

Gallerie stradali e ferroviarie: un Gruppo di Ricerca per la sicurezza



a cura di **Flaminia Ciccotti**

Il Gruppo di Ricerca di Ingegneria della Sicurezza (GdR), costituito dagli ingegneri Mara Lombardi e Giuliano Rossi, a cui abbiamo rivolto questa intervista, si è aggregato intorno alla figura del prof. Massimo Guarascio, Presidente del Consiglio d'Area in Ingegneria della Sicurezza, decano del settore dell'Analisi del Rischio, titolare del corso omonimo presso il Corso di laurea in Ingegneria della Sicurezza e Protezione Civile - Università di Roma "La Sapienza".

In occasione della lunga collaborazione con il prof. Guarascio, gli ingegneri Mara Lombardi e Giuliano Rossi hanno lavorato alla definizione di modelli di policy risk e alla redazione degli allegati tecnici di testi normativi con particolare riferimento alla sicurezza in galleria ferroviaria e in galleria stradale (D.M. 28/10/2005, Sicurezza in galleria ferroviaria, Linee guida ANAS...).

Il prof. Guarascio, in qualità di membro della Commissione Ministeriale per la redazione del D.M. 28/10/2005, ha ricoperto l'incarico di responsabile della sottocommissione Analisi di Rischio, coordinando i lavori che hanno portato all'adozione dell'Allegato III - Analisi di rischio, del citato decreto.

Negli anni a seguire, sulla base della competenza così maturata, il GdR ha sviluppato esperienze di ricerca e professionali verso partner e committenti rilevanti, come il Comune di Roma, Rete Ferroviaria Italiana, TAV - Italferr, Risorse per Roma, ANAS, Autostrade, ATAC.

- **Qual è il quadro normativo di riferimento per la sicurezza delle gallerie stradali?**

È anzitutto necessario distinguere il caso di gallerie stradali su rete TERN (Trans European Road Network) dal caso di gallerie del sistema viario non TERN, e il caso di verifica della sicurezza dell'esercizio da quello relativo alla sola specifica di sicurezza antincendio.

Con riferimento alla verifica della sicurezza dell'esercizio, per le strutture installate su rete TERN, il riferimento normativo principale è costituito dalla Direttiva 2004/54/CE (Requisiti minimi di sicurezza per le gallerie della rete stradale transeuropea, GU L 167 del 30/4/2004 e ss.mm.ii.), recepita in Italia con il D.Lgs. 5 ottobre 2006, n. 264 (Attuazione della direttiva 2004/54/CE in materia di sicurezza per le gallerie della rete stradale transeuropea, G.U. 9 ottobre 2006, n. 235 Supplemento Ordinario n.195).



Sempre con riferimento alla sicurezza dell'esercizio, nel caso delle gallerie di rete non TERN, il riferimento normativo obbligatorio è il Decreto Ministeriale 5 giugno 2001 (Sicurezza nelle gallerie stradali, Gazzetta Ufficiale italiana n. 217 del 18 settembre 2001).

Per le sole gallerie gestite da ANAS, principi di progettazione e di gestione dell'esercizio sono indicati nelle Linee Guida per la progettazione della sicurezza nelle Gallerie Stradali del 2006.

Per la totalità delle gallerie stradali esiste inoltre un riferimento normativo precedente alla citata Direttiva Europea: si tratta della Circolare del Ministero dei LLPP del 6 dicembre 1999, n. 7938, adottata nell'immediatezza dell'incidente al traforo del monte Bianco, che ha imposto un primo adeguamento impiantistico ai tunnel stradali e la verifica delle condizioni gestionali, strutturali e impiantistiche rilevanti per la sicurezza.

Il complesso sistema normativo descritto non assorbe, inoltre, gli obblighi specifici di sicurezza antincendio, che, per le gallerie di lunghezza superiore a 2000 m, in conformità al disposto del D.P.R. 151/11, punto 80, prevedono la realizzazione delle misure di sicurezza orizzontali (in assenza di norma tecnica antincendio specifica) e l'adozione della procedura di rilascio del Certificato di Prevenzione Incendi (CPI).

- **Quali sono le problematiche più rilevanti nel caso di incendio in galleria stradale e quali interventi sono indicati per mitigarne le conseguenze?**

Quando si pensa all'incendio in galleria stradale, la memoria rimanda immediatamente al grave incidente del Traforo del Monte Bianco, e alle non infrequenti notizie di incendi, in Italia e fuori, che sovente hanno comportato la perdita di molte vite.

Dal punto di vista sostanziale, la sicurezza antincendio delle strutture confinate costituisce la verifica di sicurezza più importante tra quelle richieste: lo confermano gli obblighi espliciti imposti dalle norme, che di fatto prevedono un doppio livello di verifica, sia nell'ambito della sicurezza dell'esercizio che nell'ambito delle procedure antincendio, dove obbligatorie.

Come sempre negli incendi, il pericolo maggiore per gli esposti è costituito dalla saturazione progressiva

dell'ambiente ad opera dei prodotti della combustione, e il rischio più concreto è quello dell'asfissia. La potenza dell'incendio caratteristico delle gallerie stradali è rilevante e, in generale, i tempi di sviluppo delle condizioni di lesività risultano relativamente brevi.

Il successo della gestione dell'emergenza incendio in galleria dipende, per tali motivi, sostanzialmente dalla capacità degli esposti di allontanarsi in modo tempestivo dall'incendio e raggiungere luoghi sicuri, costituiti in generale dalle uscite a cielo aperto (fornici di ingresso - uscita e, in alcuni casi e nelle gallerie più lunghe, vie di esodo intermedie). La possibilità di ottenere un soccorso esterno in tempi stretti può essere garantita solo per poche strutture, e comunque mai, anche in questi casi, la salvezza degli esposti può essere demandata al personale di sicurezza pubblica.

Perché, quindi, sia garantita la percorribilità delle vie d'esodo agli esposti, è necessario progettare sistemi di mitigazione che aumentino il tempo utile all'autosoccorso.

La tecnologia disponibile e gli orientamenti della ricerca consentono oggi di realizzare sistemi di mitigazione del pericolo di grande efficacia: sistemi di ventilazione longitudinali o trasversali intelligenti, capaci cioè di intervenire sulla base delle indicazioni di sistemi di sensori antincendio puntuali o continui, estrattori e sistemi di facilitazione dell'esodo realizzati con guide luminose.

Ovviamente nessuno di questi sistemi può garantire la vivibilità ambientale per un tempo illimitato, ma le analisi di scenario di incendio e le valutazioni di efficienza ed efficacia dei sistemi possono consentire la realizzazione di un sistema ingegneristicamente sicuro, capace cioè di garantire un margine di sicurezza sufficiente all'allontanamento degli esposti all'incendio.

Dal punto di vista della prevenzione, in alcune strutture di lunghezza rilevante, come ad esempio i grandi trafori, sono oggi utilizzati impianti innovativi di gestione del traffico: portali termografici, utili a rilevare tempestivamente veicoli in avaria, e sistemi di contingentamento del traffico per contenere gli effetti di interferenza tra i veicoli in transito (si consideri che circa il 90% degli incendi in galleria è conseguenza di evoluzioni sfortunate di incidenti ordinari tra i veicoli).

- **Cosa prevedono le linee guida ANAS in termini di sicurezza antincendio?**

Le Linee Guida Anas propongono un approccio progettuale della sicurezza di esercizio basato sulla verifica della prestazione del sistema galleria, in conformità al criterio della sicurezza ingegneristicamente sostenibile. La struttura della Linea Guida è coerentemente sviluppata secondo i principi della Direttiva 2004/54/CE, esplicitamente più volte richiamata nel documento, e mutua da questa la definizione di gruppi omogenei di strutture (classificate in funzione di flusso del traffico, lunghezza, carreggiate e corsie), assegnando a



ciascuna classe dei requisiti minimi di sicurezza che, ove direttamente applicati, garantiscono il conseguimento di un livello di sicurezza accettabile.

Vista la difficoltà di ricondurre la singola struttura ad un design progettuale standardizzato, e visti soprattutto i costi che tale approccio rigido comporterebbe, l'approccio delle Linee Guida, in conformità con quanto indica la Direttiva, è di verificare la possibilità di ottenere pari prestazioni di sicurezza con interventi alternativi a quelli prescrittivi, lasciando al progettista l'onere della verifica mediante analisi di rischio quantitativa.

Va rilevato come nelle Linee Guida sia indicata, come misura minima, l'adozione di by pass o percorsi di esodo protetti con accessi ogni 300 metri: misura, questa, significativamente più stringente di quanto non risulti nella Direttiva.

Ciò detto, non esiste un sistema di interventi assolutamente obbligatori secondo l'approccio prestazionale che coerentemente ispira le Linee Guida, consistendo l'unico obbligo inderogabile nella realizzazione di un sistema ingegneristicamente sicuro, compatibilmente con i criteri di verifica del rischio sociale.

Gli interventi di adeguamento più comuni sono comunque costituiti dalla realizzazione di impianti di ventilazione longitudinale o trasversale, la cui funzionalità è obbligatoria, nella maggior parte dei casi, anche durante il normale esercizio della galleria, allo scopo di diluire ed espellere gli inquinanti prodotti dai veicoli.

- **A che punto siamo con l'adeguamento alla normativa comunitaria delle gallerie stradali?**

Per quanto riguarda l'adeguamento minimo, una prima scadenza rilevante, già da tempo superata, è quella del 31 dicembre del 2000: a seguito dell'incidente del Traforo del monte Bianco, la Circolare 7938 del 1999 (già citata) imponeva tale termine per la realizzazione delle misure minime, costituite dall'integrazione di segnaletica interna, colonnine SOS e presidi antincendio costituiti da estintori portatili agli imbocchi e, per le sole gallerie più lunghe di 2000 m, idranti.

Ulteriori e più stringenti adeguamenti sono oggi necessari per il disposto della Direttiva 2004/54/CE: con riferimento alle sole gallerie della rete TERN, le norme europee impongono la totale applicazione delle disposizioni in termini sostanzialmente immediati per tutte le gallerie di nuova costruzione (in particolare per tutte le gallerie il cui progetto preliminare non risultasse approvato alla data del 1 maggio 2006).

Per le restanti gallerie il termine ultimo per la realizzazione degli interventi di adeguamento è il 30 aprile 2019. Le attività di verifica e progetto sono in corso, e molti cantieri sono già installati.

- **Di cosa deve tener conto un buon progetto della sicurezza nelle gallerie ferroviarie?**

Le norme di riferimento del caso ferroviario sono costituite dal disposto integrato di una fonte nazionale, il Decreto Ministeriale 28 ottobre 2005 (Sicurezza delle gallerie ferroviarie, G.U. 83 dell'8 aprile 2006) e di un sistema normativo europeo finalizzato all'interoperabilità, cioè all'apertura del mercato ferroviario, storicamente monopolista, alla concorrenza tra operatori nello spazio economico dell'UE.

La fonte normativa che esplicita i vincoli più rilevanti è costituita dal Decreto Ministeriale citato, che propone, con un approccio innovativo, una verifica prestazionale della sicurezza, e fornisce la misura della sicurezza accettabile da utilizzare come criterio di verifica.

Il Decreto impone, in via generale, l'adozione di un progetto di sicurezza integrato del sistema galleria, che ha effetto sul vettore ferroviario, sull'infrastruttura, sulle procedure di gestione del traffico e su quelle di emergenza. I parametri principali da considerare sono: lunghezza della galleria, livello di traffico e conformazione altimetrica, che influiscono complessivamente sul rischio ed indirizzano all'adozione di misure prescrittive crescenti all'aumentare degli stessi. La verifica di sicurezza complessiva è tuttavia lasciata al progettista e sviluppata mediante valutazioni probabilistiche ed analisi di scenario, che consentono di misurare la prestazione di sicurezza in caso di incidenti (deragliamento, collisione e incendio) opportunamente selezionati con lo scopo di rappresentare, con sintesi statistica, tutte le possibilità di incidente realizzabili.

Con questo approccio diventano determinanti anche altri parametri oltre quelli già citati: la distanza massima di esodo, la sezione utile della galleria, le condizioni aeruliche d'insieme, determinate dalla circolazione d'aria naturalmente attiva o artificialmente attivata (come nel caso di effetto pistone), le affidabilità delle installazioni impiantistiche.

- **Quando si può definire sicura una galleria ferroviaria?**

Le condizioni di utilizzo dei tunnel ferroviari comportano una pericolosità significativamente più bassa rispetto al caso dei tunnel stradali: se volessimo ragionare anche solo in termini di quantità di combustibile disponibile, gli incendi ferroviari caratteristici sono meno intensi di quelli stradali essendo minore l'incidenza di componenti costruttive ad alta infiammabilità. Gran parte della potenza dell'incendio del caso stradale è infatti alimentata da pneumatici, benzina e gasolio.

La pericolosità caratteristica del caso ferroviario è invece strettamente dipendente dal tipo di trazione caratteristica della linea: lo dimostra il fatto che nei Paesi che tradizionalmente hanno una quota rilevante di trazione ferroviaria diesel, come la Gran Bretagna, la probabilità di incendio e le potenze caratteristiche sono sensibilmente più alte di quanto non sia in Paesi, come l'Italia, a prevalente trazione elettrica.

Confrontando la pericolosità del caso ferroviario con quella dello stradale, non possiamo tacere, inoltre, la maggiore garanzia di sicurezza propria del treno rispetto agli autoveicoli, l'alta affidabilità dei sottosistemi costituenti il materiale rotabile, gli obblighi manutentivi a carico delle imprese di trasporto ferroviario riportati nei Regolamenti di Circolazione e la sicurezza intrinseca di una conduzione professionale: tutti fattori che rendono l'incendio in galleria ad un convoglio ferroviario un evento raro, ove confrontato con quanto invece accade in galleria stradale.

Va evidenziato, tuttavia, che alla bassa probabilità che si realizzi un evento di questo tipo (che per la percorrenza di 1 km di galleria può variare tra 1 probabilità su dieci milioni e 1 probabilità su dieci miliardi) corrisponde uno scenario di emergenza particolarmente complesso vista la quantità di persone potenzialmente esposte e le difficoltà dell'esodo per le caratteristiche strutturali della galleria ferroviaria.

Il livello di sicurezza espresso dal sistema ferroviario europeo indica questa eventualità come rarissima, seppure non impossibile. In casi particolarmente sfortunati potrebbe infatti accadere che un treno incendiato perda la capacità di mobilità in un punto casuale di una galleria lunga: in questo caso centinaia di passeggeri esposti saranno obbligati ad una disagiata discesa dal treno (si consideri il dislivello tra il piano di banchina e il piano del vagone ferroviario) e a percorrere centinaia di metri, se non chilometri, verso l'uscita più vicina, in condizioni ambientali pericolose.

La norma nazionale di sicurezza delle gallerie ferroviarie, il Decreto Ministeriale 28 ottobre 2005, individua infatti i principali fattori di pericolosità di una galleria in lunghezza, livello di esercizio e variazioni di pendenza ed impone una analisi di rischio specifica ed estesa nei casi in cui questi parametri presentino valori sopra soglia. In queste ipotesi, il sistema treno – galleria è approfonditamente verificato attraverso una analisi di rischio quantitativa e sono imposti criteri di verifica stringenti, sostanzialmente orientati a contenere il rischio



proprio dell'incendio. Per rispondere alla sua domanda, una galleria conforme al D.M. 28/10/2005 è una galleria sicura.

Sostanzialmente il Decreto individua le soluzioni tecniche di migliore efficacia, prescrivendone alcune come obbligatorie (si parla appunto di requisiti minimi, Allegato II del decreto) ed indicandone, in modo non esaustivo, altre come integrative ed eventuali. Visto che lo spirito è nella misura della prestazione di sicurezza in senso assoluto, ciascun sistema treno - galleria, in funzione delle caratteristiche specifiche di struttura, esercizio e materiale rotabile, viene progettato in modo originale, con criterio costi – benefici, individuando il complesso di interventi più efficaci nella riduzione del rischio individuale e del rischio collettivo.

Lo spirito del decreto è quello, infatti, di orientare l'investimento all'ottenimento di una sicurezza misurabile e conforme a quella ritenuta accettabile, secondo un approccio prestazionale ormai consolidato nella cultura tecnica europea.

- **Nel dettaglio, quali sono gli interventi più tipici per rendere una galleria ferroviaria sufficientemente sicura?**

Anzitutto la norma e gli sforzi tecnici sono orientati a rendere sempre più sicuri i treni: le evidenze statistiche ci dicono che il sistema ferroviario europeo, nel suo complesso, è sempre più sicuro. L'Italia ha fatto e sta facendo la sua parte con l'adozione di sistemi di gestione del traffico sempre più sicuri e con il rinnovamento progressivo del parco rotabili.

Per la gestione degli effetti di una emergenza legata all'incendio, a differenza di quanto accade nel caso stradale, la conformazione delle gallerie ferroviarie non consente l'adozione di sistemi di ventilazione né, d'altronde, la soluzione sarebbe particolarmente felice considerato che, durante il normale esercizio, la ventilazione risulterebbe inutile: ciò non è nelle gallerie stradali, dove bisogna mantenere la concentrazione dei prodotti tossici emessi dai veicoli sotto la soglia di sicurezza, e che quindi necessitano, anche in esercizio ordinario, di un impianto di ventilazione.

Nel caso ferroviario la mitigazione delle conseguenze è ottenuta quasi unicamente dalla predisposizione di misure di facilitazione dell'autosoccorso: si opera allo scopo di agevolare la discesa dal treno e la percorribilità dei marciapiedi. Vanno inoltre garantite la visibilità in condizioni di emergenza e l'efficacia della comunicazione di segnalamento delle vie d'esodo disponibili. Un punto a favore di sicurezza è costituito, nel caso ferroviario, dalla presenza di personale addetto sul posto: gestire opportunamente tale risorsa può condizionare in modo favorevole l'esito dell'emergenza, prevenendo fenomeni di panico o comportamenti antisociali.

- **Come incide l'applicazione del D.P.R. 151/2011 sulle gallerie esistenti?**

Il D.P.R. 151 del 2011 ha inserito le gallerie ferroviarie e stradali di lunghezza superiore a 2000 m tra le attività soggette al controllo dei Vigili del fuoco.

Alle norme di sicurezza dell'esercizio già citate, vanno quindi oggi aggiunte quelle specifiche antincendio, con particolare attenzione alla predisposizione del progetto antincendio finalizzato al rilascio del CPI. In realtà le norme di esercizio citate e descritte sono già orientate a gestire il rischio caratteristico dell'ambiente confinato, e quindi, più o meno esplicitamente, sono indirizzate alla progettazione prestazionale antincendio. Un progetto, istruito secondo gli approcci indicati nelle fonti normative orientate alla sicurezza dell'esercizio, sarà quindi una base per la progettazione antincendio richiesta per l'ottenimento del Certificato di Prevenzione Incendi.

L'obbligo di redigere la pratica antincendio per tutte le gallerie di rete ANAS e TERN, nonché per tutte le gallerie ferroviarie costituisce, nei fatti, l'opportunità di condivisione della progettazione di sicurezza della galleria con il soggetto gestore dell'emergenza pubblica per eccellenza.

La previsione del D.P.R. è particolarmente rilevante per tutte le strutture stradali (non gestite da ANAS e non TERN) di lunghezza superiore a 2000 metri, che, prima del D.P.R., necessitavano unicamente di adeguamento alle prescrizioni minime generali della Circolare del Ministero dei LLPP del 6 dicembre 1999, n.7938, con una implicita estensione del diritto alla sicurezza anche a strutture secondarie, magari a basso traffico, gestite da enti locali minori.