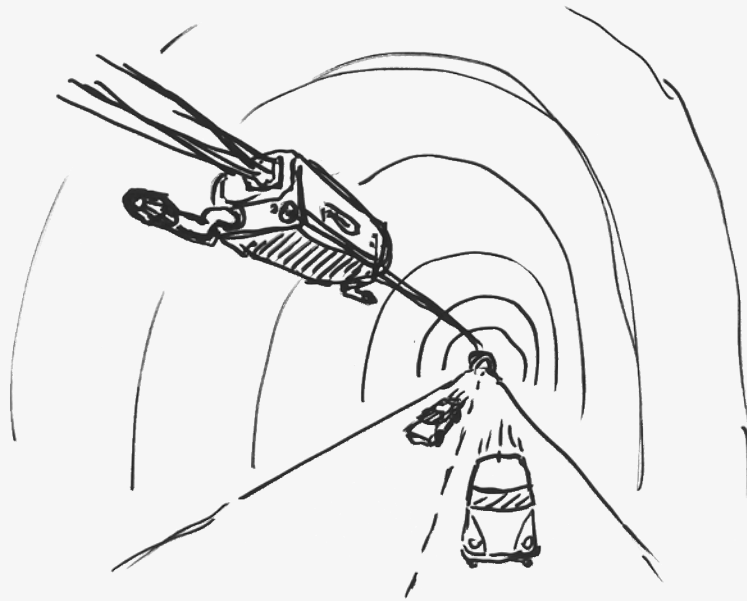


PRESTAZIONI TuDEM

PRESTAZIONI DEL
SISTEMA AUTOMATICO DI SPEGNIMENTO
CON MONITORI TELECOMANDATI
IN INCENDI IN GALLERIA





Le apparecchiature e impianti del sistema sono protette tra l'altro dai seguenti Brevetti:

- IT 000 1382038 del 30.09.2010
- IT 000 1387359 del 06.04.2011
- IT 000 1392070 del 09.02.2012
- IT 000 1396431 del 23.11.2012

dai seguenti Modelli di Utilità:

- IT 276757 del 04.10.2013

dai seguenti Brevetti in corso di concessione:

- MI 2013A001117 del 03.07.2103
- MI 2013A001382 del 09.08.2013

dai seguenti Modelli di Utilità in corso di concessione:

- MI 2013U000292 del 09.08.2013
- MI 2013U000034 del 24.01.2014
- MI 2013U000035 del 24.01.2014

Caccialanza & C. si riserva il diritto di cambiare o modificare senza preavviso qualunque dato o caratteristica allo scopo di apportare variazioni o modifiche volte a migliorare i prodotti presentati.



INDICE

Indice	3
Generalità	4
Sistema automatico di spegnimento con monitori	4
Descrizione del sistema	4
Gestione automatica del sistema	6
Gestione semiautomatica	7
Gestione manuale remota del sistema mediante joy-stick dalla Sala Controllo	7
Gestione manuale locale del sistema di comando radio a marsupio	8
Logica di dimensionamento del sistema	9
Struttura del sistema (monitori distribuiti)	10
Struttura del sistema (monitori su carrello aereo)	11
Affidabilità del sistema	12
Facilità di montaggio del sistema	13
Utilizzo del sistema per impieghi produttivi di monitoraggio e per altre manutenzioni	13
Scenari di incendio in galleria	14
Scenario 1	14
Scenario 2	14
Simulazione dell'incendio	15
Simulazione dell'evacuazione	15
Elaboratori utilizzati per il calcolo	16
Visualizzazione dei risultati	16
Ambiente di prova	16
Risultati della simulazione senza ventilazione	17
Risultati della simulazione con ventilazione forzata	17
Risultati della simulazione di evacuazione	17
Incendio in galleria senza ventilazione forzata ed equipaggiata con monitori	18
Incendio in galleria senza ventilazione forzata ed equipaggiata con sole cassette idranti	19
Incendio in galleria con ventilazione forzata ed equipaggiata con monitori	20
Incendio in galleria con ventilazione forzata ed equipaggiata con sole cassette idranti	21
Incendio in galleria senza ventilazione forzata	22
Incendio in galleria con ventilazione forzata	23
Curva andamento temperature alla quota H=1.60MT	24
Visualizzazione andamento evacuazione con monitori	26
Risultati delle prove sperimentali	28
Note tecniche	31
Requisiti essenziali e specifici del sistema TuDEM	32



Generalità

Il sistema di spegnimento con monitori telecomandati rappresenta la misura innovativa più efficace attualmente offerta dalla tecnologia antincendio per lo spegnimento di incendi in galleria, permettendo un intervento sia totalmente automatico che semiautomatico, con possibilità di attivazione e controllo a distanza.

Il sistema si basa sulla collaudata tecnologia largamente diffusa a livello mondiale per lo spegnimento di incendi in complessi industriali a grande rischio.

I monitori uniscono la grande potenza di spegnimento del loro getto idroschiuma alla elevata sicurezza nel loro funzionamento ed alla assenza di tossicità del loro impiego per le persone presenti in galleria.

Il sistema di spegnimento consente quindi di mantenere condizioni di vivibilità in galleria per tutto il tempo necessario alle persone coinvolte nell'incendio per mettersi in salvo e raggiungere una area di sicurezza.

Parimenti consente di evitare danni strutturali alla galleria conseguenti all'incendio, con tutti i vantaggi economici e gestionali collegati.

Utilizzando risultati di simulazioni matematiche tipiche della Fire Safety Engineering (F.S.E.) associati alla valutazione di dati sperimentali ottenuti dal monitoraggio di incendi controllati eseguiti in gallerie campione è possibile documentare in maniera evidente la efficienza di spegnimento in galleria e la capacità di garantire la sopravvivenza delle persone coinvolte nell'evento.

Sistema automatico di spegnimento con monitori



Descrizione del sistema

Nella sua configurazione standard il sistema è formato da stazioni di intervento e controllo distribuite a intervalli regolari (tipicamente 42 metri) lungo la parete della galleria, costituite da un monitor telecomandato da 1.000 lt./min. con valvola motorizzata e sistema di raffreddamento come autoprotezione, oltre che da sensori di fiamma e temperatura. Le stazioni di intervento e controllo sono interconnesse da una tubazione in pressione (~10 bar) per alimentazione di acqua

o di miscela schiumogena antincendio; ad intervalli dell'ordine di 250 metri (e comunque con modularità ottimizzata tenendo conto delle caratteristiche geometriche della galleria) sono previsti quadri che collegano le stazioni di intervento e controllo con un bus in fibra ottica e di alimentazione. Un analogo bus in fibra ottica e alimentazione



ridondante collega i quadri tra loro e con la stazione di controllo. I monitori sono telecomandati elettricamente sia per i movimenti di alzo e rotazione che per la regolazione del bocchello da getto pieno a getto frazionato e per la apertura e chiusura della valvola a farfalla integrata. I comandi vengono inviati in maniera indipendente e selettiva per ciascun monitoro utilizzando un unico bus seriale tramite un cavo speciale antifiamma che permette anche la alimentazione elettrica di potenza delle unità. Per ogni stazione monitoro sono inoltre previste come opzione due telecamere a luce visibile e infrarossa, orientate nelle due direzioni lungo l'asse della galleria nonchè sensori di gas infiammabile e sensori di gas tossico per il monitoraggio delle situazioni di pericolo. In alternativa è disponibile una versione con monitori telecomandati su carrello aereo. In tal caso il sistema è costituito da una struttura fissa (rotaia aerea) installata lungo l'intera tratta della galleria e percorsa da strutture mobili con montati a bordo monitori idroschiuma che traslano lungo la struttura fissa. Nella struttura fissa è integrata la tubazione in pressione (~10 bar) per l'alimentazione di acqua o di miscela schiumogena antincendio oltre che la linea di alimentazione elettrica di sicurezza ed il bus seriale di trasmissione dati.

Nella stessa struttura fissa è possibile integrare anche un cavo termosensibile e rilevatori di fiamma per la rilevazione dell'incendio.

Ad intervalli regolari (tipicamente 42 metri) lungo la galleria sono previste stazioni di attracco e controllo, alle quali si collegano le strutture mobili. In ciascuna struttura mobile sono alloggiati due monitori telecomandati da 1.000 lt./min., sensori di fiamma e temperatura per l'orientamento dei monitori e due telecamere a luce visibile e infrarossa, oltre ai motori per la movimentazione della struttura ed al quadro con i relativi organi di comando e controllo.

In entrambe le versioni il sistema è completato da una stazione di pressurizzazione e formazione della miscela schiumogena, costituita da un gruppo di pompaggio (generalmente una elettropompa ed una motopompa) e da un gruppo miscelatore schiuma costituito da un miscelatore schiuma a spostamento di liquido oppure alternativa da

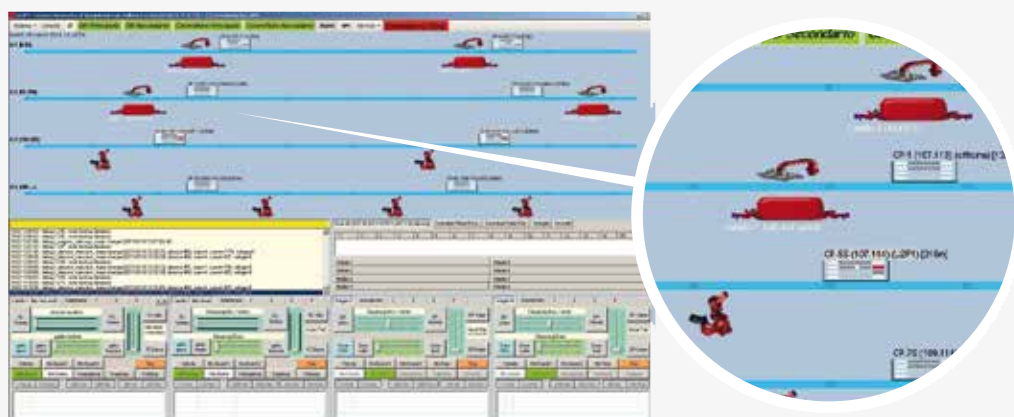
un miscelatore a pressione bilanciata e relative pompe per il liquido schiumogeno. Il dimensionamento della stazione di formazione della miscela schiumogena è naturalmente funzione della lunghezza e delle caratteristiche della galleria. Di norma la stessa stazione può essere utilizzata per i due forni della galleria o eventualmente per due gallerie contigue.



È importante rilevare che nel sistema descritto è completamente integrato il sistema di spegnimento manuale con cassette idranti prescritto dalla vigente normativa. A tale scopo le cassette idranti vengono montate con un passo multiplo di quelle delle stazioni di intervento, e quindi tipicamente 126 oppure 252 metri. Le cassette idranti sono direttamente derivate dalla linea di alimentazione idroschiuma ai monitori e sono dotate di un riduttore di pressione per ridurre la pressione idrica di erogazione alla lancia manuale a ca. 4÷5 bar. La stazione di pompaggio viene in tal caso integrata con una pompa jockey, in grado di mantenere in rete a riposo la pressione richiesta per le lance manuali di 5 bar.

Gestione automatica del sistema

La gestione automatica del sistema è realizzata da una unità principale di comando e controllo centralizzato installata nella Sala Controllo della galleria o in altro idoneo locale tecnico. Per l'intervento automatico, il sistema di spegnimento è associato a un sistema di rilevazione di incendio generalmente a doppia tecnologia (temperatura e fiamma) distribuito su tutta la lunghezza della galleria.



Nel sistema con monitori telecomandati mobili su carrello aereo, in caso di segnalazione di incendio nella galleria, le due strutture mobili più prossime (che a riposo sono disposte con passo costante di ca. 800 m. lungo la galleria) convergono lungo la rotaia aerea e si posizionano in prossimità della zona interessata dall'incendio. I monitori si collegano automaticamente mediante uno speciale attacco brevettato alla linea di alimentazione iniziando a erogare acqua o schiuma sul punto dell'incidente con un getto regolabile in maniera continua da getto pieno (per massimizzare l'efficienza di spegnimento) a getto frazionato (per massimizzare la capacità di raffreddamento) come qui rappresentato:





Sempre in maniera automatica viene stabilito un collegamento elettrico e di trasmissione dati tra la struttura fissa e quelle mobili. Contemporaneamente, nel caso di gallerie lunghe, le due unità mobili stazionate a monte ed a valle di quelle utilizzate per lo spegnimento convergono nelle due stazioni successive più prossime, si agganciano alla linea di alimentazione e cominciano a erogare acqua con getto frazionato (con cono di apertura del getto di 120°) con funzione di raffreddamento per abbattere lo sviluppo di calore nella galleria e di contenimento dei fumi dell'incendio.

La logica di funzionamento del sistema standard con monitori telecomandati distribuiti con passo costante lungo la parete della galleria è assolutamente identica ma, poiché i monitori si trovano già montati con il passo necessario per effettuare le operazioni di spegnimento, non è necessaria la fase di posizionamento ma avviene solo la selezione dei due monitori a monte e a valle dell'incendio per il funzionamento in modalità spegnimento e dei due monitori più esterni successivi in modalità raffreddamento e di contenimento dei fumi. Tutti gli altri monitori installati nella galleria rimangono ovviamente inattivi e le loro valvole intercettate.

Gestione semiautomatica

Nel funzionamento semiautomatico il sistema di rilevazione incendio non pilota direttamente il sistema di spegnimento, ma subordina il comando di partenza dello spegnimento al consenso fornito da un operatore presente in Sala Controllo o in altro posto di controllo remoto centralizzato. Come opzione è possibile prevedere un ulteriore automatismo logico che, in caso di mancata risposta sia positiva che negativa da parte dell'operatore, remoto dopo aver inviato un ulteriore apposito segnale acustico e visivo provvede ad attivare comunque il sistema di spegnimento.

Gestione manuale remota del sistema mediante joy-stick dalla Sala Controllo

Dalla unità principale di comando e controllo in Sala Controllo è anche possibile, grazie a telecamere ad alta sensibilità ed ad infrarossi (montate sulle unità mobili





oppure rispettivamente presso ciascun monitor fisso), comandare i monitori da remoto mediante joy-stick orientandoli più precisamente sui focolai di incendio. Questa operazione può essere fatta sia come completamento dell'intervento già iniziato in maniera automatica o semiautomatica dal sistema, sia in seguito a una decisione dell'operatore responsabile. In tal caso è sufficiente indicare al sistema con il mouse il punto della galleria in cui deve avvenire lo spegnimento per attivare immediatamente tutta la procedura di posizionamento delle strutture mobili e del loro collegamento alle alimentazioni idrica, elettrica e di segnale (versione con monitori telecomandati su carrello aereo), oppure rispettivamente la selezione dei monitori interessati (versione standard con monitori telecomandati distribuiti con passo costante lungo la parete della galleria).

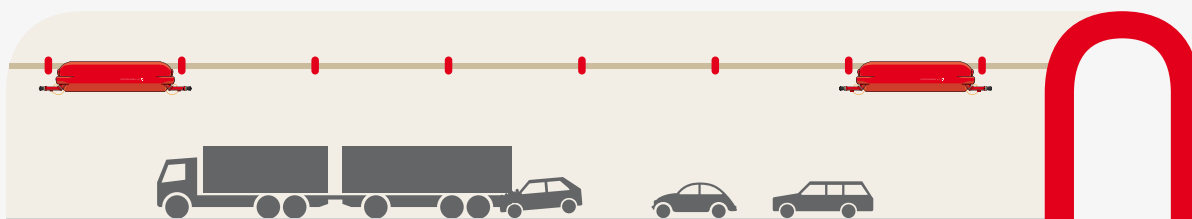
Gestione manuale locale del sistema di comando radio a marsupio

Per ottimizzare eventuali interventi di spegnimento da parte degli operatori specializzati e dei Vigili del Fuoco è previsto anche, in aggiunta al comando manuale remoto da luogo sicuro, anche la possibilità di un comando locale direttamente dalla galleria. A tal fine è disponibile un comando radio a marsupio che permette la selezione manuale del monitor desiderato ed il comando diretto manuale delle sue funzioni, oltre che la eventuale correzione locale delle attività di spegnimento in corso tramite comando centrale. Come per il comando remoto il comando dei movimenti avviene mediante un joystick di precisione e le informazioni sullo stato del sistema sono disponibili tramite spie LED e display LCD a bordo del marsupio.

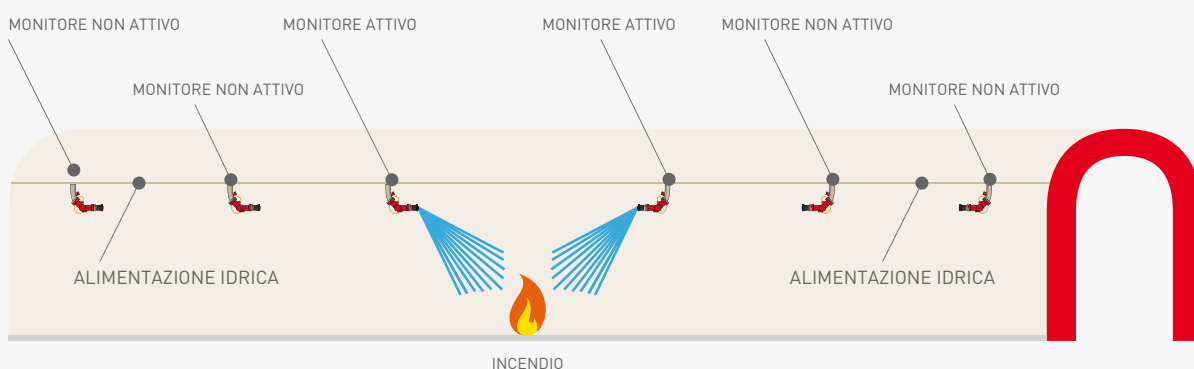


Logica di dimensionamento del sistema

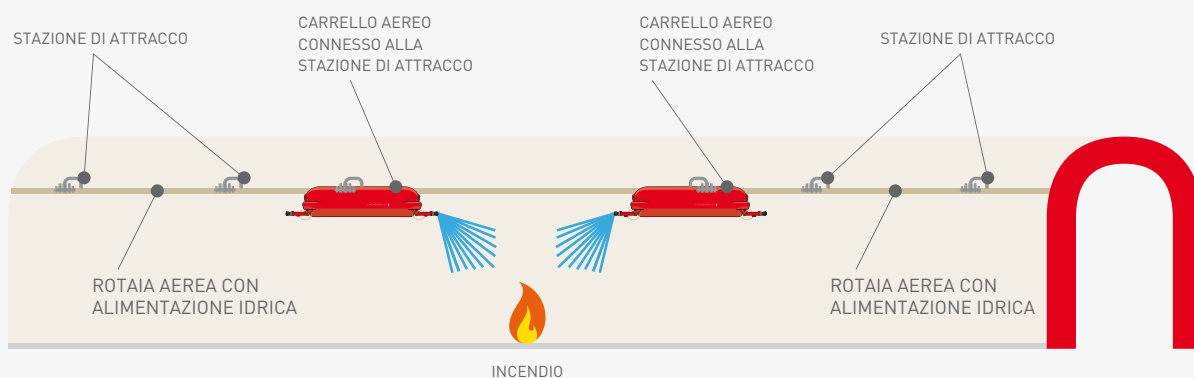
Il dimensionamento del sistema automatico di spegnimento incendi in galleria con monitori elettrici telecomandati è studiato per garantire un tempo complessivo tra l'insorgere dell'incendio e l'inizio dello spegnimento automatico inferiore ai 4 minuti.



Un tempo inferiore ai due minuti è assegnato alla procedura di sicura discriminazione e validazione della presenza di incendio. Per la sola versione con monitori telecomandati mobili su carrello aereo, un tempo di circa 1 minuto è riservato poi alle unità mobili per percorrere lo spazio necessario e raggiungere, rendendosi automaticamente operative, il più vicino punto di aggancio alla tubazione di alimentazione. La velocità di crociera delle unità mobili è ≥ 10 metri al secondo.



Soluzione 1: Monitori distribuiti.



Soluzione 2: Monitori con carrello su monorotaia aerea.



L'intervallo di stazionamento delle unità mobili a riposo lungo la galleria è quindi sempre ≥ 500 metri, e può raggiungere il passo di 1 km (il passo tipico è di 800 metri). In un tempo inferiore al minuto vengono infine effettuate le operazioni di messa in funzione e di posizionamento dei monitori e viene dato il via allo spegnimento. Con l'intervento manuale, la velocità di attivazione del sistema può essere ulteriormente incrementata.

Infatti, nel momento stesso in cui l'operatore del Centro di Controllo locale o remoto identifica un incendio, può comandare lo spegnimento che diventa quindi operativo in un tempo inferiore ai 2 minuti.

Lo stesso vale quando l'operatore, in base al segnale di allarme incendio di un singolo rilevatore di fiamma, dopo aver controllato via TVCC la situazione, decide di attivare lo spegnimento senza attendere anche la segnalazione di allarme del cavo termosensibile, normalmente più lento a intervenire.

Struttura del sistema (monitori distribuiti)

Lungo l'intera galleria è installata una tubazione per l'alimentazione di acqua o miscela schiumogena antincendio, oltre al cavo di energia elettrica e la dorsale di trasmissione dati in fibra ottica (bus seriale).

Sia la alimentazione elettrica che la trasmissione dati sono realizzati a anello. Con un passo costante, tipicamente dell'ordine dei 42 metri, sono installate lungo la galleria le stazioni di intervento e controllo. Con un passo di circa 250 metri è presente un quadro che sovrintende a tutte le funzioni, che viene riportato qui di seguito.

Il collegamento dei monitori e dei sensori di fiamma a temperatura di ogni stazione di intervento e controllo al quadro della proprio area avviene con bus in fibra ottica e cavo di alimentazione, entrambi con guaina protettiva resistente alla fiamma. Allo stesso quadro può essere collegato, se richiesto, anche un sistema di rilevazione



con cavo termosensibile e possono venire interfacciate eventuali telecamere fisse di monitoraggio sia a luce visibile che a infrarosso orientate nelle due opposte direzioni lungo l'asse della galleria.

I monitori sono previsti per una portata idroschiuma di 1.000 lt./min. ognuno, largamente superiore quindi alla portata di spegnimento specifica dei mezzi sia fissi che mobili normalmente in dotazione per lo spegnimento di incendi in galleria.

La quantità complessiva di acqua necessaria al funzionamento del sistema resta peraltro paragonabile a quella di altri sistemi fissi per la protezione delle gallerie, perché in questo sistema tutta la portata di spegnimento disponibile viene concentrata nel punto in cui necessita e non viene dispersa in un tratto più o meno lungo di galleria.

Struttura del sistema (monitori su carrello aereo)

Lungo l'intera galleria viene installata una rotaia aerea nella quale sono integrate anche le alimentazioni di acqua o miscela schiumogena antincendio, di energia elettrica e la dorsale di trasmissione dati in fibra ottica (bus seriale), come riportato nella figura seguente.

È interessante notare la compattezza della installazione e quindi il modesto ingombro nella sezione della galleria associata al sistema.

Con un passo costante, tipicamente dell'ordine dei 42 metri, sono montate lungo la galleria le stazioni di attracco e controllo. Le stazioni provvedono primariamente a fornire la alimentazione idroschiuma a ciascun carrello e permettono anche la alimentazione elettrica da rete degli stessi durante il loro stazionamento, mantenendo così caricate in tampone le batterie del carrello.

In aggiunta a questa struttura fissa, possono essere previsti anche quadri a parete con un passo tipico di 250 metri per l'eventuale collegamento di sistemi di detenzione di incendio con cavo termosensibile o sensori di fiamma e di visualizzazione con telecamere di monitoraggio sia a luce visibile che a infrarosso orientate nelle due opposte direzioni lungo l'asse della galleria.

I due monitori idroschiuma sono la struttura più rilevante a bordo del carrello, sul



quale sono presenti i sensori di fiamma a temperatura per il puntamento oltre che due telecamere, ciascuna con possibilità di funzionamento sia con luce visibile che a infrarosso, e gli eventuali sensori di gas infiammabili (a protezione del rischio di esplosioni) e di gas tossici (a protezione del rischio di asfissia).

Il monitor è anche equipaggiato con una valvola di intercettazione, telecomandata come tutte le sue altre funzioni, per permettere di effettuare anche interventi mirati e intermittenti. I monitori sono previsti per una portata idroschiuma di 1.000 lt./min. ognuno, largamente superiore quindi alla portata di spegnimento specifica dei mezzi sia fissi che mobili normalmente in dotazione per lo spegnimento di incendi in galleria. La quantità complessiva di acqua necessaria al funzionamento del sistema resta peraltro paragonabile a quella di altri sistemi fissi per la protezione delle gallerie, perché in questo sistema tutta la portata di spegnimento disponibile viene concentrata nel punto in cui necessita e non viene dispersa in un tratto più o meno lungo di galleria.

Affidabilità del sistema

Il mantenimento nel sistema della collaudata affidabilità di spegnimento dei monitori è ovviamente associato alla massima affidabilità dei suoi diversi componenti, tenendo conto delle particolarissime condizioni in cui deve avvenire l'intervento di emergenza. Per tutti i componenti critici si è scelta quindi la strada della ridondanza, associata all'utilizzo dei migliori materiali e componenti reperibili sul mercato e alla adozione delle tecniche di monitoraggio, comunicazione e controllo più moderne e affidabili. Per quanto riguarda la trasmissione dati in particolare è stata scelta una trasmissione TCP/IP, per permettere tra l'altro il diretto utilizzo delle strutture di comunicazione esistenti o che verranno via via create per ottenere senza costi aggiuntivi il monitoraggio di allarmi, comandi e controlli anche nelle Sale di Controllo centralizzate dei gestori delle gallerie.

Il sistema è progettato per risultare duale e ridondante in tutte le sue caratteristiche:

- lo spegnimento è affidato a due monitori sui due lati dell'incendio; un solo monitor è sufficiente per spegnere;
- la alimentazione elettrica delle stazioni di attracco è realizzata in anello, può avvenire quindi in maniera separata e indipendente sui due lati della zona interessata dall'incendio;
- la comunicazione dei dati (sia in fibra ottica che in rame) è realizzata in doppio anello, in maniera quindi separata e indipendente sui due lati della zona interessata dall'incendio.



Il sistema di spegnimento è infine in grado di funzionare senza interruzione per un tempo indefinito, perché non esistono organi o risorse soggette ad esaurimento.

Facilità di montaggio del sistema

Il sistema è applicabile anche a gallerie esistenti, non costringe cioè a mettere le stesse completamente fuori esercizio per l'intera durata dei lavori di installazione, e può essere indistintamente usato tanto per gallerie di tipo stradale e autostradale quanto per gallerie ferroviarie e metropolitane.

Utilizzo del sistema per impieghi produttivi di monitoraggio e per altre manutenzioni durante il normale esercizio della galleria

Si è data grande attenzione alla possibilità di utilizzo del sistema oltre alla naturale e primaria funzione di protezione dagli incendi: il sistema può infatti essere utilmente impiegato per scopi di monitoraggio e di manutenzione anche durante il normale esercizio della galleria. Le unità mobili dotate di telecamere (normali e infrarosse) dislocate lungo la galleria possono venire spostate a piacere con comando remoto in qualsiasi stazione di attracco e controllo, o in alternativa possono essere utilizzate telecamere fisse montate in corrispondenza dei quadri delle stazioni di attracco. È importante rilevare come queste funzioni aggiuntive non comportino alcun maggior onere costruttivo per il trasporto del segnale, la alimentazione e per la gestione delle telecamere supplementari, perché tali funzionalità sono già integrate nella tecnica adottata per il sistema di spegnimento. I monitori possono essere utilizzati per operazioni di lavaggio o di bonifica ambientale, portando le unità mobili mediante telecomando in qualunque punto della galleria ed erogando fluidi specifici (detergenti, disperdenti, ecc.) opportunamente miscelati all'acqua. Sia le stazioni di attracco che le unità mobili possono venire equipaggiate con sensori per la misura dell'inquinamento (CO, ecc.) e della esplosività in galleria che possono funzionare in continuo, monitorando sia l'andamento normale del traffico che le diverse condizioni di emergenza.



Scenari di incendio in galleria

Scenario 1

La logica di costruzione del modello matematico della galleria è finalizzata a ottimizzare la simulazione e quindi i tempi di calcolo dei risultati senza introdurre ipotesi semplificative che possano portare a una riduzione della attendibilità dei risultati. Viene presa in esame una galleria che per le sue caratteristiche geometriche può considerarsi rappresentativa sia di un collegamento stradale che autostradale. La galleria è considerata per semplicità di trattazione rettilinea e piana e la sua lunghezza viene fissata in 1.000 metri. La larghezza della galleria è di 10 metri e la sua altezza utile massima di 7 metri. L'incendio si suppone si verifichi a metà circa del suo tracciato. Viene considerato un incendio di rilevante gravità, sintetizzato in un autoarticolato con un carico di materiale in grado di sviluppare un incendio della potenza complessiva di 80 MW. Il modello matematico per il calcolo è limitato a un tratto di galleria di 100 m. di lunghezza, che risulta posizionato in maniera simmetrica rispetto al punto di innesco dell'incendio. Nel caso di simulazione di incendio relativa ad un sistema dotato di ventilazione si suppone che nella galleria sia presente e attivo un impianto di ventilazione forzata, che continua a funzionare per tutta la durata dell'incendio con velocità costante. La velocità dell'aria nel caso di ventilazione forzata viene assunta pari a 3 m./sec., per tener conto anche della possibilità oggi prevista in molte gallerie di elevare i valori di ventilazione in caso di incendio.

Per ogni scenario sono state utilizzate delle sonde virtuali per determinare gli effetti del calore e del fumo in termini di curva Tempo-Temperatura (analisi relativa al post-flashover, per la valutazione della resistenza al fuoco delle strutture), e in termini di visibilità (analisi relativa al pre-flashover, per la valutazione dell'altezza libera da fumo e quindi delle condizioni di esodo in sicurezza). Inoltre è stata valutata la possibilità di evacuazione delle persone presenti all'interno del tunnel. Si suppone che la galleria oltre che delle attrezzature minime richieste dalla norma (idranti) sia dotata anche di un sistema di monitori elettrici telecomandati con intervento automatico o semiautomatico remoto. I monitori attivi nello scenario sono due, a monte ed a valle dell'incendio spazati tra loro di 42 metri, con una portata di 1.000 lt./min. ciascuno con una pressione al bocchello di 8 bar.

Gli idranti, spazati tra loro di 150 m., sono integrati nell'impianto di spegnimento con monitori e alimentati dallo stesso anello. L'utilizzo degli idranti può avvenire a partire dal momento dell'arrivo in galleria dei soccorritori, mentre il sistema di monitori telecomandati si suppone venga attivato solamente 4 min. dopo l'insorgere dell'incendio.

Scenario 2

Si suppone la galleria dotata unicamente delle attrezzature richieste dal Dlgs. 264/2006. In particolare si suppone siano disponibili lungo l'intera galleria idranti spazati tra loro di 150 m. (questa condizione è più severa di quella imposta dalla norma, ma è allineata alle richieste tecniche di molti gestori autostradali).

Gli idranti si suppongono collegati tra loro a anello e alimentati da una stazione di

pompaggio in grado di garantire una portata di 600 lt/min. a una pressione minima di 4 bar. L'intervento antincendio è affidato ai vigili del fuoco sopraggiunti dopo la chiamata. Come nel caso precedente si suppone che le squadre antincendio siano perfettamente dotate di tutti i dispositivi di protezione individuale; i soccorritori pertanto sono sempre in grado di resistere a una temperatura comunque inferiore a 100°C e a concentrazioni di fumo e gas tossici che riducono la visibilità fino al valore di 2 metri. Lo scenario quindi prevede che l'utilizzo dei mezzi fissi di estinzione incendio venga fatto dalle squadre di soccorso. Per quanto riguarda il tempo di intervento delle squadre di soccorso, è stato supposto che i Vigili del Fuoco possano iniziare la loro attività di spegnimento già entro 20 minuti dall'inizio dell'incendio. Evidentemente questi tempi si riferiscono a una condizione ideale che può essere considerata molto ottimistica.

Simulazione dell'incendio

FDS (Fire Dynamics Simulator), è stato sviluppato dai ricercatori del NIST - National Institute of Standards and Technology. Il modello è un CFD (Computational Fluid Dynamics) cioè un modello di fluido-dinamica computazionale della corrente del flusso fluido causato da un incendio. FDS risolve numericamente una forma delle equazioni di Navier-Stokes, adattate per flusso a bassa velocità, con una particolare attenzione sul trasporto del fumo e del calore provocati da incendio. Un altro programma denominato Smokeview viene usato per ottenere la visualizzazione dei risultati della simulazione effettuata con FDS. FDS e Smokeview sono stati rilasciati nel 2000. Durante le indagini del NIST sul crollo del World Trade Center è diventata evidente la necessità di completare FDS per renderlo un efficace strumento per la ricostruzione dell'origine di un incendio. Nel 2005 FDS fu sottoposto ad una revisione importante, con lo sviluppo della nuova versione 5, che ha aumentato la flessibilità e la funzionalità del modello. Il codice FDS è universalmente conosciuto e riconosciuto per le applicazioni legate alla Fire Safety Engineering (FSE).

Simulazione della evacuazione

Il modello utilizzato è EVAC del VTT (Technical Research Centre of Finland) distribuito dal NIST. Il modello è in grado di seguire il comportamento dei singoli agenti presenti nella simulazione in funzione dell'evoluzione dell'incendio e della produzione di prodotti della combustione, quali il fumo, il CO e il CO₂, calcolati da FDS. I due modelli, FDS ed EVAC lavorano congiuntamente in un'unica sessione di calcolo. Il modello di movimento degli agenti all'interno del modello è di tipo comportamentale, tiene cioè conto delle azioni compiute dalle persone congiuntamente al loro movimento verso una delle uscite. Il modello permette inoltre di assegnare una distribuzione statistica dei tempi di rivelazione, di pre-movimento, della velocità di esodo in funzione della tipologia di agente predefinita dall'utente, e degli effetti di alcuni prodotti della combustione mediante il calcolo del FED (Fractional Effective Dose).



Elaboratori utilizzati per il calcolo

Per il calcolo sono stati utilizzati dei calcolatori equipaggiati con processore Intel Core i7-930, operante alla frequenza di clock di 2.8 GHz. Tale processore, basato su architettura Intel Bloomfield e costruito con processo litografico a 45nm, per un totale di 731 milioni di transistor, è costituito da 4 cores in grado di elaborare parallelamente fino a 8 threads grazie alla tecnologia Hyper-Threading e beneficia di una memoria cache di secondo livello condivisa tra i vari cores da 8 MB. La connessione verso la motherboard avviene attraverso un socket FCLGA 1366 che integra un BUS QPI verso le periferiche di sistema da 4.8 miliardi di trasferimenti al secondo e ben 3 canali di comunicazione verso altrettanti banchi di memoria. I calcolatori sono stati dotati quindi di 12 GB di memoria RAM di tipo DDR3 operante alla velocità di 1600 MHz, equamente ripartiti sui 3 canali di comunicazione in modo da massimizzare lo sfruttamento dei 25.6 GB/s di banda tipica del processore. La sezione video si basa su una scheda grafica compatibile OpenGL con 1GB di memoria video GDDR3. Per consentire ai software di utilizzare pienamente le risorse hardware di questi calcolatori si è utilizzato il sistema operativo Windows 7 in edizione a 64 bit che consente di superare il limite di 3GB di memoria RAM tipico dei sistemi a 32 bit e di sfruttare altresì i 64 bit di parallelismo interno alla CPU, (piattaforme Intel di ultima generazione).

Visualizzazione dei risultati

Ambiente di prova

Le condizioni ambientali della galleria nelle quattro condizioni di prova sono identiche, con le sole differenze rappresentate dalla presenza oppure assenza dell'impianto di ventilazione forzata in funzione e (ovviamente) con la presenza oppure assenza del sistema di spegnimento con monitori telecomandati. I monitori telecomandati (quando presenti) agli effetti dei risultati possono essere considerati sia del sistema in versione fissa distribuita sia, in alternativa, del sistema con monitori mobili su carrello aereo. Le prestazioni di spegnimento delle due versioni sono infatti identiche. Nelle due serie di figure seguenti sono rappresentati i due layout tipici corrispondenti per la galleria di test.



Risultati della simulazione senza ventilazione

Vengono riportati i risultati della simulazione per lo scenario 1 (monitori installati in galleria) e per lo scenario 2 (solo cassette idranti installate in galleria) (pag. 18 e pag. 19). La durata complessiva della simulazione è di 30 minuti (1.800 secondi); vengono qui rappresentati i risultati relativi ai tempi 241, 600, 900, 1.200, 1.800 secondi. Nel caso 1 i monitori vengono attivati automaticamente dopo 4 minuti (240 secondi), mentre il sistema idranti viene messo in funzione dopo 20 minuti (1.200 secondi), al momento quindi di arrivo ipotizzato dei Vigili del Fuoco. Come è evidente i risultati fino all'entrata in servizio dei monitori sono identici in entrambi i casi. Per ogni tempo considerato viene riportata la sezione longitudinale della galleria oltre che 4 sezioni trasversali a differenti distanze dal punto di innesco dell'incendio. Viene inoltre riportato l'andamento della curva HRR per i due scenari e quello delle curve di temperatura misurate a 18 m. e a 60 m. dal punto di innesco dell'incendio (sempre in parallelo per i due scenari considerati).

Risultati della simulazione con ventilazione forzata

Anche in questo caso sono riportati i risultati della simulazione per lo scenario 1 (monitori installati in galleria) e per lo scenario 2 (solo cassette idranti installate). (pag. 20 e pag. 21). La durata complessiva della simulazione è sempre di 30 minuti (1.800 secondi) e per permettere un preciso riscontro i risultati rappresentati sono relativi agli stessi tempi già riportati nella simulazione precedente (241, 600, 900, 1.200, 1.800 secondi). Pure i tempi di attivazione dei monitori nel caso 1 e quello degli idranti nel caso 2 rimangono invariati (quindi 4 minuti e 20 minuti rispettivamente). Per ogni tempo considerato viene riportata la sezione longitudinale della galleria oltre che 4 sezioni trasversali a differenti distanze dal punto di innesco dell'incendio. Viene inoltre riportato l'andamento della curva HRR per i due scenari e quello delle curve di temperatura misurate alle stesse distanze dal punto di innesco dell'incendio sopra indicate per entrambi gli scenari considerati).

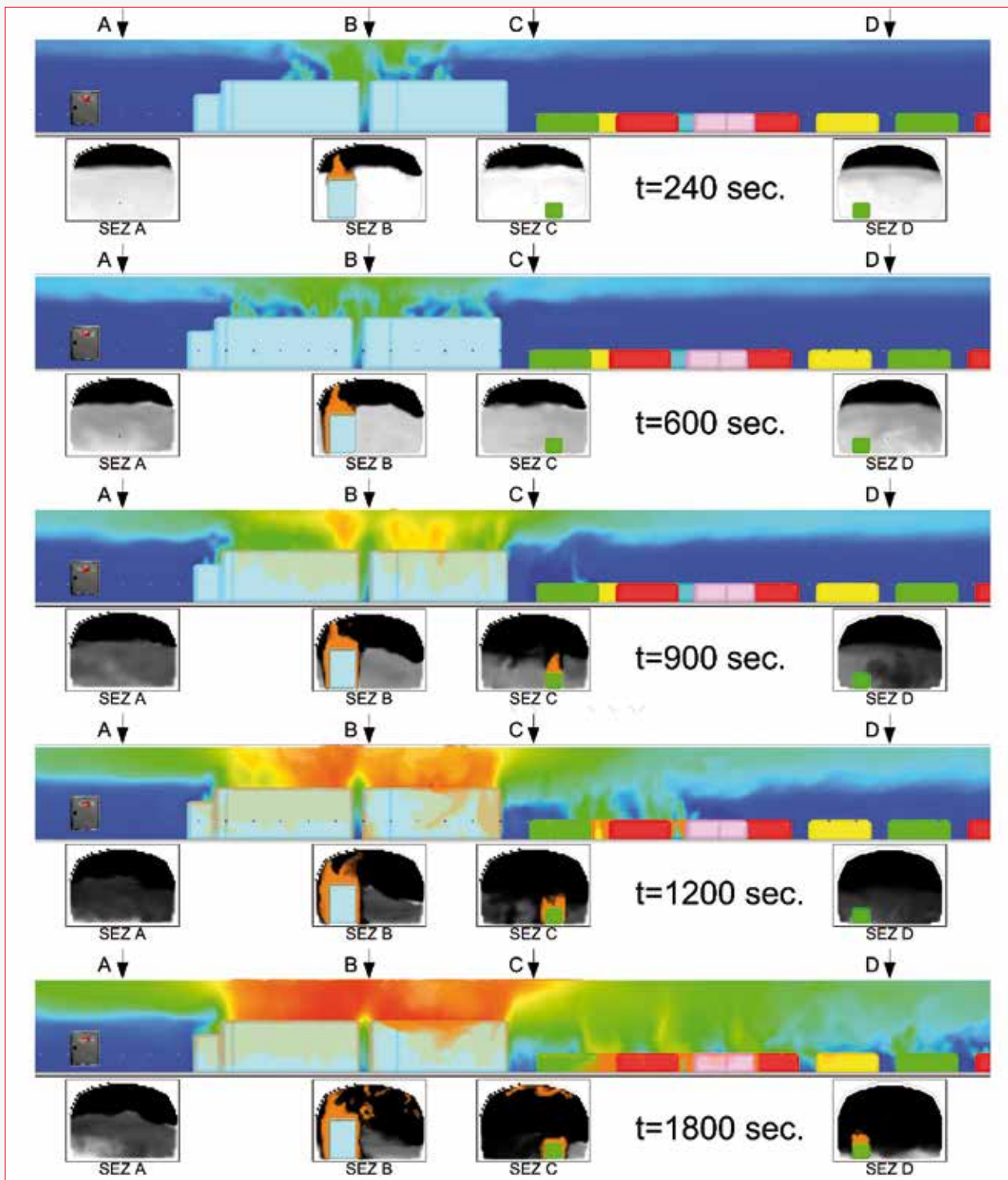
Risultati della simulazione di evacuazione

Vengono riportati i risultati nel caso dello scenario 1 (monitori installati in galleria) e dello scenario 2 (solo cassette idranti installate) alla pagina 26 e 27.



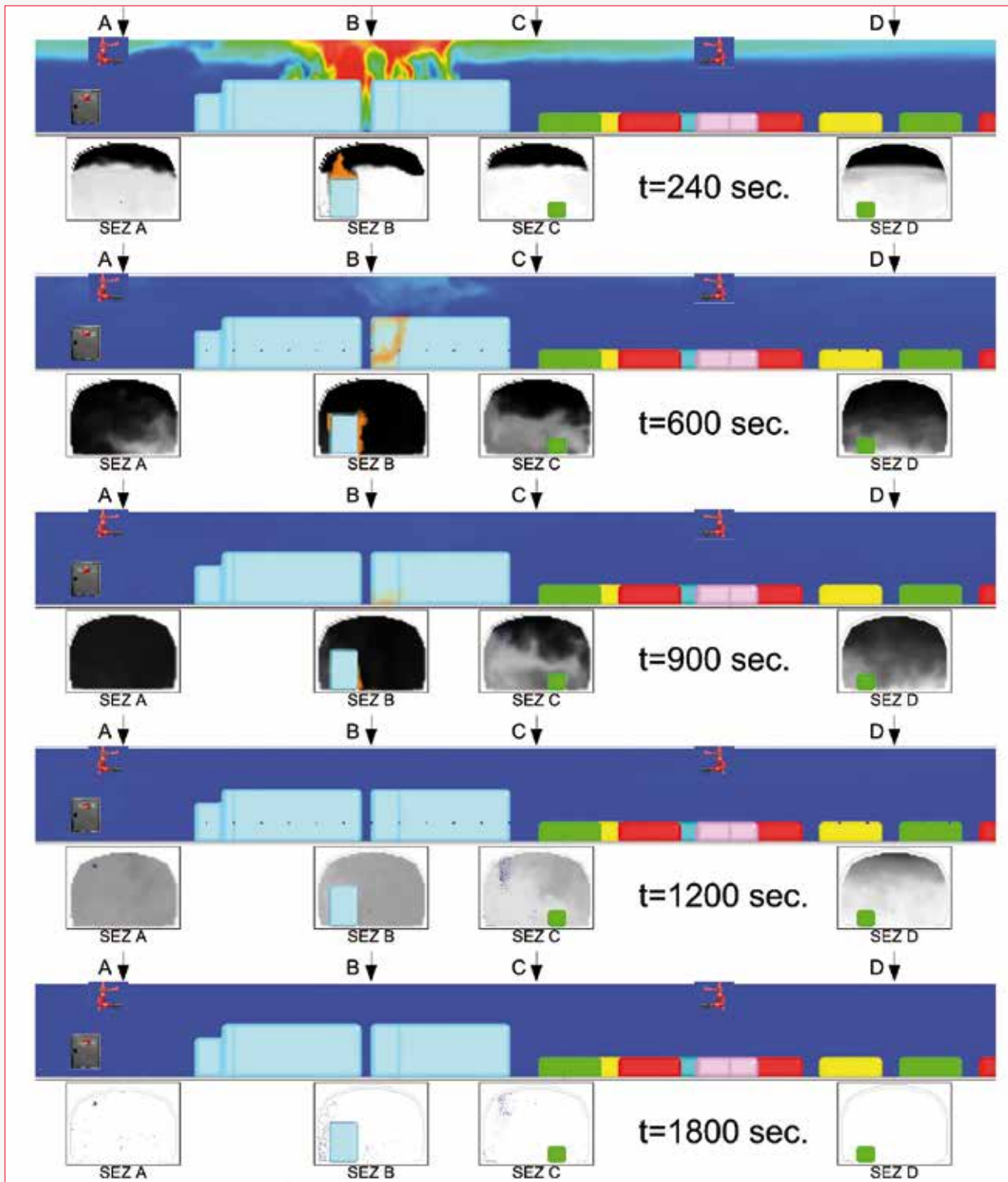


Incendio in galleria senza ventilazione forzata ed equipaggiata con sole cassette idranti



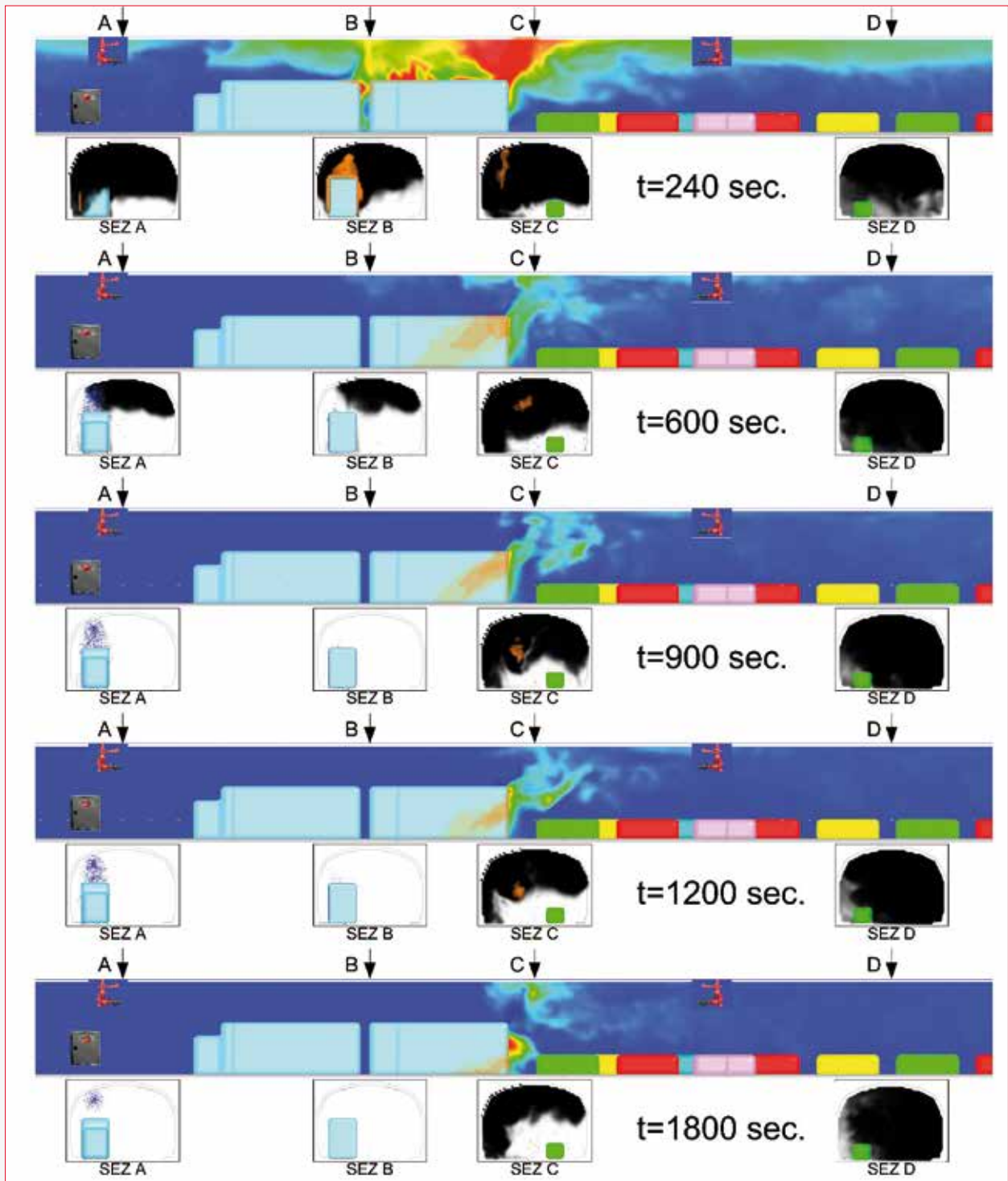


Incendio in galleria senza ventilazione forzata ed equipaggiata con monitori



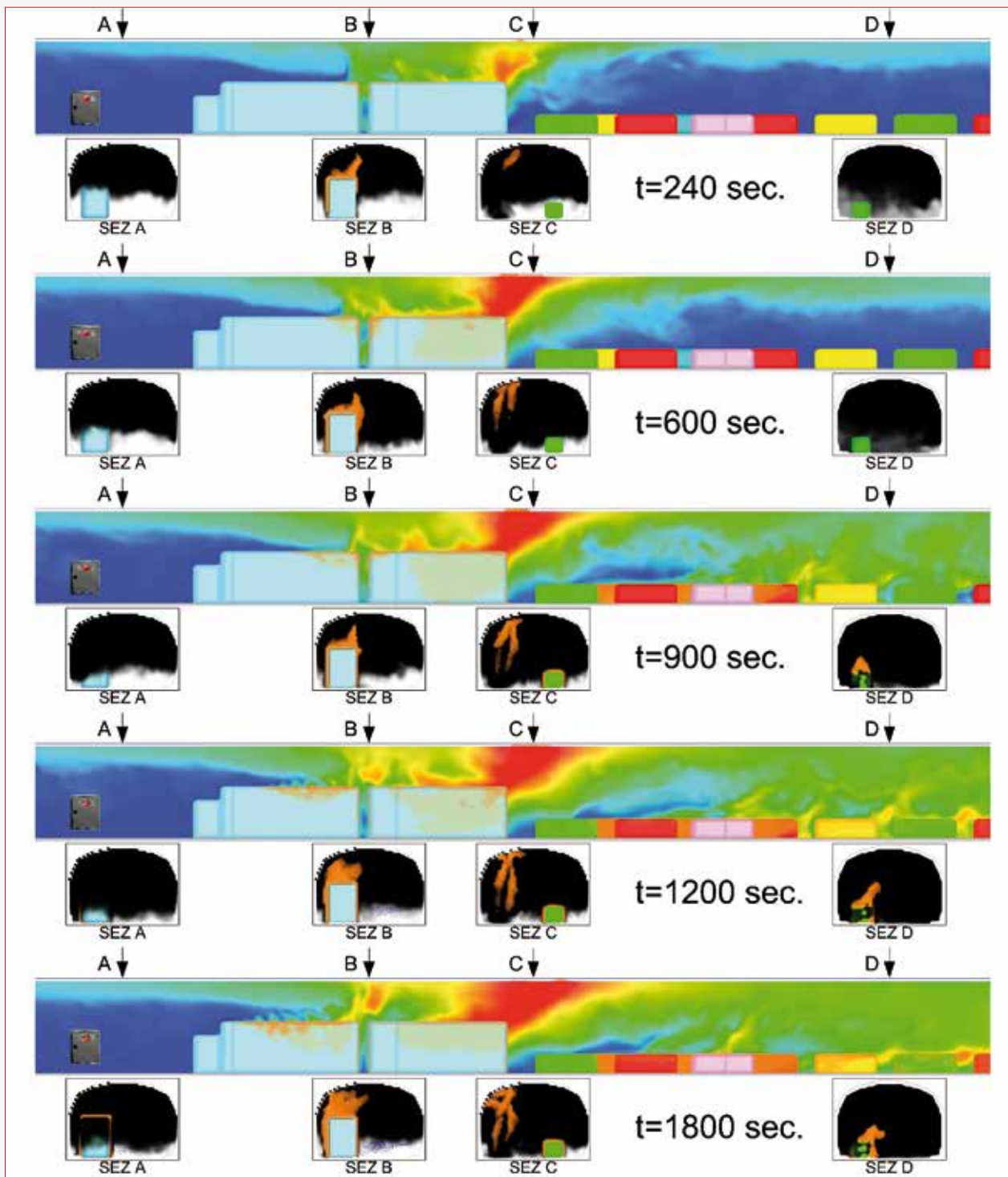


Incendio in galleria con ventilazione forzata ed equipaggiata con monitori





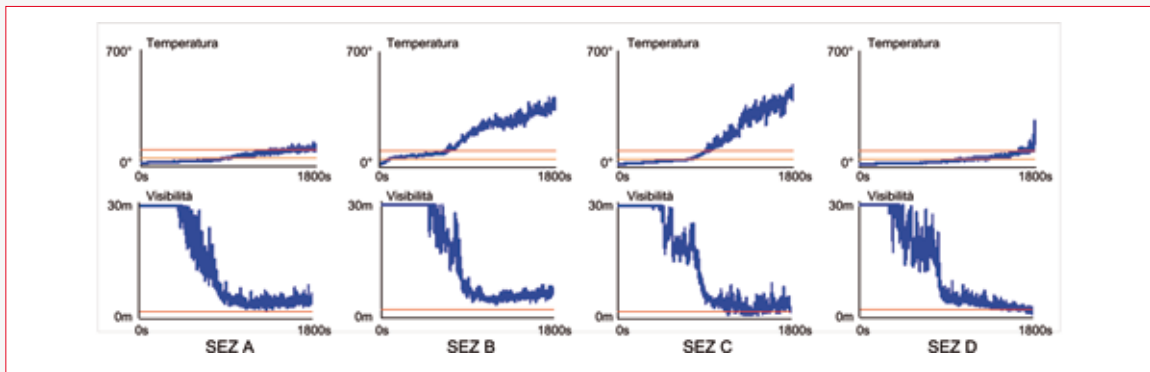
Incendio in galleria con ventilazione forzata ed equipaggiata con sole cassette idranti



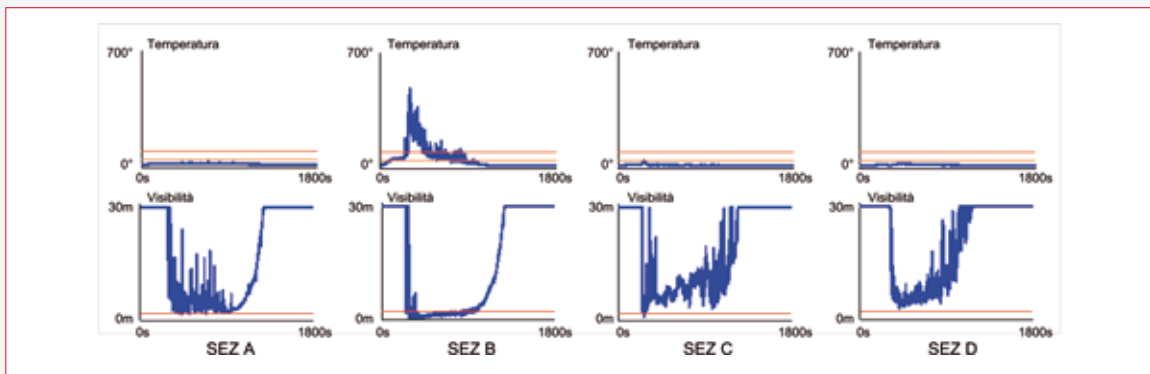
Incendio in galleria senza ventilazione forzata



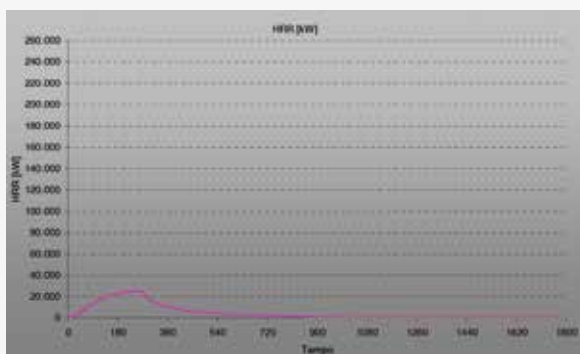
Equipaggiate con sole cassette idranti



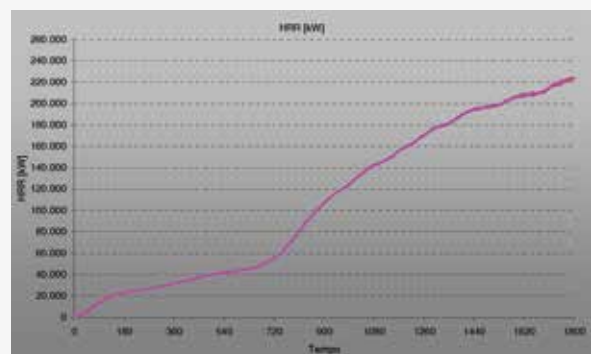
Equipaggiate con monitori



HRR totale - galleria senza ventilazione forzata



Equipaggiate con monitori



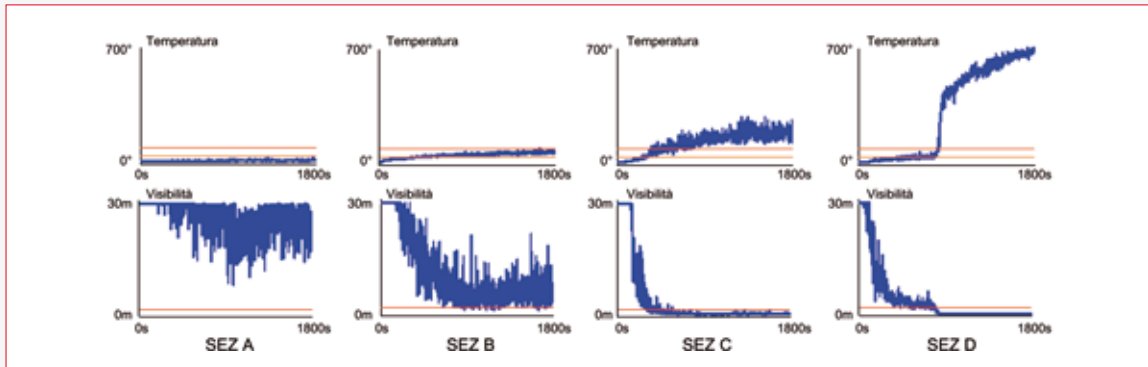
Equipaggiate con sole cassette idranti



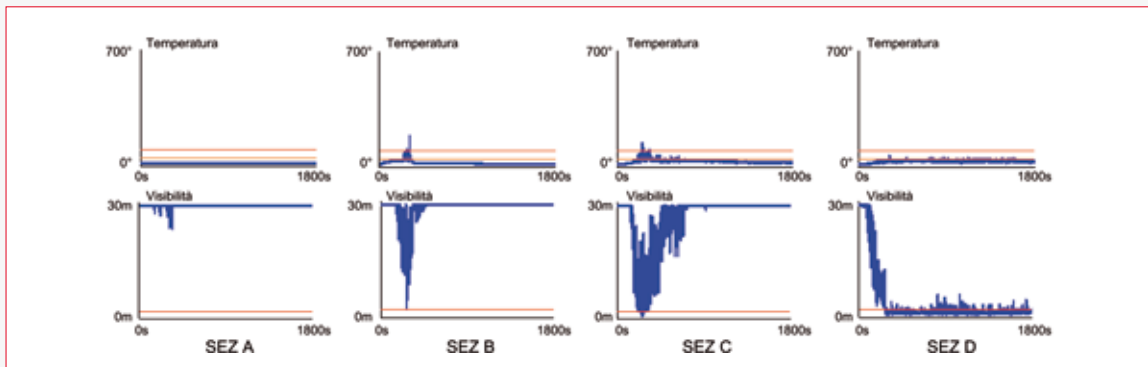
Incendio in galleria con ventilazione forzata



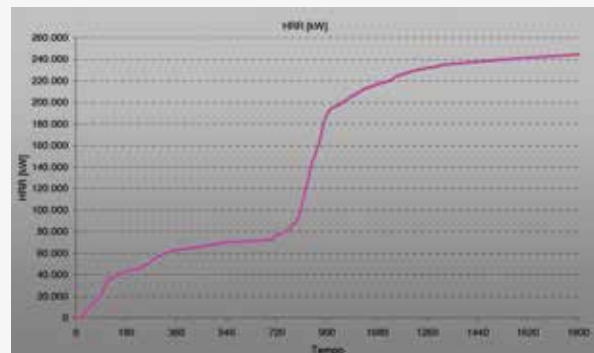
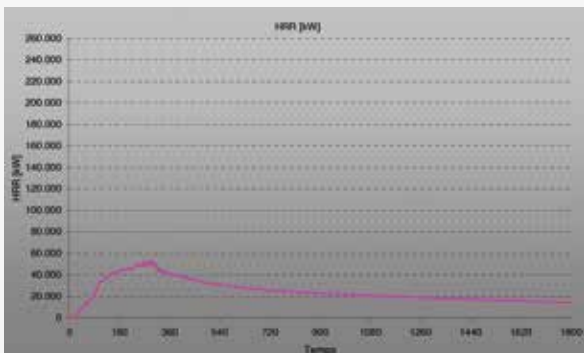
Equipaggiate con sole cassette idranti



Equipaggiate con monitori



HRR totale - galleria con ventilazione forzata



Equipaggiate con monitori



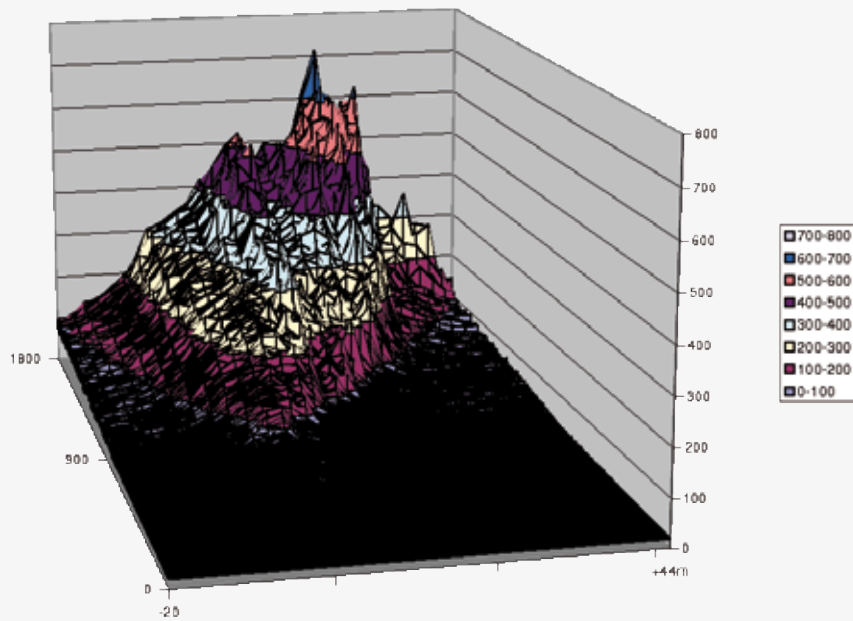
Equipaggiate con sole cassette idranti



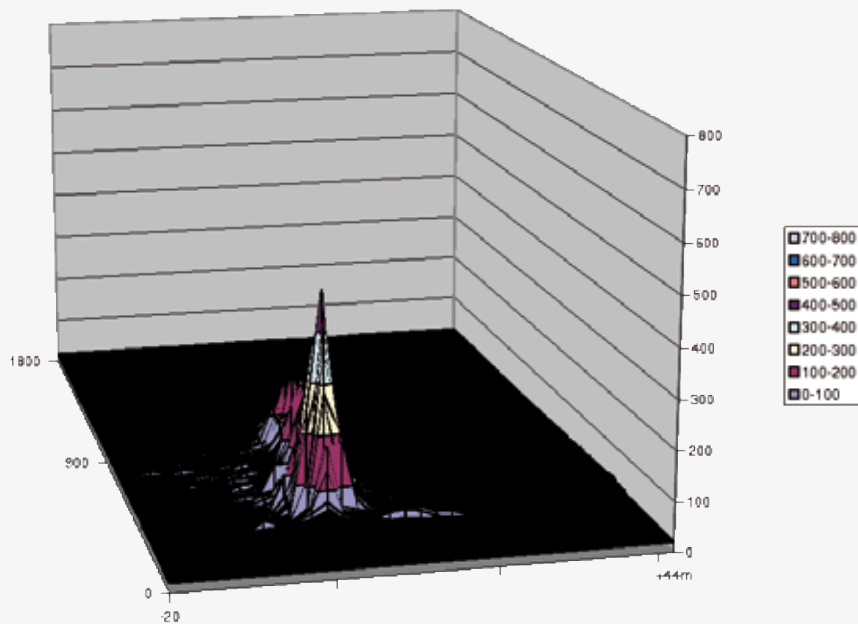
Curva andamento temperature alla quota H=1,60MT senza ventilazione forzata



Equipaggiate con sole cassette idranti



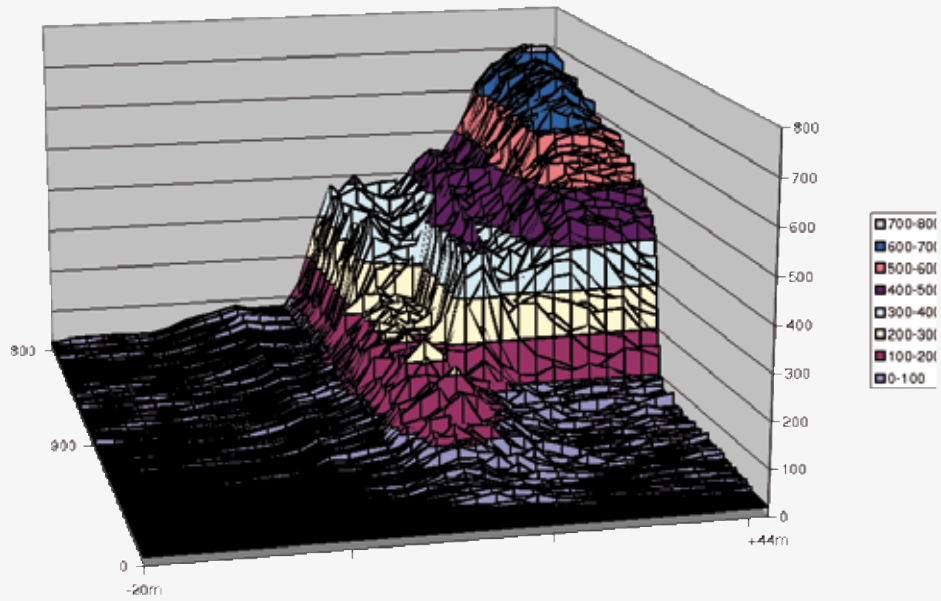
Equipaggiate con monitori



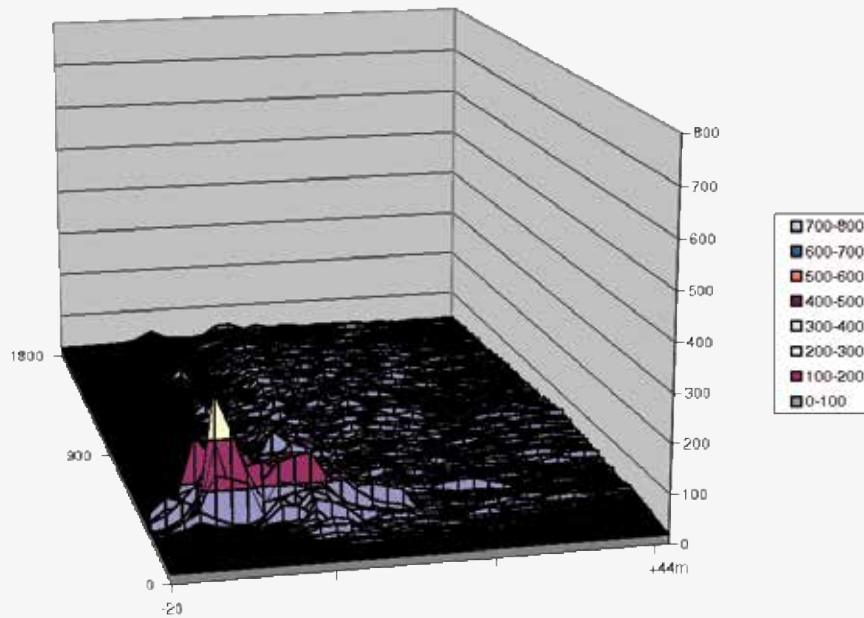
Curva andamento temperature alla quota H=1,60MT con ventilazione forzata



Equipaggiate con sole cassette idranti



Equipaggiate con monitori



Visualizzazione andamento evacuazione con monitori

1

Nella simulazione sono presenti in galleria 1 autotreno e 127 autovetture. Si notino i tempi di pre-evacuazione degli agenti. Nella fase iniziale.

2

Gli agenti presenti secondo la simulazione sono 270, distribuiti nelle classi di età e categorie evidenziate nella tabella a fondo pagina.

3

Al tempo $t=240$ secondi sono entrati in funzione i monitori; la zona interessata allo spegnimento è già stata evacuata.

4

L'incendio ha già notevolmente ridotto la sua potenza, mentre l'evacuazione procede in maniera costante.

5

La zona occupata dagli autoveicoli è già stata completamente abbandonata dagli agenti.

6

Solo un paio di agenti devono ancora percorrere l'ultimo tratto di galleria per raggiungere il portale, mentre il fuoco è quasi spento.

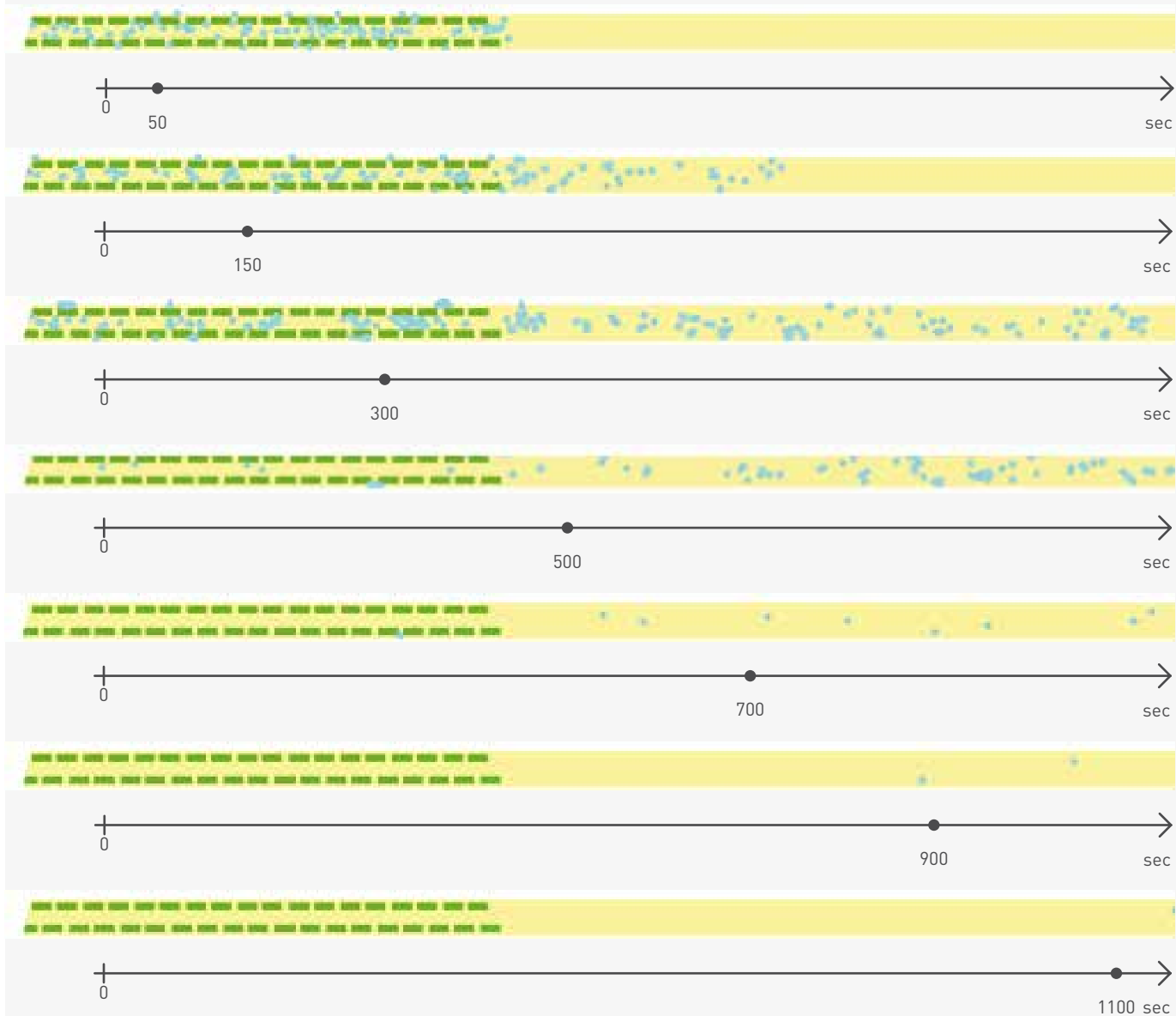
7

Il fuoco è completamente spento e tutti gli agenti hanno lasciato la galleria in condizioni di sicurezza.

Ipotesi di comportamento agenti nella simulazione

Definizione Tipo di Agente presenti in galleria	Numero Agenti	Distribuzione di tipo uniforme del Tempo di Pre-Evaquazione - [s]		Distribuzione di tipo uniforme del Tempo di Rilevazione - [s]		Distribuzione di tipo uniforme della Velocità [m/s]	
		Min	Max	Min	Max	Min	Max
Uomo	100	50	80	30	60	1.15	1.55
Donna	100	50	80	30	60	0.95	1.35
Anziano	40	50	80	30	60	0.50	1.10
Bambino	30	50	80	30	60	0.60	1.20





Risultati complessivi della simulazione

Ventilazione forzata	Attrezzatura in galleria	Temperature massima misurate alla distanza di			Condizioni di vivibilità a 60m. dal focolaio	
		18m. in calotta	18m. h 1.60	60m. h 1.60	Soccorritori	Utenti
No	Cassette idranti	1290° C	550° C	150° C	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
No	Monitori	350° C	40° C	35° C	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Si	Cassette idranti	1250° C	350° C	510° C	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Si	Monitori	630° C	45° C	35° C	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

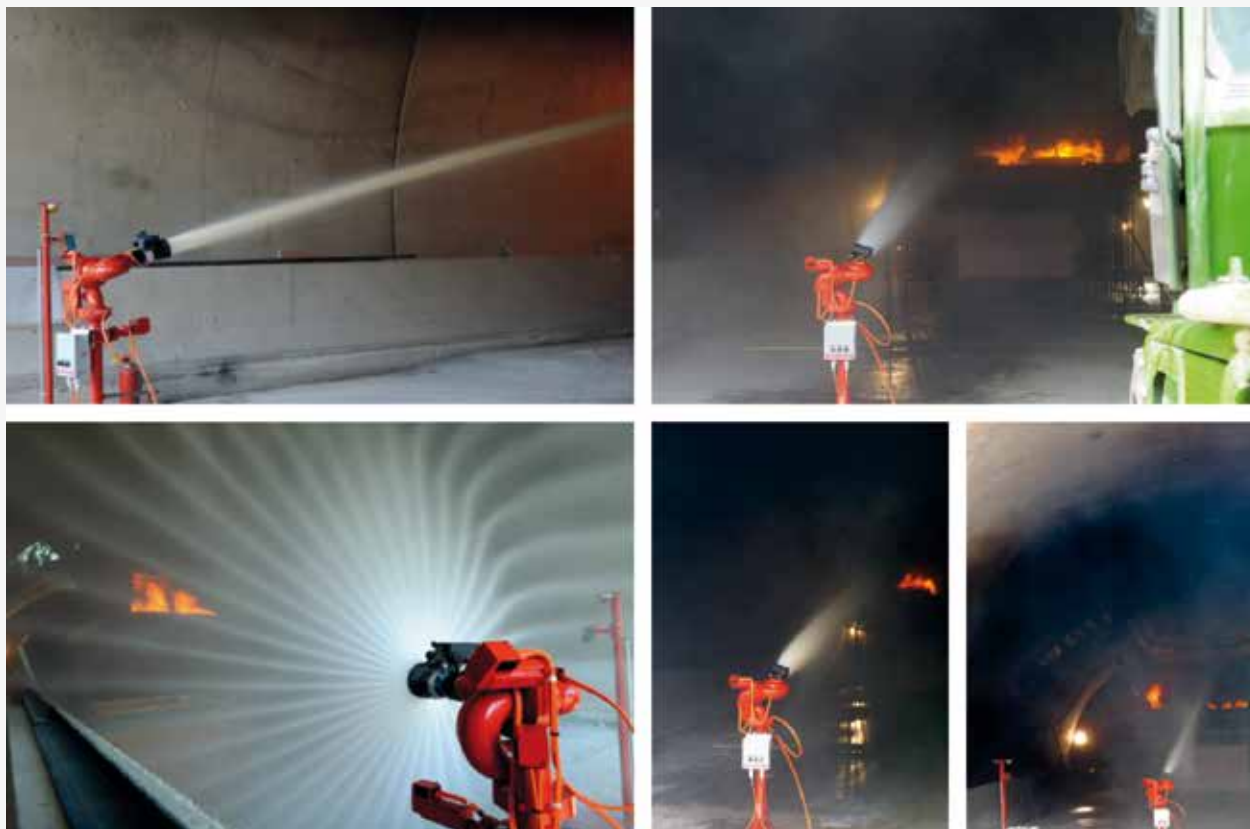
Nota: agenti presenti a monte e a valle dell'incendio.



Risultati delle prove sperimentali

Nel seguito sono visualizzate alcune sequenze tratte da prove sperimentali effettuate in galleria. Le prove sono state effettuate nella galleria Santa Croce sulla Strada dei Marmi a Carrara, nella galleria metropolitana sperimentale e nella galleria stradale sperimentale della Scuola di Formazione Operativa dei Vigili del Fuoco a Montelibretti (Roma) nonché nel Traforo del Gran Sasso sull'autostrada A24 tra l'Aquila e Teramo.

Galleria Santa Croce - Strada dei Marmi - Carrara



Galleria stradale Montelibretti (incendio autovettura)





Galleria stradale Montelibretti (incendio pozza)



Galleria metropolitana Montelibretti





Traforo autostradale A24 del Gran Sasso



Note tecniche

La descrizione tecnica e funzionale delle prestazioni e caratteristiche dei sistemi automatici di spegnimento per gallerie con monitori telecomandati Caccialanza viene riportata nei seguenti prospetti specifici, ai quali si rimanda:

TuDEM LEGIO
SISTEMA AUTOMATICO DI
SPEGNIMENTO PER GALLERIE CON
MONITORI TELECOMANDATI
DISTRIBUITI



TuDEM CAR
SISTEMA AUTOMATICO DI
SPEGNIMENTO PER GALLERIE
CON MONITORI TELECOMANDATI
SU CARRELLO AEREO



TuDEM ARIANNA
SISTEMA INTERATTIVO
DI SEGNALAZIONE E GUIDA VISUALE
PER LE VIE DI FUGA
IN GALLERIE E AREE CONFINATE



Requisiti essenziali e specifici del sistema TuDEM

Il sistema proposto risponde totalmente ai requisiti essenziali e specifici per un sistema di spegnimento incendi in gallerie qui di seguito elencati:

- altissima affidabilità nell'intervento di spegnimento;
- utilizzo della tecnologia antincendio disponibile più efficiente per la classe di incendio in oggetto;
- elevata riserva (sovradimensionamento) della portata di spegnimento specifica richiesta;
- possibilità di utilizzo del sistema di spegnimento per un tempo illimitato;
- attivazione automatica del sistema senza necessità di intervento diretto di personale;
- possibilità di intervento diretto da parte di un operatore remoto che da area sicura può ottimizzare le prestazioni del sistema di spegnimento;
- possibilità di utilizzo del sistema sia per gallerie stradali che ferroviarie e metropolitane;
- autodiagnosi automatica e continua dello stato del sistema, sia in condizioni di stand-by che in condizioni operative;
- insensibilità al guasto distribuita sull'intero sistema;
- possibilità di agevole installazione del sistema minimizzando le attività di montaggio locali e la sezione di ingombro nella galleria (per galleria in esercizio);
- minimizzazione della progettazione dettagliata specifica per ogni diversa installazione;
- minimizzazione delle attività di manutenzione e dei relativi costi;
- standardizzazione delle attività di manutenzione concentrate su pochi componenti specifici, realizzati in maniera da essere facilmente intercambiabili.



CACCIALANZA & C. 
SISTEMI ANTINCENDIO E DI SICUREZZA

CACCIALANZA & C Srl
Via Pacinotti 10, I-20090 Segrate (Milano) Italy
Tel. 0039 02 216918.1 – 2139851
Email: support@caccialanza.it
www.caccialanza.eu
www.caccialanza.it

