

SICUREZZA ANTINCENDIO NELLE GALLERIE STRADALI

Autori: Dr. Ing. Giorgio Chimenti - Comandante Provinciale Vigili del Fuoco Genova
via Albertazzi 2 – 16149 GENOVA
Dr. Ing. Marco Cavriani - Coordinatore Comando Provinciale Vigili del Fuoco Genova
via Albertazzi 2 – 16149 GENOVA
Geom. Paolo Albino - Collaboratore Tecnico Antincendi Esperto
Comando Provinciale Vigili del Fuoco Genova
via Albertazzi 2 – 16149 GENOVA
Dr. Ing. Riccardo Rigacci - Responsabile Area Tecnica Direzione 1 tronco Autostrade S.p.A.
piazzale della camionale 2 – 16149 GENOVA

Premessa

La Liguria, sebbene sia da molti associata al mare ed alla riviera, è in realtà una tra le regioni più montagnose d'Italia. Inevitabile quindi la presenza di gallerie fin dalle prime realizzazioni di grandi infrastrutture viarie. Fin dalla costruzione della vecchia autocamionale del Po negli anni 30, oggi autostrada A/7 Genova Serravalle Milano, si dovette affrontare il valico dei Giovi con una galleria lunga 900 m e già allora dotata di un camino di aerazione. Lo scavo delle gallerie proseguì negli anni 60 con la realizzazione dell'asse costiero della rete autostradale ligure caratterizzata dal rapido susseguirsi di viadotti e gallerie con lunghezze talvolta superiori ai 1500 m.

Il continuo aumento del traffico stradale (leggero e pesante), la tipologia e la quantità di materiale che ogni singolo automezzo riesce a trasportare, rendono gli eventi incidentali che possono avvenire in galleria, potenzialmente vere catastrofi, con enormi conseguenze in numero di vite umane.

Basti pensare che ad oggi non esistono regole precise per il trasporto delle merci pericolose nelle gallerie, e che gli stessi materiali costituenti i veicoli in circolazione, in caso di combustione, diventano a loro volta tossici, al punto che è pensabile una maggiore probabilità di morte per intossicazione prima ancora che per il fuoco.

E' quindi altrettanto inevitabile che in tale regione nasca tra i gestori della rete autostradale e i Vigili del Fuoco una elevata sensibilità nella gestione dell'evento fuoco all'interno di una galleria stradale. Già in tempi antecedenti l'incendio nel tunnel del Monte Bianco, nasceva a Genova un gruppo di lavoro per lo studio dei possibili miglioramenti da attuare alle procedure, alle attrezzature ed alle strutture, per il servizio di soccorso da effettuare in Autostrada.

Tale gruppo era inizialmente composto da componenti delle Autostrade S.p.A. e del Comando Provinciale Vigili del Fuoco di Genova, a cui in seguito si è unita l'Università di Genova - Dipartimento di Ingegneria Chimica.

I principali motivi che hanno spinto ad affrontare il problema della sicurezza nelle gallerie autostradali, come già parzialmente accennato, sono i seguenti:

- gli incidenti all'interno delle gallerie autostradali della rete Genovese, devono considerarsi, come si può evincere dalle statistiche, eventi estremamente rischiosi e statisticamente frequenti;
- la rete autostradale provinciale genovese è stata progettata con criteri basati su tecnologie e volumi di traffico ormai non più rispondenti alla realtà, per gran parte del suo sviluppo;
- la rete autostradale di cui trattasi presenta notevoli difficoltà per il raggiungimento del luogo dell'evento incidentale da parte delle squadre di soccorso, principalmente a causa dell'assenza della corsia d'emergenza su buona parte della stessa.

Lo scopo era quello di individuare delle procedure di intervento in caso di emergenza, pianificando le comunicazioni e raccordando al meglio i compiti di ciascun ente, prevedere attrezzature fisse e mobili per ridurre gli effetti di un siffatto evento, predisporre sistemi di monitoraggio e, sulla base degli studi dei fumi e delle temperature, eventualmente stilare delle norme di comportamento sia per i soccorritori che per gli utenti delle autostrade.

La pianificazione degli interventi

Questo aspetto del progetto è tra i più delicati. L'esperienza anche dei recenti fatti del Monte Bianco ci insegnano come la tempestività dell'intervento, e quindi la sua organizzazione a priori, siano uno degli elementi strategici per la salvezza di vite umane. La necessità di realizzare un piano di intervento è ormai un dato consolidato degli esperti di tutto il mondo. Anche i francesi, in un recente studio sulla sicurezza dei loro tunnels stradali di lunghezza superiore a 1000 m effettuato per conto del Ministère de l'équipement des transports et du logement, hanno riconosciuto l'importanza della pianificazione dell'emergenza.

Riteniamo utile richiamare alcune problematiche specifiche degli interventi in galleria:

- l'impegno reciproco di scambio delle informazioni ad ogni evento, tra le centrali operative dei diversi enti preposti al soccorso
- il coordinamento su strada secondo un processo di priorità, che parte dal salvataggio di vite umane per arrivare al semplice recupero degli autoveicoli
- verifiche alle strutture, ripristino delle condizioni di percorribilità in sicurezza.

Uno dei primi problemi da affrontare, individuati dal gruppo, sulla base delle esigenze delle singole componenti e dalle analisi condotte, è la carenza di comunicazione affidabili tra le squadre dei diversi enti operanti in caso di soccorso.

Il secondo problema individuato è la necessità di accelerare i tempi di intervento per soccorso in autostrada, generalmente rallentati, quando non impediti, dalle code conseguenti agli incidenti, a causa della generale mancanza di corsie di emergenza per il transito dei mezzi di soccorso.

Tale aspetto è stato affrontato con lo studio delle possibili modalità di intervento per soccorso in autostrada delle squadre VV.F., anche contromano, fornendo comunque a loro ed agli utenti la massima sicurezza possibile.

Sono scaturite procedure di comportamento tuttora in fase di perfezionamento.

A questi aspetti organizzativi del soccorso occorre affiancare interventi strutturali che in qualche modo adeguino gallerie realizzate più di trent'anni fa con concetti gestionali diversi da quelli attuali.

In questa direzione è stata istituita una apposita commissione dal Ministero dei lavori pubblici affinché studi una normativa globale per la sicurezza in galleria, mentre l'ANAS ha già fornito alcune indicazioni con una apposita circolare.

E' in questo senso che il gruppo di lavoro sta individuando una serie di accorgimenti e di attrezzature da mettere in opera all'interno delle gallerie per rendere più efficace l'intervento in caso di incendio.

A questo riguardo la letteratura, specie dopo l'evento del monte Bianco e della galleria dei Tauri, propone diverse soluzioni talvolta con considerazioni diverse tra i vari esperti. Persino la ventilazione e la sua efficacia offre considerazioni diverse, constatato che oltre al problema del calore vi è anche, e soprattutto, quello dei fumi tossici prodotti dalla combustione dei materiali dei veicoli.

La relazione della commissione d'inchiesta dell'incendio del monte Bianco offre in tal senso numerosi motivi di riflessione.

E' per questo che, terminata la fase preliminare di studio, il gruppo ha organizzato una serie di prove per la valutazione critica delle possibili soluzioni ideate e delle ipotesi assunte.

DESCRIZIONE DELLE PROVE

Le prove che si descrivono hanno come fine di fornire dati utili per la scelta dei possibili accorgimenti da mettere in atto per ottenere più sicurezza in caso di incendio nelle gallerie autostradali.

La realizzazione delle prove è stata possibile anche per l'ausilio dato da alcune Ditte specializzate del settore, che hanno messo a disposizione del gruppo di lavoro attrezzature, tecnologie ed esperienza.

Il luogo messo a disposizione dalla Soc. Autostrade è la galleria BRASILE, attualmente non utilizzata, sita nei pressi del casello di Genova Bolzaneto - Autostrada A7, in corrispondenza della progressiva km 126.661, tra le due carreggiate di marcia.

Dati della galleria Brasile:

- Lunghezza 718 m;
- Canna singola
- Carreggiata a due corsie - larghezza massima: 9,50 m;
- Altezza massima della volta: 6,20 m circa;
- Il suo sviluppo risulta longitudinale rispetto alla Val Polcevera
- Prevalente presenza di vento all'interno, da direzione Sud (verso l'uscita autostradale di Bolzaneto)

Le prove ad oggi effettuate sono le seguenti:

- prova con fumo chimico per lo studio della ventilazione naturale
- prova a fuoco con materiale solido in quantità equivalente all'energia sviluppata da due autovetture durante la prova è stato attivato un sistema portatile di ventilazione composto da turboventilatori e motoventilatori di piccolo diametro
- incendio di due autovetture

Foto ingresso galleria lato nord



- incendio di legname durante il quale è stato utilizzato un ventilatore di grande diametro montato su carrello stradale. Tale ventilatore ha la caratteristica di poter nebulizzare acqua, ma è stato provato senza utilizzare tale proprietà.

L'andamento delle temperature e delle velocità del vento nelle diverse prove è riportato nei grafici successivi.

Prova con generatore di fumo chimico freddo

E' stato posizionato un generatore di fumo freddo (di tipologia analoga a quelli usati in spettacoli teatrali) circa 450 m dall'ingresso Nord della galleria.

Alle ore 10,40 circa è stato attivato il generatore di fumo e sono stati osservati: l'effetto della ventilazione naturale sul fumo, le modalità di avanzamento del fronte di quest'ultimo gli andamenti delle temperature e della velocità dell'aria (rilevati mediante strumenti digitali).

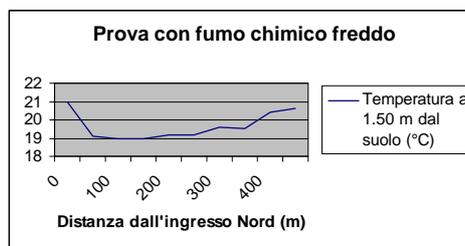
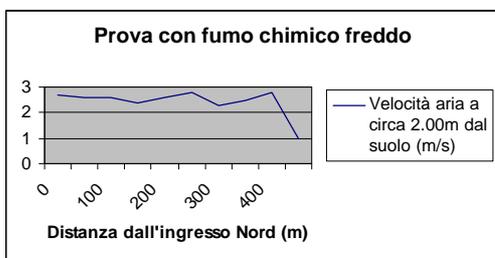
Sono stati inoltre effettuati prelievi di fumi in prossimità dell'incendio.

La situazione climatica iniziale all'interno della galleria, misurata con il generatore di fumo freddo in funzione, era:

- temperatura media interna a 19 -20 ° C
- ventilazione media di 2,4 - 2,6 m/s

Si precisa che durante la predisposizione dei luoghi per le prove, l'aria nella galleria si muoveva da Nord a Sud.

Successivamente, a causa del soleggiamento dell'imbocco Sud, la direzione dell'aria all'interno della galleria mutava gradualmente, invertendosi.



Prova con incendio reale

Per la seconda prova è stato innescato un incendio reale, formando il focolare con diversi materiali solidi (legna, materassi e paglia) e proseguendo nell'alimentazione dell'incendio per tutta la durata della prova, al fine di mantenerne costante la potenzialità per un lungo periodo.

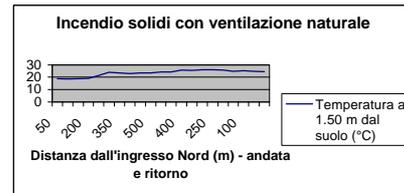
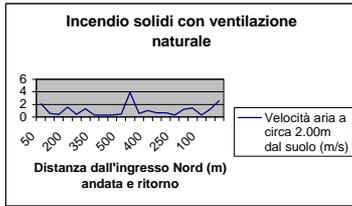
La quantità di energia totale sviluppata risulta circa pari a quella di due autovetture.

Si è deciso di localizzare l'incendio ad 1/3 circa di lunghezza della galleria, dal suo imbocco Sud, per valutare l'impatto nei confronti della struttura autostradale e per consentire, ai tecnici dei Vigili del Fuoco e dell'Università, una raccolta di dati inerenti un incendio reale in galleria di cui erano noti i parametri di interesse.

L'incendio del materiale accatastato ha provocato innalzamenti della temperatura e variazioni della ventilazione, che sono stati rilevati e riassunti nei diagrammi che seguono.

Foto: focolare





Durante la prova sono stati avviati, in un istante predeterminato, quattro turboventilatori portatili di diametro 24 pollici, posizionati esternamente alla galleria nel modo seguente:

- 3 all'ingresso Sud (lato Genova) funzionanti con spinta positiva;
- 1 all'ingresso Nord (lato Bolzaneto) funzionante in aspirazione.

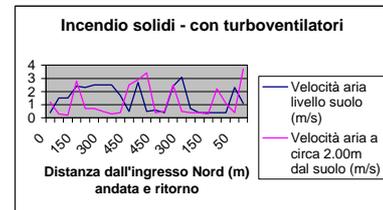
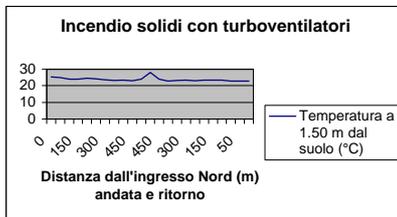
Il posizionamento è avvenuto secondo le indicazioni fornite dalle ditte costruttrici, al fine di ottenere le migliori prestazioni.

Le portate d'aria dei ventilatori utilizzati risultano di circa:

- 30.000-50.000 m³/h (a seconda delle condizioni di installazione) per i ventilatori lato Sud
- 40.000-80.000 m³/h (a seconda delle condizioni di installazione) per i ventilatori lato Nord

Si precisa che la loro posizione è stata variata durante il funzionamento.

I dati rilevati in queste nuove condizioni sono riassunti nei seguenti grafici.



L'incendio di materiale solido ha determinato un accumulo di fumi caldi alla volta della galleria, riducendo altresì la velocità dell'aria vicino al piano stradale.

Il personale è comunque rimasto all'interno della galleria per tutta la durata della prova, anche in prossimità dell'incendio, nonostante nel lato sottovento sia stato necessario, per motivi di sicurezza, imporre l'uso di autorespiratori.

Per quanto riguarda la visibilità, mentre dal lato sopravvento non è stata ridotta dai fumi, sottovento si è avuto l'oscuramento totale di tutta la sezione della galleria.

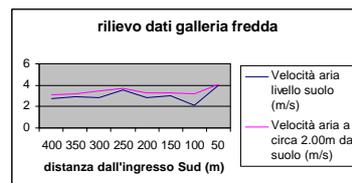
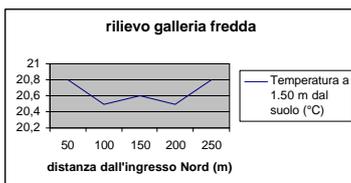
L'azionamento dei turboventilatori non ha prodotto variazioni apprezzabili, se non localmente agli stessi, in un raggio d'azione molto limitato e notevolmente inferiore alle dimensioni della sezione della galleria.

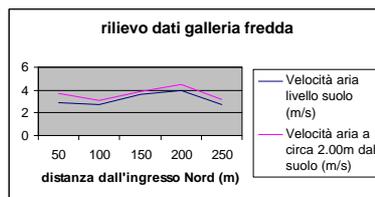
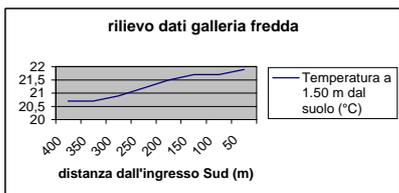
Questa prova è stata effettuata al fine di valutare la realizzabilità di un sistema di ventilazione forzata di una galleria mediante ventilatori facilmente trasportabili e di ridotto diametro. Tale soluzione, da utilizzarsi da parte delle squadre VV.F. in occasione di interventi di soccorso, risulta realizzabile facilmente rispetto al posizionamento di un grosso motoventilatore (difficilmente trasportabile sul luogo dell'evento nella rete Autostradale Genovese), ma di diversa efficacia.

In data diversa sono state effettuate ulteriori prove d'incendio nella medesima galleria ed in particolare:

- incendio di due autovetture in zona protetta da impianto sperimentale di spegnimento automatico ad acqua
- incendio di legname con intervento di motoventilatore di grande diametro esterno alla galleria

Le condizioni climatiche della galleria precedenti alle prove, si possono leggere nelle seguenti tabelle.





Prima fase: incendio di due autovetture

Inizialmente è stato innescato l'incendio di due autovetture posizionate circa nel mezzo del tratto sperimentale d'impianto di spegnimento automatico ed in configurazione molto simile a quella in cui si sono trovate più volte vetture realmente incidentate all'interno delle gallerie.

Più precisamente, le stesse sono state addossate il più possibile ad una parete della galleria, in posizione certamente severa per la prova dell'impianto fisso di spegnimento ad acqua.

Sono state misurate la temperatura e la velocità del vento nei diversi punti della galleria ed è stato rilevato il contenuto di particelle solide nei fumi.

Tutta la prova è stata registrata con una termocamera, posizionata a Sud del focolare, in zona sicura della galleria.

L'incendio delle autovetture ha provocato l'oscuramento totale della galleria nel lato sottovento, rendendo l'aria irrespirabile.

Il fumo ha raggiunto l'uscita della galleria dopo 5 minuti dall'innescò dell'incendio.

L'impianto di spegnimento è intervenuto dopo circa 5 secondi dall'innescò con una sola testina, ma dopo circa 5 minuti con la maggioranza delle stesse, raffreddando efficacemente il focolaio ed effettuando una buona azione di abbattimento dei fumi.

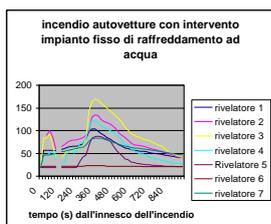
Dal relativo grafico si può osservare l'abbattimento delle temperature registrato dalle termocoppie installate nella galleria, in una tratta di circa 50 m corrispondente alla zona della prova.

La temperatura a livello del suolo non ha subito un forte incremento, ma si può osservare dal relativo grafico che è stata più bassa in corrispondenza dell'incendio, nella zona di erogazione d'acqua da parte dell'impianto fisso.

La temperatura massima raggiunta alla volta della galleria nella zona del focolare, non ha mai superato i 200 °C, per l'azione raffreddante dell'impianto ad acqua.

Il ritardato intervento dell'impianto è stato voluto dagli autori, anche se in contrasto con le scelte ordinarie per tale tipo di impianti, per evitare falsi allarmi. La prova è servita a valutarne comunque l'affidabilità.

Nel seguente grafico sono riportati i valori di temperatura registrati dalle termocoppie durante la prova.



L'impianto Sprinkler, come previsto, ha espletato principalmente azione di raffreddamento della zona relativa al focolare, contenendo parzialmente anche i fumi, ma da solo non ha estinto l'incendio.

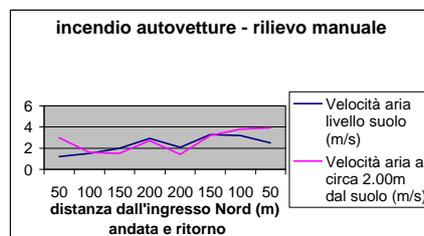
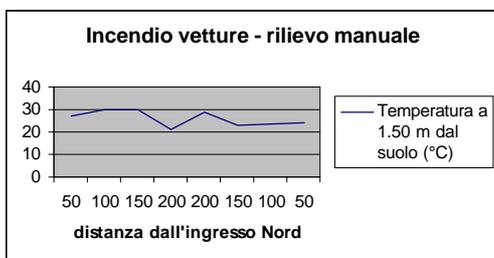


Foto: incendio autovetture

Foto: autovetture posizionate all'interno della galleria



Foto: imbocco nord galleria durante l'incendio autovetture



Seconda fase: incendio di una catasta di legna

Successivamente, si è innescato l'incendio di una catasta di legna, di peso complessivo 26 quintali circa, a circa 280 m dall'ingresso Nord della galleria.

Nei primi minuti si è mantenuta la ventilazione naturale; in seguito si è avviato un ventilatore di grande diametro.

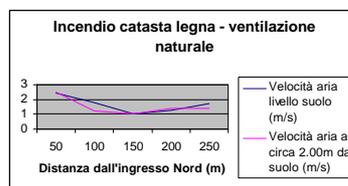
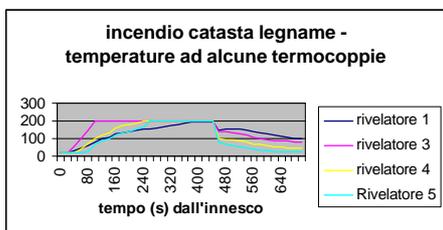
Anche durante questa prova sono stati misurati i valori di temperatura e velocità dell'aria, nonché il contenuto di particelle solide nei fumi e sono state effettuate riprese con la termocamera.

La tipologia dell'incendio ha prodotto una grossa quantità di fumo non eccessivamente scuro, rendendo comunque quasi nulle la vivibilità e la visibilità sottovento all'incendio. Anche in questo caso, come nel precedente, sopravvento all'incendio si è avuta una prima lieve espansione dei fumi; la visibilità e la vivibilità in tale zona sono state comunque accettabili per tutto il tempo della simulazione.

Foto: focolare

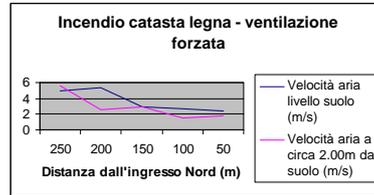
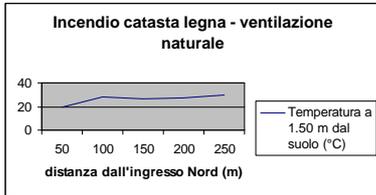
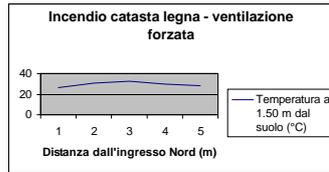


Grafici della seconda fase della prova (incendio di una catasta di legna, con avviamento della ventilazione ottenuta da un motoventilatore di grande diametro)



N.B.:

- L'indicazione della temperatura di 200 °C indica il superamento di tale valore (massimo rilevabile dal tipo di termocoppie impiegate).
- E' stata avviata la ventilazione forzata a circa 500 s dall'innesco.



IMPIANTI ED ATTREZZATURE UTILIZZATE

Termocamera

Una termocamera messa a disposizione dalla Ditta SAI di Sale (AL), con la quale è stato possibile rilevare in ogni istante le temperature puntuali delle diverse zone della galleria, del focolare e della persone presenti. Il sensore termografico ha una sensibilità che spazia dai -40°C a +1500°C, con scansioni e precisioni al decimo di grado ed ha la possibilità di discriminare tramite speciali settaggi e comandi i vari range di temperature in base all'impiego. Il sistema è stato installato, durante la prova, sul cofano di una vettura fuoristrada VF.

Motoventilatore

Un grosso apparecchio ventilatore, montato su un carrello stradale, è stato posizionato in corrispondenza dell'ingresso Sud della galleria, esternamente ad essa. Tale ventilatore, di costruzione americana, è stato inviato in Europa per effettuare alcune dimostrazioni in diversi Stati. In Italia è stato condotto dall'importatore olandese il solo giorno della prova, a seguito di interessamento della Ditta Piemme. Tale ventilatore è stato messo in funzione soltanto nella seconda fase della prova di incendio di una catasta di legna, per valutarne l'efficacia sulle temperature, sulla velocità dell'aria e sulla visibilità all'interno della galleria, durante l'incendio.

Foto: motoventilatore di grande diametro



La portata di aria del ventilatore utilizzato risulta circa 340.000/576.000 m³/h (a seconda delle condizioni di installazione)

Impianto fisso di rilevazione temperature

E' stato installato dalla ditta C.M.A. un impianto di rilevazione di temperature, composto da termocoppie montate sulla volta ed in parete della galleria, completo di sistema elettronico di registrazione dei dati. Sono state predisposte 7 termocoppie PT100 in grado di rilevare temperature fino al valore di 200°C, un PLC per l'elaborazione dei dati ed un PC per la loro raccolta e stampa.

Foto: termocoppia



Nonostante il basso limite di temperatura, è stato possibile rilevare le temperature anche durante la seconda fase della prova, durante la quale si è volutamente ignorata la presenza dell'impianto di spegnimento ad acqua.

Impianto di spegnimento automatico a pioggia (SPRINKLER) utilizzato nella prima fase della prova

Un prototipo di impianto di spegnimento automatico a pioggia (sprinkler) è stato installato dalla ditta C.M.A., con sviluppo di circa 30 m e posizionato a circa 250 m dall'ingresso Sud della galleria, alimentato tramite tubazioni flessibili da autobotti VV.F. Tale impianto è stato utilizzato solamente nella prima fase della prova (incendio di due autovetture);

CONCLUSIONI

La posizione della galleria nella zona di territorio genovese è tale da conferire alla ventilazione della stessa una estrema variabilità in funzione delle condizioni climatiche esterne.

In particolare, l'eventuale soleggiamento dell'ingresso Sud può portare alla variazione della direzione dell'aria all'interno della galleria, più volte al giorno.

Dai grafici inerenti i risultati dell'ultima prova, si può osservare che la temperatura di alcune termocoppie (le stesse della prova precedente), ha superato abbondantemente i 200 °C.

L'utilizzo della termocamera durante le prove ha reso possibile risalire alla massima temperatura della volta della galleria in corrispondenza del focolare: 300 °C.

Un sensibile abbassamento di temperatura si è avuto quando è stato avviato il grande ventilatore esterno, che ha però distribuito su tutta la sezione i fumi caldi, provocando un generale, anche se contenuto, innalzamento della temperatura alla quota stradale.

Durante questa prova i fumi sono risultati meno oscuranti che nella prova precedente, ma comunque irrespirabili sottovento ed a maggiore temperatura a quota stradale, rispetto alla precedente prova.

Il ventilatore utilizzato, peraltro senza sfruttarne appieno le possibilità (non è stato utilizzato il nebulizzatore d'acqua facente parte dell'apparecchiatura), ha comunque consentito di accelerare la pulizia della galleria dai fumi.

La decisione di non utilizzare la componente idraulica è scaturita dalla volontà di simulare un primo intervento reale con mezzi leggeri, quando la disponibilità d'acqua è generalmente praticamente nulla.

Il grande ventilatore, montato su carrello stradale e trainato da una vettura, è idoneo per raggiungere in tempi brevi gallerie autostradali in tratte munite di corsia d'emergenza.

Purtroppo la rete autostradale nel territorio genovese è, come già detto, in gran parte senza tale corsia, determinando di conseguenza la difficile raggiungibilità delle gallerie in caso di soccorso, per tale tipo di attrezzatura, a causa delle lunghe code di automezzi che si possono costituire in tali casi.

Effetti diversi dell'incendio si sono avuti con l'utilizzo dell'impianto fisso di spegnimento ad acqua, che ha limitato la massima temperatura alla volta della galleria a valori sensibilmente inferiori ai 200 °C, consentendo una superiore vivibilità dei soccorritori in prossimità dell'incendio, rispetto alla seconda fase della prova, sopra riportata.

La sperimentazione fin qui fatta ha confermato le condizioni di estrema criticità che provoca un evento incendio in galleria.

Nella galleria del Monte Bianco la lunghezza ha sicuramente aggravato gli effetti dell'incidente, ma in compenso un traforo simile può avvalersi di una precisa regolamentazione del traffico e disporre agli imbocchi di squadre incendio pronte ad intervenire. Viceversa, nelle nostre autostrade tale disponibilità è impossibile. Di conseguenza, anche se può sembrare cinico, l'obiettivo primario è quello di salvare innanzitutto il maggior numero di persone che, anche se non direttamente coinvolte nell'incidente, possono rimanere imprigionate all'interno della galleria. Basti pensare che nel corso di una delle prove, in particolare durante l'incendio delle due autovetture, dopo poco più di un minuto il fumo aveva già ridotto la visibilità orizzontale nella galleria a pochi centimetri.

Risulta quindi fondamentale disporre di un sistema d'allarme che attivi in tempo reale le squadre di soccorso. Altrettanto fondamentale è individuare tecnologie che contengano il più possibile le temperature all'interno della galleria e ritardino il più possibile la diffusione dei fumi tossici della combustione.

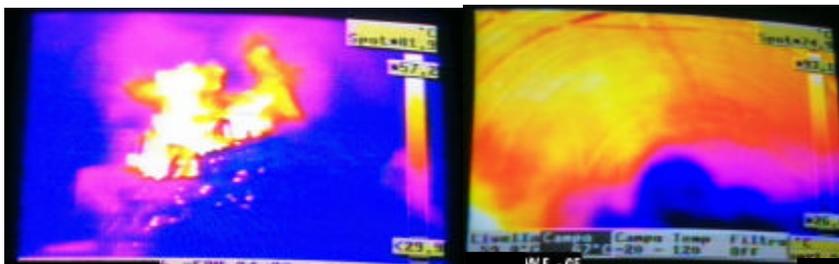
A tal fine si ritiene dai risultati delle prove effettuate che l'impianto di spegnimento automatico ad acqua garantisca una efficacia superiore rispetto ad altri sistemi.

Considerata anche la portata d'acqua necessaria al suo funzionamento, le future prove saranno mirate alla riduzione della stessa ed all'abbinamento, a tale tipo d'impianto, di diverse tecnologie di rilevazione per l'ottimizzazione del sistema.

ULTERIORE DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Foto: immagini riprese dalla termocamera



Si ringrazia per la collaborazione

Il Personale Operativo del Comando Vigili del Fuoco di Genova che ha partecipato attivamente alle prove ed in particolare i Collaboratori Tecnici Antincendio Geom. Giuliano Calvanese e Geom. Augusto Russo

Il Compartimento per la Liguria della Polizia Stradale

Gli ausiliari della viabilità ed il personale del Posto di manutenzione di Genova della soc. Autostrade

C.M.A. Sistemi Antincendi S.n.c.

PIEMME ANTINCENDI S.r.l.

S.A.I. Servizi Aerei Industriali S.r.l.

l'Università di Genova - Dipartimento di Ingegneria Chimica

Bibliografia

Antincendio rivista mensile Editore E.P.C.

Le Strade, mensile di infrastrutture, cantieri, impianti e mobilità Editore La Fiaccola

Atti delle Conferenze su " Protezione Contro il Rischio di Incendio nelle Gallerie Ferroviarie e Stradali" del giugno 1996 e giugno 1999
"Diagnostic de securitè des tunnels routiers d'une longueur superiore a 1000 m." – Ministero de l'Equipement des Transports et du Logement
Rapporto della Commissione d'Inchiesta per l'incendio nel Traforo del Monte Bianco avvenuto il 24 marzo 1999
Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici n. 5711 del 14/9/99
Direttive per la sicurezza della circolazione nelle gallerie stradali – ANAS 1999
Raccomandazioni dell'AIPCR – Congresso di Montreal 1995