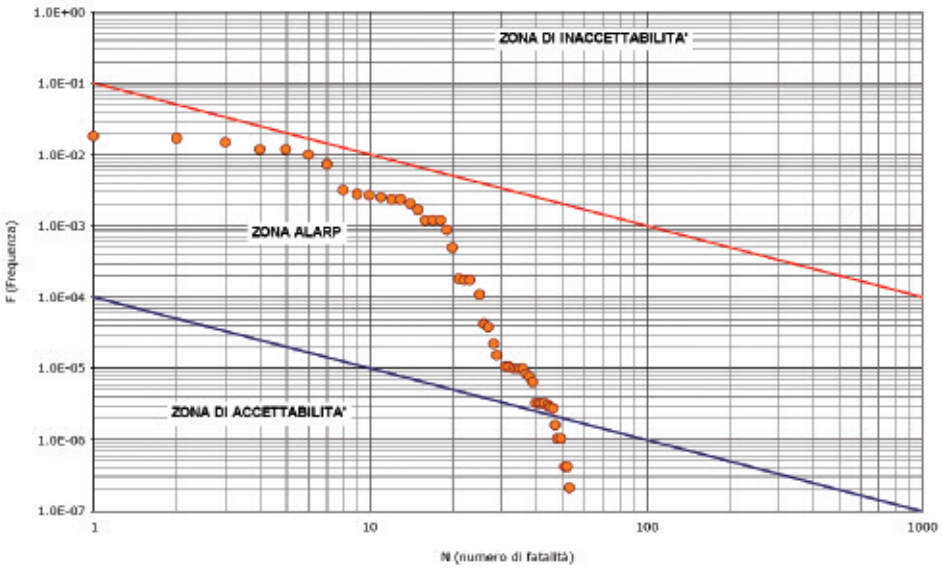

Figura 4 - Diagramma F-N per lo stato di post - adeguamento D.Lgs. 264/2006

la continuità del servizio per l'utenza autostradale. Le peculiari caratteristiche del tunnel del Gran Sasso, unitamente alle criticità aggiuntive determinate dalla presenza dei Laboratori dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare all'interno del fornice in direzione L'Aquila, fanno sì che il traforo sia classificabile come una "galleria speciale" ai sensi dell'art. 4 comma 8 del D.Lgs. 264/2006.
La Concessionaria Strada dei Parchi S.p.A., dovendo dunque prevedere l'attuazione di misure integrative rispetto ai requisiti minimi di sicurezza prescritti dalla Direttiva Europea 2004/54, ha ritenuto opportuno avviare un progetto sperimentale per la valutazione dei miglioramenti prevedibili con l'adozione di tecnologie innovative nel settore antincendio, finalizzate a minimizzare i tempi di intervento per l'estinzione delle fiamme, limitando dunque gli effetti devastanti tipici degli incendi caratterizzati da potenze molto elevate. In un tale contesto è stato ideato il progetto per l'installazione del sistema di estinzione automatica degli incendi con monitori telcomandati fissi e/o mobili in una tratta particolarmente critica del traforo, al fine di valutare, a valle dei risultati sperimentali, i benefici conseguibili in termini di curve F-N mediante l'aggiornamento dell'Analisi dei Rischi. Prescindendo dalle prescrizioni normative l'obiettivo che si intende perseguire, ricorrendo all'impiego delle moderne tecnologie per l'innalzamento dei livelli di sicurezza delle gallerie, consiste primariamente nella prevenzione e riduzione dei rischi di incendi con potenze considerevoli che, se non domati nei primi minuti, comporterebbero tragiche conseguenze per gli utenti autostradali eventualmente coinvolti e per gli addetti ai soccorsi, restando pur sempre consapevoli che progettazione, realizzazione e manutenzione delle gallerie sono strettamente connesse con la prevenzione e il soccorso operati dai Vigili del fuoco, costantemente attivi per cercare di garantire l'incolumità delle persone.

Bibliografia

- Egis Tunnels (2008), Analisi dei Rischi per la galleria Gran Sasso.
- Decreto Legislativo 5 ottobre 2006, n. 264, "Attuazione della direttiva 2004/54/CE in materia di sicurezza per le gallerie della rete stradale transeuropea"