

MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI

ISPETTORATO GENERALE PER LA CIRCOLAZIONE E LA
SICUREZZA STRADALE

DEFINIZIONE DEI PRINCIPALI TEMI DI RICERCA PER IL
MIGLIORAMENTO DELLA SICUREZZA DELLE
INFRASTRUTTURE NEL BREVE, MEDIO E LUNGO
PERIODO

SCHEDA 10

**LINEE GUIDA PER GLI INTERVENTI PER LA
SICUREZZA NELLE GALLERIE**

Università degli Studi di Napoli "Federico II" - Dipartimento di Ingegneria dei Trasporti
Università degli Studi di Messina - Dipartimento di Costruzioni e Tecnologie Avanzate

Napoli, 9 ottobre 2000

INDICE

1	MOTIVAZIONI DEL TEMA DI RICERCA.....	3
2	STATO DELL'ARTE.....	3
3	RISULTATI ATTESI DELLA RICERCA.....	8
4	MODALITÀ DI ESECUZIONE E ARTICOLAZIONE PER FASI	8
5	TEMPI, RISORSE E COSTI	10
6	MODALITÀ DI ARCHIVIAZIONE DEI DATI E DEI RISULTATI CONSEGUITI.....	10
7	QUALIFICAZIONE E MODALITÀ DI AGGIUDICAZIONE	11
	7.1 Competenze necessarie.....	11
	7.2 Criteri di aggiudicazione e di collaudo	11
8	BIBLIOGRAFIA	13

1 MOTIVAZIONI DEL TEMA DI RICERCA

L'Italia è uno dei paesi con il maggiore sviluppo di gallerie: le autostrade e le strade statali comprendono 1'728 gallerie per un'estensione complessiva di 1'123 chilometri.

Le gravissime conseguenze degli incendi verificatisi nell'estate del 1999 nel traforo del Monte Bianco e nella galleria dei Tauri, hanno evidenziato la necessità di impartire disposizioni ben precise relative alla sicurezza della circolazione dei veicoli all'interno delle gallerie stradali, con particolare riferimento ai veicoli trasportanti materiali pericolosi (appartenenti alle classi indicate negli allegati dell'accordo europeo sul trasporto internazionale su strada e definite dall'art. 168 del D.Lgs. 30/04/1992 n. 285 e s.m.i.).

A tal proposito è stata istituita dal Ministero dei Lavori Pubblici un'apposita commissione per l'emanazione di una normativa globale per la sicurezza in galleria. Nelle more di tale redazione il Ministero dei LL.PP. ha emanato la circolare 06/12/1999 n. 7938 "Sicurezza della circolazione nelle gallerie stradali con particolare riferimento ai veicoli che trasportano materiali pericolosi", che contiene alcune prime direttive che hanno lo scopo di equipaggiare le gallerie in base a principi e criteri unitari, conseguendo, in tal modo, da una parte uno standard di maggiore sicurezza, dall'altra un preciso riferimento per l'utenza. Il provvedimento detta specifiche ben precise, imponendo innanzitutto, per i tunnel lunghi più di 2000 m l'adeguamento, entro il 31/12/2000, degli impianti di illuminazione e di sicurezza (pannelli segnaletici di pericolo luminosi, eventuali semafori, estintori ed idranti).

L'adeguamento delle gallerie riguarda molteplici aspetti relativi sia alle componenti impiantistiche che agli aspetti geometrici; tuttavia gli studi sull'influenza dei singoli aspetti sulla sicurezza non sono molto completi per cui occorre attività di ricerca che indirizzi verso interventi di adeguamento di comprovata efficacia.

2 STATO DELL'ARTE

Il problema della sicurezza in galleria è stato oggetto di studi, congressi e conferenze organizzati dalle associazioni, sia nazionali che internazionali, che si occupano di viabilità (AIPCR/PIARC), e in tali occasioni sono state proposte

direttive e raccomandazioni, in particolare riguardo alla sicurezza da incendio nelle gallerie, evidenziando le problematiche connesse alla gestione del rischio incendio senza però pervenire alla proposta di una vera e propria normativa che, allo stato attuale, non esiste né in Italia né negli altri paesi europei. E' noto che la normativa giapponese fin dal 1979 ha proposto una classificazione delle condizioni di sicurezza della circolazione in galleria basata sulla lunghezza e sul volume di traffico che la impegnano, individuando cinque categorie di rischio. A ciascuna categoria viene così associata una dotazione tipo di apparecchiature e impianti di sicurezza (telefoni, rilevatori di fiamma, estintori, ecc., fino alle telecamere a circuito chiuso). Tale approccio è stato successivamente seguito da numerose normative (tedesca, norvegese, francese, svedese), e recepito in ambito AIPCR al congresso mondiale della strada del 1987 a Bruxelles, dal gruppo di lavoro "Esercizio, manutenzione, gestione" del comitato tecnico C5 delle gallerie stradali. E' stato così creato un gruppo di lavoro, formato da membri di varie nazioni, per realizzare una classificazione delle gallerie stradali: ogni nazione ha poi approvato delle varianti rispetto alla classificazione proposta dal rapporto di Bruxelles, dovute alle differenti caratteristiche delle gallerie. In ogni caso, per la classificazione di queste ultime, vengono valutati i seguenti fattori: lunghezza; traffico; una o due direzioni; urbana o interurbana; sopra o sotto il livello del mare; livello di servizio (tipo o classe di strada); traffico giornaliero medio (Giappone, Norvegia, Svezia).

L'AIPCR/PIARC nel 1985 ha pubblicato un opuscolo in merito alla classificazione delle gallerie descrivendo le esperienze fatte circa la prevenzione incendi a tutto il 1994 e riportando una serie di direttive sulle apparecchiature di sicurezza da adottare per la prevenzione e gli interventi in caso di incendio. Le direttive dei paesi europei, per quanto è dato sapere, sono state redatte o dagli enti gestori della viabilità nazionale o come recepimento di linee guida sulla base di esperienze e raccomandazioni senza assumere un carattere di norma cogente.

- **Austria:** direttive riportate in "Project guidelines for operation and safety equipment (RVS 9.281)"; definiscono, in particolare: piazzole antincendio; collegamenti e connessioni; controllo altezze veicoli; posti di chiamata di emergenza; servizio telefonico ed equipaggiamenti radio; allarmi antincendio.
- **Francia:** "Circular 81-109 del 29/12/1981"; in generale, le specifiche necessarie in una galleria dovrebbero essere basate su studi che tengano conto della lunghezza, del traffico e del tipo di strada.
- **Germania:** "Richtlinien für die Ausstattung und Betrieb von Strassentunnels (RABT)", pubblicata nel 1985 e revisionata nel 1994; sono definite: piazzole

d'emergenza; uscite di sicurezza; gallerie per inversione di marcia; marciapiedi di emergenza; stazioni di emergenza; allarme automatico di incendio; estintori; bocchette per l'acqua. Un supplemento riguardante la ventilazione è del 1997.

- **Olanda:** tutte le gallerie olandesi sono a doppia canna e con traffico pesante. Le principali attrezzature sono: apparecchi di informazione e allarme; sensori sulle porte delle stazioni di aiuto; sensori sui bottoni degli estintori; telefoni di emergenza ogni 50 metri su entrambi i lati della strada; sensore automatico di macchine ferme; televisione a circuito chiuso; attrezzature per estinguere il fuoco; sistemi radio; altoparlanti; segnali di emergenza; sistemi di ventilazione.
- **Norvegia:** “Norwegian design guide road tunnels”, pubblicata dall'amministrazione delle strade pubbliche del 1990, prevedono una suddivisione in cinque classi basate sulla lunghezza dell'opera e sull'entità del traffico.
- **Svezia:** la Swedish National Road Administration ha pubblicato un regolamento per progettare e costruire le gallerie che comprende linee guida per la costruzione e l'apparecchiatura di sicurezza, basate sulla lunghezza dell'opera e sull'entità del traffico.
- **Svizzera:** “Richtlinien für die Projektierung von Strassentunneln”: piazzole di emergenza; telefoni di SOS; estintori; semafori; impianto di ventilazione; rilevatori di traffico; rilevatori d'incendio.
- **Danimarca:** poiché in Danimarca ci sono poche gallerie, non sono state emanate direttive particolari; gli equipaggiamenti delle gallerie sono quindi valutati caso per caso sulla base di specifiche esperienze e in riferimento a linee guida di altri paesi.
- **Giappone:** la guida giapponese è pubblicata dalla divisione tunnel dell'Istituto di Ricerca dei Lavori Pubblici nel documento “Road tunnels in Japan”, pubblicata nel 1991 (le raccomandazioni previste in Giappone sono simili a quelle europee con differenziazioni sostanziali in base ai volumi di traffico).
- **USA:** negli Stati Uniti viene presa in esame la pericolosità delle merci trasportate cui viene impedito, a seconda della pericolosità, il transito in galleria, ovvero con l'ausilio di un'apposita scorta. Per quanto riguarda le dotazioni di prevenzione sono sostanzialmente simili a quelle previste da paesi europei.
- **Italia:** la rete italiana di trasporto in galleria è, per estensione, la più importante d'Europa, con 639 Km di gallerie stradali e autostradali, tra le quali spiccano i trafori del Gran San Bernardo (5,8 Km), del Monte Bianco (11,6 Km), del Fréjus (12,9 Km) e del Gran Sasso (10,1 Km); in questi, eccetto nel Gran Sasso, la circolazione avviene a doppio senso in un'unica canna. Per la progettazione e

costruzione della gallerie in Italia vengono seguite le norme tecniche elaborate dal CNR, che forniscono indicazioni sulle geometria della sezione trasversale della cavità e sulle caratteristiche della carreggiata. Da accurate ricerche fatte, non risulta che per le gallerie stradali siano state messe a punto norme cogenti circa gli impianti di prevenzione incendi. Allo stato attuale è vigente il D.M. 11/01/1988 che fissa norme di prevenzione incendi nelle metropolitane, mentre il D.Lgs. 626/94 tratta della sicurezza negli ambienti di lavoro, ivi incluse le gallerie, ma è finalizzato alla protezione dei lavoratori impegnati nell'esecuzione degli interventi. Ancora il D.P.R. 246 del 21/04/1993, che recepisce la direttiva CEE 106 del 1989, detta precauzioni per quanto riguarda la resistenza al fuoco delle strutture.

Le apparecchiature di sicurezza in galleria si dividono in quattro categorie:

1. Per l'informazione all'utente: altoparlanti, radio.
2. Per l'informazione all'operatore in sala comando (sala radio o centro di controllo): televisione a circuito chiuso, pulsanti d'allarme.
3. Per le comunicazioni dall'utente all'operatore e dall'operatore all'utente: telefoni.
4. Per la difesa contro l'incendio: rilevatori d'incendio (fire detectors), estintori, bocchette antincendio.

L'importanza del dispositivo di sicurezza è funzione della lunghezza della galleria e dell'entità del traffico medio giornaliero. Il problema della sicurezza è soprattutto di difesa contro l'incendio e, a parità di traffico, il rischio di incidenti gravi è proporzionale alla percentuale di mezzi pesanti. La galleria rappresenta un elemento del tracciato stradale dove risulta complessa la gestione di un'emergenza da incendio a causa della difficoltà di smaltimento di fumo e calore, di allontanamento delle persone, di accesso delle squadre di soccorso. Pertanto occorre affrontare l'aspetto della sicurezza nei confronti degli incendi attraverso la predisposizione di progetti di intervento che, muovendo da una accurata analisi del rischio, individuino le misure strutturali, impiantistiche e comportamentali in grado di raggiungere un livello di sicurezza ritenuto accettabile.

Costituiscono componenti della prevenzione incendi le misure di prevenzione e protezione che possono essere definite come di seguito:

- Prevenzione: misure, accorgimenti, provvedimenti intesi a ridurre le probabilità dell'insorgere dell'incendio quali dispositivi. Sistemi, impianti, procedure di svolgimento delle operazioni atte ad influire sulle sorgenti

d'innescò, sul materiale combustibile o sull'agente ossigenante (cfr. art. 3, comma 1 del D.P.R. 29/07/1982 n. 577).

- Protezione: misure, provvedimenti e accorgimenti operativi atti a limitare le conseguenze dell'incendio quali sistemi, dispositivi e caratteristiche costruttive, sistemi per le vie d'esodo d'emergenza, impianti, distanziamenti, compartimentazioni e simili (cfr. art. 3, comma 2 del D.P.R. 29/07/1982 n.577).

La protezione è suddivisa a sua volta in protezione attiva e passiva: sono misure di protezione attiva quelle che svolgono un'azione diretta sull'incendio (impianti di estinzione, evacuatori di fumo e calore, illuminazione d'emergenza, ecc.).

Sono misure di protezione passiva quelle che non hanno azione diretta sull'incendio ma che, solamente per la loro presenza, ne ostacolano la propagazione e limitano i danni a persone e beni (compartimentazione antincendio, distanze di sicurezza, vie di esodo, resistenza al fuoco delle strutture portanti, separanti e di comunicazione, ecc.).

Durante una situazione di pericolo il fattore tempo assume un peso determinante per il controllo delle conseguenze di un incidente; fin dai primi istanti dell'emergenza, occorre intraprendere azioni e comportamenti che non è possibile improvvisare, ma che devono essere frutto di pianificazione ed addestramenti mirati.

Un generico incidente in galleria potrà essere gestito attraverso l'attuazione di un complesso di procedure predefinite che costituiscono, nel loro insieme, il "piano di emergenza"; all'attuazione del piano concorrono il personale gestore della strada (per le gallerie presidiate e/o dotate di centro di controllo), i servizi pubblici di soccorso (VV.FF., Polizia, Emergenza Sanitaria, ecc.), gli utenti. Questi ultimi, in quanto coinvolti nell'incidente nelle prime fasi, dovrebbe ricevere adeguata formazione-informazione circa le basilari norme di comportamento (riconoscimento della segnaletica di sicurezza, utilizzo dell'estintore, procedure di allarme ed evacuazione, ecc.) già all'atto del rilascio della patente di guida o mediante apposite campagne di sensibilizzazione. Obiettivo del piano di emergenza è quello di mettere in atto un insieme coordinato di azioni che conducano, nel caso d'incendio, ai seguenti risultati:

- salvaguardia delle persone (sicurezza primaria);
- compartimentazione e confinamento dell'incendio;
- protezione dei beni (sicurezza secondaria);
- estinzione dell'incendio.

3 RISULTATI ATTESI DELLA RICERCA

Il risultato della ricerca dovrà essere un manuale per la messa in sicurezza delle gallerie esistenti, comprendente almeno i seguenti aspetti:

- impianti di illuminazione delle gallerie;
- illuminazione degli imbocchi e degli sbocchi;
- impianti di ventilazione;
- impianti antincendio;
- piani di emergenza in caso di incidenti in galleria;
- segnaletica orizzontale e verticale;
- colorazione delle pavimentazioni e delle pareti delle gallerie;
- influenza delle dimensioni della sezione trasversale sulla sicurezza;
- influenza della corsia di emergenza sulla sicurezza;
- influenza dell'andamento plano-altimetrico degli imbocchi e degli sbocchi sulla sicurezza;
- protezione degli imbocchi delle gallerie con dispositivi di ritenuta;
- protezione dei margini della galleria;
- traiettorie e velocità dei veicoli in corrispondenza delle gallerie;
- criteri di progetto delle nuove gallerie.

4 MODALITÀ DI ESECUZIONE E ARTICOLAZIONE PER FASI

La ricerca si articolerà in 5 fasi, per ognuna delle quali si riportano di seguito le modalità esecutive e il prodotto finale.

Fase 1

Modalità esecutive: analisi della bibliografia nazionale e internazionale sul tema.

Prodotto finale: rapporto sulla bibliografia.

Fase 2

Modalità esecutive: analisi dettagliata degli incidenti avvenuti in galleria e in prossimità delle gallerie, consistente nello studio della dinamica e delle conseguenze degli incidenti e nella ricerca di correlazioni tra gli incidenti e le caratteristiche della strada e del traffico. Per tale scopo andranno analizzati gli incidenti avvenuti negli anni passati, che saranno integrati con analisi più dettagliate degli incidenti avvenuti nel periodo di studio.

Prodotto finale: rapporto con i dati degli incidenti analizzati: dinamica, conseguenze, caratteristiche della strada, caratteristiche del traffico.

Fase 3

Modalità esecutive: rilevazioni sperimentali del comportamento degli utenti in prossimità delle gallerie. Gli aspetti comportamentali da indagare riguarderanno:

- le velocità dei veicoli in ingresso, all'interno e all'uscita delle gallerie;
- la posizione trasversale dei veicoli;
- le manovre anomale eseguite dai veicoli (frenate, accelerazioni, sterzate improvvise, ecc.);
- i distanziamenti tra i veicoli.

Prodotto finale: rapporto sintetico con i dati comportamentali in relazione alle caratteristiche della strada e del traffico.

Fase 4

Modalità esecutive: indagine sullo stato di efficienza delle differenti tipologie di impianti presenti in galleria in modo da effettuare le differenti ipotesi di spesa in relazione al livello di funzionalità che si vuole raggiungere in seguito all'adeguamento.

Prodotto finale: rapporto con censimento dello stato degli impianti delle gallerie italiane, ipotesi di spesa in relazione ai livelli di funzionalità richiesti e specifiche sulle caratteristiche degli impianti in seguito all'adeguamento.

Fase 5

Modalità esecutive: analisi critica dei risultati delle fasi precedenti.

Prodotto finale: manuale per la messa in sicurezza delle gallerie esistenti e il progetto delle nuove gallerie.

5 TEMPI, RISORSE E COSTI

Di seguito si riporta il programma temporale della ricerca, con stima dei costi e delle risorse necessarie. I costi di seguito indicati sono comprensivi delle spese generali dell'ente di ricerca.

I costi delle risorse umane sono stati così ipotizzati:

- Senior 50'000'000 £/mese
- Junior 1 40'000'000 £/mese
- Junior 2 30'000'000 £/mese
- Tecnico laureato 20'000'000 £/mese
- Tecnico non laureato 10'000'000 £/mese

Al termine del primo anno di ricerca, con una spesa di 350 milioni, saranno realizzate l'analisi di incidentalità e il rilievo del comportamento degli utenti.

Il secondo anno, con una spesa di 400 milioni, sarà realizzata l'analisi degli impianti e sarà redatto il manuale per la messa in sicurezza delle gallerie esistenti e la progettazione delle nuove gallerie.

Tabella 1 Tempi, risorse e costi della ricerca

Fase	I° anno				II° anno				Costo (10 ⁶ £)
1 Bibliografia									60 (0.1 senior + 0.5 junior2 + 2 tecnico I)
2 Analisi di incidentalità									145 (0.3 senior + 2 junior2 + 7 tecnico nl)
3 Rilievo sperimentale del comportamento degli utenti									145 (0.3 senior + 2 junior2 + 7 tecnico nl)
4 Indagine sugli impianti									170 (0.2 senior + 2 junior2 + 2 tecnico I + 6 tecnico nl)
5 Manuale									230 (1.4 senior + 1 junior1 + 2 junior2 + 3 tecnico I)
Totale									750

350

400

6 MODALITÀ DI ARCHIVIAZIONE DEI DATI E DEI RISULTATI CONSEGUITI

Il rapporto conclusivo di ciascuna delle 5 fasi della ricerca dovrà essere presentato

secondo le seguenti modalità:

- rapporto su carta;
- cd-rom con relazioni in formato Word, dati in formato ASCII o su cartelle di lavoro excel;
- documentazione, con dati in formato ASCII o su cartelle di lavoro excel, relativa ai rilievi effettuati;
- grafici esplicativi degli incidenti analizzati.

7 QUALIFICAZIONE E MODALITÀ DI AGGIUDICAZIONE

7.1 COMPETENZE NECESSARIE

Le competenze minime richieste sono le seguenti:

- Esperienza nell'ingegneria stradale;
- Esperienza nella pianificazione del traffico;
- Esperienza nell'analisi di incidentalità;
- Esperienza nella progettazione degli impianti di illuminazione, ventilazione e antincendio;
- Esperienza nella realizzazione dei piani di emergenza.

7.2 CRITERI DI AGGIUDICAZIONE E DI COLLAUDO

I criteri per l'aggiudicazione dell'incarico saranno i seguenti:

- qualificazione professionale e scientifica del proponente (certificazioni di qualità, risorse disponibili, personale impiegato, curriculum, capacità di ricerca in campi affini, pubblicazioni in campi affini) (sino a 70 punti);
- offerta economica (sino a 20 punti);
- qualità della relazione di offerta (sino a 10 punti).

Il collaudo sarà svolto mediante esame annuale dei risultati intermedi conseguiti.

8 BIBLIOGRAFIA

1. Lemke K., "Road Safety in Tunnels", 79th TRB Annual Meeting, Washington, D.C., U.S.A., 9-13 gennaio 2000.
2. D. Lacroix, "La sicurezza nelle gallerie" – Rivista Le Strade, ottobre 1997.
3. L. Mussone, S. Rinelli, "Il ruolo della funzione visiva nell'esposizione al rischio di incidente veicolare" - Atti del Convegno sulla sicurezza stradale – Pisa, 29-30/10/97.
4. F. Ruckstuhl, "Accident statistic and accident risks in tunnels".
5. S. Yokota, M. Kotani, "Tunnels on the expressways and the relation to accidents".
6. B. Crismann, S. Fonzari, R. Roberti, "Studio sperimentale sul comportamento degli utenti in corrispondenza degli imbocchi dei tunnels stradali". – Atti del Convegno su "La sicurezza stradale" – Pisa 29-30 ottobre 1997.
7. Etienne M.: "Visibility in road tunnels", CETU
8. AIPCR XVI Congresso mondiale della strada: "Mesure de vitesse en tunnel et sur les accès", Vienne, 16-21 settembre 1979.
9. G. Camomilla, "La sicurezza autostradale". – Atti del Convegno su "La sicurezza intrinseca delle infrastrutture stradali" – Roma, 20-21 febbraio 1997.
10. Le Grand Y. "Optique physiologique" Masson & C. Paris 1956.
11. Lancieri, M. Tempestini "Considerazione su alcuni problemi legati alla visibilità nelle gallerie stradali" – Rivista Le Strade, luglio/agosto 1990.
12. PIARC XV Congress Mexico City 1975.
13. R. Colonna, "Il progetto degli imbocchi delle gallerie stradali in funzione delle condizioni all'esterno, con particolare riferimento al clima". – Atti del Convegno su "La sicurezza stradale" – Pisa 29-30 ottobre 1997.
14. D. Bellini, "L'influenza delle gallerie sulla sicurezza autostradale" – Rivista Le Strade, marzo 1996.
15. Atti del XX Congresso Mondiale della Strada – Montreal, 3/9 Settembre 1995 – PIARC.
16. Atti del XIX Congresso Mondiale della Strada – Marrakesh, 22/28 Settembre 1991 – PIARC.
17. Atti del XVII Congresso Mondiale della Strada – Bruxelles 1987 – PIARC.
18. Atti del XVI Congresso Mondiale della Strada – Sidney 1983 – PIARC.
19. Japanese Tunnel Ventilation Handbook 1985.
20. Péra, Statistiques sur l'enquête des tunnels européens, CETu, Lyon.
21. Atti del XX Congresso Mondiale della Strada – Road Tunnels – Montréal, 3-9 Settembre 1995 – PIARC.