

# antincendio

dal 1949 la rivista della prevenzione incendi e della protezione civile

7/14

anno sessantaseiesimo  
Contiene inserto

- Elementi in legno
- Polveri di alluminio
- Impianti sportivi



00135 Roma  
Via dell'Acqua Traversa 187/189

## GIELLE™ INDUSTRIES

**SEI PRONTO  
A GUADAGNARE  
DAL TUO IMPIANTO  
ANTINCENDIO?**

Possiedi un impianto di gas NAF S-III\* non più utilizzabili?

Noi lo ritiriamo gratuitamente, lo paghiamo e rilasciamo l'idonea certificazione per ritiro e smaltimento, Decreto del 20 dicembre 2005 contenente "Modalità per il recupero degli hcfc dagli estintori e dai sistemi di protezione antincendio"

G.U. nr. 14 del 18 Gennaio 2006.

Gielle è un centro di raccolta e smaltimento Autorizzato dal Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare

[\*Campagna valida anche per i gas R22, R12, NAF PIV, Halons]



Gielle [Headquarter]  
Via Fefri Rocco, 32 Z.I.  
70022 Altamura (Ba)  
info@gielle.it

Gielle Lombardia  
Via Bruno Buozzi, 37  
20097 S. Donato Milanese (Mi)  
milano@gielle.it

Gielle Piemonte  
Via Bengasi, 25  
10095 Grugliasco (To)  
torino@gielle.it

Gielle Lazio  
Via Orvietto, 132  
00040 Pomezia (Rm)  
roma@gielle.it

Contact us for free



#giellefire

NUMERO VERDE  
800.31.32.33

Follow us on:



ISO 9001  
ISO 14001  
OHSAS 18001  
CERTIFIED

[www.gielle.it](http://www.gielle.it)  
[www.fm200.biz](http://www.fm200.biz)



## editoriale

pag.

11

**La crisi porta progressi:  
nasce una nuova sfida culturale**

**Flaminia Ciccotti**

## inquesto numero

**14** La certificazione di resistenza al fuoco degli elementi in legno

**Ignazio Pecora**

**34** Polveri di alluminio: così si valuta il rischio di esplosione

**Vasco Vanzini**

**50** Stadio San Paolo di Napoli: come adeguare un grande impianto sportivo

**Gianmaria Piola**

**70** Le distanze di separazione tra edifici ai fini della sicurezza antincendio

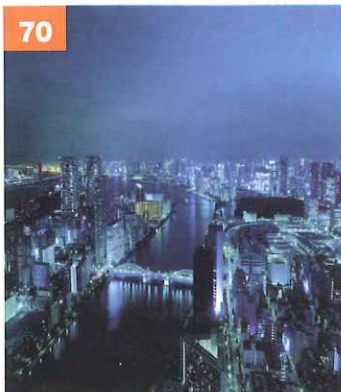
**Lamberto Mazziotti**

**86** Gallerie stradali: il Software Camatt per l'analisi della sicurezza

**Alice Quaglia**

**96** Piante e fuoco: come incide la presenza umana sulla frequenza degli incendi

**Oliviero Dodaro**



Separazione tra edifici



L'esodo nel Testo Unico



Polveri di alluminio



Stadio San Paolo

## tavolarotonda Analisi commenti e scenari nella Prevenzione Incendi

**104** L'esodo nella RTO: strumenti di analisi flessibili per progettare le vie di fuga  
a cura della **redazione**



# Gallerie stradali: il **Software Camatt** per l'analisi della sicurezza

■ Alice Quaglia

L'ambiente "galleria stradale" risulta essere molto pericoloso sotto numerosi punti di vista. A causa infatti del loro "confinamento" sia in altezza che in larghezza, gli eventi generatori di rischi (quali guasti alle attrezzature, incidenti, infortuni...) possono avere conseguenze peggiori in queste strutture piuttosto che in quelle a cielo aperto.

Inoltre la ventilazione che proviene dalle due aperture (ventilazione naturale) risulta molto scarsa, come scarso è di conseguenza il ricambio d'aria. Questo fa sì che, qualora dovesse scoppiare un incendio, i fumi e le sostanze nocive prodotte dal processo di combustione invadano l'ambiente, comportando soffocamento da fumo ed elevate concentrazioni di inquinante. Tutto questo con gravi danni degli utenti che si trovano all'interno della galleria.

La scarsa visibilità dovuta alla presenza dei fumi concentrati (concentrazione che non si avrebbe all'aperto, dove il ricircolo dell'aria è di gran lunga maggiore) potrebbe inoltre rendere impossibile la fuga dei viaggiatori in galleria verso le zone sicure qualora la situazione di emergenza crei un imbottigliamento dentro la galleria e renda quindi necessario il suo attraversamento a piedi.

Da non sottovalutare nemmeno il calore del fuoco, che provoca la presenza di alte tem-

perature e comporta quindi il pericolo di gravi ustioni e di malfunzionamento/danneggiamento delle attrezzature di ventilazione normalmente presenti lungo il tunnel.



## L'abstract

*Lo scopo dell'articolo è quello di descrivere l'importanza ed il funzionamento del software di simulazione Camatt, utilizzato in ingegneria per studiare e valutare la sicurezza in galleria - con particolare attenzione all'andamento di fumi e temperatura- quando al suo interno si sviluppa un incendio.*

*L'articolo è suddiviso in due parti. Nella prima si discute riguardo l'analisi della sicurezza antincendio in galleria, condotta grazie all'uso di software di simulazione/calcolo. Tra questi, risulta molto interessante Camatt, che permette di studiare le caratteristiche dell'incendio e di valutare la migliore soluzione per ridurre i rischi.*

*Nella seconda parte si descrive brevemente come funziona, e cioè come Camatt lavora per poter eseguire la simulazione.*

Per tutte queste ragioni, il problema della sicurezza in galleria risulta essere di estrema importanza dal punto di vista ingegneristico. Se da un lato la sicurezza riguarda principalmente le misure per la limitazione degli incidenti stradali e delle loro conseguenze, dall'altro l'analisi di sicurezza riguarda dunque in larga parte anche la tutela degli utenti in un ambiente confinato qualora al suo interno si sviluppi un incendio.

Lo scopo dello studio di sicurezza antincendio è quello di definire le migliori scelte ingegneristiche per ridurre al minimo i rischi e i danni che la presenza di un incendio avvenuto in un punto qualsiasi della galleria può procurare agli utenti della stessa. Queste scelte riguardano le caratteristiche della galleria, con particolare attenzione alla progettazione e scelta dei macchinari di sicurezza, le cui tipologie e prestazioni costituiscono il

punto fondamentale per risolvere - o comunque ridurre - il problema.

Per eliminare o ridurre il problema dell'accumulo delle sostanze nocive prodotte dall'incendio al suo interno, infatti, in galleria si adottano sistemi di ventilazione artificiale quali ventilatori, acceleratori e iniettori che possano far defluire fumi e sostanze tossiche fuori dalla galleria; allo stesso modo vengono progettati impianti per l'evacuazione e per la protezione di utenti, si studiano le modalità di accesso per i veicoli di emergenza e le nicchie di sicurezza.

Per eseguire questa valutazione si rivela utile ricorrere a strumenti/programmi di simulazione, che possano ricreare virtualmente differenti scenari di incendio dentro la galleria. Nella valutazione della validità e dell'efficacia di un determinato intervento, riveste infatti un ruolo importante la capacità di prevedere





l'evoluzione del sistema durante una potenziale situazione d'emergenza.

Solitamente uno studio di sicurezza di questo tipo fa riferimento a due situazioni: cosa accade all'interno della galleria (in termini di andamento, velocità di propagazione, quantità e pericolosità dei fumi, ed entità e velocità di accrescimento della temperatura) qualora non si ipotizzi alcun tipo di intervento tecnico per migliorare la situazione, e successivamente - una volta note le problematiche di questo primo scenario - in che modo e in che misura intervenire per ridurre al minimo danni e rischi definiti nella situazione precedente e rendere accessibili le possibili vie di fuga.

L'obiettivo atteso è quello di ottenere infrastrutture viarie quanto più possibile sicure, limitando danni a cose e persone tramite interventi ingegneristici specifici.

Tra i software di simulazione/calcolo utilizzabili, merita una particolare menzione il software francese Camatt (Calcul Monodimensionnel Anisotherme Transitoire en Tunnel). Esso permette non soltanto di descrivere, con l'aiuto di un modello monodimensionale, le caratteristiche dell'incendio all'interno della galleria in termini di evoluzione di propagazione dei fumi, velocità di propagazione e temperatura, ma anche - una volta note queste informazioni - di valutare la migliore solu-

zione per ridurre i rischi che la presenza di un incendio comporta, intervenendo sulle attrezzature di ventilazione. I suoi fondamenti teorici si basano sui risultati delle ricerche del CETU (Centre d'Etudes des Tunnels), mentre lo sviluppo informatico è stato realizzato dalla società Setec TPI.

Attraverso il software è dunque possibile definire le caratteristiche della galleria oggetto di studio e simulare, al suo interno, la presenza di un incendio, la cui posizione e le cui modalità di propagazione siano di volta in volta diverse.

Inizialmente si valuta cosa accadrebbe all'interno della galleria in termini di evoluzione dei fumi, temperatura dell'aria, opacità dell'aria, concentrazione degli inquinanti, velocità dell'aria, portata volumica longitudinale, pressione totale e pressione statica (tutto questo ipotizzando vari scenari e definendone poi il peggiore in termini di rischio e pericolosità) se non è presente alcun macchinario o attrezzatura che ne possa mitigare gli effetti, valutando così la gravità della situazione. Preso atto dei risultati ottenuti, si stabiliscono gli obiettivi attesi a seguito di un possibile intervento - stabiliti anche in base alle prescrizioni della attuale normativa di sicurezza. Grazie alle simulazioni del software, si valuta infine la miglior scelta (in termini di costo/benefici), disposizione e rendimento delle attrezzature atte a ridurre i rischi dell'incendio per ottenere la situazione d'emergenza più sicura. Sulla galleria-modello possono infatti essere posizionate singolarità aerauliche (es. l'incendio) e attrezzature di vario tipo (acceleratori, trasparenze aerauliche, iniettori...). Infine, come verifica finale, si confronta la nuova situazione così ottenuta con la precedente, quella in assenza di attrezzature, e si constata l'effettivo miglioramento della sicurezza.

La visualizzazione dei risultati avverrà nella forma sintetica di curve e grafici di progressione dei fumi all'interno della galleria.

Perché Camatt possa generare i dati di output, è necessario fornire al software anche quello che esso chiama "environnement",

#### ■ L'Autore

**Alice Quaglia** - Si laurea in Ingegneria Civile - indirizzo trasporti - nel 2011 all'Università degli Studi di Firenze. Completa un tirocinio formativo di due mesi svolto presso il laboratorio di strade della Facoltà di Ingegneria di Firenze, riguardante l'analisi della sicurezza in galleria stradale o ferroviaria in caso di incendio e la valutazione delle conseguenze dell'esposizione degli utenti a fumi tossici ed alta temperatura.

In relazione alla tematica della sicurezza stradale ed antincendio, nel 2004 ricopre il ruolo di docente tenendo alcune lezioni di formazione - in lingua inglese - sulla "sicurezza antincendio sul posto di lavoro" presso l'Istituto Universitario Europeo di Fiesole (FI), e nel 2011 realizza uno studio completo sulla sicurezza di una galleria autostradale con possibile attrezzabilità di by-pass attraverso i software Camatt, Are-mod (sviluppato dall'Università degli Studi di Firenze) e QRA, per conto del C.S.I.A. (Centro Studi di Ingegneria ed Architettura), con sede a Roma.



cioè le caratteristiche dell'ambiente della galleria (topografia, circolazione stradale...). Il modello tiene anche conto dell'effetto pistone dovuto al traffico o il riscaldamento delle pareti della struttura nel corso dell'incendio.

Ovviamente il software non può tener conto del particolare comportamento degli utenti o del monitoraggio/manutenzione della galleria. Software più complessi sono invece in grado di generare simulazioni del processo di evacuazione degli utenti della galleria stradale.

### Funzionamento del software

Il CETU ha elaborato un manuale d'uso che spiega nel dettaglio le caratteristiche ed il corretto funzionamento del software.

Il tracciato della galleria studiata viene modellizzato con un tunnel principale, al quale potranno essere assegnate varie caratteristiche (presenza o meno di singolarità aerauliche, acceleratori o trasparenze aerauliche, ecc...), necessarie affinché Camatt possa elaborare i dati e produrre i risultati in uscita. Questi risultati potranno essere forniti sotto forma di testo o di grafico.

Camatt consta di 4 menu:

- FICHIER, che riporta le voci del menu "file" presenti nei programmi di windows
- RESEAU, che permette di "disegnare" una galleria e di posizionarvi le bretelle, la singolarità (incendio) e le attrezzature presenti nella galleria
- OPTIONS, che comprende tutti i parametri che permettono di caratterizzare la galleria (ambiente, traffico stradale, pilotaggio delle attrezzature....ecc.)

- RESULTATS, che comprende tutti i dati in uscita generati da Camatt, ovvero le curve ed i grafici che mostrano l'andamento nel tempo dei vari parametri legati all'incendio.

A fianco di questi menu è poi presente - nella finestra di comando - una colonna, chiamata "barre d'édition". La barra di edizione contiene 9 comandi, utilizzati per rendere più agevole il lavoro.

Attraverso il menu RESEAU è dunque possibile disegnare, o "modellizzare", la galleria stradale sulla quale eseguire lo studio. Una volta disegnata, il programma permette anche di dividerla in più tronconi.

Per esempio, se la galleria non è uniforme per tutta la sua lunghezza (sezione, pendenza, ecc.), è possibile dividerla in porzioni. Ciascuna porzione è chiamata "troncone". Un troncone è un tratto di galleria sul quale le caratteristiche sono uniformi.

Di ciascun troncone, il programma vuole conoscere le caratteristiche: nome, lunghezza, area della sezione trasversale, perimetro del-

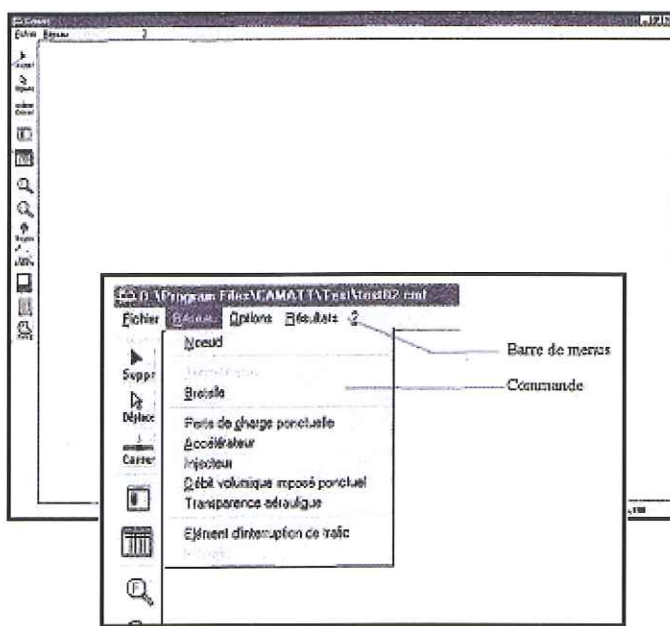


Figura 1 - Finestra principale di Camatt e barre dei comandi, tratta dal manuale d'uso del software ad opera del CETU

Attraverso il programma del software si possono definire le caratteristiche di ogni attrezzatura antincendio ed è possibile pilotarne il funzionamento. La simulazione permette di visualizzare e valutare come, per effetto delle attrezzature stesse, variano gli effetti prodotti dall'incendio all'interno della galleria

la sezione trasversale, coefficiente d'attrito, pendenza, portata massima di ventilazione trasversale soffiata o estratta dalla galleria, natura del materiale che costituisce il troncone e in quale proporzione ciascun materiale è presente.

Tracciata in questo modo la galleria, il programma Camatt permette anche di disegnare, per le gallerie più complesse, le "bretelle". Una bretella è un troncone che si estende dalla galleria principale, simile sotto certi aspetti ad una galleria ma nel quale non c'è traffico. Viene costruita per molte ragioni legate alla sicurezza degli utenti (la bretella può infatti fungere da riparo per le persone o da deposito sia delle attrezzature di soccor-

so sia del materiale distrutto durante l'incendio) o alla ventilazione all'interno della galleria stessa (una bretella può essere utilizzata per rappresentare ad esempio una discenderia). Anche della bretella - qualora ce ne fosse una - il programma vuole conoscere le caratteristiche. A volte può capitare che la galleria subisca, lungo la sua lunghezza, un cambiamento di sezione.

Il programma Camatt permette di rappresentare questo cambiamento di sezione tramite un elemento chiamato "perdita di carico puntuale". La perdita di carico puntuale rappresenta una discontinuità aerodinamica in un troncone. Anche la sezione iniziale e finale della galleria o i nodi di una bretella sono perdite di carico puntuali.

Di esse il programma Camatt vuole conoscere la posizione, l'area della sezione trasversale ed i coefficienti della perdita di carico dovuta all'attrito nel senso monte-valle e nel senso valle-monte. In generale, per effettuare questa stima è possibile basarsi sulle stesse leggi che regolano il moto dei fluidi in pressione.

Modellizzata la galleria, il software permette di posizionare, in un punto qualsiasi di essa, una singolarità. Sono considerate singolarità sia le barriere di arresto di corsia che gli incendi.

Quest'ultimo elemento viene simboleggiato da Camatt come un fuoco localizzato nella galleria.

Attraverso il menu RESEAU è possibile unicamente specificare la posizione. Le caratteristiche dell'incendio, invece, vengono definite in un secondo momento, grazie al menu OPTIONS.

Infine, per poter "governare" l'incendio, è possibile inserire nella galleria stradale delle "attrezzature", cioè dei sistemi di ventilazione e direzione dei fumi.

Il software Camatt tiene conto di tutta una serie di attrezza-

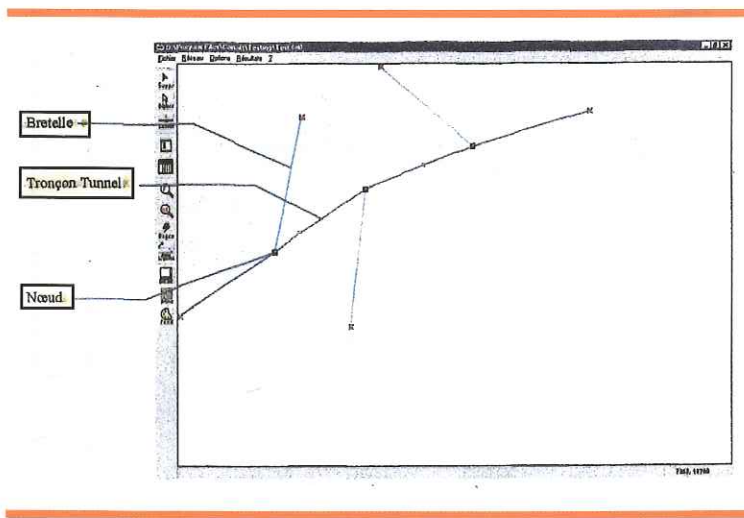


Figura 2 - Esempio di modellizzazione di una galleria, tratto dal manuale d'uso del software ad opera del CETU



ture antincendio. Attraverso il programma è possibile definire le caratteristiche di ognuna e pilotarne il funzionamento.

La simulazione attuata dal software permette poi di visualizzare e valutare come variano - per effetto di queste attrezzature - gli effetti prodotti dall'incendio all'interno della galleria. Gli impianti antincendio previsti dal software Camatt sono molteplici: batterie di acceleratori, iniettori, flusso volumico imposto puntuale, trasparenza aeraulica, pressione imposta.

Una batteria di acceleratori è un insieme di più acceleratori (o ventilatori) fissati alla parete o al soffitto di una galleria che permettono di creare un flusso d'aria longitudinale che spinge l'aria attraverso la galleria ad una certa velocità, senza aumento della portata d'aria. Il software Camatt tiene anche conto del fatto che, raggiunte certe temperature, un acceleratore smette di funzionare. Da quel

momento in poi, infatti, una volta avviata la simulazione, sullo schermo l'icona dell'acceleratore appare disegnata in rosso. Attraverso la simulazione è possibile valutare in quale istante questo avviene, e se, nonostante tutto, le batterie di acceleratori rimanenti sono sufficienti per domare l'incendio.

Un iniettore è invece un'attrezzatura di ventilazione che, al pari di una batteria di acceleratori, permette di creare un flusso d'aria longitudinale all'interno della galleria. La differenza però è che stavolta tale flusso si ottiene non mediante una spinta, ma mediante l'iniezione di una portata d'aria supplementare nella galleria.

Il programma Camatt richiede, una volta posizionato un iniettore lungo la galleria, di definire le sue caratteristiche.

Un flusso volumico imposto puntuale è un punto preciso della galleria in cui viene introdotta (soffiata) l'aria all'interno della galleria,

**Conoscere  
è  
Risolvere**

**Hai la percezione  
dei tuoi problemi?**

**Sembra difficile e costoso risolverli?**  
La lettera circolare VVF n. 8269 del 20.5.2010 ammette anche l'aspetto economico per la richiesta di deroga.  
La deroga può essere trattata anche con la Fire Engineering.  
Raggiungi lo stesso livello di sicurezza ottimizzando le risorse.  
ISAQ Studio S.r.l. opera nel campo della Fire Engineering dal 1996.

[www.isaq.it](http://www.isaq.it) via dei Mille 8 - 60015, Falconara Marittima (An) - Italy  
Tel- +39 071 910701 - Fax +39 071 9160688 - info@isaq.it

Italian representative for AIAS  
**CFPAEUROPE**





*Per determinare l'andamento dei fumi all'interno di una galleria è necessario conoscere la loro velocità di propagazione*

senza alcun apporto di spinta longitudinale. Nel modello questa attrezzatura è utilizzata per simulare, ad esempio, un'apertura per far uscire il fumo.

È possibile scegliere quale delle due funzioni l'apertura svolge all'interno della galleria: se di soffiatura o estrazione dell'aria. La quantità di aria è sempre un valore positivo, e dipende dalle caratteristiche dell'apertura.

Una trasparenza aeraulica è una apertura (solitamente di grandi dimensioni) al livello del soffitto della galleria, comunicante con l'esterno.

La pressione esteriore al livello della trasparenza è fissata di default a zero ed è modificabile dall'utente del software.

Camatt permette poi di caratterizzare il funzionamento della trasparenza: se la posizione iniziale è "aperta" vuol dire che la trasparenza ha un funzionamento immediato; se è "chiusa" vuol dire che ci vuole un po' prima che raggiunga il perfetto funzionamento.

Infine, la pressione imposta è la contropressione generata dalla presenza del vento ad

una delle imboccature della galleria, la quale influenza anch'essa la direzione di propagazione dei fumi. All'interno di una galleria il movimento dei fumi viene infatti determinato confrontando la velocità dell'aria nel tunnel con una velocità critica  $U_c$ .

Sono possibili tre diverse situazioni all'interno del tunnel:

- il tunnel è totalmente libero da fumi. Questo avviene nel caso in cui si abbiano sistemi di estrazione dei fumi lungo la galleria
- $U < U_c$ : nel tunnel si ha una stratificazione dei fumi in entrambe le direzioni con una successiva occupazione dell'intera sezione a causa della riduzione della velocità di avanzamento
- $U > U_c$ : i fumi formano una miscela omogenea con l'aria nell'intera sezione del tunnel a valle dell'incendio.

Per determinare l'andamento dei fumi all'interno di una galleria, è necessario dunque conoscere la velocità di propagazione degli



stessi: a seconda che essa sia maggiore, minore o uguale alla velocità critica precedentemente citata, si avrà una certa propagazione dei fumi. Per conoscere la velocità di propagazione dei fumi, occorre determinare la sovrappressione a cui essi sono soggetti all'interno della galleria, assimilabile ad una "spinta" a cui sono soggetti i fumi e i prodotti della combustione.

A seconda del valore, della direzione e del verso che essa assume, avremo diversa intensità, direzione e verso della velocità di propagazione.

La sovrappressione è quella che va ad aggiungersi alla pressione naturale, normalmente definita come "pressione atmosferica", la quale, in ambiente naturale, è uguale in tutte le direzioni. La sovrappressione totale è costituita dagli incrementi di pressione (per questo definiti "sovrappressione") agenti su l'una o l'altra delle due aperture, dovuti a numerosi fattori caratterizzanti la galleria: effetto camino, effetto pistone, attrito sulle pareti.... A questa sovrappressione si aggiunge poi quella generata dalle attrezzature di ventilazione.

La velocità di propagazione dei fumi prodotta dalla contropressione totale andrà confrontata con la velocità critica, in modo da valutare come si spostano i fumi e valutare il tempo necessario all'esodo. Da qui si capisce l'importanza del definire il tipo di attrezzatura da utilizzare e le sue specifiche prestazioni di funzionamento.

Con il menu OPTIONS è poi possibile eseguire la "configurazione della simulazione", cioè fornire al programma alcune importanti caratteristiche senza le quali sarebbe impossibile eseguire la simulazione, perchè da esse dipende l'evoluzione dell'incendio: le caratteristiche dell'ambiente in cui si

trova la galleria, la finestra temporale all'interno della quale analizzare l'evoluzione dell'incendio e il "passo" con cui eseguire le misurazioni, i materiali delle pareti della galleria al fine di poter stabilire il comportamento in termini soprattutto di diffusione del calore, caratteristiche del traffico stradale (composizione, distanze, senso di marcia, velocità, flusso...) ed evoluzioni temporali. Le evoluzioni temporali comprendono il pilotaggio dei macchinari e l'evoluzione dell'incendio.

Pilotare le attrezzature significa definirne le caratteristiche di funzionamento all'interno della galleria: quando inizia a funzionare o a funzionare a pieno regime e se può mutare le sue caratteristiche nel tempo, o fermarsi dopo un certo periodo.

Per poter definire l'evoluzione dell'incendio, il programma vuole invece conoscere l'ora di inizio dell'incendio, il tipo di incendio che influisce sulle sue caratteristiche (per esempio il valore di potenza termica massima raggiunta, emissione di inquinante, il tempo di esaurimento...ecc.).

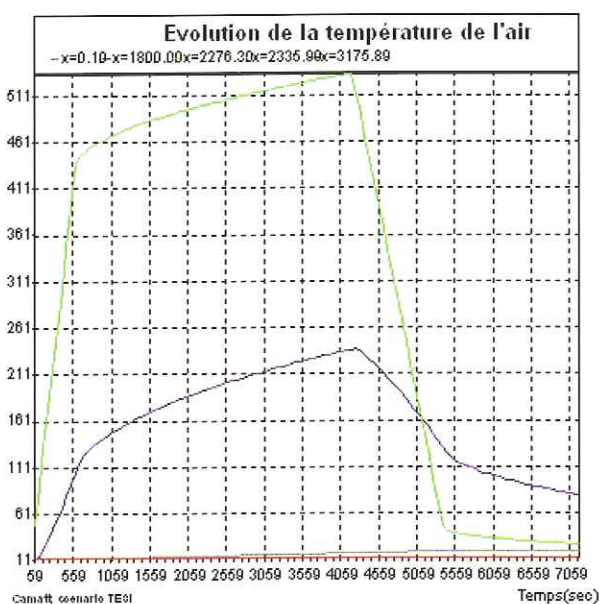


Figura 3 - Esempio di grafico Camatt in funzione del tempo: evoluzione della temperatura dell'aria in corrispondenza di differenti ascisse nell'ipotesi in cui l'incendio si trovi a 2316 m dall'imbocco di sinistra



A questo punto, il modello è completamente descritto. È dunque possibile lanciare la simulazione e ottenere dei risultati che permettono di tirare le conclusioni dell'analisi attraverso il menu RESULTATS. Il software Camatt permette di valutare l'evoluzione dell'incendio attraverso i seguenti grafici:

*Evoluzione dei fumi:* Questo grafico mostra l'andamento dei fumi all'interno della galleria. Si tratta di una rappresentazione qualitativa molto semplice, che non fornisce una descrizione quantitativa del livello di opacità nella galleria nel tempo né mostra la possibile stratificazione dei fumi. Però permette di avere una idea generale riguardo la direzione e la velocità di evoluzione dei fumi lungo la galleria. Ad ogni intervallo di tempo viene ricreata un'immagine che permette di realizzare una schematica, ma chiara animazione. Questo grafico permette anche di visualizzare il momento in cui gli acceleratori nella galleria vengono distrutti a causa dell'eccessiva temperatura raggiunta. Infatti essi diventano rossi quando la temperatura circostante supera la loro temperatura di tenuta al calore.

*Curve  $f(t)$ :* le curve temporali generate dal modello mostrano l'evoluzione temporale di parametri differenti per qualsiasi punto (ascissa) della galleria in un determinato istante. I parametri sono:

- Temperatura dell'aria
- Temperatura della parete
- Opacità dell'aria
- Concentrazione degli inquinanti
- Velocità dell'aria
- Portata volumica longitudinale
- Pressione totale

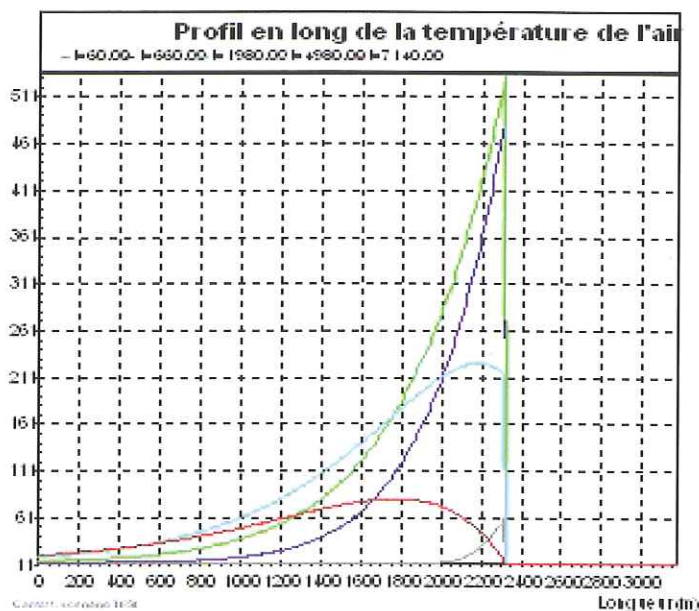


Figura 4 - Esempio di grafico Camatt in funzione dello spazio: evoluzione della temperatura dell'aria in corrispondenza di differenti istanti temporali nell'ipotesi in cui l'incendio si trovi a 2316 m dall'imbocco di sinistra

- Pressione statica.

*Curve  $f(x)$ :* le curve spaziali generate dal modello mostrano l'evoluzione spaziale di parametri differenti per un istante (passo temporale) qualunque.

Anche in questo caso i parametri sono:

- Temperatura dell'aria
- Temperatura della parete
- Opacità dell'aria
- Concentrazione degli inquinanti
- Velocità dell'aria
- Portata volumica longitudinale
- Pressione totale
- Pressione statica.

*Curve  $(x,t)$ :* infine attraverso il programma è possibile generare delle curve sul piano  $(x,t)$ . I parametri di cui è possibile osservare l'evoluzione sono:

- Temperatura dell'aria
- Opacità dell'aria
- Concentrazione dell'inquinante
- Velocità della corrente d'aria.