



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Ingegneria Industriale DII

Corso di Laurea in Ingegneria della Sicurezza Civile e Industriale

Tesi di laurea magistrale:

***INGEGNERIA DELLA SICUREZZA ANTINCENDIO:
LA SIMULAZIONE DI SCENARI DI INCENDIO IN
GALLERIA STRADALE***

Relatore: Ing. CHIARA VIANELLO

Correlatore: Ing. PAOLO MOCELLIN

Laureando: ALBERTO DE NARDI

De Nardi Alberto

Anno Accademico 2019/2020

Vivi come se dovessi morire domani. Impara come se dovessi vivere per sempre.

(Mahatma Gandhi)

Riassunto

Questo lavoro di tesi ha come obiettivo lo studio di scenari di incendio in una galleria stradale mediante l'utilizzo di simulazioni di combustione di veicoli con il software FDS (Fire Dynamics Simulation) e il software Pyrosim® per l'implementazione della geometria del modello. Come noto uno scenario di incendio in una galleria, sia essa stradale o adibita ad altre tipologie di traffico come quello ferroviario, può essere molto severo potendo coinvolgere numerosi utenti, ingenti danni economici ed ambientali. Risulta quindi fondamentale, in sede di progettazione o in fase di valutazione in esercizio, un'approfondita analisi dei rischi correlati ad un incendio al fine di assicurare agli utenti un utilizzo sicuro dell'infrastruttura e una mitigazione del rischio.

Il lavoro propone un metodo strutturato e sistematico per affrontare la modellazione di scenari di incendio in galleria allo scopo di definirli, quantificarli e parametrizzarne determinati valori di soglia utili nell'approccio prestazionale all'antincendio e nella progettazione dell'esodo.

Sono state quindi predisposte varie simulazioni con differenti scenari di incendio che hanno coinvolto sia autovetture che mezzi pesanti.

I risultati ottenuti dalle varie simulazioni sono stati utilizzati per la comparazioni con i livelli di soglia di calore, temperatura, concentrazione specie tossiche o irritanti e visibilità proposti nel Codice di Prevenzioni Incendi per il metodo di Salvaguardia della Vita al Capitolo M.3 per il calcolo si un tempo disponibile per l'esodo degli occupanti dall'infrastruttura (*ASET – Available Safe Escape Time*). Essi principalmente hanno dimostrato che l'aspetto maggiormente demandante in uno scenario di incendio in galleria è la visibilità, intesa come capacità degli occupanti di individuare le vie di fuga predisposte in fase di progetto.

Indice

Introduzione	vii
1. Le gallerie stradali	1
1.1 Tipologie di gallerie stradali	1
1.2 Gli incidenti nelle gallerie	2
1.2.1 L'incendio del traforo del Monte Bianco	7
1.2.2 L'incendio del Tauerntunnel	9
1.2.3 L'incendio del traforo del San Gottardo	11
1.3 I riferimenti normativi	15
1.3.1 D. Lgs. 264/2006	15
1.4 Sperimentazioni su scala reale	18
1.4.1 Sperimentazioni nella galleria "Colli Berici"	18
1.4.2 Sperimentazioni di ArupFire	21
2. Fire Safety Engineering o approccio prestazionale	23
2.1 Salvaguardia della vita con la progettazione prestazionale	25
2.2 L'approccio computazionale nella FSE mediante il Fire Dynamics Simulator (FDS)	27
2.3 L'applicazione di FDS nello studio di scenari in gallerie stradali	29
2.3.1 Limiti dell'applicazione di FDS	30
3. Generalità sulla simulazione di incendi con FDS	33
3.1 Scopo della simulazione con FDS	33
3.2 Dati in input necessari per una simulazione	33
3.2.1 Parametri generali e geometria	33
3.2.2 Dati termici e termofisici	35
3.2.3 Chimica della combustione	37
3.3 Dati in output dalla simulazione	39
3.3.1 Dati termici e profili di temperatura	40
3.3.2 Prodotti e sottoprodotti della combustione	40
3.3.3 Altri parametri	41
4. Simulazione 1 – Validazione del modello di auto	43
4.1 Setup del modello e impostazione dei parametri	43
4.1.1 Geometria della galleria in scala	43

4.1.2 Meshing	45
4.2.3 Sorgente di incendio	45
4.2 Analisi dei risultati e confronto	49
5. Simulazione 2 – <i>Pool Fire</i>	57
5.1 Setup del modello e impostazione dei parametri	57
5.1.1 Geometria della galleria e superfici di controllo	57
5.1.2 Meshing	59
5.1.3 Sorgente di incendio	59
5.2 Analisi dei dati e confronto	61
6. Simulazione 3 – Incendio di un'autovettura	67
6.1 Setup del modello e impostazione dei parametri	67
6.2.1 Geometria della galleria	67
6.1.2 Meshing	69
6.2.3 Sorgente di incendio	69
6.2 Analisi e discussione dei dati	73
6.2.1 Analisi delle temperature e della potenza rilasciata	73
6.2.2 Analisi della visibilità	77
6.2.3 Analisi delle specie chimiche per il Modello dei Gas Tossici	79
7. Simulazione 4 – Incendio di un mezzo pesante	83
7.1 Predisposizione del modello	83
7.1.2 Geometria della galleria	83
7.1.2 Meshing	84
7.1.3 Sorgente di incendio	84
7.2 Analisi e discussione dei risultati	87
7.2.1 Analisi delle temperature e della potenza rilasciata	87
7.2.2 Analisi della visibilità	94
7.2.3 Analisi delle specie chimiche per il Modello dei Gas Tossici	96
8. Simulazione 5 – Incendio domino con autovetture	101
8.1 Setup del modello e impostazione dei parametri	101
8.1.1 Geometria della galleria	101
8.1.2 Meshing	101
8.1.3 Sorgente di incendio	101

8.2	Analisi e discussione dei risultati	103
8.2.1	Analisi delle temperature e della potenza rilasciata	103
8.2.2	Analisi della visibilità	108
8.2.3	Analisi delle specie chimiche per il Modello dei Gas Tossici	110
9.	Simulazione 6 – Incendio domino con mezzo pesante	113
9.1	Setup del modello e impostazione dei parametri	113
9.1.1	Geometria della galleria	113
9.1.2	Meshing	113
9.1.3	Sorgente di incendio	113
9.2	Analisi e discussione dei risultati	115
9.2.1	Analisi delle temperature e della potenza rilasciata	115
9.2.2	Analisi della visibilità	123
9.2.3	Analisi delle specie chimiche per il Modello dei Gas Tossici	125
10.	Simulazione 7 – Incendio di un mezzo pesante con sistema di ventilazione	129
10.1	La ventilazione nelle gallerie in situazione di emergenza	129
10.2	Setup del modello e impostazione dei parametri	130
10.2.1	Geometria della galleria	131
10.2.2	Meshing	132
10.2.3	Sorgente di incendio	132
10.3	Analisi e discussione dei risultati	132
10.3.1	Analisi delle temperature	133
10.3.3	Analisi della visibilità	137
10.3.3	Analisi delle specie chimiche	140
11.	Valutazione del tempo disponibile per l'esodo	145
	Conclusioni	149
	Appendice A	151
	File FDS di input per la Simulazione 1 – Validazione del modello di auto	151
	Appendice B	163
	File FDS di input per la Simulazione 2 – <i>Pool Fire</i>	163
	Appendice C	171
	File FDS di input per la Simulazione 3 – Incendio di un'autovettura	171
	Appendice D	183

File FDS di input per la simulazione 4 – Incendio di un mezzo pesante _____	183
Appendice E _____	195
File FDS di input per la simulazione 5 – Incendio domino con autovetture _____	195
Appendice F _____	209
File FDS di input per la Simulazione 6 – Incendio domino con mezzo pesante _____	209
Appendice G _____	225
File FDS di input per la Simulazione 7 – Incendio di un mezzo pesante con ventilazione longitudinale _____	225
Bibliografia _____	239

Introduzione

La problematica della sicurezza nelle gallerie stradali non può prescindere da un'analisi del rischio legata a scenari di incendio che possono occorere in questa tipologia di infrastrutture, nelle quali, gli effetti di un incendio possono generare molte perdite sia economiche sia in termini di vite umane, come si può apprendere dai vari casi studio riportati nella parte iniziale di questo lavoro di tesi.

Al fine di ridurre il rischio dell'evento incendio in galleria è necessario agire sulla magnitudo dell'evento dal momento che agire sulla probabilità non è di facile implementazione essendo intrinsecamente legata al traffico veicolare per la quale la stessa infrastruttura è stata messa in opera.

Per agire sulla magnitudo, e quindi predisporre misure di protezione, siano esse attive o passive, è necessario avere a disposizione un database di grandezze di interesse, come profili di temperatura, concentrazione delle specie tossiche per l'uomo, andamento della visibilità all'interno della galleria per l'individuazione delle vie d'esodo, che descrivano il fenomeno e permettano l'adozione di tutte quelle misure di protezione che possano minimizzare la magnitudo e di conseguenza ridurre il rischio, incrementando la sicurezza degli utenti che utilizzano una galleria stradale con il loro mezzo di trasporto, sia esso commerciale o privato.

Risulta fondamentale quindi, approcciare la problematica con quella che la letteratura tecnica definisce *Ingegneria della Sicurezza Antincendio* o, in termini anglosassoni, *Fire Safety Engineering*. Con tale approccio e con software basati sulla fluidodinamica computazionale (CFD – *Computational Fluid Dynamics*) come FDS (*Fire Dynamics Simulator*), utilizzato per le simulazioni modellate in questo lavoro di tesi, è possibile simulare una vasta serie di scenari di incendi di progetto e monitorare le variabili di interesse per progettare la Salvaguardia della Vita degli utenti delle gallerie stradali e indagare lo sviluppo del fenomeno incendio nell'infrastruttura predisponendo soluzioni di protezione studiate *ad-hoc*.

L'approccio al problema della sicurezza nei tunnel con FDS inoltre, permette di svincolare i progettisti o gli esperti dai risultati di sperimentazione in campo reale, che rimangono comunque un'ottima base di partenza, ma che non sono di facile realizzazione e soprattutto sono onerose, permettendo loro di rimanere aggiornati in relazione all'evoluzione del parco di veicoli circolante, delle tecnologie costruttive e delle misure di protezione.

1. Le gallerie stradali

Le gallerie stradali sono una soluzione infrastrutturale strategica utilizzata in molteplici ambiti per risolvere i problemi alla mobilità su gomma, nel caso di quelle stradali, o su rotaia, nel caso di quelle ferroviarie, derivanti da ostacoli naturali come le catene montuose, tipiche della conformazione morfologica del territorio della penisola italiana, o dalla configurazione dell'infrastruttura viaria urbana. In Italia risultano in esercizio numerose gallerie che necessitano di un'attenta valutazione dei rischi e della sicurezza dell'infrastruttura per l'elevata magnitudo delle conseguenze che derivano da un potenziale incidente.

1.1 Tipologie di gallerie stradali

Una prima differenziazione tra gallerie stradali può definirsi in base all'ambito di utilizzo e di conseguenza in base all'utenza [13]:

- gallerie costruite in ambito urbano possono essere utili a superare ostacoli dovuti alla promiscuità degli utilizzatori delle infrastrutture viarie e le relative interferenze, si pensi ad esempio al sottopasso per l'eliminazione dei passaggi a livello. I mezzi che impegneranno questa tipologia di strutture sono per lo più automobili o mezzi pubblici o privati per il trasporto di persone, difficilmente si incontreranno mezzi pesanti o mezzi per il trasporto di merci pericolose;
- gallerie a servizio di arterie extraurbane o autostradali sono costruite principalmente per attraversare ostacoli naturali e conseguentemente garantire una miglior efficienza nei trasporti in quanto non risulta necessario, ad esempio, aggirare un massiccio montuoso. Proprio per il loro ruolo principale, questa tipologia di gallerie risulta molto estesa in lunghezza (dimensione predominante) e quindi la più rilevante ai fini di un'analisi della sicurezza. Altro aspetto rilevante è il rischio di incendio in queste gallerie che, data la possibilità di passaggi di trasporti di merci pericolose e la loro geometria tipica, può avere valori di magnitudo molto alti.

In merito alla geometria possono essere distinte gallerie a singolo fornice con una carreggiata a doppio senso di marcia e gallerie a doppio fornice, ognuna dotata di una carreggiata a singolo senso di marcia. La bi-direzionalità del flusso veicolare nella stessa galleria rappresenta un fattore che introduce uno scenario incidentale aggiuntivo ovvero lo scontro frontale tra veicoli che invadono la corsia di marcia opposta.

1.2 Gli incidenti nelle gallerie

La rete viaria nazionale, come si evince dai dati diffusi dall'ANAS nel censimento del 2011, vanta 517 gallerie stradali per una lunghezza totale di 600 km facenti parte della rete TEN (*Trans-European Network*, reti di trasporto transeuropee) e 1019 gallerie, di cui 725 a singolo fornice e 294 a doppio fornice, per una lunghezza totale di 610 km di competenza dell'ANAS (Ente Nazionale per le strade). Per tutta la lunghezza di questa rete possono avvenire incidenti che coinvolgono uno o più veicoli, anche di diversa natura e categoria, con conseguenze che hanno un campo di variabilità molto ampio e dipendono da numerosi fattori come velocità del mezzo, numerosità dei veicoli coinvolti, geometria dell'infrastruttura per consentire il rapido soccorso delle persone coinvolte.

Tra gli scenari di un possibile incidente in galleria bisogna sicuramente annoverare l'incendio dei mezzi coinvolti nell'incidente che potrebbe insorgere sia a seguito dello scontro tra i veicoli o tra il veicolo e l'infrastruttura, sia può essere causa dell'incidente come nel caso, ad esempio, di una fermata improvvisa del veicolo nella corsia di marcia che potrebbe generare uno scenario di tamponamento a catena. L'incendio nelle gallerie, come gli incidenti in generale, ha una frequenza di accadimento relativamente bassa per la maggior attenzione che i guidatori prestano a causa dell'ambiente "non familiare" nel quale guidano, ma una magnitudo molto elevata; ne consegue che il livello di rischio, calcolato come il prodotto tra la frequenza di accadimento (f) e il livello di danno (m), è certamente non trascurabile. Una raccolta statistica degli incidenti che hanno generato un incendio è riportata nel "Manuale delle gallerie stradali" [2] pubblicato dall'Organizzazione Mondiale della Strada e qui riproposta in forma riassuntiva, concentrandosi sulla rete viaria Nazionale, nella Tabella 1.1.

Tabella 1.1: Casistica di incidenti stradali che hanno dato origine ad uno scenario di incendio.

Data	Lunghezza tunnel [m]	localizzazione	Mezzo pesante SI/NO	Causa dell'incendio	Durata incendio [min]	conseguenze
28/01/1974	11600	Francia-Italia, traforo del Monte Bianco	SI	Guasto al propulsore	15	1 ferito
05/05/1983	12870	Francia-Italia, traforo del Frejus	SI	Guasto al propulsore	120	Danni strutturali e impiantistici
21/05/1983	662	Genova-Savona, tunnel del Peco-rile	SI	Tamponamento		9 morti, 22 feriti, 10 veicoli bruciati

11/01/1990	11600	Francia-Italia, traforo del Monte Bianco	SI	Guasto al propulsore	30	2 feriti, danni impianti- stici
1993	442	Bologna-Firenze, Serra Ripoli tun- nel	NO	Collisione	150	4 morti, 4 feriti, 16 veicoli bruciati
18/03/1996	148	Palermo	SI	Tampona- mento	120	5 morti, 20 feriti, danni strutturali
24/03/1999	11600	Francia-Italia, traforo del Monte Bianco	SI	Guasto	3180	39 morti, gravi danni strutturali e interrup- zione dell'esercizio
28/05/2001	4409	Torino-Bardo- necchia	SI	Guasto	15	11 feriti, interruzione dell'esercizio

Le linee guida per la sicurezza delle gallerie proposte dall'ANAS [13] riportano dei tassi di accadimento dell'evento incendio nelle gallerie stradali:

- tunnel urbani da 0 a 10 per 10^8 veicoli.km;
- tunnel autostradali da 0 a 10 per 10^8 veicoli.km;
- tunnel extra-urbani bi-direzionali da 0 a 15 per 10^8 veicoli.km.

I successivi alberi degli eventi, tratti dalle Linee Guida per la progettazione della sicurezza nelle gallerie [13] riportano la frequenza di accadimento degli scenari di incendio ripartiti tra veicoli leggeri e veicoli pesanti, derivati da uno studio sull' incidentalità. I dati di potenza termica generata dall'incendio possono quindi essere utilizzati per la definizione di focolai di progetto.

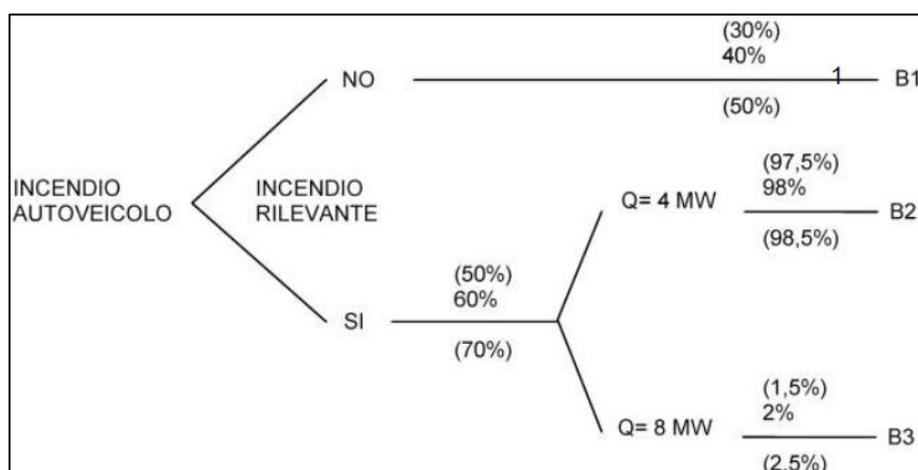


Figura 1.1: Incendio di autoveicolo: albero degli eventi.

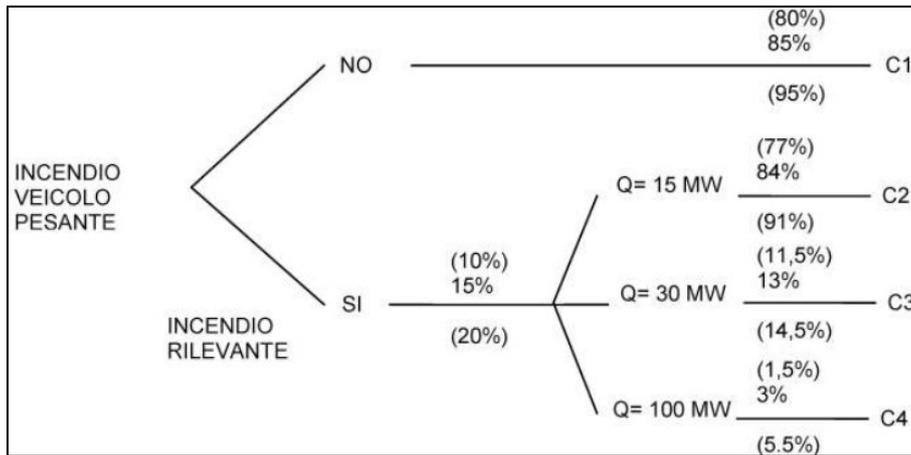


Figura 1.2: Incendio di mezzo pesante: albero degli eventi.

Un ulteriore scenario da prendere in considerazione quando si approccia alla sicurezza di un'infrastruttura stradale come le gallerie è quello derivante da incidenti che coinvolgono mezzi che trasportano sostanze pericolose, i cosiddetti *trasporti ADR*, infatti, a seguito di un incedente può verificarsi uno scenario di sversamento di sostanze tossiche e/o infiammabili, le quali, trovando un innesco, potrebbero generare incendi di vaste dimensioni (*pool fire* o *Vapor Cloud Fire*) o esplosioni con moto del fronte di fiamma ulteriormente incrementato per la presenza di ambiente confinato. I seguenti grafici riportano il flusso di eventi e le relative probabilità di accadimento a seguito di un potenziale incidente che coinvolga un trasporto ADR:

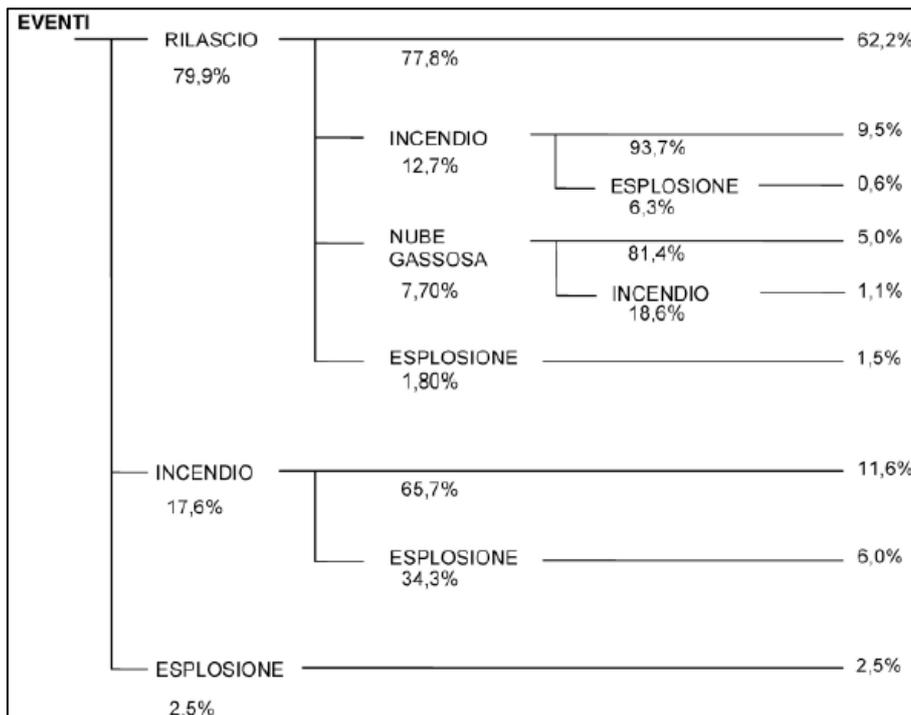


Figura 1.3: Incendio di veicolo ADR (trasporto merci pericolose): albero degli eventi.

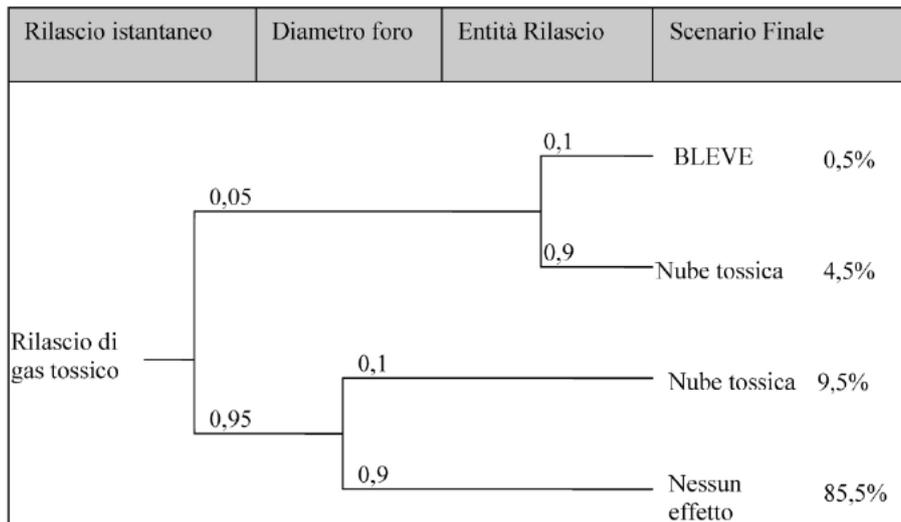


Figura 1.4: Rilascio di sostanza tossica non infiammabile: albero degli eventi.

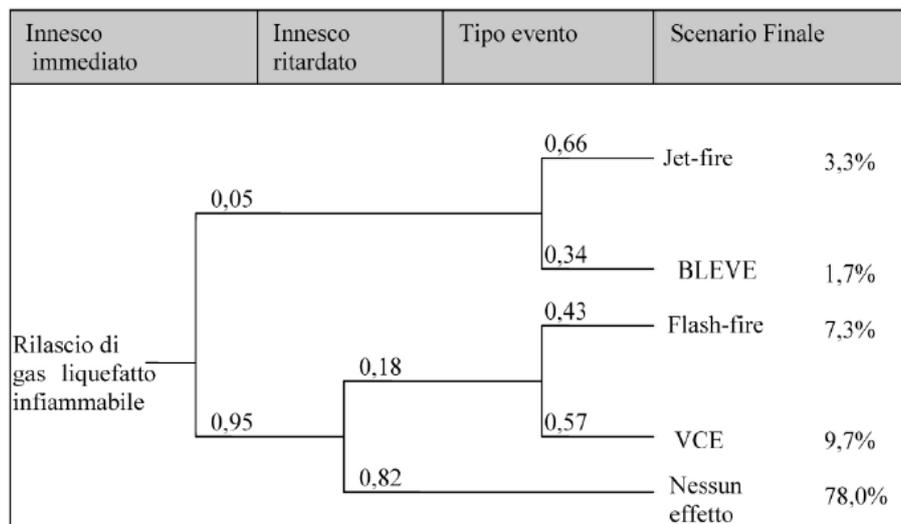


Figura 1.5: Rilascio di sostanza liquefatta infiammabile: albero degli eventi.

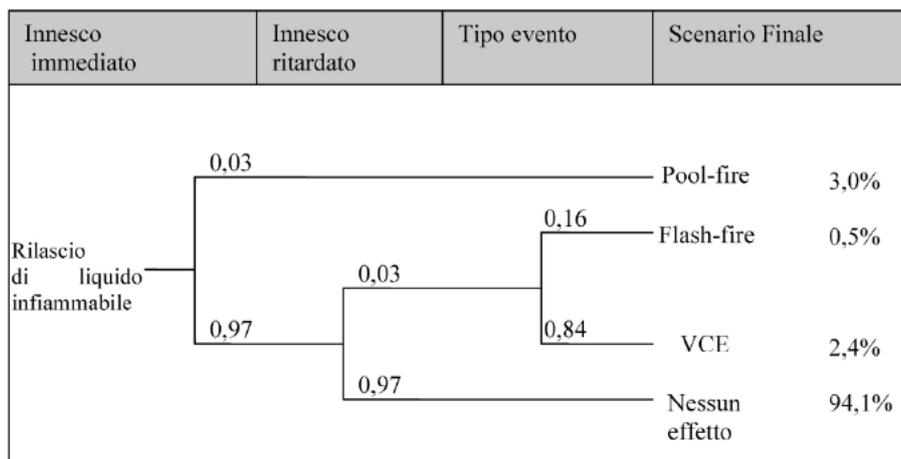


Figura 1.6: Rilascio di liquido infiammabile: albero degli eventi.

Capitolo I

Come detto uno scenario di incendio in galleria può causare danni molto gravi sia a persone che a beni per alcune caratteristiche tipiche di questa infrastruttura: l'ambiente confinato, lo sviluppo in lunghezza e la presenza di due soli sbocchi a condizioni ambiente (sezione di ingresso e sezione di uscita). Queste proprietà possono diminuire, rispetto ad un incendio in un ambiente non confinato o comunque suddiviso in compartimenti indipendenti, il tempo nel quale si vengono a creare condizioni incapacitanti, in riferimento a tossicità dei fumi prodotti dalla combustione, temperature e visibilità, per gli occupanti e di conseguenza limitare la finestra temporale nella quale è possibile eseguire l'esodo in condizioni di sicurezza e senza avere effetti negativi sulla salute degli occupanti. In altre parole, la galleria stradale per propria natura non risulta compartimentabile e quindi, diversamente da quanto avviene in edifici suddivisi in compartimenti, gli effluenti dell'incendio possono diffondersi più o meno velocemente a tutta la struttura, da un portale all'altro, esponendo l'utenza ai prodotti tossici della combustione.

Una valutazione della sicurezza, utile ai fini di una migliore comprensione del fenomeno, di queste infrastrutture strategiche deve ovviamente partire dall'analisi degli incidenti occorsi, i quali possono essere in grado di evidenziare le criticità presenti e che potrebbero essere comuni ad altre infrastrutture fino ad ora non coinvolte in eventi di questa natura, oltre che dall'illustrazione del quadro normativo che verrà in seguito. Tra gli episodi avvenuti sulla rete stradale europea è doveroso annoverare gli incendi del 24 marzo 1999 nel traforo del Monte Bianco, quello del 29 maggio 1999 nella galleria del Tauern e infine quello del 24 ottobre 2001 nel traforo del San Gottardo. I relativi dati incidentali sono estratti dal Capitolo 3 "*Lessons learned from recent fire*" della relazione 05.16.B del "Manuale delle gallerie stradali" dell'Associazione Mondiale della Strada (*World Road Association*).

1.2.1 L'incendio del traforo del Monte Bianco

Il traforo del Monte Bianco è un tunnel che collega Italia e Francia a singolo fornice, con il traffico che scorre in entrambi i sensi di marcia, lungo 11600 m con tre variazioni di pendenza lungo l'asse longitudinale, come visibile in Figura 1.7.

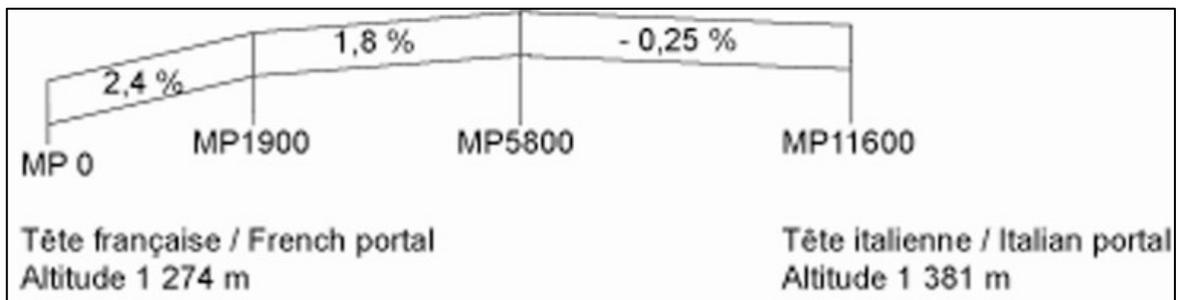


Figura 1.7: Sezione longitudinale del traforo del monte Bianco.

La sezione trasversale è a volta con una larghezza massima della carreggiata di 7,00 m. Sotto la sede stradale sono posti quattro i condotti per la ventilazione della galleria, ognuno di essi serve il 25% della lunghezza della galleria ed è in grado di fornire una portata di 75,00 m³/s di aria fresca. Un quinto condotto, sempre sottostante la sede stradale, funge alternativamente da estrattore per l'aria inquinata e per il fumo in caso di incendio e da immissione supplementare d'aria. Con gli impianti che lavorano alle massime prestazioni la portata in immissione è di 900 m³/s (che corrisponde a 77 m³/s per km) e in estrazione è di 300 m³/s (che corrisponde a 25,8 m³/s per km). Come visibile dalla Figura 1.8, nel caso dell'impianto di ventilazione del traforo del Monte Bianco alla data dell'incidente, era gestito con logica di tipo manuale da due centri di controllo situati ai portali ognuno dei quali presiedeva metà lunghezza della galleria; inoltre questo impianto era in grado di operare l'estrazione degli effluenti dell'incendio in modo non uniforme concentrando la portata aspirata nelle singole aperture posizionate ad intervalli regolari di 300 m.

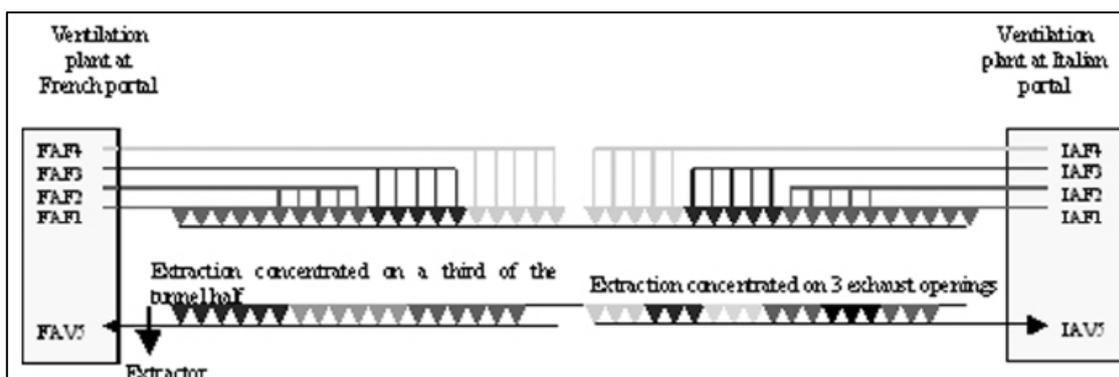


Figura 1.8: Schema della ventilazione del traforo del Monte Bianco nello scenario pre-incidentale.

Nel tunnel, al momento dell'incendio erano presenti i seguenti presidi di sicurezza:

- filtri a prova di fumo mantenuti in sovrappressione posti a intervalli regolari di 600 metri;
- piazzole d'emergenza ogni 100 dotate di punti di segnalazione manuale dell'emergenza, un telefono di emergenza e due estintori manuali;
- impianto di rivelazione dell'incendio composto da rilevatori puntuali dell'incremento di temperatura e misuratori della variazione di pressione posti nella sommità della volta;
- illuminazione di emergenza;
- videosorveglianza;
- impianto EVAC e sistema di diffusione sonora dell'allarme;
- centri di gestione dell'emergenza e di controllo posti in entrambe le estremità del tunnel ed utilizzati alternativamente per un servizio con copertura integrale delle 24 ore
- sistema di misurazione del monossido di carbonio per la regolazione della ventilazione;
- squadra antincendio con presidio nel portale francese per un intervento immediato.

L'incendio è avvenuto in seguito all'ignizione della cabina di un mezzo pesante dovuto ad un guasto tecnico del mezzo che si trovava, al momento della sua fermata, circa a metà del tunnel, più precisamente a 6550 m dal portale francese e 5050 m dal portale italiano. Il bilancio al momento dell'estinzione dell'incendio, che avvenne dopo 53 ore, è di 34 veicoli bruciati, di cui 20 mezzi pesanti, 39 vittime con un picco di rilascio termico stimato di 180MW, in media compreso tra 75 e 100 MW e un disservizio di quasi tre anni per i lavori di riparazione e ristrutturazione. La maggior difficoltà in questo caso si ebbe nel determinare l'esatta posizione dell'incendio e quindi nel divulgare in modo tempestivo l'allarme agli utenti della galleria, infatti, il sistema di rivelazione del centro di controllo italiano, basato sulla misurazione della variazione di pressione, era in fase di manutenzione e il sistema di rivelazione francese ha divulgato l'allarme quando era troppo tardi. Il primo allarme giunse alla stazione di controllo grazie a un operatore del gestore dell'infrastruttura in pattuglia.

In seguito all'allarme, il traforo venne chiuso al traffico 3 minuti dopo l'inizio dell'incendio, le squadre dei vigili del fuoco vennero allertate dopo 9 minuti e gli utenti avvisati dell'emergenza dopo 20 minuti. L'effettivo intervento delle squadre dei Vigili del Fuoco avvenne dopo 17

minuti dalla chiamata ma, nonostante l'impiego di 108 uomini e 35 mezzi non riuscirono a raggiungere le fiamme a causa della densità dei fumi prodotti. Proprio questi fumi causarono il maggior numero di vittime a causa della loro elevata tossicità derivante dalla combustione dei materiali componenti il carico d'incendio.

Durante l'emergenza sono di fondamentale importanza per la gestione degli effluenti dell'incendio le operazioni sull'impianto di ventilazione. Nel caso dell'incendio nel traforo del Monte Bianco i due centri di controllo presenti eseguirono procedure differenti: dal centro di controllo italiano non ci fu un'inversione da immissione a estrazione nel condotto reversibile, mentre in quello francese furono seguite le procedure di emergenza che prevedevano un incremento della portata in immissione. L'esistenza di due centri di controllo fu un fattore di complicazione nella gestione dell'incendio in quanto non vi era una procedura unificata per affrontare l'emergenza e quindi una mancanza di coordinamento.

L'evento permise di portare alla luce alcuni aspetti, tra i quali:

- necessità di una rapida rivelazione e localizzazione dell'incendio, al fine di una tempestiva diramazione dell'allarme sia agli utenti che alle squadre di soccorso;
- necessità di un miglioramento delle procedure di emergenza, soprattutto per quanto riguarda la ventilazione al fine di aumentare il tempo disponibile per l'esodo degli occupanti e permettere un'azione maggiormente efficace delle squadre dei Vigili del Fuoco potendosi avvicinare al focolaio;
- implementazione di regole di comportamento in caso di emergenza per gli utenti;
- la predisposizione di filtri a prova di fumo con una limitata resistenza al fuoco è una misura di sicurezza sicuramente meno efficace di un tunnel di servizio per l'esodo in quanto, come nel caso sopra riportato, l'estinzione dell'incendio può avvenire dopo un tempo molto maggiore della resistenza strutturale dei filtri. Tuttavia, la realizzazione di un tunnel secondario non è sempre agevole o possibile per le difficoltà che si potrebbero riscontrare in fase di costruzione.

1.2.2 L'incendio del Tauerntunnel

L'incendio nella galleria del Tauern, accaduto due mesi dopo a quello del traforo del Monte Bianco, si propagò in seguito a un tamponamento a catena. Il tunnel, che si trova in Austria sulla direttrice Salisburgo – Villach attraversando la catena montuosa del Tauri, è costituito da un singolo fornice, quindi con traffico bidirezionale, di lunghezza 6400 m (il meno lungo tra i tre citati precedentemente) e una pendenza uniforme del 1,5% tra i due portali. La

sezione trasversale è differente da quella del traforo del monte Bianco, infatti in quella del Tauerntunnel la volta non è visibile in quanto è presente un soffitto intermedio che separa i condotti per la ventilazione dalla sede stradale, come visibile in Figura 1.9.



Figura 1.9: Sezione trasversale del Tauerntunnel.

Per quanto concerne la ventilazione, in questo caso il traforo è stato suddiviso in quattro sezioni (Figura 1.10): le sezioni intermedie 2 e 3 sono ventilate da condotti di lunghezza 590 m, mentre le sezioni terminali 1 e 4 sono rifornite d'aria da impianti di ventilazione installati nei portali. Le prestazioni del sistema erano, al momento dell'incidente, superiori a quelle del traforo del monte Bianco, infatti la portata in immissione si attestava intorno al valore di $194 \text{ m}^3/\text{s}$ per kilometro e in estrazione $122 \text{ m}^3/\text{s}$ per kilometro.

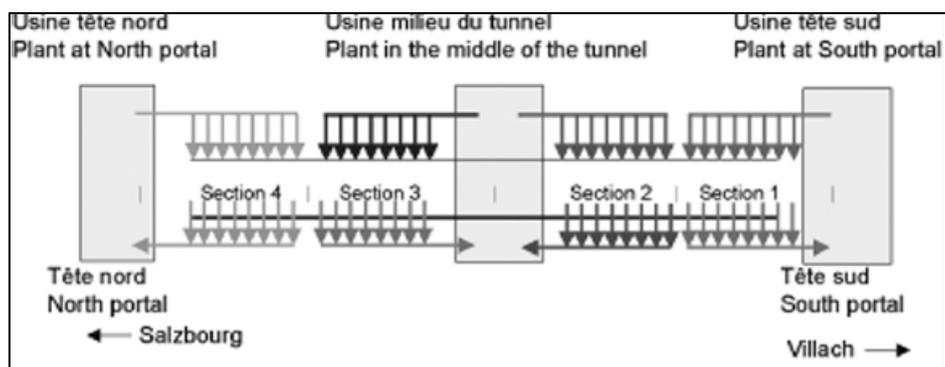


Figura 1.10: Impianto di ventilazione del Tauerntunnel.

Nella galleria non erano presenti vie di fuga alternative alla sede stradale, ma solamente piazzola di emergenza ad intervalli regolari di 212 m con punti di segnalazione manuale di emergenza, un telefono e 2 estintori e, ogni 106 m, piazzole per approvvigionamento addizionale di acqua per le operazioni di estinzione e controllo dell'incendio. Il sistema di rivelazione e allarme d'incendio (IRAI) consisteva in rivelatori basati sul controllo dell'incremento di temperatura installati nel soffitto intermedio ad intervalli regolari di 8 m e un sistema di

videosorveglianza senza però la segnalazione automatica al centro di controllo, che in questo caso è unico, degli incidenti.

Al momento del tamponamento a catena che diede inizio all'incendio le condizioni di esercizio dell'infrastruttura non erano ordinarie, infatti, a causa di lavori di riparazione in prossimità del portale nord la circolazione avveniva su una singola corsia in modo alternato tramite l'ausilio di indicazioni semaforiche per una lunghezza di circa 500 m. L'incendio, propagatosi da un veicolo commerciale che trasportava vernici, coinvolse molto rapidamente un totale di 20 automobili e 14 mezzi pesanti anche per lo spandimento di carburante sulla sede stradale in seguito all'incidente ma fu prontamente individuato dal sistema di rivelazione dopo soli due minuti dal momento dell'incidente consentendo quindi un rapido avvio delle procedure di emergenza, soprattutto nel campo della ventilazione.

Il bilancio finale di vittime si attesta a dodici decessi di cui otto a seguito dell'incidente tra i veicoli e quattro in seguito alle fiamme, numero che è molto inferiore a quello registrato nel precedente incendio nel traforo del monte Bianco. La successione temporale degli eventi ha sicuramente contribuito a ridurre la magnitudo dell'evento, infatti, gli utenti, allarmati da quanto accaduto poco tempo prima, hanno potuto esodare in modo tempestivo dalla struttura. Inoltre, anche la vicinanza del punto di ignizione dell'incendio al portale della galleria ha permesso ad un maggior numero di utenti di mettersi in salvo prima che condizioni incapacitanti ne impedissero l'esodo. Oltre alle perdite di vite umane l'incendio provocò seri danni strutturali e impiantistici che ne causarono l'interruzione di esercizio per tre mesi nei quali, oltre a lavori di rifacimento e riparazioni, furono implementati alcuni sistemi di protezione come l'impianto di ventilazione che ora è in grado di concentrare la portata estratta nella sezione interessata della galleria.

Come per l'altro incendio analizzato anche in questo caso si sottolinea l'importanza di un efficace sistema di ventilazione e della tempestiva segnalazione con l'informazione agli utenti che possono mettere in atto operazioni di evacuazione nel più breve tempo possibile.

1.2.3 L'incendio del traforo del San Gottardo

Infine, l'ultimo caso significativo che si intende riportare è quello che ha coinvolto il traforo del San Gottardo avvenuto il 24 ottobre 2001. L'infrastruttura è sita nella direttrice che collega Chiasso e il confine italiano con Basilea, al confine tedesco e venne inaugurata nel settembre del 1980, e all'epoca era il più lungo tunnel stradale del mondo, con una lunghezza di 16942 m.

Geometricamente il traforo è molto simile a quello del Tauern: si tratta sempre di una struttura a singolo fornice con traffico bidirezionale ad una corsia per senso di marcia ed è presente una copertura intermedia che separa la sede stradale dall'apice della volta della galleria, nella quale sono inseriti i condotti per la ventilazione. La pendenza nel senso longitudinale è però variabile come riporta la Figura 1.11.

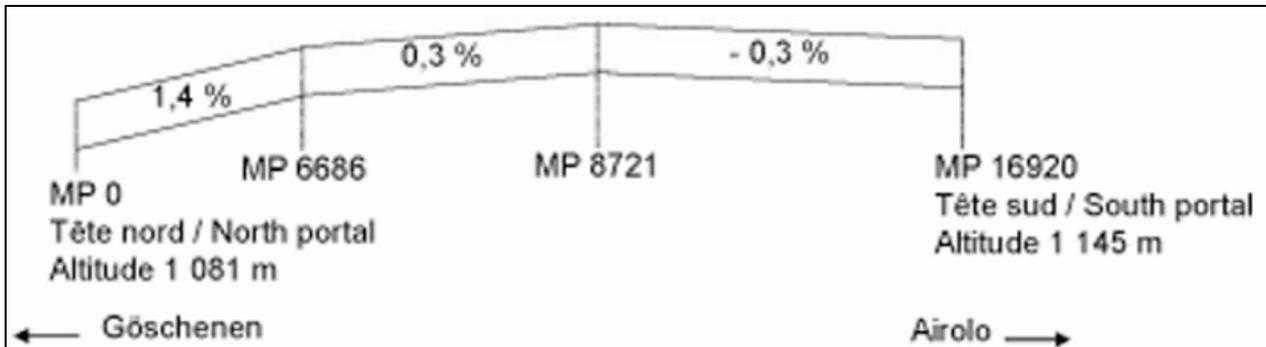


Figura 1.11: Sezione longitudinale del traforo del San Gottardo.

Rispetto alle altre due infrastrutture, il tunnel stradale del San Gottardo ha una utenza più omogenea: il traffico di veicoli leggeri è circa sei volte quello dei mezzi pesanti e rappresenta, tra le tre, quello con il valore maggiore con una media di transiti giornaliera sull'anno (AADT - average annual daily traffic) di 18700 veicoli.

Il sistema di ventilazione risulta maggiormente articolato rispetto a quello degli altri due casi: ci sono 6 stazioni di ventilazione e 10 sezioni (Figura 1.12) delle quali quelle estreme sono alimentate da aria proveniente dall'esterno dei portali, mentre le otto intermedie da quattro grandi camini di aspirazione. L'immissione di aria avviene da condotti posti al livello della sede stradale, mentre l'estrazione è operata da aperture sulla copertura intermedia con area pari a $0,2\text{m}^2$ e distanziate di 16 m ed è dotata di controllo automatico basato su misuratori di monossido di carbonio (CO).

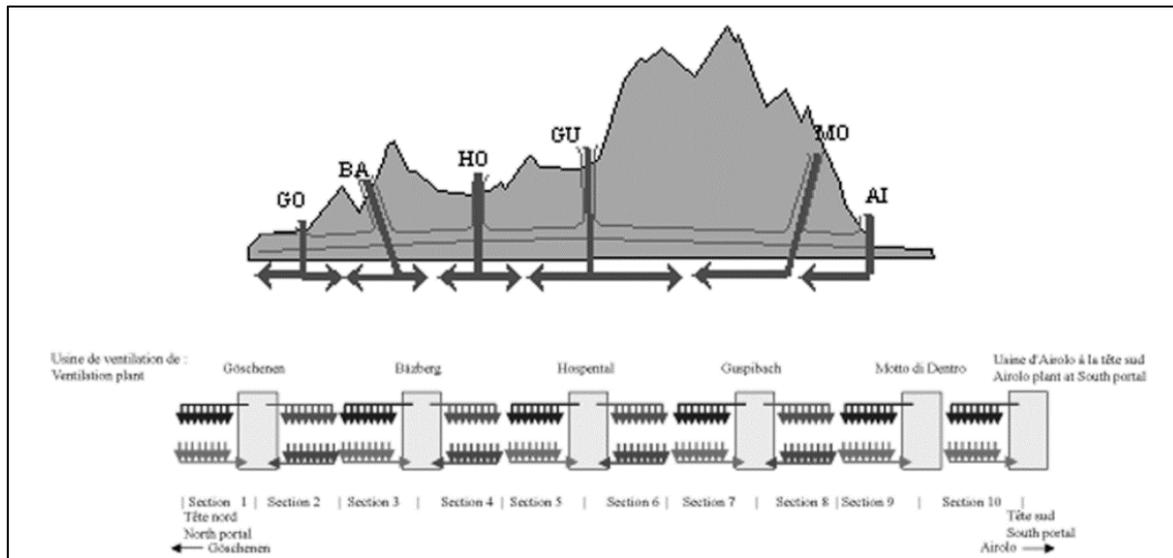


Figura 1.12: Impianto di ventilazione della galleria stradale del San Gottardo.

Le prestazioni del sistema sono simili a quelle del Tauerntunnel: sia in immissione che in estrazione la portata massima è di $130 \text{ m}^3/\text{s}\cdot\text{km}$ senza la possibilità di concentrare l'estrazione in una determinata sezione della galleria.

Questo traforo è l'unico tra i tre citati che è dotato di un secondo tunnel pedonale di emergenza, ventilato e mantenuto in sovrappressione che si estende parallelamente a quello dedicato alla sede stradale. L'accesso a questa galleria di servizio è garantito da dei passaggi trasversali al senso di marcia dislocati a distanze regolari di 250 m l'uno dall'altro. Come detto, questo presidio di sicurezza risulta sicuramente più efficace dei filtri a prova di fumo privi di sbocchi all'esterno in quanto permette agli utenti dell'infrastruttura di poter lasciare la stessa in condizioni di sicurezza e in un ambiente che sarà sempre mantenuto libero dai prodotti dell'incendio. Anche in questo caso vi era la presenza di piazzole di emergenza ogni 125 m con telefono, estintore, punti di segnalazione manuale e attacco di mandata per l'autobotte dei pompieri. Sistemi di rivelazione di fumo, temperatura e gas sono installati sulla copertura intermedia anche se l'IRAI fa riferimento a sensori che misurano l'incremento di temperatura nell'ambiente. In caso di incendio, inoltre, il sistema di ventilazione e IRAI sono sinergici: i rilevatori di incremento della temperatura mandano un segnale alla centrale di controllo rendendo quindi possibile la localizzazione dell'incendio, con una logica di tipo automatico il sistema di ventilazione riduce del 30% la potenza dell'impianto lato immissione (al fine di evitare fenomeni di *back-layering* dei fumi ovvero la loro propagazione contro il verso di ventilazione) e attiva l'estrazione.

L'incidente dal quale scoppì l'incendio coinvolse due mezzi pesanti: un camion che trasportava pneumatici dopo circa 1 km dal portale sud iniziò a sbandare invadendo la corsia di

marcia opposta e scontrandosi frontalmente con un altro veicolo pesante che trasportava materiale di varia natura (la dinamica dell'incidente è rappresentata in Figura 1.13). Un cortocircuito sulla motrice del mezzo innescò la perdita di carburante dal serbatoio di uno dei due veicoli facendo scoppiare un incendio con un tasso di crescita molto elevato che in circa quattro minuti bruciò interamente entrambi i veicoli e che sviluppò una potenza di picco stimata di 200 MW.

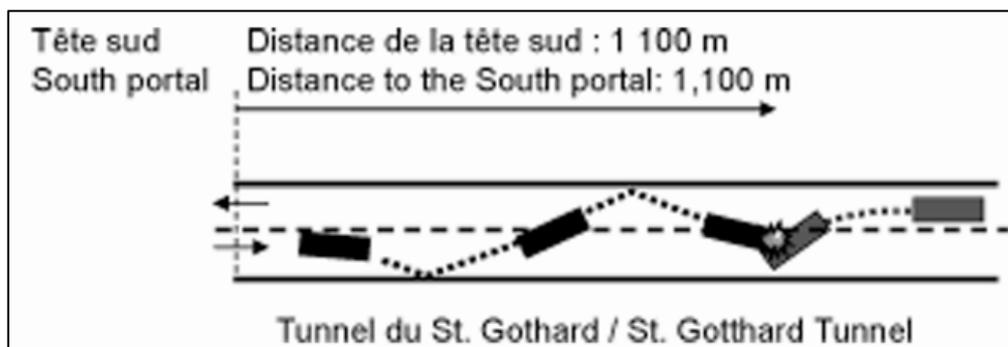


Figura 1.13: Dinamica dell'incidente nel tunnel del San Gottardo.

L'allarme dell'incendio fu emanato per primo da un utente dell'infrastruttura che, dopo circa 1 minuto dall'ignizione chiamò il numero di emergenza, successivamente dopo 3 minuti il sistema di rilevazione identificò con precisione la sezione d'interesse e attivò le procedure di emergenza dell'impianto di ventilazione con le quali inizialmente venne attivata la sezione di estrazione terminale (sezione 10) e successivamente le sezioni intermedie 7,8 e 9. L'attivazione delle procedure di emergenza però causarono un incremento della velocità longitudinale dell'aria generando l'inversione del verso di propagazione dei fumi che si mossero verso il portale nord (quello più lontano rispetto al punto dell'incidente) per una distanza di circa 2500 m. Inoltre, in questo caso, l'allarme e le istruzioni agli utenti furono emanate molto velocemente consentendo la fuga delle persone dalla galleria pedonale di emergenza e dai portali.

Il bilancio finale è stato di 11 vittime e 8 feriti (a causa delle esalazioni di fumi tossici), 23 veicoli bruciati e danni strutturali, tra cui il cedimento del tetto intermedio per una lunghezza di circa 250 metri dal punto dell'incidente.¹

¹ Tutte le informazioni presenti in questo paragrafo circa gli incidenti, l'impianto di ventilazione, la successione degli eventi e l'incendio sono ricavate dal Capitolo 3 "Lessons learned from recent fire" della relazione 05.16.B del "Manuale delle gallerie stradali" dell'Associazione Mondiale della Strada (World Road Association) consultabile on-line al sito: <https://tunnels.piar.org/sites/tunnels/files/public/wysiwyg/import/Chapters%20PIARC%20reports/2006%2005.16.B%20Chap%203.pdf>

1.3 I riferimenti normativi

La normazione che ha come argomento la progettazione, costruzione, sicurezza ed esercizio delle gallerie stradali presenta una netta suddivisione tra gallerie appartenenti alla rete stradale transeuropea, denominata *TEN*, e quelle che non vi appartengono. Le prime costituiscono il campo di applicazione del Decreto Legislativo 5 ottobre 2006, n. 264, normativa che recepisce e attua la Direttiva europea 2004/54/CE in materia di sicurezza per le gallerie della rete stradale *TEN*. Viceversa le seconde, ovvero quelle non appartenenti alla rete transeuropea, non dispongono di un testo unificato ma fanno riferimento a una serie di Decreti del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti che hanno alcuni disposti normativi inerenti alle gallerie stradali:

- Circolare LL.PP. n. 7938/99 “Sicurezza della circolazione nelle gallerie stradali con particolare riferimento ai veicoli che trasportano merci pericolose”;
- D.M. 05.06.01 “Sicurezza nelle gallerie stradali”;
- D.M. 05.11.01 “Norme per la costruzione delle strade”;
- D.M. 14.09.05 “Norme di illuminazione delle gallerie stradali”;
- D.M. 19.04.06 “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali “.

Inoltre, per quanto riguarda la normazione nazionale avente oggetto la prevenzione incendi, le gallerie stradali di lunghezza superiore a 500 m sono inserite nell’elenco di attività soggette ai controlli dei Vigili del Fuoco al numero 80.1.A e quindi necessitano di presentazione della SCIA al momento dell’inizio dell’esercizio dell’infrastruttura e possono essere oggetto di controlli a campione da parte dei VVF. Non rientrano però nel campo di applicazione del D.M. 03.08.2015 denominato “Codice di Prevenzione Incendi”.

1.3.1 D. Lgs. 264/2006

Il Decreto Legislativo, recepimento della direttiva europea 2004/54/CE, ha come ambito di applicazione le gallerie situate nel territorio italiano appartenenti alla rete stradale transeuropea di lunghezza superiore a 500 m già in esercizio, in fase di costruzione o allo stato di progetto. La normativa introduce alcune figure centrali per garantire la sicurezza in fase di esercizio della galleria e per le quali vengono anche definiti obblighi e oneri:

- Gestore della galleria: il decreto individua il gestore nell’ANAS per le strade in gestione diretta e nelle Società Concessionarie per quelle affidate in concessione. Esso ha l’obbligo di redazione di rapporti degli incidenti avvenuti nell’infrastruttura che

possono incidere sulla sicurezza, di recepire i risultati dell'analisi di sicurezza effettuata dal personale terzo incaricato, di designare un Responsabile della sicurezza per la galleria che coordina tutte le misure di prevenzione e di salvaguardia dirette a garantire la sicurezza degli utenti e del personale di esercizio;

- Responsabile di sicurezza: professionista in possesso di un'adeguata e pluriennale esperienza che assicura il coordinamento con i servizi di pronto intervento, partecipa alla preparazione dei piani operativi e degli interventi di emergenza, redige insieme al gestore i piani di sicurezza nel caso di nuove gallerie o di modifica delle esistenti, verifica la formazioni degli addetti al pronto intervento ed effettua ispezioni periodiche per la verifica dell'attuazione delle misure di sicurezza previste;
- Commissione permanente per le gallerie con funzioni di autorità amministrativa come: controllo del rispetto da parte dei gestori di tutti gli aspetti di sicurezza di una galleria, approvazione dei progetti delle misure di sicurezza, valuta aggiornamenti e miglioramenti delle modalità di analisi dei rischi. Ha inoltre il potere, qualora lo ritenesse opportuno, di limitare o sospendere dall'esercizio le infrastrutture che non presentano i requisiti di sicurezza idonei al loro utilizzo. La Commissione inoltre è responsabile delle ispezioni, delle valutazioni e dei collaudi per tutte le gallerie situate sulle strade appartenenti alla rete transeuropea ricadenti nel territorio nazionale.

All'Allegato II il decreto stabilisce i requisiti di sicurezza che riguardano misure infrastrutturali e misure riguardanti l'esercizio.

Tra le misure di sicurezza riguardanti l'antincendio si segnala:

- la predisposizione di banchine pedonabili di emergenza, sopraelevate o meno nel caso di assenza di corsie di emergenza per gallerie di nuova costruzione. Nel caso di gallerie esistenti sprovviste di corsie di emergenza devono essere previste misure supplementari utili alla compensazione del rischio aggiuntivo dovuto alla mancanza di una misura di sicurezza;
- di provvedere alla realizzazione di uscite di emergenza poste a distanza massima l'una dall'altra di 500 m che permettano agli utenti della galleria di poter raggiungere un luogo sicuro in caso di incendio o emergenza quando la ventilazione o altre misure di sicurezza non sono sufficienti, nel caso di nuove gallerie se il volume di traffico supera i 2000 veicoli per corsia e, se la galleria è già in esercizio, quando la lunghezza è maggiore di 1000 m e il volume di traffico è maggiore di 2000 veicoli per corsia (in questo caso previa valutazione della fattibilità e della riduzione del rischio).

La normativa dispone inoltre il divieto di costruzione di rifugi o filtri a prova di fumo provi di collegamento con vie di fuga che portano verso l'esterno;

- per gallerie di nuova costruzione bidirezionali con lunghezza superiore a 1500 m e volume di traffico superiore a 2000 veicoli/corsia, devono essere dotate di piazzole di sosta a distanze non superiori a 1000 m se non sono presenti corsie di emergenza. Nel caso di gallerie esistenti con le medesime caratteristiche la fattibilità della predisposizione di piazzole deve essere valutata con un'adeguata analisi di rischio;
- la necessità di allestire un impianto di illuminazione di emergenza che consenta di garantire la visibilità anche in condizioni non ordinarie e che comprende anche segnaletica luminosa di emergenza;
- la progettazione e costruzione di un impianto di ventilazione che consenta il controllo degli inquinanti emessi dagli autoveicoli sia nel caso di normale esercizio, sia nel caso di fermata dovuta a incidenti e situazioni non ordinarie e il controllo del calore e fumo in caso d'incendio;
- la costruzione di stazioni di emergenza dotate di telefoni di emergenza ed estintori almeno ogni 150 m per le nuove gallerie e ad una distanza non superiore a 250 m per quelle già in esercizio.

L'Allegato III, infine, riporta la metodologia per l'analisi di rischio che considera eventi critici nello specifico ambiente confinato della galleria ed ha lo scopo di fornire una misura quantitativa, tramite opportuni indicatori, del livello di rischio della galleria stradale utile alla classificazione e comparazione delle infrastrutture.

La metodologia fornita dal Decreto si compone di: analisi degli scenari di incidente propri della struttura galleria e se disponibili, corretti con dati legati alla specifica infrastruttura per la quale si esegue l'analisi; costruzione di un albero della causa e un albero degli eventi che forniranno indicatori quantitativi del rischio; individuazione del rischio definito come il valore atteso del danno, ovvero come distribuzione delle probabilità di superamento di predeterminate soglie di danno rappresentato graficamente sul piano F – N (Figura 1.14) della distribuzione cumulata complementare ottenuta in corrispondenza dei valori degli indicatori della soglia di danno associati agli interventi terminali dei singoli rami dell'albero degli eventi; valutazione dell'accettabilità del livello di rischio effettuata secondo il criterio ALARP (*As Low As Reasonably Practicable*), ovvero che considera l'adozione di tutte le misure di riduzione del rischio fino a quando il beneficio è paragonabile ai costi sostenuti per l'implementazione.

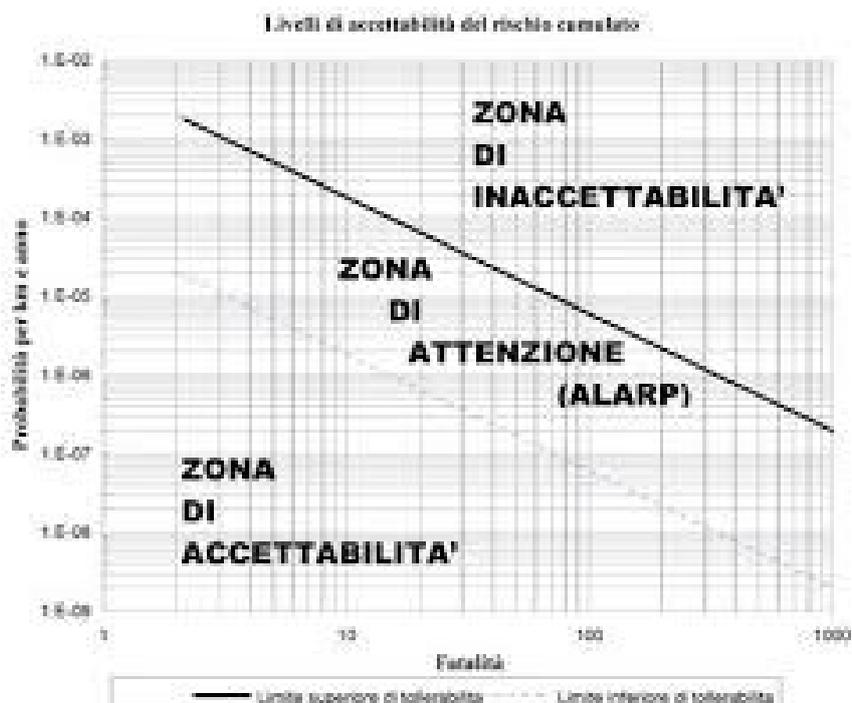


Figura 1.14: Grafico F - N per la valutazione del rischio con indicazione della zona di accettabilità, di attenzione (ALARP) e di non accettabilità.

1.4 Sperimentazioni su scala reale

Data la complessità del fenomeno “incendio in galleria” esso necessita di uno studio approfondito al fine di poter modellare gli effetti di un incendio, avere una miglior comprensione dell’andamento del fenomeno e quindi implementare misure di riduzione del rischio. In questo senso è possibile ottenere i migliori risultati in termini di stima dell’andamento delle variabili di maggior interesse come temperatura, opacità dei fumi, concentrazione di sostanze tossiche, con sperimentazioni su scala reale, anche se, a livello organizzativo e di disponibilità di mezzi e infrastrutture queste risultano di non facile realizzazione.

1.4.1 Sperimentazioni nella galleria “Colli Berici”

Dopo un breve inquadramento delle condizioni al contorno si riportano quindi i risultati della campagna di sperimentazioni che ha coinvolto Società Autostrade e l’Ispettorato interregionale dei Vigili del Fuoco per il Veneto e il Trentino-Alto Adige avvenuta nelle date 10 e 11 dicembre 1999 presso la galleria stradale dismessa “Colli Berici” sita sull’autostrada A4 tra i caselli di Vicenza Est e Vicenza Ovest.

La prova a fuoco effettuata, come riporta la relazione finale redatta a più mani dai professionisti coinvolti nelle prove [5], è stata progettata, organizzata e realizzata con il duplice scopo di analizzare i parametri caratteristici dell’evoluzione di un evento incendio e del

microclima da esso introdotto all'interno di una galleria stradale e successivamente di valutare l'efficienza dei sistemi e delle procedure di rivelazione, gestione e contenimento dell'evento.

La galleria "Colli Berici" è dotata di un doppio fornice con una lunghezza di 550 m, larghezza di 9,46 m e un'altezza alla sommità della volta di 6,36 m ed è costruita in calcestruzzo armato gettato a controparete in fase di scavo. Per le prove sono stati predisposti due focolai, entrambi localizzati a metà lunghezza della galleria con differenti caratteristiche di combustibile per quantità e tipologia le cui proprietà sono riportate nella Tabella 1.2.

Tabella 1.2: Caratteristiche dei focolari di incendio in relazione alle prove sperimentali nel tunnel "Colli Berici".

		Primo incendio	Secondo incendio
Sorgente:	Materiali	Benzina: 60 l Gasolio: 30 l Acqua: 45 l	Benzina: 140 l Pneumatici auto: 12 pz. Pneumatici autotreno: 1 pz. Pianali in legno: 12 pz. Materassi: 4 pz.
	Dimensioni	Diametro: 1,2 m	Diametro medio: 3 m
Potenza generata stimata		2 – 2.5 MW	4.5 – 5.5 MW
Temperatura massima stimata		420 °C	750 °C
Durata stimata		20 minuti	30 minuti

Il rilevamento delle temperature è stato effettuato da termocoppie tipo K disposte in 5 sezioni ad intervalli regolari lungo l'asse principale della galleria e a differenti quote dal piano stradale al fine di fornire un quadro esaustivo del campo di temperature all'interno del fornice oggetto dell'incendio. Sono inoltre state utilizzate anche termocamere a raggi infrarossi di tipo portatile che hanno consentito la visibilità all'interno della galleria invasa dal fumo e il trasferimento ad una stazione remota le immagini dell'andamento dell'incendio.

I risultati del primo incendio hanno evidenziato, grazie alla registrazione di immagini della formazione e dell'avanzamento dello strato di fumi, come, anche in presenza di un focolaio di modesta entità, il tempo di riempimento della galleria con fumi opacizzanti e tossici sia molto modesto evidenziando quindi la necessità di tempi di intervento delle squadre molto ridotti. Inoltre, la qualità dell'aria, misurata in base al tenore di ossigeno presente, è risultata accettabile ma non si può dire lo stesso della visibilità. Per quanto riguarda le temperature registrate dalle termocoppie non si sono registrati valori elevati né nella sezione del focolaio (Figura 1.15) tantomeno nelle alte sezioni, tuttavia il ritardo nel riscaldamento delle sezioni a distanza nota dal focolaio ha permesso di stabilire una velocità di movimento degli effluenti dell'incendio di circa 20-25 m/s con il piano neutro del fonte dei fumi posizionato tra i 4,5 e i 5,0 m dal piano stradale.

Primo incendio - Sezione C

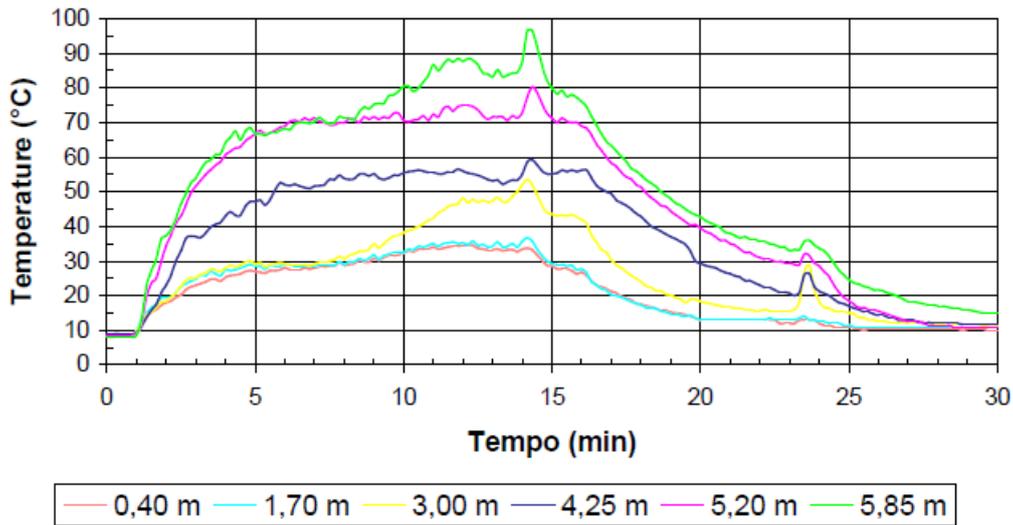


Figura 1.15: Andamento della temperatura registrata dalle termocoppie installate nella sezione del focolare a diverse altezze dal piano stradale per il primo scenario di incendio.

Nel caso del secondo incendio sia la qualità dell'aria, sia la visibilità hanno subito un rapido deterioramento anche a causa della presenza di rilevanti quantità di particolato dei fumi. Le temperature registrate invece si presentano più elevate ma non abbastanza da produrre effetti di deterioramento delle capacità meccaniche del calcestruzzo armato come indicato nella Figura 1.16.

Secondo incendio - Sezione C

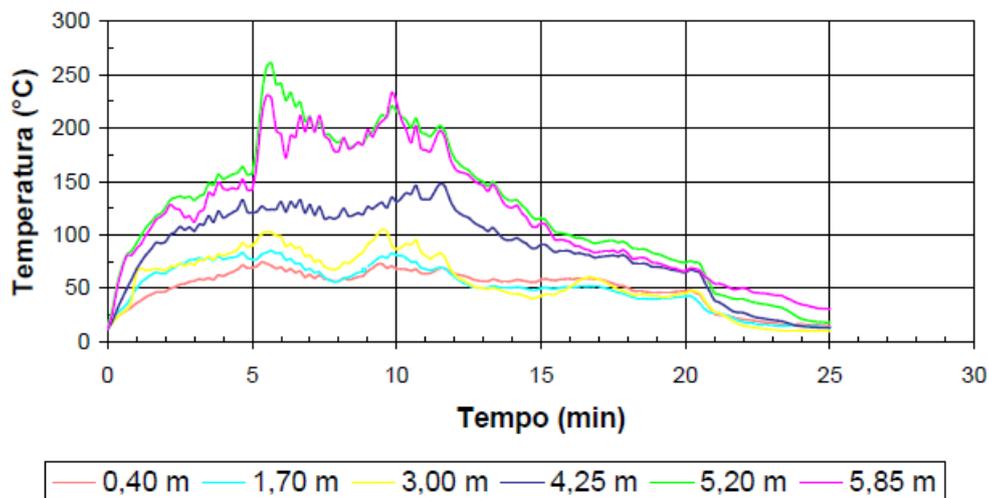


Figura 1.16: Andamento della temperatura registrata dalle termocoppie installate nella sezione del focolare a diverse altezze dal piano stradale per il secondo scenario di incendio.

Oltre ai dati su alcuni parametri fondamentali di un incendio in galleria la prova è stata utile anche per definire un protocollo per la realizzazione di future ulteriori sperimentazioni che riguarda la progettazione dei focolai, la predisposizione di tutte le opportune misure di sicurezza e per il contenimento dell'incendio, il coordinamento di tutti gli operatori e la raccolta ed elaborazione dei dati.

1.4.2 Sperimentazioni di ArupFire

Un'altra campagna di sperimentazione è quella effettuata da Gabriele Vigne e Jimmy Jöns-son di ArupFire in un tunnel che si trova a Folgoso de la Ribera in Spagna della lunghezza totale di 300 m, altezza massima di 6,5 m e larghezza di 8 m con lo scopo di acquisire indispensabili informazioni per la convalida dei risultati di codici di calcolo come FDS (*Fire Dynamic Simulator*) oggetto della modellazione di questa tesi [8].

Nelle prove eseguite il focolaio è stato ottenuto con una vasca in acciaio riempita di eptano sopra uno strato d'acqua. La rilevazione delle grandezze oggetto di interesse è stata effettuata con: 15 termocoppie poste all'altezza del soffitto del tunnel ad intervalli regolari di 2 m, 10 termometri a piastra e celle di carico per la determinazione delle curve MLR (*Mass Loss Rate*) e HRR (*Heat Release Rate*). La disposizione della strumentazione è riportata in Figura 1.17.

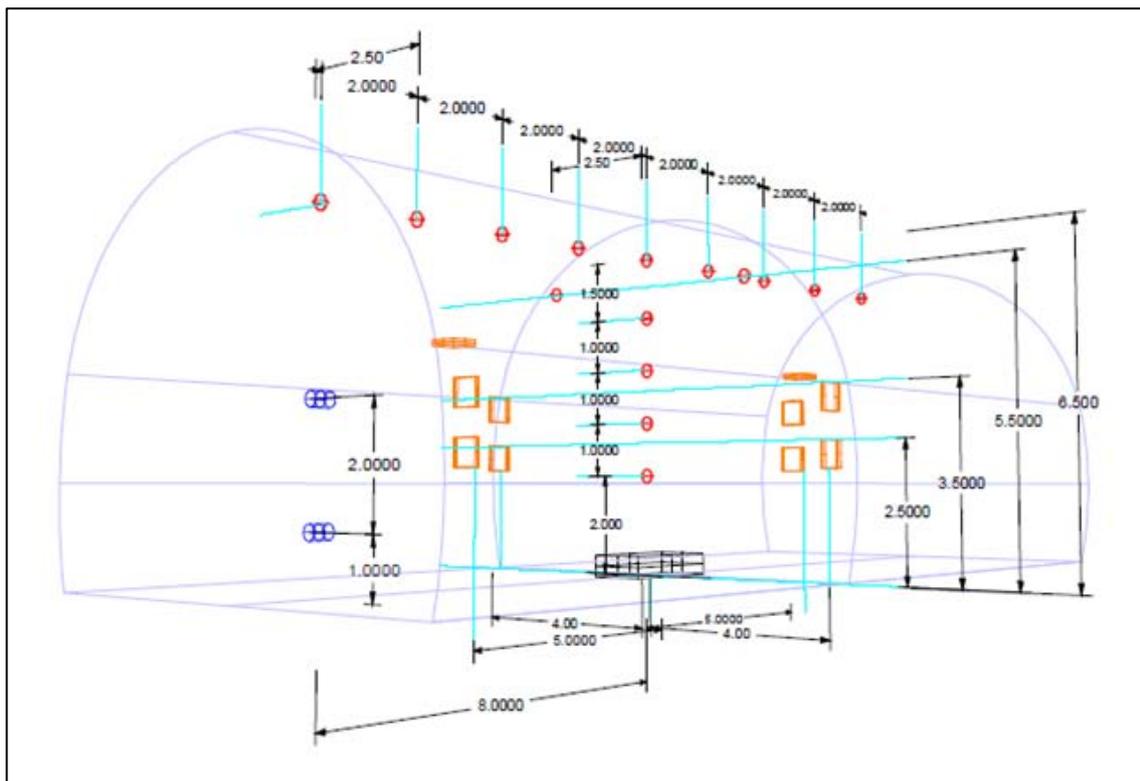


Figura 1.17: Disposizione della strumentazione per la registrazione delle variabili di interesse nella prova sperimentale di incendio.

Capitolo I

Le temperature ottenute dai 5 test eseguiti, dopo i due di calibrazione, dopo 120 e 300 secondi sono riportate nelle Figure 1.18 e 1.19 dove sono anche indicati gli andamenti simulati dal codice di calcolo FDS conformemente a quanto esposto prima a riguardo delle motivazioni alla base della campagna sperimentale.

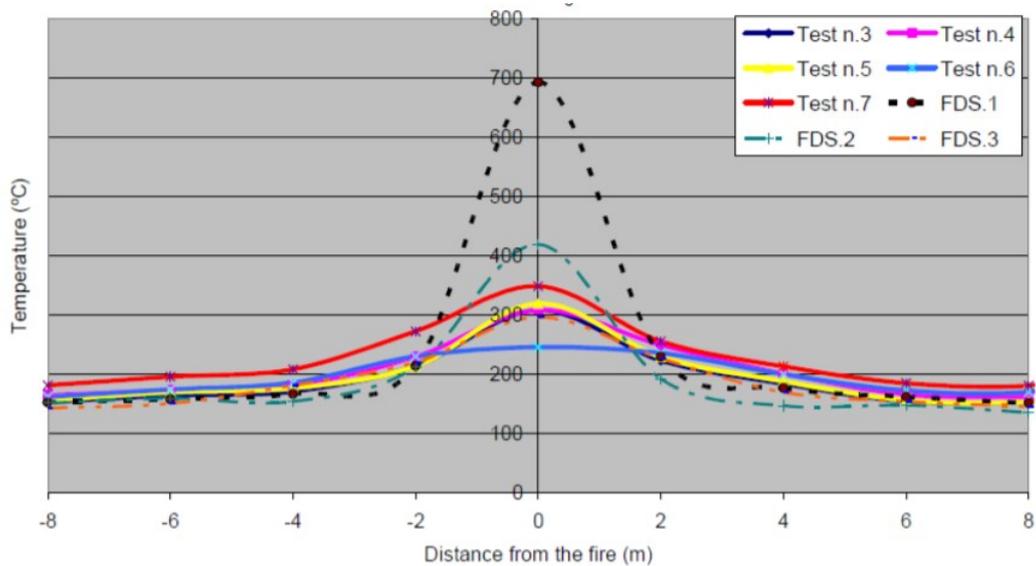


Figura 1.18: Temperature all'altezza del soffitto a 120 s per i 5 test e i 3 scenari di FDS (simulati).

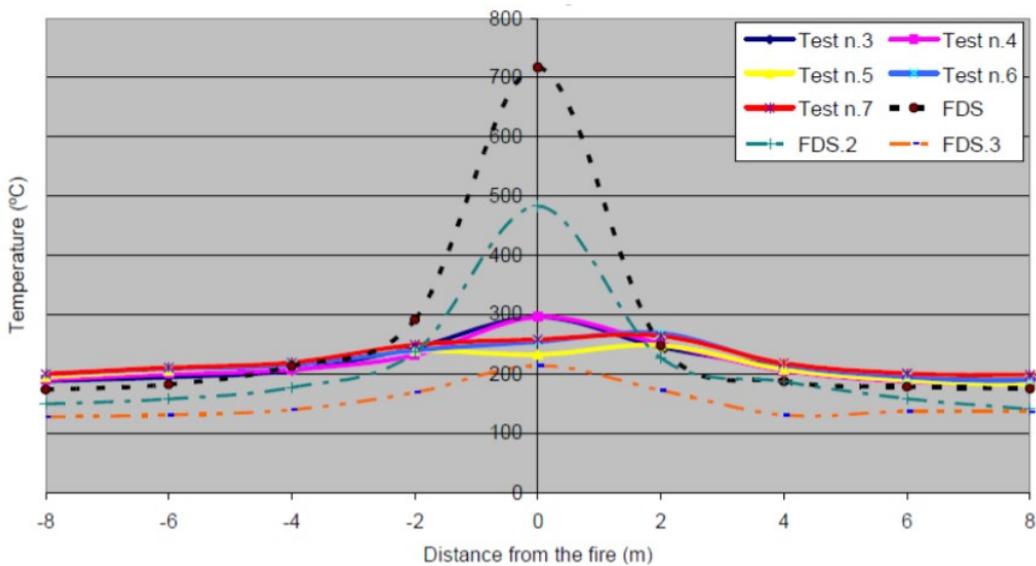


Figura 1.19: Temperature all'altezza del soffitto a 300 s per i 5 test e i 3 scenari di FDS.

2. Fire Safety Engineering o approccio prestazionale

La Fire Safety Engineering (FSE), denominata nella letteratura e normazione nazionale “*approccio ingegneristico alla sicurezza antincendio*”, è una disciplina della progettazione ingegneristica che si occupa della sicurezza antincendio basata su parametri prestazionali. Essi sono basati su un’analisi dell’incendio e dei suoi effetti e non su una mera conformità alla normativa vigente, ciò significa che il fenomeno incendio è analizzato dal punto di vista fenomenologico e che, quindi, le soluzioni adottate dal progettista per il raggiungimento di standard normativi riguardanti il livello di sicurezza antincendio sono studiate *ad-hoc* per il progetto in esame consentendo un maggior grado di flessibilità.

In Italia l’approccio prestazionale alla progettazione antincendio, mediante l’utilizzo delle FSE, è stato normato per la prima volta dal D.M. 09/05/2007 “*Direttive per l’attuazione dell’approccio ingegneristico alla sicurezza antincendio*” e in seguito dal D.M. 03/08/2015 “*Codice di Prevenzione Incendi*” che, tramite l’introduzione delle “soluzioni alternative” e delle “soluzioni in deroga”, ha esteso il campo di applicazione dell’approccio ingegneristico alla problematica antincendio.

Come detto l’adozione di una metodologia FSE consente una maggiore flessibilità al progettista, il quale, appreso il livello di sicurezza da garantire e stabilito dalle norme, può adottare un ventaglio di soluzioni che meglio si adattano al caso in esame e che possono differire da quelle imposte in modo prescrittivo dalle normative, ma i vantaggi possono essere molteplici [7]:

- riduzione dei costi di adeguamento o realizzazione delle opere in quanto le soluzioni “preconfezionate” offerte dalle norme di tipo prescrittivo talvolta possono risultare troppo cautelative rispetto al reale andamento del fenomeno nel caso in esame;
- possibile campo di applicazione molto esteso: la metodologia si può implementare, potenzialmente, per tutte le tipologie di fabbricati e per ogni grado di complessità e particolarità degli stessi. Inoltre, ogni strategia antincendio, ovvero i mezzi di protezione passivi e attivi, possono essere pensati, progettati e implementati in riferimento alla FSE;
- possibilità di fare riferimento a standard normativi differenti da quelli nazionali;
- utilizzo di tecnologie di tipo innovativo, non considerate nel quadro normativo tradizionale

- costante aggiornamento della metodologia che si muove con l'evoluzione della tecnologica nel campo della sicurezza antincendio ed è quindi svincolata dall'aggiornamento normativo che è per sua natura più lento.

Tuttavia, come conferma una recente analisi condotta dai Vigili del Fuoco [7] in merito all'utilizzo del Codice di Prevenzione Incendi condotta dal 2015 al 2017 e tra Gennaio e Ottobre del 2018, la soluzione conforme, quindi ricavata senza l'adozione di un approccio ingegneristico, è quella maggiormente utilizzata dai progettisti, con percentuali di circa il 90% dei progetti presentati al Comando dei VVF. Ciò conferma che l'approccio ingegneristico alla sicurezza antincendio richiede molte risorse, sia per quanto riguarda la formazione e conoscenza dei progettisti sia per la strumentazione (software, calcolatori). Inoltre, richiede una formazione specifica anche dei funzionari dei VVF che devono rilasciare un parere di conformità sul progetto in esame.

L'applicazione della FSE, come riportato nel D.M. 09/05/2007 "*Directive per l'attuazione dell'approccio ingegneristico alla sicurezza antincendio*", si compone di due fasi:

- Analisi preliminare (fase I), che a sua volta si compone di:
 - Definizione del progetto: descrizione di condizioni ambientali, caratteristiche dell'occupante medio in base alla destinazione d'uso, pericoli di incendio presenti e degli eventuali vincoli progettuali presenti;
 - Identificazione degli obiettivi di sicurezza antincendio che forniscono gli standard prestazionali da conseguire con la progettazione;
 - Individuazione dei livelli di prestazione con i quali il progettista, tramite il confronto di parametri numerici, può definire se la misura di protezione soddisfa o meno il livello di sicurezza precedentemente stabilito. Questi parametri possono essere ad esempio: temperatura massima dei gas, distanza di visibilità minima, livello di radiazione massima nei confronti di persone e/o cose, concentrazione dei gas tossici e altezza libera dai fumi;
 - Individuazione degli scenari di incendio di progetto definiti come gli eventi che possono ragionevolmente verificarsi in relazione alle caratteristiche del focolaio, dell'edificio e degli occupanti;
- Valutazione quantitativa (fase II):
 - Scelta dei modelli di simulazione del fenomeno che le tecniche di settore mettono a disposizione (modelli matematici, codici di calcolo);

- Confronto dei risultati ottenuti con le soglie definite in precedenza e scelte in base allo scenario di incendio modellato;
- Scelta delle soluzioni idonee a garantire il livello di sicurezza antincendio desiderato.

2.1 Salvaguardia della vita con la progettazione prestazionale

L'approccio ingegneristico alla sicurezza antincendio ha tra gli obiettivi principali quello di garantire che il sistema d'esodo progettato possa assicurare agli occupanti di raggiungere un luogo sicuro in sicurezza e di permanervi, senza incontrare gli effetti dell'incendio. Ciò però non è sempre possibile, soprattutto nel caso di infrastrutture quali le gallerie stradali in cui, soprattutto nei pressi della fonte di innesco, gli occupanti sono esposti, per un tempo che dipende dalla loro capacità di allontanarsi dalla sorgente, agli effetti di un incendio.

Il corretto approccio alla problematica di garantire condizioni ambientali non incapacitanti per un tempo necessario all'esodo degli occupanti è affrontato con il criterio $ASET > RSET$, in cui *ASET* (*Available Safe Escape Time*) indica il tempo disponibile per l'esodo e *RSET* (*Required Safe Escape Time*) il tempo richiesto per l'esodo.

Il tempo a disposizione per l'esodo, funzione dell'interazione tra incendio, edificio e occupanti, è calcolato mediante dei valori di soglia: il tempo che intercorre tra l'innesco dell'incendio e il superamento di uno dei valori soglia quantifica l'*ASET*. Il Codice di Prevenzione Incendi riprende quanto esposto nella normativa tecnica ISO 1357, definendo l'*ASET* come il minore tra gli *ASET* calcolati secondo quattro modelli riportati alla Tabella 2.1:

Tabella 2.1: Modelli per il calcolo di *ASET* proposti dal Codice di Prevenzione Incendi.

Modello dei gas tossici	impiega il concetto di <i>FED</i> (<i>Fractional Effective Dose</i>) ovvero il rapporto tra la dose inalata e la dose che determina effetti incapacitanti sul soggetto medio esposto
Modello dei gas irritanti	impiega il concetto di <i>FEC</i> (<i>Fractional Effective Concentration</i>) definita come il rapporto tra la concentrazione di un gas irritante disponibile per inalazione e la concentrazione dello stesso che determina effetti incapacitanti sul soggetto medio esposto
Modello del calore	stabilisce la creazione di condizioni incapacitanti quando vi è un irraggiamento sugli occupanti maggiore di 2,5 kW/m ² e una temperatura dell'ambiente sugli occupanti maggiore di 60°C

Modello della visibilità	si basa sull'oscuramento della visibilità per la presenza del fumo creato dall'incendio il quale, può impedire agli occupanti l'individuazione delle vie di fuga
---------------------------------	--

Una volta determinati i valori caratteristici delle grandezze dei quattro modelli la il Codice di Prevenzione Incendi fornisce delle soglie minime da confrontarsi con i valori definiti dallo scenario di incendio al fine di calcolare il tempo in cui questi valori soglia vengono superati. I valori soglia sono riportati alla Tabella M.3-2 del Codice di Prevenzione Incendi e di seguito riproposta.

Tabella M.3-2: Esempio di soglie di prestazione impiegabili con il metodo di calcolo avanzato.

Modello	Prestazione	Soglia di prestazione	Riferimento
Oscuramento della visibilità da fumo	Visibilità minima di pannelli riflettenti, non retroilluminati, valutata ad altezza 1,80 m dal piano di calpestio	Occupanti: 10 m Occupanti in locali di superficie lorda < 100m ² : 5 m	ISO 13571:2012
		Soccorritori: 5 m Soccorritori n locali di superficie lorda < 100m ² : 2,5 m	[1]
Gas tossici	FED, <i>fractional effective dose</i> e FEC, <i>fractional effective concentration</i> per esposizione a gas tossici e gas irritanti, valutata ad altezza 1,80 m dal piano di calpestio	Occupanti: 0,1	ISO 13571:2012, limitando a 1,1% la porzione di occupanti incapacitati al raggiungimento della soglia
		Soccorritori: nessuna valutazione	-
Calore	Temperatura massima di esposizione	Occupanti: 60°C	ISO 13571:2012
		Soccorritori: 80°C	[1]
Calore	Irraggiamento termico massimo da tutte le sorgenti (incendio, effluenti dell'incendio, struttura) di esposizione degli occupanti	Occupanti: 2,5 kW/m ²	ISO 13571:2012, per esposizioni inferiori a 30 minuti
		Soccorritori: 3 kW/m ²	[1]
[1] Ai fini di questa tabella, per soccorritori si intendono i componenti delle squadre aziendali opportunamente protetti ed addestrati alla lotta antincendio, all'uso dei dispositivi di protezione delle vie aeree, ad operare in condizioni di scarsa visibilità. Ulteriori indicazioni possono essere desunte ad esempio da documenti dell'Australian Fire Authorities Council (AFAC) per hazardous conditions.			

2.2 L'approccio computazionale nella FSE mediante il Fire Dynamics Simulator (FDS)

Tra i metodi di simulazione dell'incendio per la stima di parametri quantitativi che ne permettono la descrizione dal punto di vista fisico e chimico è necessario annoverare il *Fire Dynamics Simulator* (FDS), un software *open-source* sviluppato dal NIST (*National Institute of Standards and Technologies*) che si basa su codici di calcolo implementati in linguaggio di programmazione FORTRAN.

Il software appartiene alla categoria degli approcci di *computational fluid dynamics* (CFD) che stima il comportamento dei flussi di fluido in regime turbolento generati dal fenomeno dell'incendio tramite la risoluzione analitica di una forma semplificata delle equazioni di Navier-Stokes (equazioni semplificate per bassi numeri di Mach) con particolare attenzione alle caratteristiche fisiche peculiari di un incendio.

FDS per la risoluzione numerica delle equazioni di Navier-Stokes per moti turbolenti utilizza una metodologia *Large Eddy Simulation* (LES) che separa tramite operazioni di filtraggio i vortici turbolenti di grandi dimensioni e quelli di piccole dimensioni, ovvero quelli che hanno un costo computazionale maggiore, per l'applicazione delle equazioni di conservazione e di trasporto. La figura 2.1 riporta visivamente come vengono trattate le turbolenze da questa metodologia e le differenze tra metodologie maggiormente precise ma dal punto di vista del costo computazionale più onerose (DNS) e metodologie più approssimate (RANS).

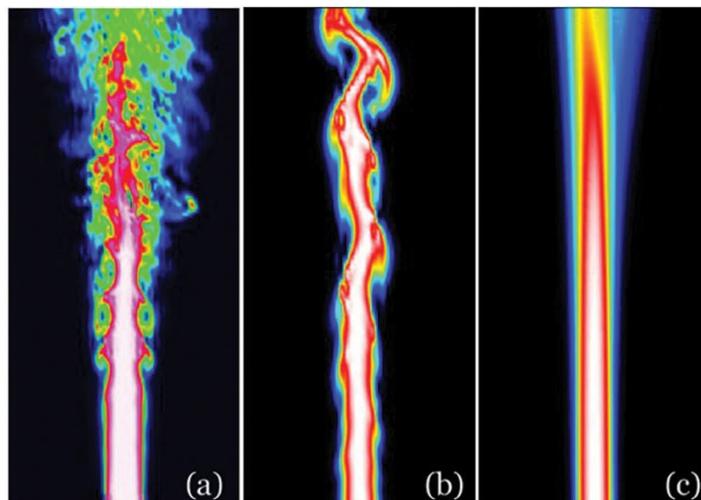


Figura 2.1: Differenti metodologie per la trattazione delle turbolenze [10].

Ogni simulazione FDS è controllata da un singolo file di testo di input che può essere scritto direttamente da un *text editor* o con l'aiuto di software dotati di interfaccia grafica come Pyrosim® o Blender.

I calcoli effettuati a partire dal file di input sono eseguiti su un dominio suddiviso in volumi elementari (celle) di forma parallelepipedica dalla *mesh* le cui dimensioni sono impostate dall'utente nel file di testo. Il numero di celle è direttamente proporzionale alla risoluzione della *mesh*, la quale dipende dall'accuratezza desiderata per la simulazione dell'evento: celle di minori dimensioni (quindi una *mesh* più fitta) richiedono sforzi computazionali maggiori ma risultati più precisi, viceversa, celle di maggiori dimensioni generano risultati più approssimati. La scelta delle dimensioni della *mesh* risulta quindi un passo fondamentale nell'approccio alla simulazione dello scenario ma tutt'altro che banale, tuttavia la *FDS User Guide* [1] propone di calibrare la grandezza delle celle della *mesh* per simulazioni che riguardano i *buoyant plumes* a partire dal diametro caratteristico delle fiamme D^* (che non coincide con il diametro fisico delle fiamme):

$$D^* = \left(\frac{Q}{\rho_{\infty} c_p T_{\infty} \sqrt{g}} \right)^{2/5} \quad [2.1]$$

dove Q indica la velocità di rilascio del calore totale del fuoco in kW, ρ_{∞} indica la densità del fluido (in genere aria), c_p è il calore specifico in kJ/kg·K e T_{∞} indica la temperatura ambiente espressa in K. Una volta calcolato il diametro caratteristico delle fiamme mediante il rapporto adimensionale D^*/δ_x si può ricavare una dimensione nominale di una cella della *mesh* di primo tentativo (δ_x).

In generale però per la calibrazione della risoluzione della *mesh* è necessaria un'analisi di sensibilità ovvero *mesh-sensitivity analysis*. Inizialmente si associa al file di input una dimensione grossolana delle celle andando via via ad affinarla fino a quando lo scarto tra i risultati ottenuti tra simulazioni successive rientra al di sotto di una certa tolleranza, tenendo anche in considerazione il tempo di calcolo impiegato dal software. Si tende quindi a considerare la dimensione delle celle ottimale quando un ulteriore affinamento porterebbe ad un miglioramento dei risultati trascurabile in relazione all'incrementato tempo di calcolo.

Infine, va specificato come la risoluzione della griglia di calcolo sia funzione anche dei parametri che l'utente intende indagare con la simulazione, infatti, grandezze come il flusso di calore in prossimità della sorgente e dei bersagli richiede una griglia più fine rispetto a grandezze quali la temperatura dei gas e l'altezza dei fumi.

Viene inoltre specificato che lo stesso manuale consiglia di confrontare i valori ricavati con quelli utilizzati in simulazioni di esperimenti per la validazione del modello, contenuti nella *FDS Validation Guide* [20].

2.3 L'applicazione di FDS nello studio di scenari in gallerie stradali

La *Fire Safety Engineering* si presta bene all'applicazione nel caso di incendi in galleria, le cui conseguenze, come visto nel Capitolo 1, possono essere severe sia per quanto riguarda l'impatto sugli utenti, per il disservizio della struttura e per l'ambiente. L'applicazione della FSE permette ai progettisti di simulare l'andamento dell'incendio e dei suoi effluenti e di predisporre gli idonei presidi di sicurezza attivi o passivi, il cui posizionamento (soprattutto in relazione ai percorsi di esodo) risulta cruciale per la mitigazione delle conseguenze dello scenario. Inoltre, la particolarità dell'opera civile è pienamente allineata con la filosofia alla base della *Fire Safety Engineering* e con il campo di applicazione di questa metodologia riportato nel Decreto Ministeriale 09/05/2007 "*Direttive per l'attuazione dell'approccio ingegneristico alla sicurezza antincendio*":

in presenza di insediamenti di tipo complesso o a tecnologia avanzata, di edifici di particolare rilevanza architettonica e/o costruttiva, ivi compresi quelli pregevoli per arte o storia o ubicati in ambiti urbanistici di particolare specificità, la metodologia descritta nel presente decreto può essere applicata:

- *per la individuazione dei provvedimenti da adottare ai fini del rilascio del certificato di prevenzione incendi nel caso di attività non regolate da specifiche disposizioni antincendio;*
- *per la individuazione delle misure di sicurezza che si ritengono idonee a compensare il rischio aggiuntivo nell'ambito del procedimento di deroga [...].*

Allo stato attuale i modelli più frequentemente utilizzati sono:

- modelli analitici semplificati
- modelli di simulazione dell'incendio a zone per ambienti confinati (CFast, Ozone)
- modelli di simulazione dell'incendio di campo (FDS, CFX, Fluent)
- modelli di simulazione dell'esodo
- modelli di simulazione del comportamento strutturale in caso l'incendio (Ansys, Adina, Abaco, Diana, Safir)

La scelta del modello per la simulazione dell'incendio è fatta dal progettista in base allo scopo per il quale la simulazione è richiesta: l'applicazione di modelli di calcolo CFD, come FDS, risulta maggiormente idonea qualora lo scenario sia complesso e richieda un livello di dettaglio maggiore riguardo alle variabili in campo rispetto a modelli semplificati a zone, come CFAST, in grado di cogliere la stratificazione dei fumi ma non i flussi in prossimità del

focolaio, e a modelli monodimensionali. Ad esempio, la progettazione della tenuta di condizioni non incapacitanti per gli utenti è oggetto di complesse valutazioni che possono essere dettagliatamente analizzate attraverso l'uso di solutori come FDS.

Un ulteriore vantaggio dell'approccio alla valutazione della sicurezza di un'infrastruttura quale la galleria stradale tramite software di modellazione come FDS consiste nella numerosità e variabilità di scenari implementabili dal progettista. Infatti, una volta colte le potenzialità e le criticità del software e individuata l'incidenza sui risultati delle approssimazioni necessarie per la creazione di un modello, gli scenari di incendio modellabili sono pressoché illimitati. Inoltre, anche il numero di variabili in output analizzabili dai progettista sono molto numerose, ciò consente allo stesso una chiara interpretazione del fenomeno per ogni scenario modellato.

A valle del processo di simulazione il progettista, avendo a disposizione un set di parametri che descrivono vari scenari di incendio da lui ritenuti congrui e rappresentativi del rischio, può:

- Effettuare un'analisi del rischio di tipo quantitativo, avendo ben chiara la magnitudo degli eventi modellati;
- Predisporre gli idonei accorgimenti, previsti dalla Norma (D.Lgs 264/2006 e relative Linee Guida e Codice di Prevenzione Incendi ove la galleria ne rientri nel campo di applicazione) con un approccio di tipo prestazionale e non prescrittivo;
- Effettuare un'analisi del rischio confrontando un set di dispositivi di protezione e prevenzione per stabilirne l'efficacia in termini di riduzione del rischio ed operare un confronto in termini di costi-benefici.

Questo approccio alla problematica degli incendi in galleria permette da un lato di predisporre quei sistemi che permettono di incrementarne la sicurezza e di ottenere le migliori performance dell'infrastruttura al costo più vantaggioso.

2.3.1 Limiti dell'applicazione di FDS

L'applicazione di una simulazione FDS nel caso di una galleria stradale presenta alcune difficoltà legate al software e alla sua capacità di effettuare calcoli in presenza di domini che si sviluppano lungo una direzione preferenziale [4].

In particolare, le maggiori problematiche riguardano in particolar modo il campo della pressione all'interno del dominio, che potrebbe inficiare la bontà dei risultati della simulazione in quanto il moto dei fluidi nel dominio avviene anche secondo gradienti di pressione. Come

riportato nella *FDS User Guide* il campo della pressione potrebbe essere affetto da fluttuazioni prive di significato fisico che potrebbero generare fenomeni di instabilità numerica a cause delle modalità con le quali FDS risolve le equazioni differenziali alle derivate parziali (PDE). Il problema principale si riscontra nella dipendenza delle PDE utilizzate dalla densità del fluido all'istante n della simulazione, che varia nel tempo.

Il campo delle pressioni in *output*, inoltre, è funzione della dimensione caratteristica della cella con la quale è suddivisa la *mesh* in quanto questo termine rientra nella variabile di controllo dell'errore durante le iterazioni ricavato tramite il metodo delle differenze finite. Questo output di controllo permette di verificare l'andamento delle iterazioni, bloccando queste ultime quando i risultati tendono a divergere.

La corretta procedura per la valutazione dei risultati ottenuti è quella iterativa ovvero variare i dati in ingresso fino a quando i dati in output sulla pressione presentano fluttuazioni che si possono considerare accettabili e che non vanno a inficiare il significato fisico dei risultati. A questo proposito la *FDS User Guide* propone di:

- ridurre la tolleranza sull'errore, impostando quindi un valore desiderato dall'utente e indipendente dalla grandezza caratteristica delle celle, tramite un apposito comando della stringa PRES;
- individuare delle zone dotate di dimensioni e caratteristiche decise dall'utente (VENT) lungo il tunnel di tipo OPEN. Associando le caratteristiche OPEN a una superficie tipo VENT FDS imposta automaticamente una serie di parametri collegati a tale zona di una superficie che simulano un punto di contatto con l'atmosfera esterna alla galleria;
- Alternativamente al punto precedente è possibile predisporre degli HOLE, ovvero dei fori nella struttura della galleria con dimensioni tali da non influenzare la bontà dei risultati ma in grado di ridurre il fenomeno delle oscillazioni della pressione e prevenire l'instabilità numerica.

Inoltre, nel caso specifico delle gallerie l'utilizzo di ventilazione forzata longitudinale e la presenza di ventilazione naturale determinata dalle condizioni atmosferiche (vento) incide sullo sviluppo delle pressioni all'interno del dominio. Nelle simulazioni quindi è necessario considerare tali aspetti ed eseguire un'attenta analisi dei risultati al fine di non pregiudicare la veridicità dei risultati.

3. Generalità sulla simulazione di incendi con FDS

3.1 Scopo della simulazione con FDS

Lo scopo di una simulazione di uno scenario di incendio con FDS è quello di determinare la dinamica dell'incendio e l'andamento di una serie di parametri di tipo termofisico, chimico o di altra natura che il progettista ritiene indicativi del fenomeno incendio per l'attività o l'infrastruttura oggetto di studio. Avendo chiari gli effetti che uno scenario di incendio ha su occupanti, struttura e ambiente è possibile procedere a valutazioni del rischio di tipo quantitativo e all'adozione di misure di protezione e/o prevenzione che garantiscano un accettabile livello di sicurezza antincendio.

Diversamente da una progettazione antincendio di tipo tradizionale, la predisposizione di simulazioni FDS ha il vantaggio di poter attuare una progettazione basata su dati quantitativi che indirizzano il progettista nella scelta degli idonei livelli di prestazioni delle strategie antincendio proposte dal Codice di Prevenzione Incendi o che guidano lo stesso nella scelta di misure di protezione integrative o sostitutive qualora quelle indicate dal Codice non siano attuabili o siano sovradimensionate rispetto alla magnitudo dello scenario di progetto.

Inoltre, una simulazione FDS di uno scenario di incendio rappresentativo del rischio per una data attività permette di definire soluzioni *ad-hoc*, le quali potrebbero comportare un beneficio economico per il committente.

Tuttavia, nella predisposizione di una simulazione FDS è importante calibrare le approssimazioni necessarie per inserire in un modello software una situazione reale al fine di ottenere risultati rappresentativi del reale rischio derivante dall'incendio. La sensibilità e la formazione del professionista che fa uso di questa tipologia di software sono quindi parametri che giocano un ruolo fondamentale per la correttezza e fruibilità dei risultati ottenuti.

3.2 Dati in input necessari per una simulazione

La simulazione di uno scenario di incendio in una galleria stradale necessita di una serie di parametri in input da inserire nel file di testo che successivamente sarà oggetto di elaborazione e calcolo da parte del software FDS. Questi sono necessari a quantificare dal punto di vista fisico e chimico il fenomeno e la geometria dove il fenomeno incendio avviene.

3.2.1 Parametri generali e geometria

Il primo passo per la compilazione del file di testo in input è quello di definire il dominio di calcolo. Si definiscono quindi le dimensioni della mesh e il numero di celle con la quale

suddividerla lungo i tre assi ortogonali. Come precedentemente detto questa fase risulta essere molto delicata in quanto le dimensioni dei volumi elementari incide sulla bontà delle grandezze in output da valutare successivamente. Una volta costruito il dominio è necessaria la modellazione della geometria della galleria tramite “blocchi” di forma parallelepipedica, andando ad approssimare la tipica geometria a volta delle gallerie stradali in esercizio sulla rete viaria. A questo proposito risulta fondamentale la stringa di testo OBST la quale la modellazione di oggetti nel dominio di calcolo definito in precedenza. Ai blocchi creati vengono poi associate delle superfici, denominate nel programma SURF, con specifiche proprietà fisiche e chimiche come densità [kg/m^3], calore specifico [$\text{kJ/kg}\cdot\text{K}$], emissività e conduttività [$\text{W/m}\cdot\text{K}$], che vanno quindi a definire il materiale che compone tali oggetti. Queste superfici possono essere composte da vari strati di materiale differente, come avviene ad esempio per un paramento murario. In questo caso all'utente è richiesta l'introduzione di un *array* che definisca ogni componente della superficie con le sue proprietà chimico-fisiche precedentemente elencate.

Dal momento che l'elemento base per la modellazione della geometria è un parallelepipedo la ricostruzione di geometrie curvilinee, come quelle delle gallerie stradali a volta, può avvenire solo in forma approssimata accostando tra loro elementi a sezione quadrata o rettangolare formando in questo modo una struttura “a scalini” che segue l'andamento della curva voluta.

La fase di modellazione della geometria può risultare impegnativa se effettuata mediante stringhe di testo dal momento che l'utente non può vedere in momento reale ciò che sta modellando. Questa è la ragione per cui sono state messe a disposizione degli utenti interfacce grafiche di modellazione 3D che permettono di agevolare l'operazione e restituire un file di testo con le idonee istruzioni per FDS. Un esempio di queste interfacce grafiche è il software *Pyrosim*, utilizzato anche per lo sviluppo di questa tesi durante la riproduzione della geometria di una galleria, di *Thunderhead Engineering*, una società statunitense.

Dopo aver modellato la geometria è necessario inserire altri parametri generali come ad esempio la durata della simulazione, ovvero l'intervallo di tempo entro il quale FDS eseguirà i calcoli e restituirà l'andamento degli output desiderati dall'utente. Il tempo è indicato nel file di input con il comando T_END nella stringa TIME. Altri parametri di interesse per l'utente sono la pressione atmosferica e la temperatura ambiente qualora il progettista riscontri la necessità di variare i valori di *default* di 20°C e 101325 Pa.

3.2.2 Dati termici e termofisici

La parte di dati in input “a caldo” permette all’utente di implementare nel programma gli scenari di incendio di progetto scelti che condurranno all’implementazioni e verifica delle misure di protezione attive e passive per l’incremento del livello di sicurezza e la mitigazione del rischio.

A questo proposito un parametro fondamentale, introdotto con l’approccio ingegneristico alla sicurezza antincendio, è il tasso di rilascio del calore durante un incendio HRR che fornisce indicazioni circa la velocità con la quale l’incendio consuma l’energia a disposizione rappresentata dal carico d’incendio q_f . Le valutazioni della curva di sviluppo di un incendio con riferimento al tasso di rilascio di calore possono essere effettuate con le seguenti metodologie:

- Il *Codice di Prevenzione Incendi* (D.M. 03/08/2015) in accordo con l’*Eurocodice 1* definisce una curva HRR divisa in tre zone: propagazione, incendio stazionario e decadimento (Figura 3.1) e per ognuna di queste zone esplicita la funzione che esprime l’andamento della curva.

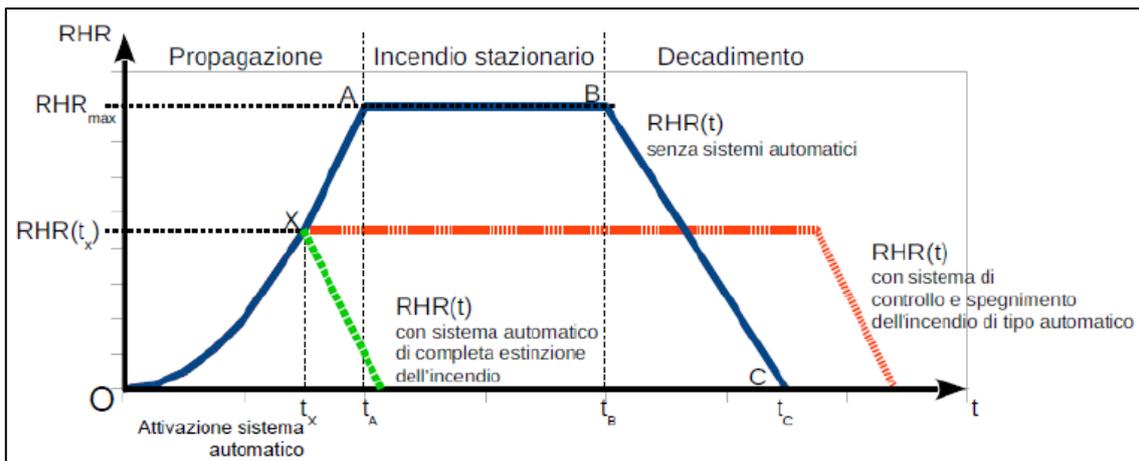


Figura 3.1: Curva di rilascio della potenza termica HRR in funzione del tempo definita al capitolo M.2 del Codice di Prevenzione Incendi.

Per la fase di propagazione ($t < t_A$) l’andamento è parabolico con dipendenza del tasso di rilascio con il quadrato del tempo:

$$HRR(t) = 1000(t/t_\alpha)^2 \quad [3.1]$$

dove t_α indica il tempo impiegato dal focolaio di progetto per raggiungere i 1000 kW ovvero la rapidità con la quale l’incendio raggiunge il *flash-over* (condizione di incendio pienamente sviluppato). Il parametro t_α può essere determinato sperimentalmente, facendo riferimento all’*Appendice E* dell’*Eurocodice 1* o in analogia.

Durante la fase di incendio stazionario, post *flash-over*, l'incendio è pienamente sviluppato e controllato dal comburente e quindi dalla superficie di ventilazione:

$$HRR_{max} = 0,10 m H_u A_v \sqrt{h_{eq}} \quad [3.2]$$

dove m indica il fattore di partecipazione alla combustione, H_u è pari a 17500 kJ/kg, A_v è l'area totale delle aperture verticale in m^2 e h_{eq} è la media pesata sull'area dell'altezza delle aperture espressa in m.

- Mediante metodologie sperimentali basate su principi come il consumo di ossigeno per la combustione dei materiali, la curva di perdita di massa MLR, l'incremento di temperatura durante la combustione o i residui chimici prodotti.

Le sperimentazioni possono essere condotte su scala reale, quindi con provini di combustibile di dimensioni reali, tramite l'utilizzo di cappe aspiranti e analizzatori delle specie chimiche contenute nei fumi e delle portate aspirate o su piccola scala con il cono calorimetro. La Figura 3.2 riporta un esempio di questa tipologia di campagne sperimentali.

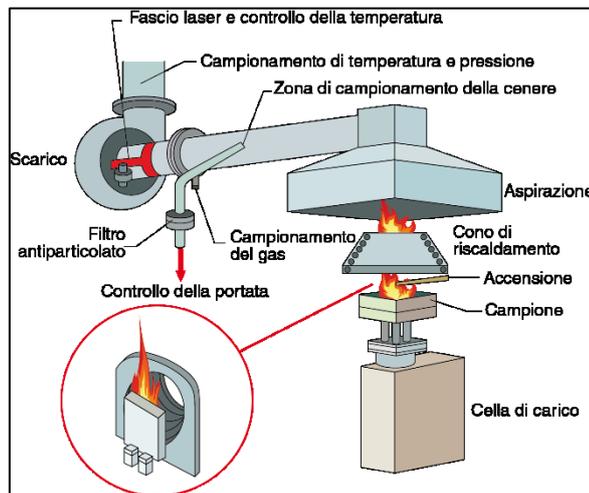


Figura 3.2: Cono calorimetro per campagne sperimentali per la misurazione della potenza rilasciata.

Dal punto di vista del software FDS vi sono sostanzialmente quattro metodologie per definire un incendio di progetto mediante l'inserimento di una curva HRR:

- Definizione di un rilascio termico indipendente dal tempo, quindi costante per l'intera durata della simulazione, tramite il comando HRRPUA. L'utente associa le caratteristiche di combustione ad una superficie facente parte di un'oggetto dotato di area. La potenza prodotta dalla combustione è quella calcolata dal software tramite il prodotto

tra il valore di HRR specifico e l'area della superficie totale alla quale sono state applicate le proprietà di combustione;

- Tramite il comando $\text{TAU_Q} < 0$ è possibile associare ad una superficie una curva con andamento crescente proporzionale al quadrato del tempo fino ad un valore massimo impostato. Il tempo per raggiungere il tasso di rilascio per unità di area massimo è impostato dall'utente;
- Similmente con $\text{TAU_Q} > 0$ è possibile caricare una curva crescente con andamento $HRR = \sinh(t/t_\alpha)^2$ fino al valore massimo;
- L'utente può impostare delle curve con andamento variabile nel tempo tramite l'inserimento puntuale dei punti noti della curva associando ad un dato valore del tempo la frazione di HRR_{max} specificato. La procedura è quella quindi di allegare ad una o più superfici una RAMP (nominata con un ID dall'utente) e successivamente specificarne i punti noti. Il programma quindi andrà a *fittare* una funzione che simula la curva desiderata.

3.2.3 Chimica della combustione

Una modellazione di uno scenario di incendio oltre a definire in termini energetici la sorgente del fuoco deve considerare anche la chimica della reazione e le specie chimiche che la stessa produce. Nella maggior parte dei casi il modello di combustione utilizzato da FDS è il *mixture fraction combustion* (combustione a frazione di miscela) la quale si basa sull'assunzione che i fenomeni di trasporto radiativo e convettivo su larga scala sono simulati direttamente, mentre i processi fisici che si verificano su piccole scale di lunghezze e tempi sono rappresentati in modo approssimato. Inoltre, la combustione è controllata in fase di miscelazione (*mixing controlled*) e la reazione del combustibile e dell'ossigeno è infinitamente veloce, indipendentemente dalla temperatura. Ciò implica che tutte le specie coinvolte possono essere descritte in termini di *mixture fraction* [12].

Il modello di combustione "a chimica semplice" considera la specie chimica del carburante come una combinazione di carbonio, idrogeno, ossigeno e azoto che reagisce con l'ossigeno (comburente) per formare H_2O , diossido di carbonio CO_2 , soot e monossido di carbonio CO come indicato dalla formula 3.3 [1]:



Le informazioni riguardanti la chimica della reazione di combustione devono essere specificate per ogni file di input con il comando REAC attraverso il quale l'utente definisce la formula

chimica di base del combustibile, specificando gli atomi di C, H, O, N, la resa post-combustione in termini di CO e soot e la frazione di volume in idrogeno nel soot. FDS possiede un database di composti combustibili con le relative proprietà fisico-chimiche fondamentali, ogni altro combustibile differente da quelli presenti nel database deve essere specificato dall'utente. Un'importante variabile da specificare nella linea REAC è il calore di combustione ed esistono sostanzialmente due modi per farlo:

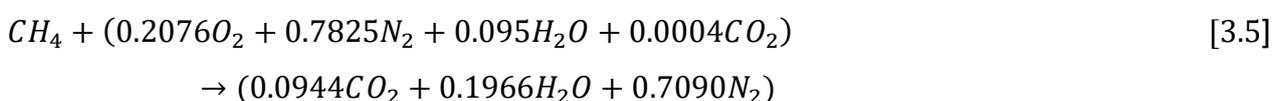
- 1) Inserire manualmente per il combustibile considerato il valore di calore di combustione ricavato da dati disponibili in letteratura tecnica;
- 2) Dichiarando il valore di entalpia di formazione (variazione dell'entalpia dovuta alla formazione di un'unità di massa di un composto a partire dai suoi componenti elementari) espressa in kJ/kg qualora il combustibile non sia tra quelli presenti nel database di FDS (in caso contrario questa grandezza è nota al programma). Il valore di calore di combustione è calcolato mediante la somma dei prodotti per ogni specie tra l'entalpia di formazione e lo scambio di massa in un dato intervallo di tempo;
- 3) Utilizzando il principio che l'entalpia di formazione è funzione della massa di ossigeno consumato. L'entalpia di formazione è calcolata in modo approssimato con l'equazione [3.4] e successivamente il calore di combustione è calcolato come al punto 2.

$$\Delta h \cong \frac{v_{O_2} W_{O_2}}{v_F W_f} EPUMO2 \quad [3.4]$$

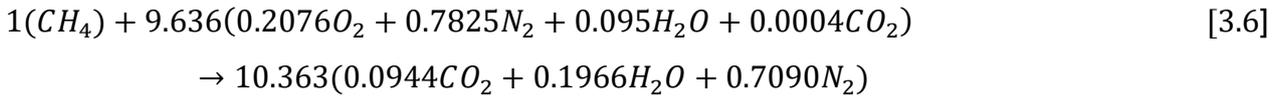
Dove EPUMO2 rappresenta l'energia rilascia per unità di massa di ossigeno consumata in kJ/kg (tipicamente 13100 kJ/kg).

Durante una simulazione, può essere necessario considerare reazioni di combustione che hanno come reagente l'aria e non solamente l'ossigeno contenuto in essa, quindi non risulta applicabile un approccio "simple chemistry" ma è più opportuno un approccio "complex stoichiometry" con il quale l'utente è tenuto a specificare le specie reagenti, sia del combustibile che del comburente(aria), e le specie prodotte con i relativi coefficienti stechiometrici.

Si riporta quindi l'esempio contenuto nel manuale utente di FDS [1] al fine di meglio identificare la questione: si consideri la reazione di combustione del metano in aria descritta dall'equazione [3.5]



che bilanciata si presenta nella forma



l'utente dovrà inserire nella linea di comando SPEC le specie chimiche che compongono i reagenti e i prodotti con le relative frazioni massiche o volumetriche dei singoli componenti come riportato successivamente:

```
&SPEC ID='AIR',
SPEC_ID(1)='OXYGEN', VOLUME_FRACTION(1)=0.2076,
SPEC_ID(2)='NITROGEN', VOLUME_FRACTION(2)=0.7825,
SPEC_ID(3)='WATER VAPOR', VOLUME_FRACTION(3)=0.0095,
SPEC_ID(4)='CARBON DIOXIDE', VOLUME_FRACTION(4)=0.0004 /
&SPEC ID='PRODUCTS',
SPEC_ID(1)='CARBON DIOXIDE', VOLUME_FRACTION(1)=0.0944,
SPEC_ID(2)='WATER VAPOR', VOLUME_FRACTION(2)=0.1966,
SPEC_ID(3)='NITROGEN', VOLUME_FRACTION(3)=0.7090 /
```

la reazione di combustione è introdotta con la linea di comando REAC dove viene specificato il combustibile che, in questo caso, è una molecola precaricata in FDS:

```
&REAC FUEL='METHANE', SPEC_ID_NU='METHANE', 'AIR', 'PRODUCTS',
NU=-1, -9.636, 10.636, HEAT_OF_COMBUSTION=50000. /
```

dove NU è un vettore che riporta i coefficienti stechiometrici che bilanciano la reazione.

Nel caso più di maggior interesse per lo sviluppo di questa tesi, ovvero quello di incendio generato da veicoli all'interno di una galleria, i combustibili che partecipano all'incendio sono molteplici. In questo caso le reazioni di combustione saranno tante quanti i combustibili presenti e ognuna di queste va esplicitata, similmente a quanto visto in precedenza, in FDS.

3.3 Dati in output dalla simulazione

Una volta completato il file di testo può essere avviato nel programma il quale dopo aver analizzato il file avvia le procedure di calcolo. I risultati della simulazione sono visibili in un programma *open-source* messo a disposizione dal NIST (*National Institute of Standards and Technologies*): *Smokeview*. FDS potenzialmente è in grado di fornire una serie molto vasta di parametri in input, sottoforma di fogli di calcolo Excel in formato CSV, sta quindi all'utente, in fase di definizione del file sorgente, decidere quanti e quali parametri sono utili alla sua simulazione tramite l'inserimento di *device* (stringa DEVC) all'interno della geometria

simulata. Per ogni *device* l'utente definisce la posizione (puntuale, con le coordinate x, y, z) e la tipologia di grandezza che è tenuto a misurare.

3.3.1 Dati termici e profili di temperatura

In uno scenario di incendio in galleria risulta di primaria importanza, anche al fine di un calcolo del tempo a disposizione per l'esodo degli occupanti o per aspetti strutturali riguardanti la resistenza al fuoco della struttura, monitorare l'andamento delle temperature all'interno del dominio di calcolo.

A questo scopo FDS permette di installare, in modo puntuale, dei device che simulano delle termocoppie e permettono di registrare, per ogni intervallo infinitesimo di tempo, la temperatura dei gas che entrano in contatto con la sonda. I risultati di tali registrazioni sono riportati in un foglio Excel in funzione del tempo.

FDS, inoltre, consente di registrare la temperatura su piani che l'utente può posizionare entro il dominio di calcolo. In questo caso l'output non è in forma numerica bensì grafica, infatti, nel piano sono riportati i valori termici associati ad un colore con una scala che va da toni freddi (temperature minori) a toni caldi (temperature maggiori).

Per quanto riguarda gli aspetti strutturali di resistenza al fuoco, FDS propone un'utile *tool*: l'utente può decidere di impostare che durante la simulazione FDS registri il profilo termico, sotto forma grafica e con il medesimo criterio dei piani, sulle facce degli oggetti inseriti all'interno del dominio di calcolo. In questo modo, ad esempio, l'utente ha a disposizione un profilo di temperatura all'intradosso della galleria che può essere confrontato con i valori di resistenza a caldo del calcestruzzo, determinando così se in uno scenario di incendio possano svilupparsi o meno problemi strutturali per l'infrastruttura.

3.3.2 Prodotti e sottoprodotti della combustione

Il tracciamento delle specie chimiche prodotte dall'incendio può essere effettuato in FDS, similmente a quanto visto per la temperatura, con la predisposizione di *device* disposti all'interno del dominio di calcolo in maniera puntuale.

In fase di modellazione l'utente può scegliere di mappare le specie chimiche dichiarate all'interno della stringa SPEC entro il dominio di calcolo registrando:

- Frazione di massa in kg/kg di aria o della specie settata come *background*;
- Massa per unità di volume in kg/m³ di aria o della specie settata come *background*;
- Flusso massivo in kg/(m² s);

- Frazione di volume in m^3/m^3 di aria o della specie settata come *background*;
- Densità.

Inoltre, le grandezze elencate possono essere anche rappresentate in piani 2D che l'utente posiziona nel dominio di calcolo. Anche in questo caso l'output non è restituito in formato numerico discreto ma in formato grafico con una scala di colori che va da toni caldi a toni freddi in base all'entità della grandezza misurata.

Tra le grandezze misurabili in una simulazione, FDS permette di controllare la variabile *FED* (*Fractional Effective Dose*) utile nell'ambito di progettazione della salvaguardia della vita nei confronti di un incendio e per il calcolo di *ASET* con il modello e i valori di soglia indicati al paragrafo 2.1.

Il valore di *FED* calcolato da FDS è rappresentato dall'equazione 3.7, tratta dal manuale utente di FDS [1], qui riportata e riprende la teoria di *Purser* tramite la quale il calcolo della *FED* avviene come sommatoria dei rapporti tra dosi inalate e dosi incapacitanti di alcune specie di gas tossici che possono svilupparsi in un incendio moltiplicate per un fattore che considera l'iperventilazione dell'uomo quando esposto a dosi elevate di CO_2 . Considera inoltre la soglia minima di ossigeno presente nell'aria per permettere la respirazione di un essere umano medio, in buone condizioni di salute (FED_{O_2}).

$$FED = (FED_{CO} + FED_{CN} + FED_{NO_2} + FLD_{irr}) \cdot HV_{CO_2} + FED_{O_2} \quad [3.7]$$

3.3.3 Altri parametri

Come detto in precedenza, la numerosità di variabili di cui è possibile tracciare l'andamento nel tempo in FDS è molto ampia.

Dal punto di vista della progettazione antincendio una variabile di estremo interesse per la salvaguardia della vita degli occupanti è la visibilità, necessaria per individuare la via d'esodo più vicina per raggiungere un luogo sicuro o un luogo sicuro temporaneo.

Durante un incendio lo sviluppo di fumi come prodotto della combustione, per via della loro opacità, può ridurre la visibilità degli occupanti i quali potrebbero rimanere bloccati all'interno del compartimento o della galleria, nell'ambito di questa tesi, senza poter individuare le vie d'esodo o i ripari.

FDS definisce la visibilità come la distanza alla quale un osservatore può identificare un oggetto [1] e l'oscuramento della visibilità come la quota parte di intensità luminosa persa durante l'attraversamento dei fumi prodotti dall'incendio [1]. Un parametro fondamentale per

il monitoraggio della visibilità all'interno del dominio di calcolo è quindi la densità dei fumi che, quando l'utente predispose un *device* per il controllo della visibilità, è calcolata in tutte le celle del dominio

L'attenuazione dell'intensità luminosa I nello spazio è definita in FDS dall'equazione 3.8 [1]:

$$I = I_0 e^{-KL} \quad [3.8]$$

Dove K è definito come il coefficiente di estinzione della luce (*light extinction coefficient*) pari al prodotto tra un coefficiente di estinzione funzione della massa e della densità dei fumi, L è la lunghezza attraverso il fumo e I_0 è l'intensità in condizioni normali.

La visibilità in FDS è calcolata con l'equazione 3.9 [1]:

$$S = C/K \quad [3.9]$$

Dove C è un coefficiente adimensionale che assume un valore di default in FDS di 3 ed è funzione della facilità di riconoscimento della cartellonistica d'esodo.

Quindi, al fine di controllare che all'interno del dominio un occupante sia in grado di riconoscere la cartellonistica d'esodo ed individuare le vie di fuga più vicine, l'utente può disporre dei *device* per la misurazione della visibilità, i cui risultati, in funzione del tempo, saranno disponibili in un foglio Excel al termine della simulazione.

Inoltre, dal punto di vista grafico, al termine della simulazione in *Smokeview* (il software associato a FDS per la visualizzazione degli output) è possibile vedere l'andamento dei fumi e della loro densità all'interno del dominio di calcolo. La stessa interfaccia grafica è proposta anche da un tool del software Pyrosim®.

Un parametro che descrive in modo ottimale l'andamento della simulazione è la pressione. Come nel caso della temperatura la variabile pressione è registrabile con *device* o, in forma grafica, con piani 2D.

Esempi di questi output e degli altri elencati saranno presentati nel proseguo della tesi.

4. Simulazione 1 – Validazione del modello di auto

4.1 Setup del modello e impostazione dei parametri

La prima simulazione effettuata è volta alla validazione sulla base di dati sperimentali del modello predisposto in FDS, infatti sono state riprodotte le condizioni di un esperimento effettuato su un modello in scala 1:30 (Figura 4.1 e Figura 4.2) di una galleria stradale [14].

4.1.1 Geometria della galleria in scala

Il modello utilizzato nelle prove sperimentali legate al progetto PRIN 2006 “Studio degli effetti termo fluidodinamici e strutturali per la prevenzione dei rischi negli incendi in galleria” riproduce in scala 1:30 la sezione della galleria “Brasile”, situata lungo la direttrice Genova-Milano dell’autostrada A7, mentre la lunghezza adotta una scala inferiore per motivi di eccessivo ingombro. Le dimensioni geometriche sono riportate in Tabella 4.1.

Tabella 4.1: Parametri geometrici della galleria reale “Brasile” e del modello in scala.

	Apparato sperimentale	Galleria “Brasile”
Lunghezza [m]	5,00	718,00
Altezza alla volta [m]	0,20	6,20
Larghezza [m]	0,28	9,50
Raggio arcata [m]	0,15	4,60
Raggio idraulico [m]	0,35	10,90



Figura 4.1 Riproduzione in scala della galleria “Brasile”.



Figura 4.2: Dettaglio longitudinale della riproduzione in scala della galleria "Brasile".

La ricostruzione della geometria del modello per le simulazioni FDS è stata eseguita mediante l'utilizzo del software Pyrosim® che essendo dotato di interfaccia grafica ha reso più agevole l'operazione. L'implementazione geometrica si presenta come da Figura 4.3.

Agli oggetti a forma di parallelepipedo creati per formare la galleria è stato associato, tramite la stringa SURF, una superficie che simula le proprietà del calcestruzzo. Per l'esecuzione di questa operazione è stato necessario introdurre nella simulazione il materiale calcestruzzo le cui proprietà si trovano precaricate in un database di Pyrosim® e successivamente assegnarlo alla superficie precedentemente descritta. Per quanto concerne la pavimentazione stradale sono state assegnate delle proprietà di inerte, in accordo con quanto fatto nella prova di laboratorio. FDS quindi eseguirà la simulazione senza considerare il contributo di questa superficie alla radiazione.

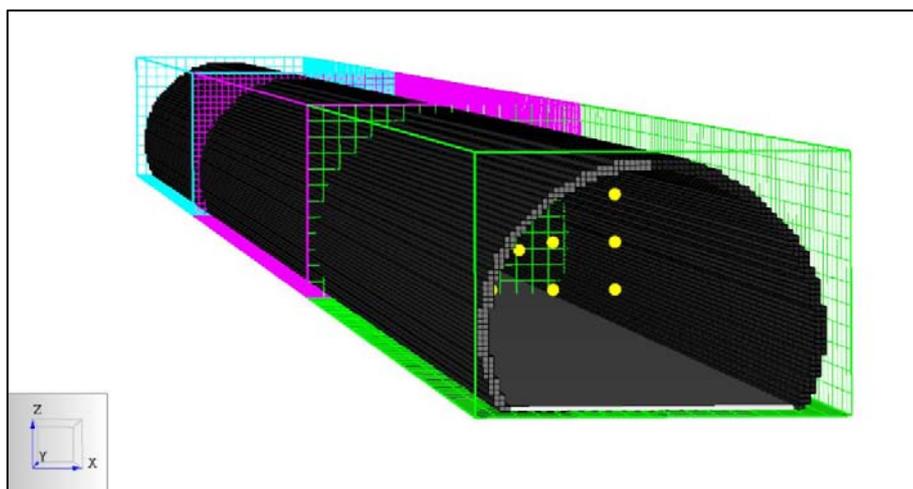


Figura 4.3: Rappresentazione della galleria "Brasile" in scala, mediante software Pyrosim®.

4.1.2 Meshing

Il dimensionamento della mesh è avvenuto per tentativi: la dimensione di primo tentativo è stata calcolata con la formula proposta dal manuale utente di FDS e pari a 0,0007 m. Tale risoluzione si è rivelata però troppo onerosa dal punto di vista computazionale. Si è tentato quindi di aumentare la risoluzione e, al fine di ridurre il costo computazionale della simulazione, è stata predisposto un dominio di calcolo con mesh di 2 differenti dimensioni: più fine, con dimensione delle celle cubiche 0,001 m nella sezione centrale (alla mezzeria della sezione trasversale e alla mezzeria della sezione longitudinale del tunnel), quella dove è situato il prototipo di auto e più ampia nelle sezioni di ingresso e uscita con dimensioni delle celle cubiche di 0,002 m. Dalla Figura 4.3 è apprezzabile la suddivisione appena descritta.

Nonostante questa accortezza la simulazione ha richiesto all'incirca 120 ore

4.2.3 Sorgente di incendio

Per la simulazione dell'incendio è stato modellato un prototipo di automobile in scala 1:30 facendo riferimento a quanto realizzato nella campagna sperimentale. A riguardo, è stato modellato un parallelepipedo solido di dimensioni 0,06 m di larghezza, 0,14 m di lunghezza e 0,05 m di altezza. Su questo oggetto sono state quindi impostate delle superfici composte da un materiale che presenta le caratteristiche fisiche di interesse tipiche di un'automobile. Il mix combustibile è stato implementato a partire da una media ponderata sulla percentuale in massa dei singoli materiali che generalmente compongono un'automobile.

A partire dalla densità del materiale ottenuto, dalla superficie totale dell'oggetto *CAR* (laterale e superiore) e dalla massa del prototipo è stato ricavato lo spessore della superficie da assegnare all'oggetto tramite la formula:

$$spessore = \frac{massa}{densità \cdot superficie} \quad [4.1]$$

Successivamente è stato necessario modellare la pirolisi del prototipo di auto e, in questa fase, si sono adottate delle semplificazioni che si discostano da quanto la simulazione FDS puntava a ricreare: nella campagna sperimentale il prototipo di auto che è stato utilizzato per ricreare l'incendio era così composto:

Capitolo IV

Tabella 4.2: Componenti del prototipo di auto delle campagne sperimentali.

		Massa [g]
Metalli	acciaio	28,41
	alluminio	4,48
Vetro		1,78
Vernici, insonorizzanti, tessili		1,78
elastomeri	polverino	2,62
Plastiche rigide	polipropilene	2,31
	poliuretani	0,92
	poliesteri	0,66
	PVC	0,46
	poliammidi	0,42
	PMMA	0,43
	PET	0,10
	policarbonato	0,07
Benzina		1,48

Data l'impossibilità di implementare in FDS la combustione di tutti questi materiali si è deciso di assumere come massa partecipante all'incendio quella totale sottratta di quella costituita dai metalli e di confondere tutta la massa rimanente e partecipante con la massa delle componenti plastiche composte dalle seguenti specie: poliuretano (PU), poliestere (PE), polivinilcloruro (PVC) e polipropilene (PP) dal momento che rappresentano la parte dominante delle componenti plastiche presenti in un'automobile come dalla Tabella 4.2. Le Tabelle 4.3 e 4.4 mostrano quanto appena esposto.

Tabella 4.3: Valori per modellazione del termine sorgente (approssimazione).

Massa totale automobile prototipo [g]	46,00	100,00%
Massa metalli (acciaio, ghisa, alluminio) [g]	31,74	69,00%
Massa plastiche [g]	14,26	31,00%

Tabella 4.4: Valori per modellazione del termine sorgente (approssimazione).

Percentuale della massa dell'i-esimo componente delle plastiche		
PP	44,00% della massa delle plastiche	13,49% della massa totale
PU	23,00% della massa delle plastiche	6,98% della massa totale
PE	19,00% della massa delle plastiche	5,74% della massa totale
PVC	16,00% della massa delle plastiche	4,81% della massa totale

Sono quindi state introdotte queste specie nel modello FDS e successivamente definite le loro reazioni di combustione in aria (approssimata come una miscela di ossigeno e azoto). Il termine sorgente dell'incendio è stato quindi implementato in FDS con l'applicazione di una superficie di 0.084 m², associata all'oggetto solido che simula il prototipo di auto. Sono stati dunque determinati i valori di flusso di massa dei quattro combustibili in kg/m² · s con l'equazione 4.2. Per fare ciò è stato necessario ricreare una curva di rilascio termico HRR, in modo tale che il flusso di massa del combustibile potesse avesse un andamento nel tempo simile a quello di una combustione di un'automobile in condizioni di *free-burning*, ed assegnare ad ogni combustibile il proprio contributo termico ponderando con la massa dell'i-esimo combustibile sulla massa totale prendendo i valori riportati in Tabella 4.4. La curva HRR è stata tratta dal *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering* [15] ed è stata linearizzata per punti (Figura 4.4).

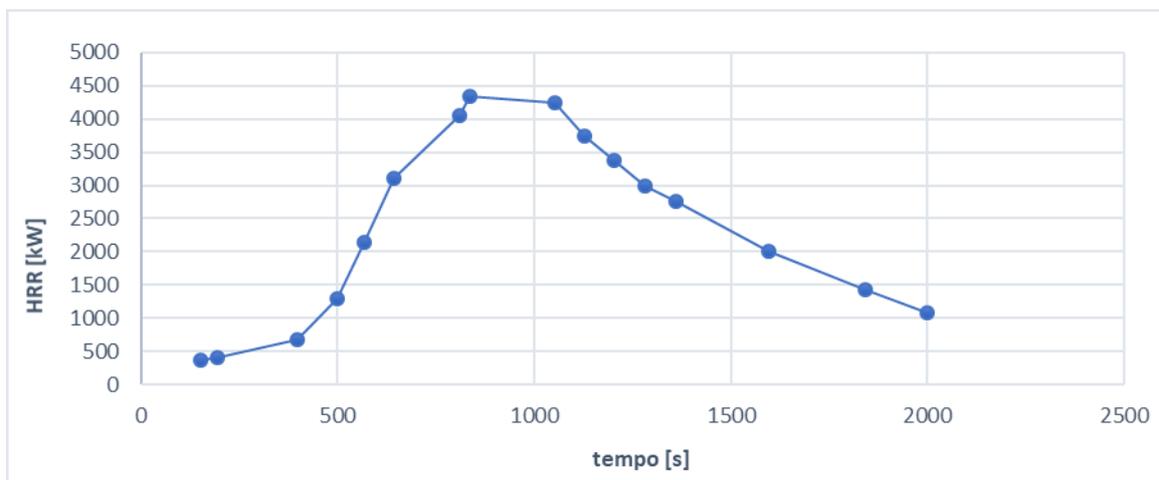


Figura 4.4: HRR linearizzata per punti

A ciascuno dei principali componenti di materiale plastico che concorrono all'incendio è stato quindi associato un rilascio massivo con andamento concorde alla curva di rilascio termico e ponderato sulle frazioni di massa relative alla massa totale dei materiali plastici tramite la formula seguente [1]:

$$\dot{m}'' = \frac{HRR_i}{A} \frac{1}{H_{c,i}} \quad [4.2]$$

dove HRR_i indica la quota i -esima di partecipazione dell' i -esimo materiale all'incendio (ponderata sulla massa), A è l'area della superficie alla quale è assegnata la proprietà di sorgente in m^2 , $H_{c,i}$ è il calore di combustione dell' i -esimo materiale in kJ/kg . I valori di rilascio massivo sono riportati nella Tabella 4.5 con i relativi dati necessari al loro calcolo.

Tabella 4.5: parametri termofisici per la modellazione del termine sorgente (approssimazione).

Calori di combustione plastiche [kJ/kg]	
PP	4340,000
PU	2620,000
PE	4120,000
PVC	1640,000
HRR picco [kW]	
0,860	
Area superficie sorgente [m²]	
0,084	
Mass flux value [kg/m² s]	
PP	0,000370
PU	0,001022
PE	0,000535
PVC	0,001125

4.2 Analisi dei risultati e confronto

Il confronto tra i dati sperimentali e quelli della simulazione è operato sulla base delle temperature in quanto è di primario interesse stabilire se il modello di auto predisposto per la simulazione, e che verrà utilizzato in seguito, fornisce risultati attendibili in campo termico. In altre parole, si vuole constatare se le approssimazioni e le assunzioni fatte in sede di modellazione possano condurre ad un errore ritenuto accettabile.

La validazione nel campo dei profili termici dei dati ottenuti dalla simulazione si ottiene mediante il confronto tra i dati registrati dalle termocoppie installate nelle sezioni quattro sezioni in cui è diviso il tunnel in scala lungo il suo asse longitudinale e i dati registrati dai device predisposti nelle medesime posizioni nel modello FDS.

La suddivisione delle sezioni di controllo è la seguente:

- Sezione A in corrispondenza della sorgente dove sono installate le termocoppie 1ab, 2ab, 3ab, 4ab e 5ab;
- Sezione B a 60,0 cm dalla sorgente dove sono installate le termocoppie 6ab, 7 ab, 8ab, 9ab e 10ab;
- Sezione C a 120,0 cm dalla sorgente dove sono installate le termocoppie 1cd, 2cd, 3cd, 4cd e 5 cd;
- Sezione D a 190,0 cm dalla sorgente dove sono installate le termocoppie 6cd, 7cd, 8cd, 9cd e 10cd.

La Figura 4.5 riporta la distribuzione delle termocoppie nella sezione A, mentre la Figura 4.6 riporta la distribuzione delle termocoppie lungo l'asse del tunnel, raggruppate nelle quattro sezioni.

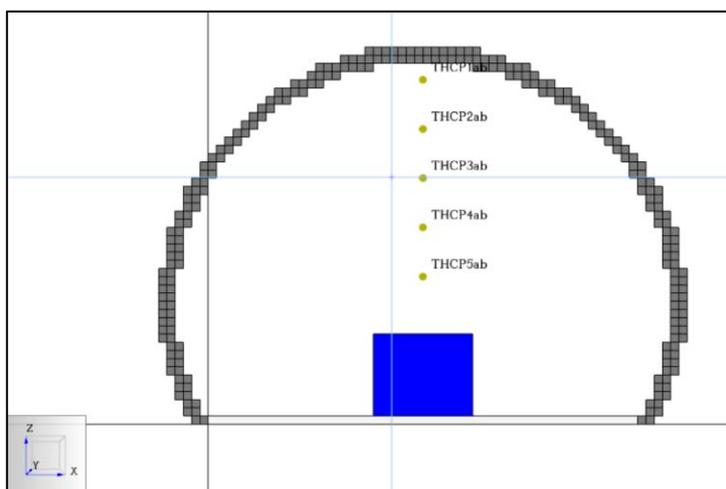


Figura 4.5: Sezione A di registrazione dei valori di temperatura.

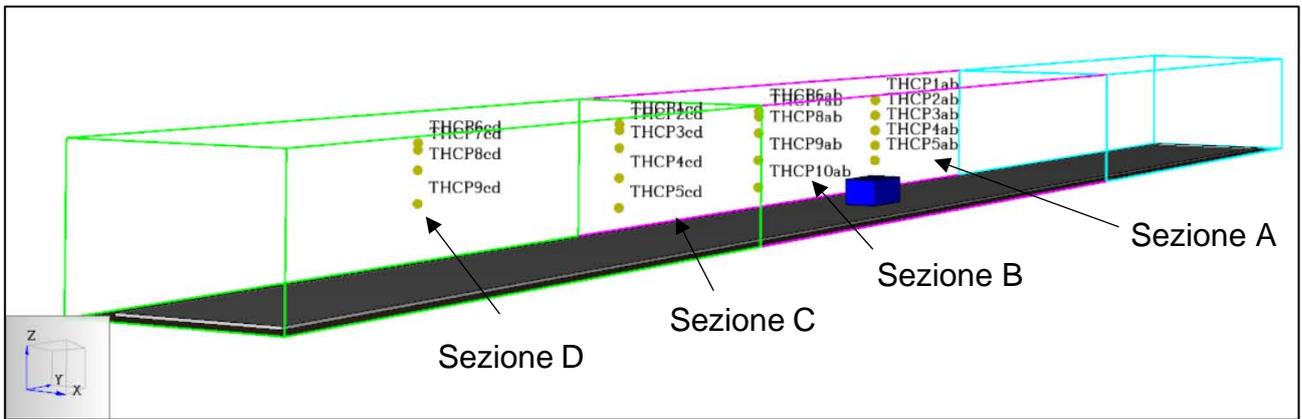


Figura 4.6: distribuzione delle sezioni lungo l'asse del tunnel.

Analizzando la sezione A i grafici riportati alle Figure 4.7 e 4.8 riportano rispettivamente le temperature registrate nella prova sperimentale e quelle ottenute dalla simulazione FDS:

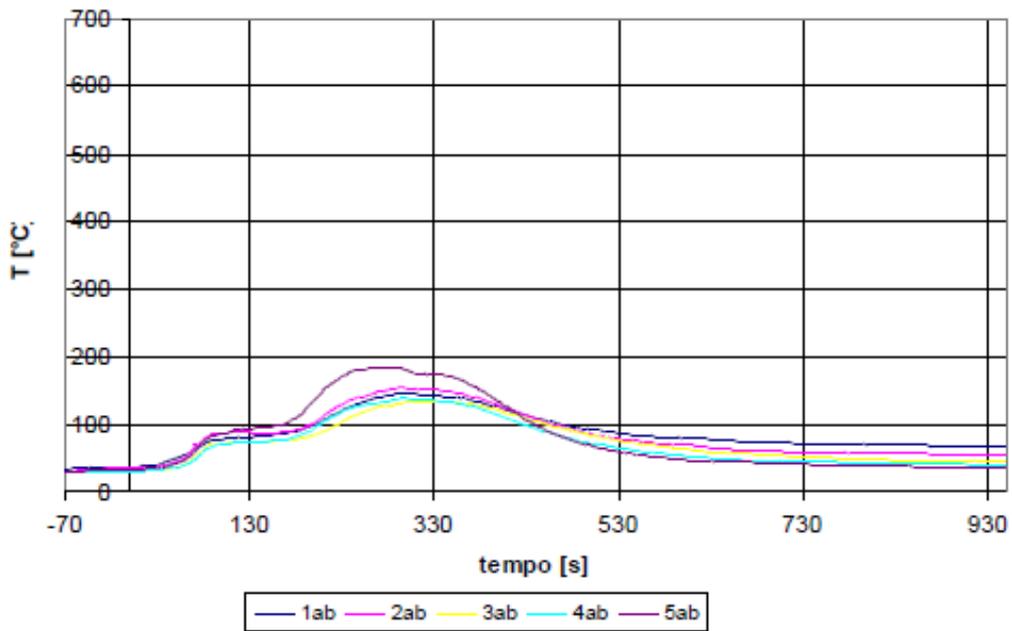


Figura 4.7: Temperature registrate in sede sperimentale nella sezione A.

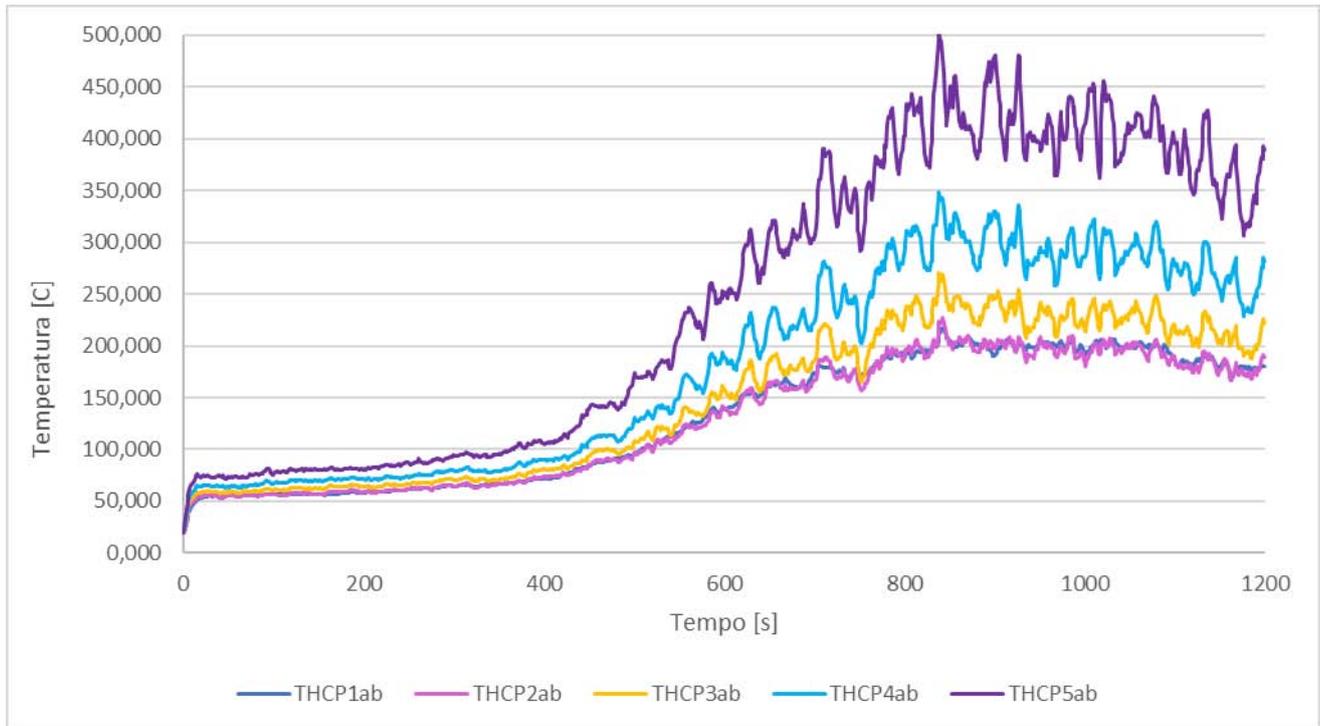


Figura 4.8: Temperature registrate con FDS nella sezione A.

I dati di temperatura registrati dalla simulazione FDS sono nella sezione A, in corrispondenza del focolare, sovrastimati rispetto alla sezione reale, soprattutto per le termocoppie 1ab e 2ab, installate sopra alla sorgente. Per le rimanenti termocoppie i valori si avvicinano a quelli della prova sperimentale con una sovrastima massima di circa 50°C.

Inoltre, gli andamenti dei profili di temperatura rispetto al tempo sono differenti ma questo è un dato atteso in quanto la modellazione della curva HRR per la simulazione FDS è tratta dalla letteratura scientifica per prove di *free burning* di automobili ed è differente dal caso della prova sperimentale con il modello in scala, in quanto nelle prime i veicoli, a grandezza naturale, sono fatti bruciare in un ambiente aperto e non confinato; mentre nelle seconde il prototipo di auto, in scala, è fatto bruciare all'interno di una galleria con dinamiche dell'incendio che sono differenti in termini di pressioni, dissipazione del calore, flussi d'aria.

Per quanto appena esposto quindi, è riscontrabile un ritardo tra i valori di picco della temperatura nel modello FDS e nella prova sperimentale in scala. Tale ritardo è imputabile esclusivamente all'andamento, sul tempo, della curva HRR inserita nella predisposizione del modello per il calcolo della massa di combustibile rilasciato.

Alla luce di ciò, nel confronto delle temperature si vanno a verificare i dati i valori di temperatura, intesi come picco, in modo indipendente dal tempo senza quindi associare al valore di picco della temperatura il tempo al quale è stato registrato.

Capitolo IV

Le Figure 4.9 e 4.10 mostrano le temperature reali e della simulazione FDS rispettivamente, alla sezione B.

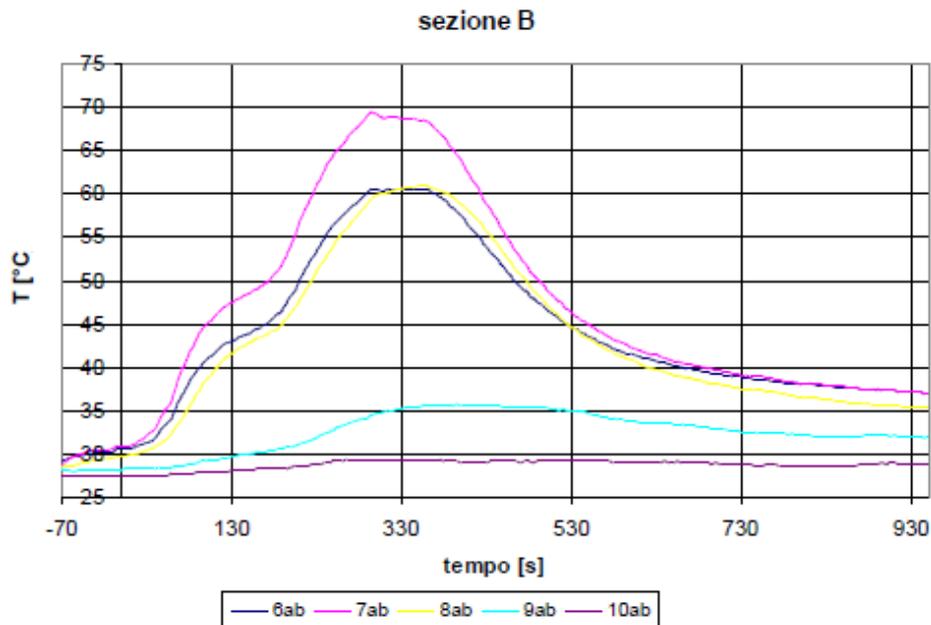


Figura 4.9: Temperature registrate in sede sperimentale nella sezione B.

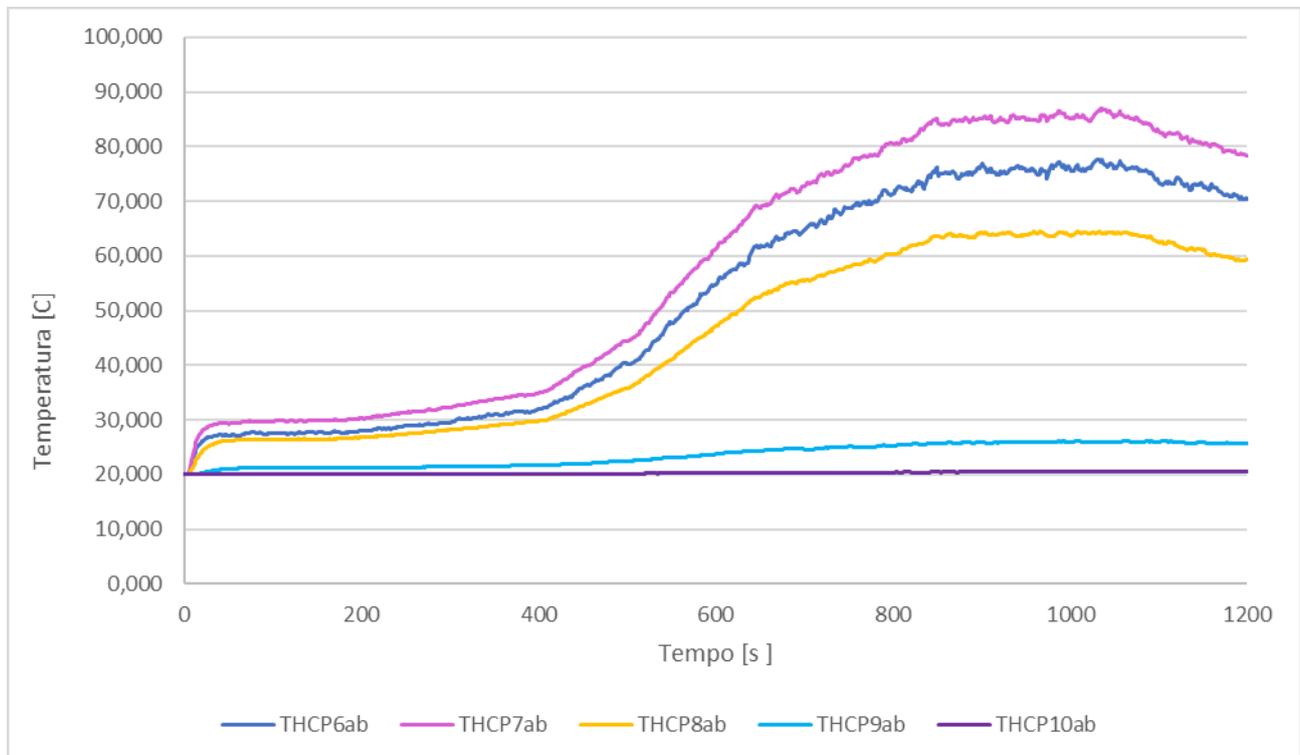


Figura 4.10: Temperature registrate con FDS nella sezione B.

Le temperature nella sezione B sono molto vicine a quelle reali, le differenze sono nell'ordine dei 10÷15 °C quindi ragionevoli considerando le approssimazioni introdotte nel file sorgente FDS utilizzato per riprodurre le condizioni sperimentali. Inoltre, la correlazione tra

andamento delle temperature e termocoppia che ha registrato il dato è riprodotta correttamente nella simulazione. Ad esempio, la termocoppia 7ab che ha registrato la temperatura massima nella sezione B, pari a circa 70°C, è la stessa che nella simulazione FDS ha registrato la temperatura più alta, di circa 80°C. Questa correlazione è confermata anche per le altre termocoppie.

Nella sezione C le temperature sperimentali (Figura 4.11) e simulate (Figura 4.12) sono paragonabili. Infatti, le differenze tra le due registrazioni si attestano nell'ordine della decina dei gradi centigradi: è presente una leggera sovrastima, tra 13°C e 10°C, per le temperature registrate dalle termocoppie di FDS 1cd e 2cd, mentre la termocoppia 3cd ha registrato i medesimi valori.

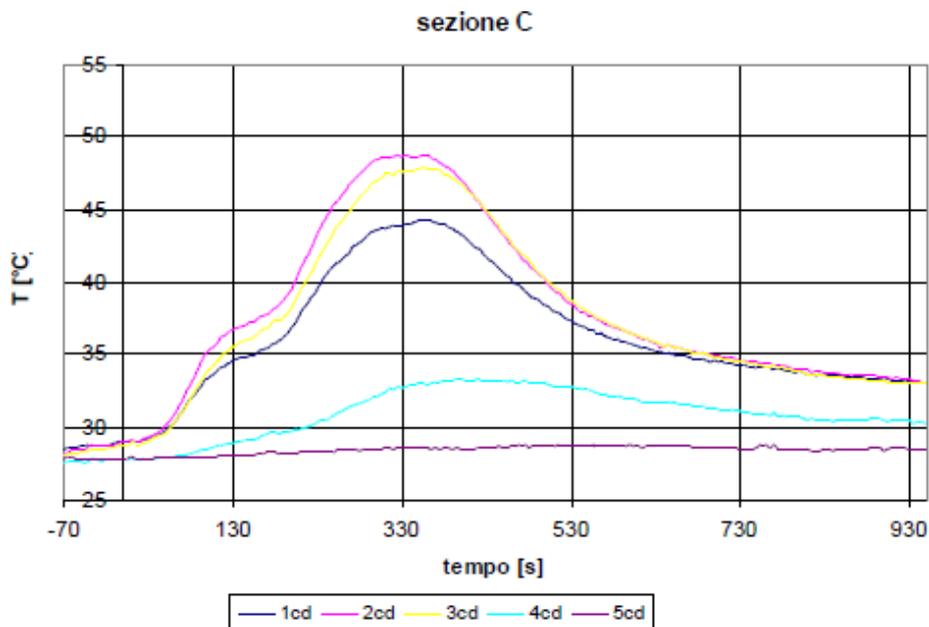


Figura 4.11: Temperature registrate in sede sperimentale nella sezione C.

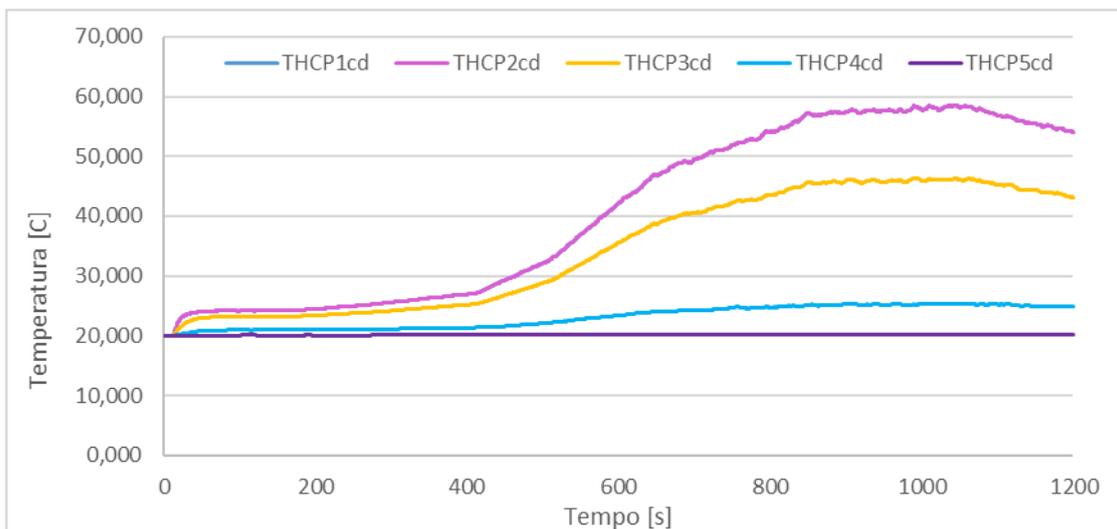


Figura 4.12: Temperature registrate con FDS nella sezione C.

Capitolo IV

Le medesime considerazioni fatte per la sezione C, si possono riproporre per la sezione D, infatti, in questo caso, i valori sono molto simili con uno scarto massimo entro i 10°C come visibile dalle Figure 4.13 e 4.14.

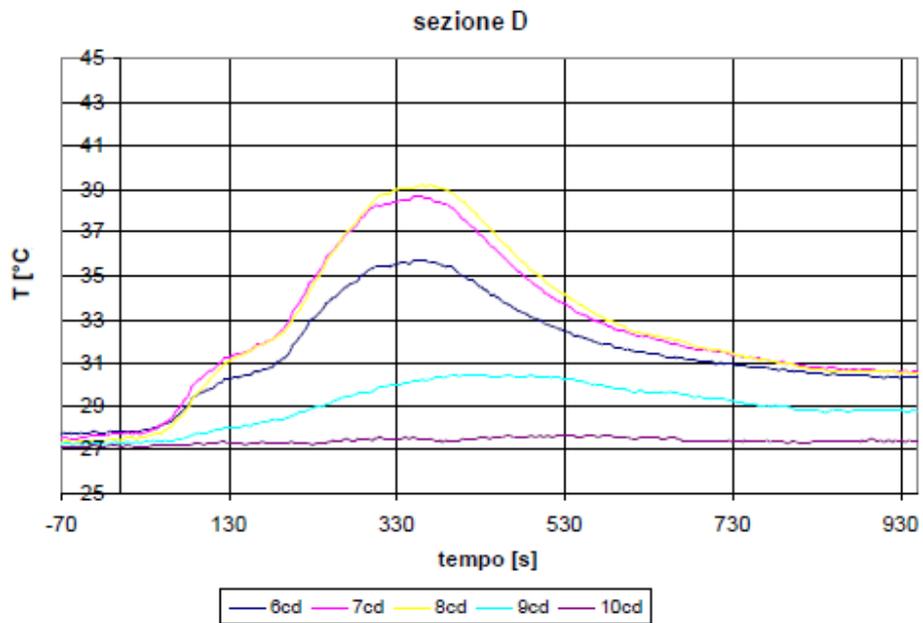


Figura 4.13: Temperature registrate in sede sperimentale nella sezione D.

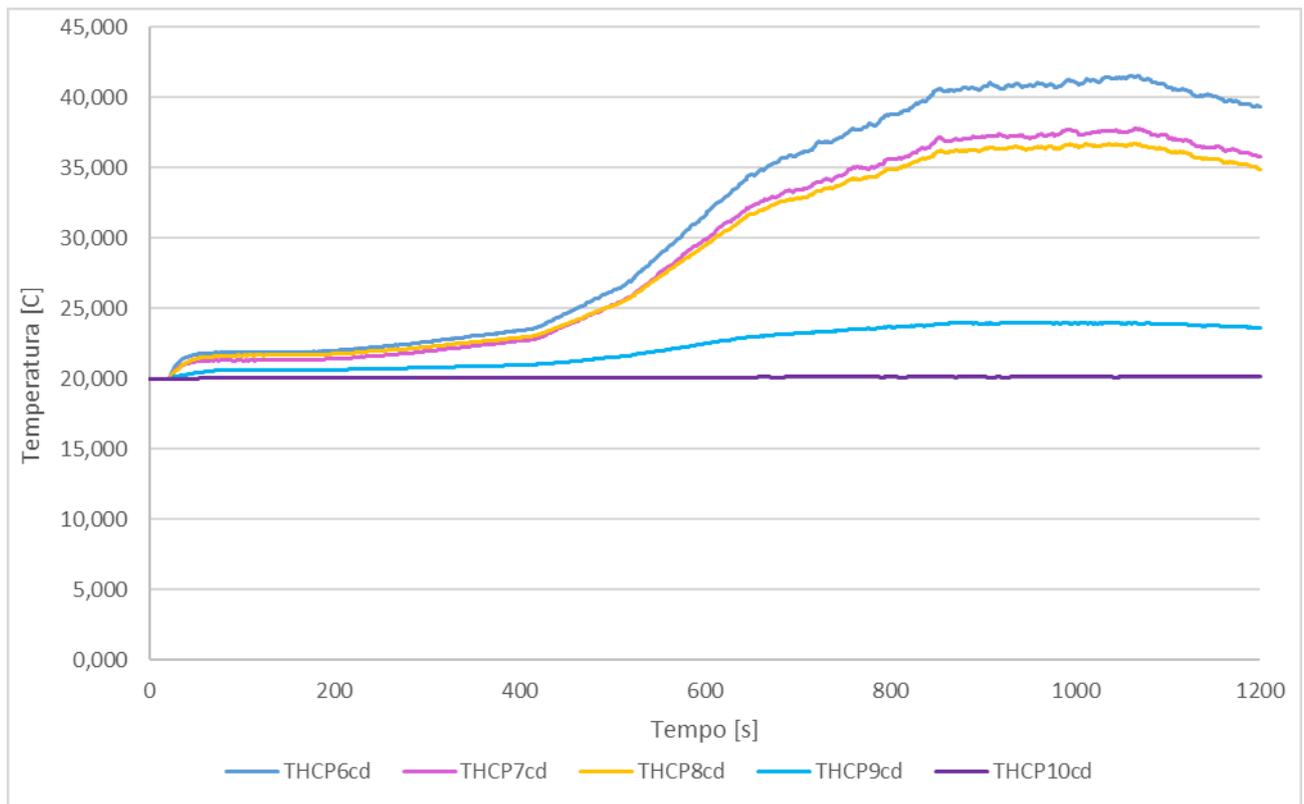


Figura 4.14: Temperature registrate con FDS nella sezione D.

Alla luce di del confronto è possibile affermare che la simulazione, dal punto di vista dell'aspetto termico, ha fornito valori paragonabili a quelli reali. Va considerata tuttavia la possibilità di sovrastime in prossimità del termine sorgente.

Inoltre, la curva HRR stimata (Figura 4.15) dalla simulazione è coerente con quella utilizzata per il calcolo del *Mass Flux Value* associato alla superficie sorgente (Tabella 4.4) e il valore di potenza rilasciata di picco (HRR_{max}) è confrontabile con quello sperimentale e pari a 0,86 kW.

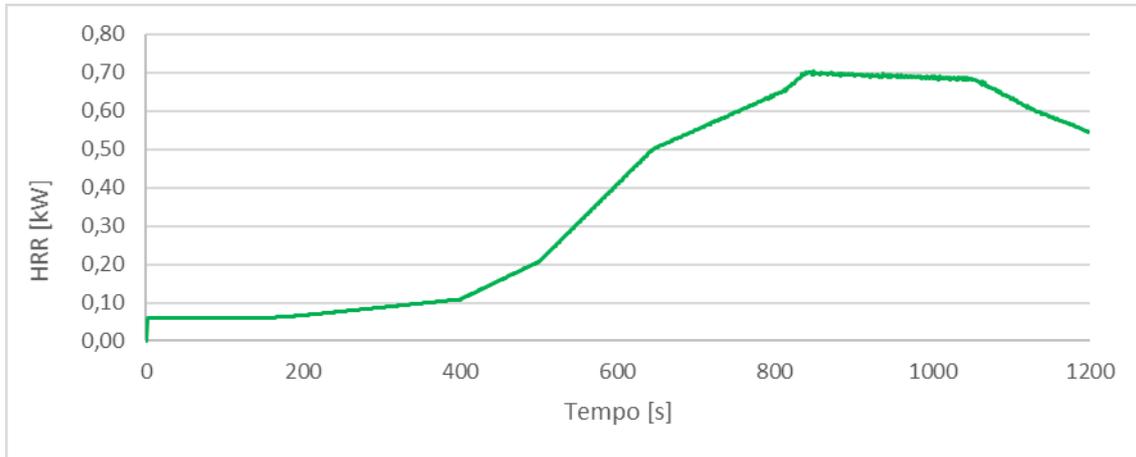


Figura 4.15: Curva di rilascio della potenza termica HRR stimata da FDS.

La Figura 4.16 mostra i profili di temperatura nella sezione di mezzeria in direzione assiale del tunnel sempre alla fine della simulazione.

Dalla Figura 4.16 si vede che la massima temperatura, alla fine della simulazione, è di 220°C in una zona che si estende verticalmente dalla sorgente. Al medesimo tempo, in corrispondenza della sorgente, ma all'intradosso della volta della galleria la temperatura è di 150÷160°C. Inoltre, dalla Figura 4.16, si vede che lo sviluppo di gas caldi e la loro propagazione interessano la parte sommitale del modello. Infatti, le temperature maggiori, allontanandosi dalla sorgente, sono registrate nei pressi dell'intradosso.

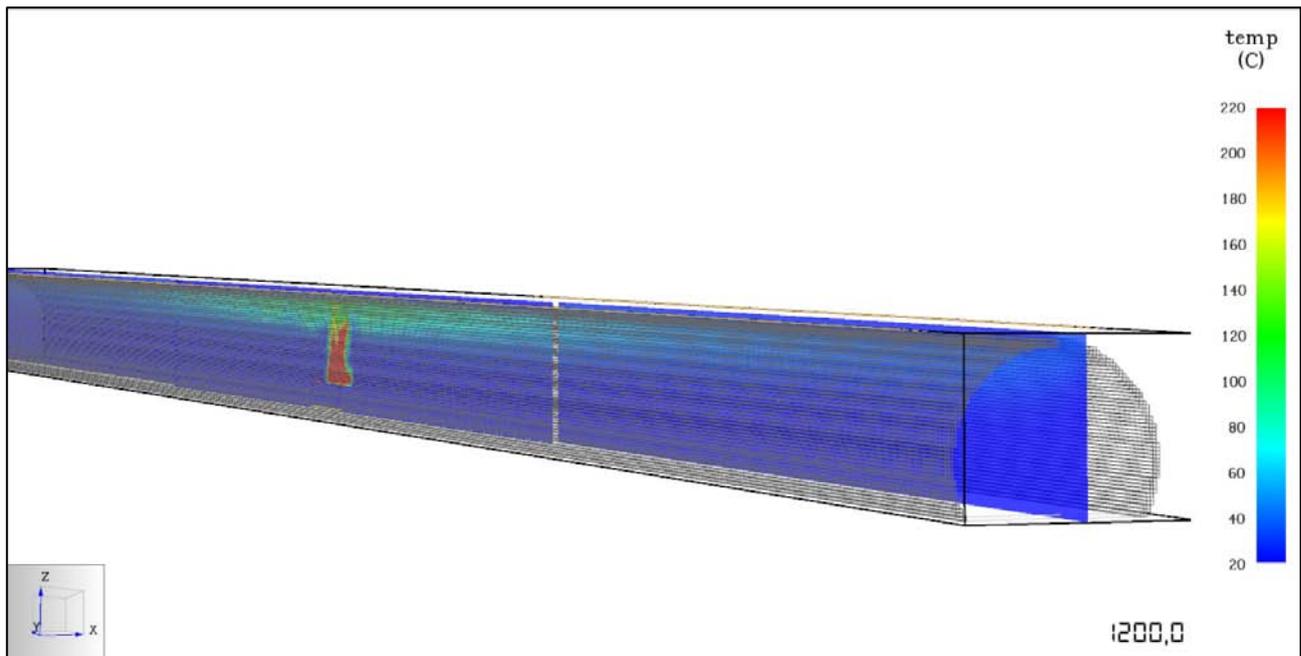


Figura 4.16: Temperature lungo una sezione assiale del tunnel al termine della simulazione associate ad una scala cromatica riportata a destra della Figura

Infine, la Tabella 4.6 riporta, in funzione della sezione di controllo, le temperature medie e le temperature massime registrate dalle sonde.

Tabella 4.6: Temperature medie e massime in funzione della sezione di controllo.

Sezione	Distanza da sorgente [cm]	Temperatura massima [C]	Temperatura media [C]
A	0,00	503,04	166,35
B	60,00	86,92	39,82
C	120,00	58,53	37,90
D	190,00	41,55	26,80

5. Simulazione 2 – Pool Fire

5.1 Setup del modello e impostazione dei parametri

5.1.1 Geometria della galleria e superfici di controllo

Questa simulazione è stata effettuata con l'obiettivo di validare un secondo modello software, su scala naturale per quanto riguarda le dimensioni della sezione trasversale della galleria. La validazione è stata basata su dati sperimentali [5] ottenuti da una prova su scala reale effettuata nella galleria "Colli Berici" sita sull'autostrada A4 tra i caselli di Vicenza Est e Vicenza Ovest da parte di Società Autostrade e l'Ispettorato interregionale dei Vigili del Fuoco per il Veneto e il Trentino-Alto Adige avvenuta il 10 e 11 dicembre 1999 (par 1.4.1).

La geometria predisposta nella simulazione riprende la medesima sezione trasversale del tunnel "Colli Berici", mentre la lunghezza è stata ridotta a 100 m rispetto ai 550 m della struttura esistente al fine di contenere il costo computazionale della simulazione e poiché nell'esecuzione della prova le sonde erano state posizionate ad una distanza massima dal focolare (posto al centro) di 50 m. Le dimensioni del modello e della galleria reale sono riportate alla Tabella 5.1.

Tabella 5.1: Dimensioni del tunnel reale e del tunnel modellato.

	Modello FDS	Galleria "Colli Berici"
Larghezza del piano stradale (m)	9,46	9,46
Raggio della volta (m)	4,93	4,93
Altezza in chiave di volta (m)	6,36	6,36
Lunghezza (m)	100,00	550,00

Per quanto riguarda i materiali associati alle superfici è stato utilizzato il materiale calcestruzzo per gli oggetti che formano il tunnel mentre per i marciapiedi ai lati della sede stradale alla pavimentazione stradale invece è stato associato il materiale asfalto. Per tutte le facce inferiori dei suddetti OBST sono state associate proprietà di inerte.

Durante la prova sperimentale il tunnel è stato suddiviso in 5 sezioni simmetriche per la predisposizione degli apparecchi per la registrazione dei parametri fisici di controllo dell'incendio come riportato in Tabella 5.2.

Tabella 5.2: Sezione della galleria reale.

Sezione	Distanza dal focolare [m]	Numero di sonde
A	-50,00	5,00
B	-20,00	12,00
C	0,00	26,00
D	+20,00	12,00
E	+50,00	5,00

Nel modello sono state quindi riprodotte le sezioni A, B e C e in queste sezioni sono state disposte le termocoppie nelle medesime posizioni rispetto al *setup* sperimentale. A titolo di esempio le Figure 5.1 e 5.2 riportano rispettivamente la disposizione delle termocoppie nella sezione C del tunnel reale e del tunnel riprodotto per la simulazione numerica.

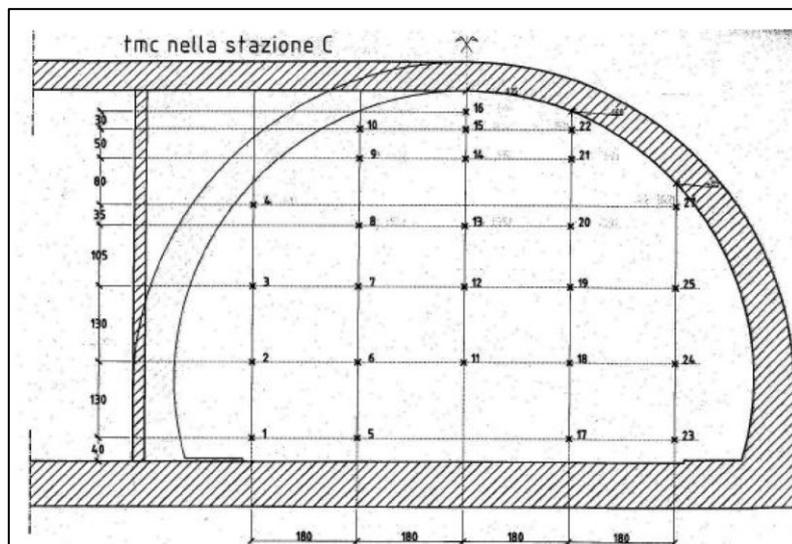


Figura 5.1: Disposizione delle termocoppie nel tunnel reale (sezione C, 0 m dal focolare).

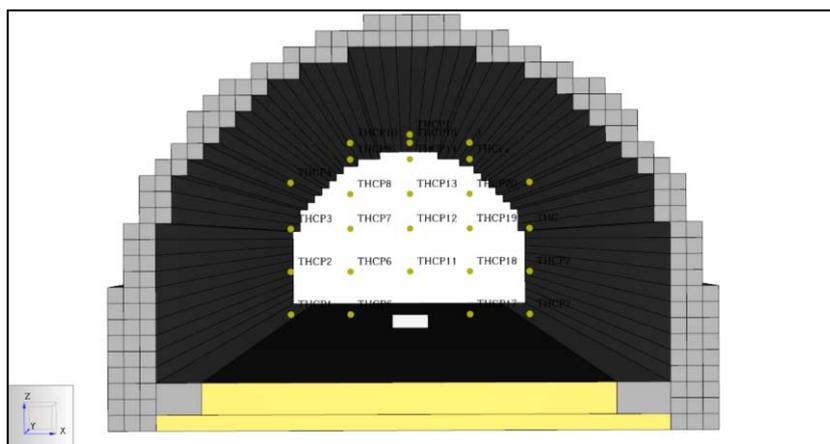


Figura 5.2: Disposizione delle termocoppie nel modello per la simulazione (sezione C, 0 m dal focolare).

5.1.2 Meshing

Per la costruzione del modello in FDS il dominio è stato suddiviso in celle elementari della dimensione di 0,3 m e 0,6 m rispettivamente per la parte centrale del dominio (dove è presente la sorgente) e per le parti di estremità del dominio, come visibile in Figura 5.3.

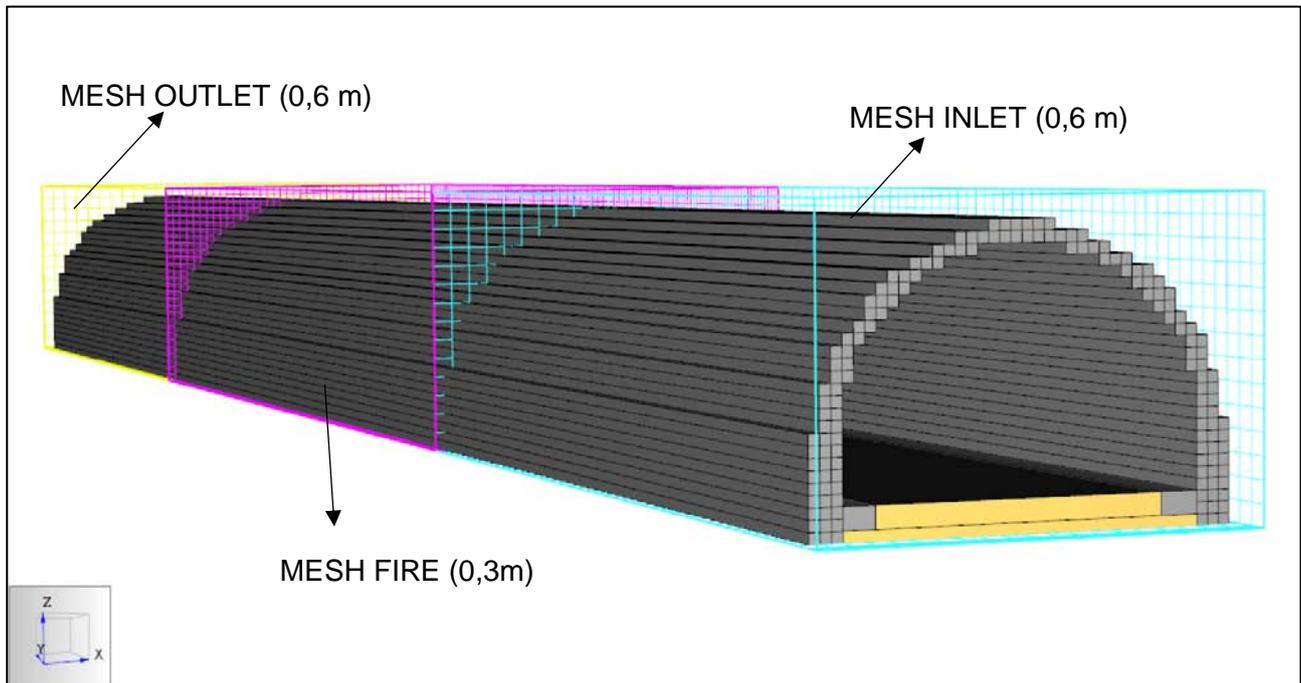


Figura 5.3: Suddivisione della mesh lungo il dominio.

La scelta di predisporre dimensioni differenti delle celle elementari è dettata dalla necessità di ridurre il tempo di calcolo che il solutore impiega per terminare la simulazione ma ottenere comunque dei risultati significativi. Per tale motivo si è quindi optato per una risoluzione della mesh più fitta nei pressi della sorgente e meno fitta alle estremità.

5.1.3 Sorgente di incendio

La sorgente di incendio nella prova sperimentale era rappresentata da una pozza di una miscela di benzina, gasolio e acqua per un volume totale di 135,00 litri e un diametro della sorgente di 1,20 m. Nel modello software è stata quindi costruita una vasca con 5 elementi di tipo OBST.

A tali elementi sono state associate le caratteristiche del materiale acciaio tramite la linea di comando SURF con la quale vengono create delle superfici che vengono in seguito “applicate” agli oggetti creati. A tale superfici l’utente può assegnare della proprietà, andando come in questo caso a simulare un materiale, oppure per modellare una sorgente di incendio o un’immissione nel dominio di una determinata specie chimica.

Per quanto concerne il materiale combustibile liquido, è stata implementata una superficie e dunque associato un determinato valore di MRL – *Mass Loss Rate*. Questo parametro è stato calcolato a partire dalle proprietà della sostanza evaporante (Burgess and Hertzberg, 1974) così come riportato in eq. (5.1):

$$W_b = C \frac{\Delta H_c}{\Delta H_v + c_p(T_b - T_a)} \quad [5.1]$$

dove W_b è la portata di vapori che abbandonano la pozza espressa in $\text{kg/m}^2 \cdot \text{s}$, C è una costante del valore di $0.001 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}$, ΔH_c è il calore di combustione in J/kg , ΔH_v è il calore di vaporizzazione in J/kg , c_p è il calore specifico a pressione costante in $\text{J/kg} \cdot \text{K}$ e T_b e T_a sono rispettivamente la temperatura di ebollizione e la temperatura ambiente in K . Il valore così ottenuto viene moltiplicato per un coefficiente correttivo per tenere conto della diluizione che il combustibile liquido ha subito in fase di prova sperimentale: ai 90 litri della miscela di gasolio e benzina sono stati aggiunti 45 litri di acqua e poiché quest'ultimo componente non è combustibile e rappresenta circa il 30% del volume della miscela totale si è ritenuto opportuno applicare un coefficiente correttivo al valore di MLR di stima pari a $1 - 30\% = 0,7$.

È stata inoltre modellata una curva di rilascio di massa con andamento del tipo $\sim t^2$, con un picco a circa 600 secondi. Tale andamento è stato implementato al fine di riprodurre un andamento quanto più simile a quello delle temperature che le sonde hanno registrato durante la prova sperimentale, si è ipotizzato quindi che il picco di temperatura coincidesse con il picco di MLR.

Per la chimica della combustione è stato adottato un approccio *Complex Stoichiometry* modellando quindi le specie di reagenti (dodecano $\text{C}_{12}\text{H}_{26}$ e aria, modellata come una miscela di azoto e ossigeno) e prodotti. Il bilanciamento delle reazioni è stato effettuato mediante un *tool* basato su uno script¹ di Matlab®. Per la modellazione di reagenti e prodotti è stato necessario introdurre in FDS delle miscele contenenti le singole specie chimiche dei prodotti e dei reagenti con i relativi coefficienti stechiometrici derivati dal bilanciamento della reazione. La Figura 5.4 riporta il bilanciamento dell'equazione mediante il *tool* citato in precedenza.

¹ <https://www.utfireresearch.com/chemical-balancer>

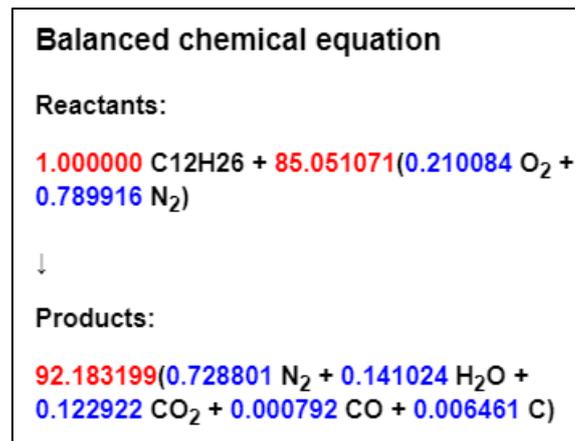


Figura 5.4: Bilanciamento della reazione di combustione del dodecano in aria.

Nello svolgimento della simulazione è stato attivato il modulo per il calcolo della trasmissione del calore per irraggiamento. In questo modo le sonde posizionate nelle sezioni di controllo hanno potuto registrare gli effetti, in termini di temperatura, dell'irraggiamento dei gas e fumi caldi che si trovavano nei pressi dell'intradosso della volta della galleria.

Il modulo RADII per il calcolo dell'irraggiamento può allungare i tempi di calcolo fino al 25% [1], ma i risultati ottenuti sono maggiormente precisi poiché nel caso in cui questo modulo fosse disattivato il software calcolerebbe la trasmissione del calore derivante solamente da contributi di tipo convettivo o conduttivo, perdendo di conseguenza il contributo radiativo. Tale contributo però risulta essere di fondamentale importanza soprattutto nel caso di ambienti confinati nei quali la massa di fumi e gas caldi si dispone in uno strato a ridosso della sommità del dominio di calcolo.

5.2 Analisi dei dati e confronto

Una prima comparazione tra i risultati della simulazioni e quelli sperimentali si può ottenere dal confronto dei valori di potenza rilasciata dall'incendio: la sorgente rappresentata dall'incendio di pozza della prova sperimentale ha registrato una potenza rilasciata di picco tra i 2 MW e i 2.5 MW [5]; di tale potenza però non si dispongono ulteriori informazioni che avrebbero permesso un confronto maggiormente dettagliato. Il medesimo parametro simulato è comparabile con quanto misurato in termini di valore di picco. L'andamento temporale della potenza si avvicina a HRR_{picco} al termine del tempo di simulazione impostato a 620 secondi. Infatti, un tempo di simulazione paragonabile a quello della campagna sperimentale (30 minuti) avrebbe richiesto uno sforzo computazionale troppo oneroso.

La Figura 5.5 riporta l'andamento della curva HRR ottenuta dalla simulazione ed elaborata mediante una procedura di interpolazione con una curva polinomiale di 6° grado al fine di rendere maggiormente chiaro l'andamento della potenza rilasciata.

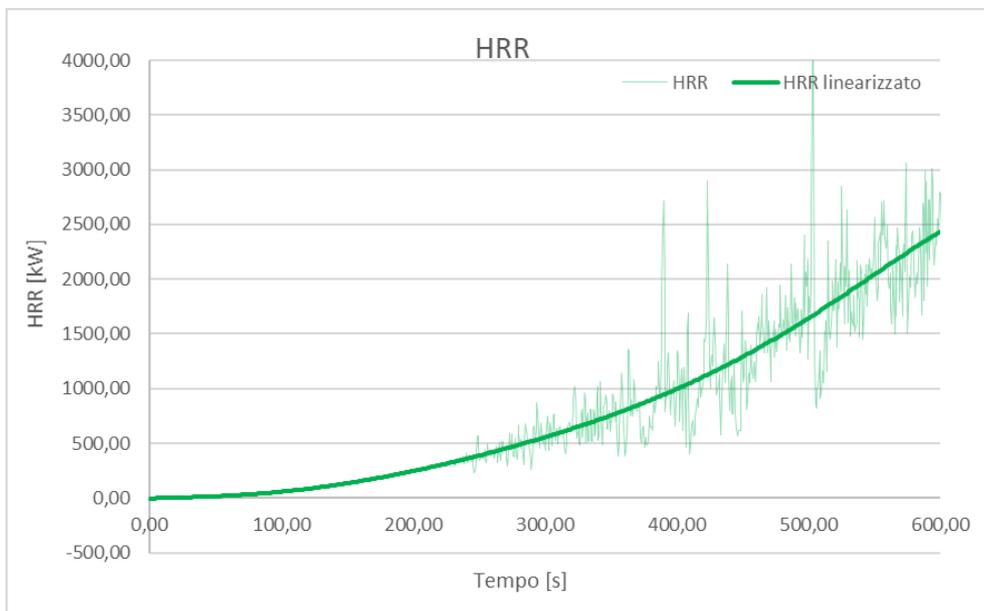


Figura 5.5: Curva HRR della simulazione 2 – Incendio di Pozza.

Un secondo confronto è stato basato sulle temperature registrate all'interno della galleria. Sono stati quindi confrontati per ogni sezione di controllo i valori riscontrati dalle termocoppie durante la prova e i valori registrate dalle sonde predisposte nel modello FDS.

Le temperature registrate durante la prova sono state riportate in un grafico temperatura-tempo in funzione dell'altezza dal piano stradale alla quale sono state disposte le termocoppie.

Il medesimo procedimento è stato eseguito per le sonde predisposte nel modello FDS, al fine di permettere immediato il confronto dei valori.

I risultati del confronto sono di seguito esposti.

La Figura 5.6 riporta i valori di temperatura registrati nella sezione A (a 50 metri dalla sorgente) durante la prova sperimentale a 4,40 m e a 5,85 m. La figura 5.7 riporta gli output dei *device* installati all'interno de modello FDS per la medesima sezione e le medesime altezze dal piano stradale:

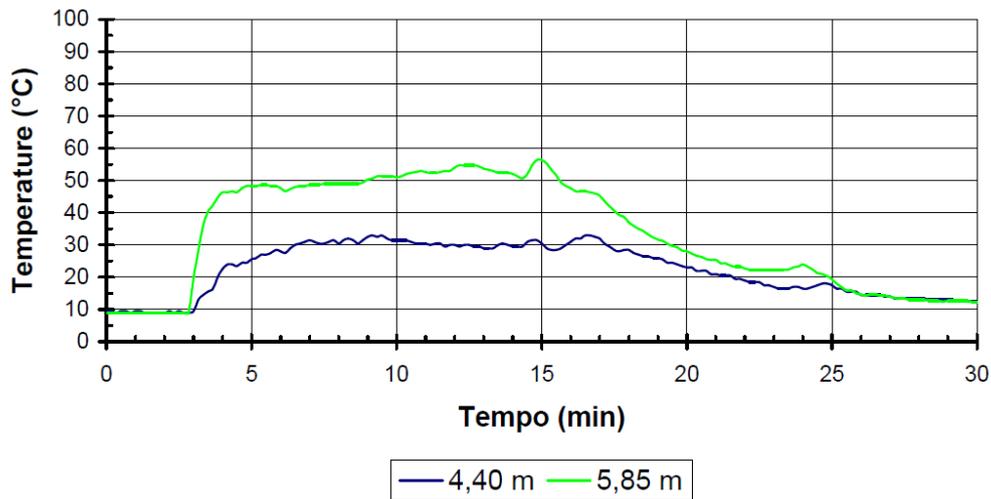


Figura 5.6: Temperature misurate sperimentalmente (sezione A, 50 m. dal focolare).

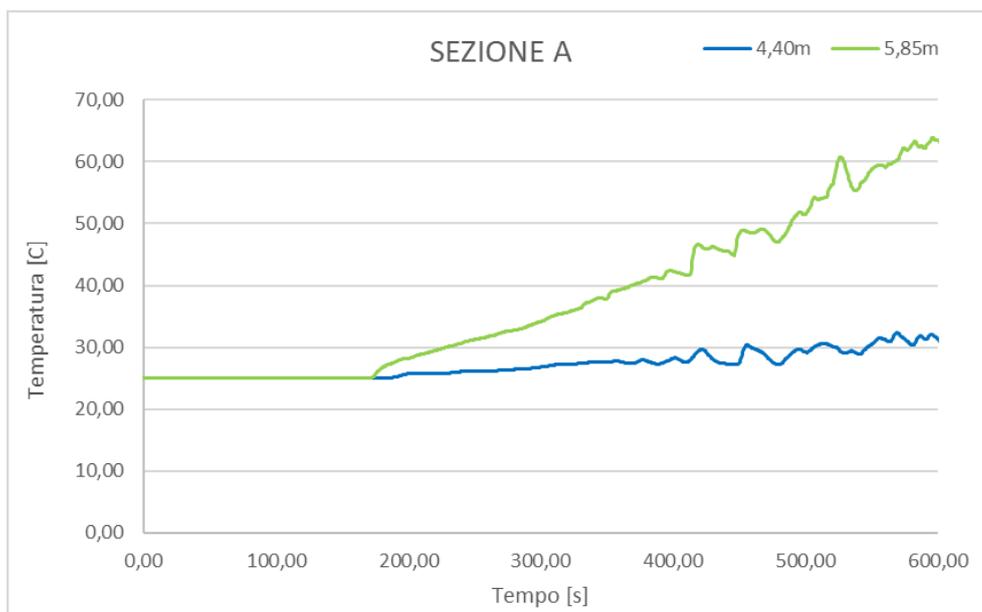


Figura 5.7: Temperature simulate (sezione A, 50 m. dal focolare).

Avendo associato alla sorgente una curva MRL con andamento proporzionale al quadrato del tempo e con picco a 600 secondi i valori dei dati termici della prova sperimentalmente e della simulazione FDS presentano delle incongruenze. Come riportato anche precedentemente, simulare l'intera durata della prova si sarebbe rivelato troppo oneroso dal punto di vista computazionale.

Per questi motivi il confronto dei dati di temperatura, volto a validare la resa termica del combustibile liquido in FDS, viene eseguito in termini di massima temperatura registrata dalle termocoppie, per quanto riguarda la prova sperimentalmente, e dalle sonde, per quanto concerne il modello FDS.

Le temperature massime per la sezione C possono considerarsi congruenti, infatti sia per l'altezza 4,40 m che per l'altezza 5,85 m gli scarti tra i valori sperimentali e quelli della simulazione sono molto ridotti, nell'ordine dei 5°C per l'altezza di 5,85 m (con una temperatura di picco di circa 58°C) e dei 3°C per l'altezza 4,40 m (con un valore di picco di circa 33°C).

Per l'analisi della sezione B, a 20 metri dalla sorgente, si riportano i le Figure 5.8 e 5.9 rispettivamente della prova sperimentale e della simulazione FDS:

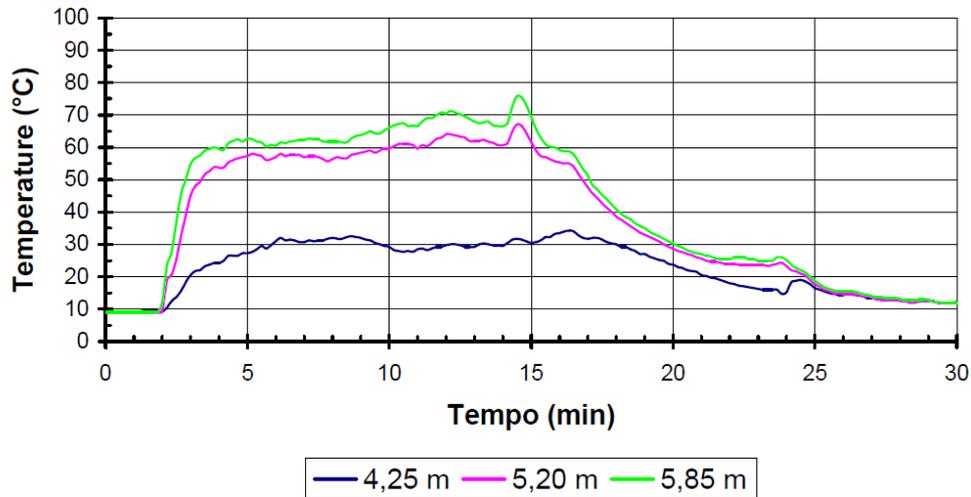


Figura 5.8: Temperature misurate sperimentalmente (sezione B, 20 m. dal focolare).

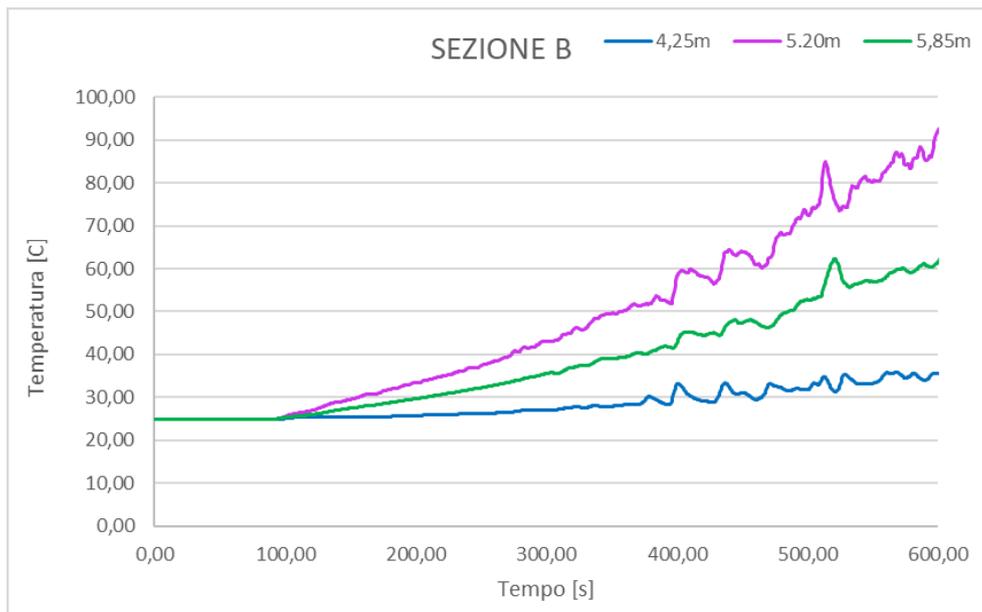


Figura 5.9: Temperature simulate (sezione B, 20 m. dal focolare).

Nel caso della sezione B gli scarti tra i valori di temperatura sperimentali e quelli della simulazione aumentano leggermente, pur mantenendosi entro limiti accettabili e imputabili alle approssimazioni che sono necessarie quando si riporta un caso reale in un modello software, come indicato nel seguito. Gli scostamenti maggiori si registrano a quota 5,20 m

(quindi in corrispondenza delle termocoppie di controllo 33, 36, 40) e sono nell'ordine dei 15-25 °C (circa il 27%) rispetto al dato atteso. Si nota inoltre una sottostima di circa 15°C (25%) a 5,85 m.

Nella sezione C, nei valori di temperatura della Figura 5.11 sono presenti sia della sovrastime che delle sottostime dei dati: al livello 4,25 m le sonde della prova sperimentale hanno registrato valori superiori rispetto a quelle del modello FDS nell'ordine di 20°C (su un valore massimo di 60°C), mentre vicino alla sommità della galleria i valori del modello FDS sono superiori di circa 15°C, poiché pari a circa 110°C rispetto ai circa 95°C della prova sperimentale.

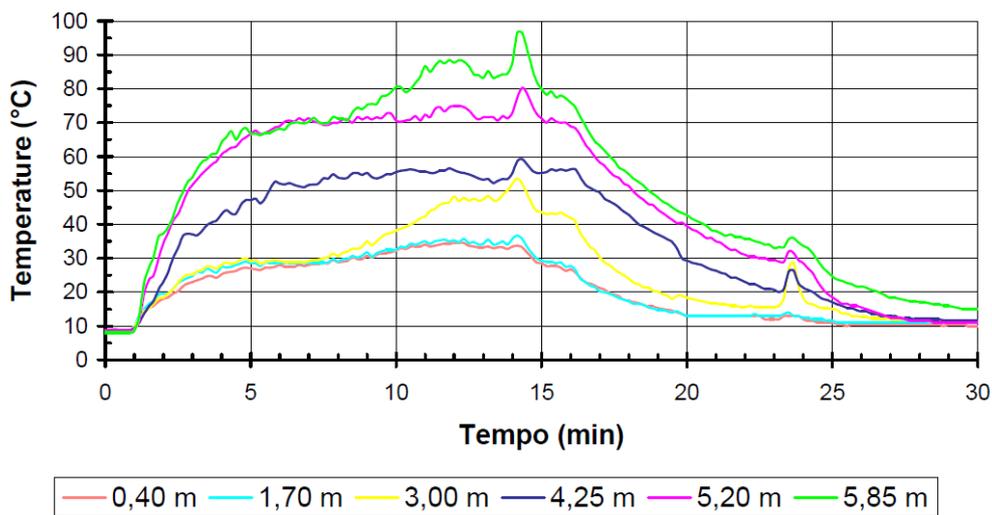


Figura 5.10: Temperature misurate sperimentalmente (sezione C, 0 m. dal focolare).

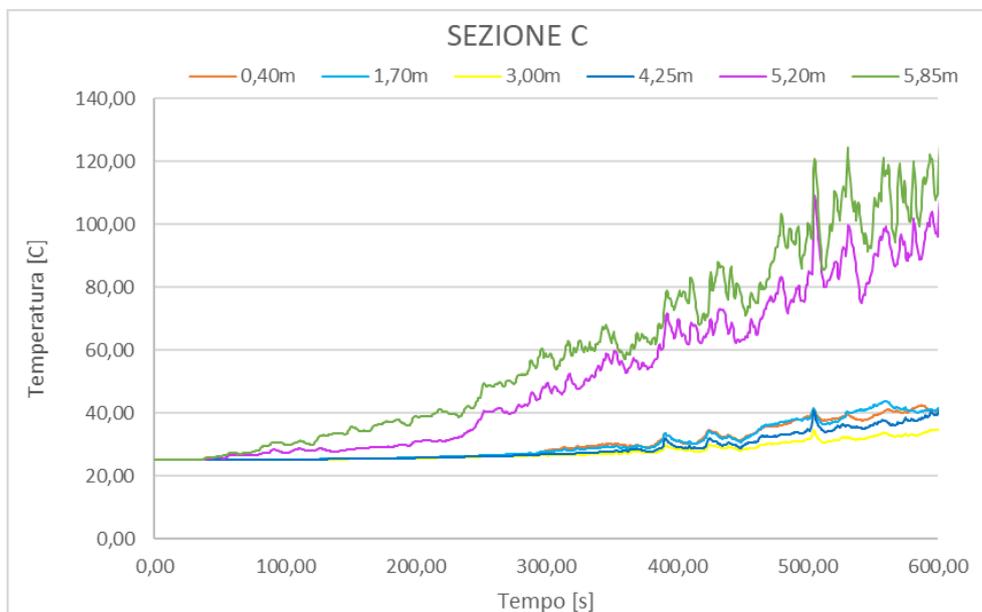


Figura 5.11: Temperature simulate (sezione C, 0 m. dal focolare).

Complessivamente la corrispondenza tra i dati di temperatura ricavati dalla simulazione e quelli misurati è soddisfacente. Gli scostamenti tra i due tipi di valori sono del tutto attribuibili alle semplificazioni adottate nella modellazione di una caso reale all'interno di FDS. Tali semplificazioni riguardano:

- La reazione di combustione: l'aria è stata trattata come una miscela di ossigeno e azoto;
- Il termine sorgente dal punto di vista termico: è stata modellata una curva MLR con andamento $\sim t^2$, introducendo quindi approssimazioni per quanto concerne la fisica della combustione;
- Il combustibile: è stata approssimata una miscela di gasolio, benzina e acqua (utilizzata nella prova) con il dodecano (utilizzato nel modello FDS) ed è stato inoltre utilizzato un coefficiente al fine di ridurre la resa termica del combustibile.

Alla luce di ciò è possibile affermare che il modello di incendio di pozza così costruito è validato, nel senso che i risultati ottenuti hanno un effettivo riscontro nella fisica di un incendio di pozza reale all'interno di una galleria. Questa assunzione sarà utile nel proseguo del presente lavoro di tesi, in relazione alla modellazione di un incendio di un'autocisterna con sversamento di combustibile liquido e successiva dispersione ed innesco di vapori infiammabili.

La Figura 5.12 mostra il modello e il campo termico al termine della simulazione (700 s).

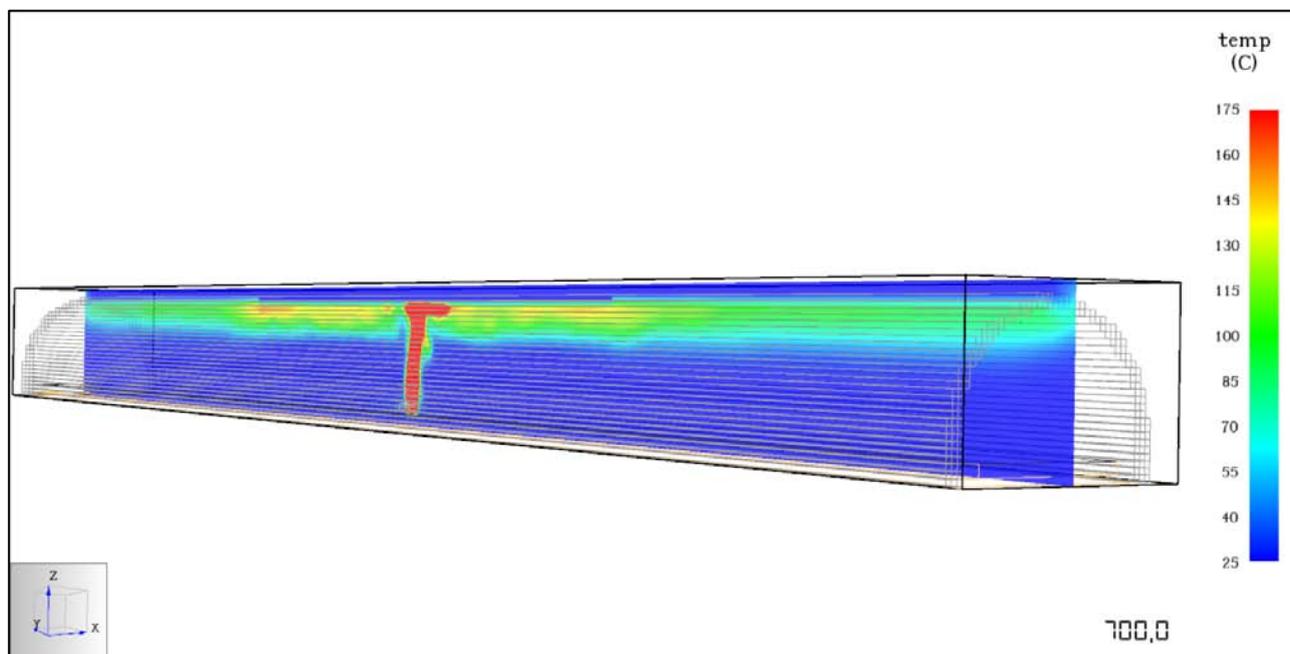


Figura 5.12: Temperature al termine della simulazione associate ad una scala cromatica.

6. Simulazione 3 – Incendio di un'autovettura

6.1 Setup del modello e impostazione dei parametri

La Simulazione 3 è stata predisposta per lo studio di uno scenario di incendio di un'automobile in una galleria stradale sulla base del modello di *input* presentato nel Cap. 4.

6.2.1 Geometria della galleria

La geometria dell'infrastruttura utilizzata è la medesima della Simulazione 2 – *Pool Fire*, quindi la sezione del tunnel è la stessa della sezione della galleria "Colli Berici" mentre la lunghezza è ridotta a 100 m per ridurre il costo computazionale della simulazione.

Per la creazione della geometria del modello si sono utilizzati OBST parallelepipedi ai quali è stata associata la superficie *calcestruzzo* a tutte le sei facce che formano il singolo parallelepipedo, il fondo stradale è costituito da un elemento *plate* alla cui faccia superiore è stato allegato una superficie con il materiale *asfalto* e alle facce una superficie inerte, i marciapiedi a lato della sede stradale sono stati modellati con OBST parallelepipedi di larghezza 0,85 m con la faccia superiore a cui è stato associato il materiale *calcestruzzo* e le altre facce inerti.

Tabella 6.1: Descrizione dei principali comandi utilizzati per la creazione della geometria.

Comando	Applicazione associata	Descrizione
OBST	Vengono definite le dimensioni dell'oggetto mediante 2 terne di valori $(x_1, y_1, z_1; x_2, y_2, z_2)$	Creazione di elementi dotati di volume privi di proprietà fisiche ai quali vengono applicate delle superfici
SURF	calcestruzzo	Creazione di superfici di dato spessore che vengono richiamate in un OBST. Se le superfici vengono create per l'inserimento di un materiale è possibile creare più <i>layer</i> .
	inerte	Alla superficie vengono assegnate proprietà di inerte. Tale superficie non parteciperà alla combustione, né ai fenomeni legati alla trasmissione del calore
MATL	calcestruzzo	Vengono definite le proprietà del materiale che verrà associato ad una superficie

La galleria stradale è stata inoltre suddivisa in quattro sezioni denominate rispettivamente sezione 1, sezione 2, sezione 3 e sezione 4 (Figura 6.1), a loro volta; queste sezioni sono state poi suddivise in ulteriori tre sottosezioni (Figura 6.2) con piani paralleli al piano stradale (livello A, livello B e livello C) e tre sottosezioni con piani paralleli all'asse longitudinale della galleria (sezione L, sezione centrale e sezione R). La suddivisione riportata in Tabella 6.2 ha permesso il posizionamento dei DEVC per la registrazione dei parametri di interesse dello scenario e utili alla discussione dei risultati della simulazione. In corrispondenza dei piani di cui alla Tabella 6.2, sono stati registrati temperatura, pressione, frazione di massa dell'anidride carbonica, frazione di massa di soot e frazione di massa del monossido di carbonio.

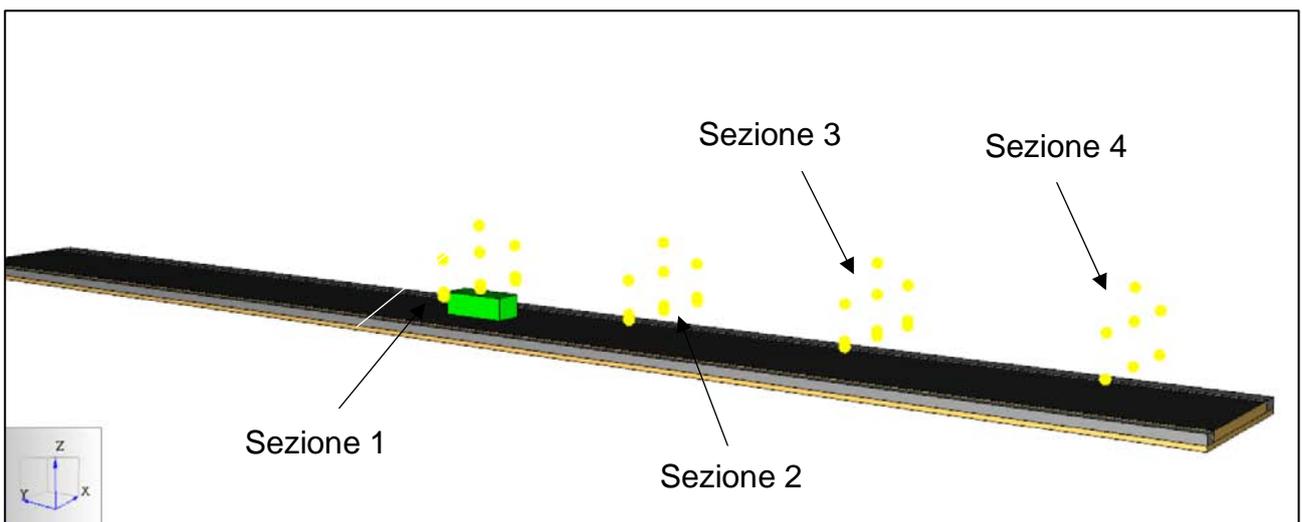


Figura 6.1: Suddivisioni con piani trasversali per l'implementazione delle sezioni di controllo.

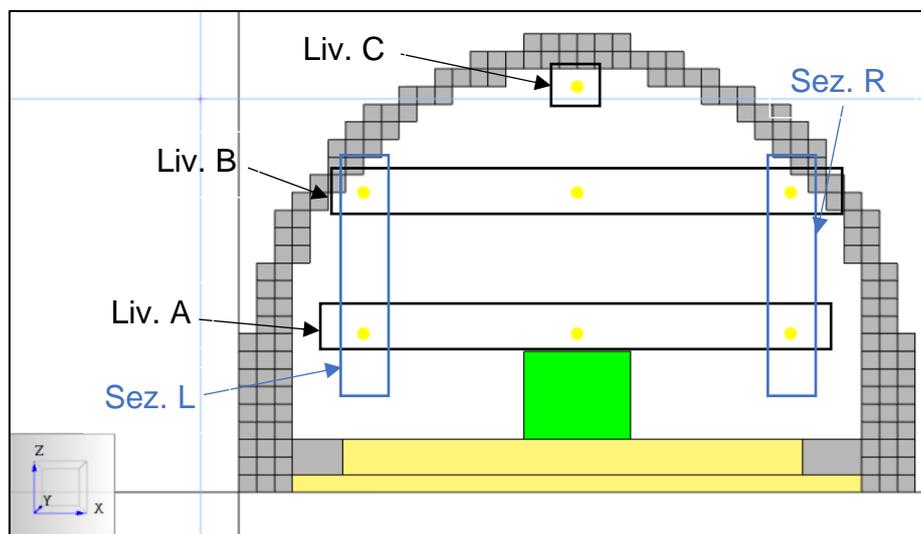


Figura 6.2: Suddivisione con piani paralleli al piano stradale per l'implementazione delle sezioni di controllo.

Tabella 6.2: suddivisione del dominio per posizionamento della sonde per gli output.

Suddivisione trasversale (lungo y)			
Sezione 1	Sezione 2	Sezione 3	Sezione 4
0,0 m dalla sorgente	-15,0 m dalla sorgente	-30,0 m dalla sorgente	-45,0 m dalla sorgente
Suddivisione longitudinale (piani paralleli a piano stradale, lungo z)			
Livello A	Livello B	Livello C	
1,8 m dal piano stradale	4,0 m dal piano stradale	6,0 metri dal piano stradale	
Suddivisione longitudinale (piani paralleli all'asse longitudinale, lungo x)			
Sezione L	Sezione centrale	Sezione R	
-3,5 m dalla sorgente	0,0 m dalla sorgente	+ 3,5 m dalla sorgente	

6.1.2 Meshing

Il dominio di calcolo inoltre, è stato suddiviso in tre regioni per differenziare la dimensione della maglia della *mesh*: si è adottata una dimensione dei celle elementari di 0,30 m per la parte centrale della galleria, dove è posizionata la sorgente, e di 0,60 m per la parte iniziale e finale della galleria. Questa suddivisione ha permesso di ridurre il costo computazionale della simulazione e renderlo congruente alla potenza di calcolo disponibile per le simulazioni.

6.2.3 Sorgente di incendio

Il termine sorgente (automobile) è stato modellato in accordo ad alcune ipotesi. Queste per ovviare alla complessità della miscela combustibile che costituisce un'automobile.

Come prima cosa, è stata inserita un'entità di tipo OBST di dimensioni 1,80 m di larghezza, 4,50 m di lunghezza e 1,50 di altezza a rappresentazione delle dimensioni di un autoveicolo medio. Successivamente è stata definita in FDS una miscela combustibile con avente densità, calore specifico, emissività e conducibilità termica ottenute da una media ponderata e basata su una composizione media dei materiali che costituiscono una comune automobile (Tabella 6.1). Tali proprietà sono state assegnate alle facce superiori e laterali dell'oggetto corrispondente all'automobile.

Tabella 6.3: Composizione tipica dei materiali di un autoveicolo.

Componente	Densità [kg/m ³]	Calore specifico [kJ/kg*K]	Conduttività [W/m*K]	Emissività [-]	Massa [kg]
Acciaio	7700,00	0,50	52,00	0,60	696,00
Ghisa	7300,00	0,44	50,00	0,81	132,00
Vetro	2400,00	0,84	0,04	0,89	48,00
Tessili	100,00	1,00	0,1	0,87	24,00
Elastomeri	910,00	1,88	0,13	0,95	70,80
Plastiche	900,00	1,90	0,16	0,87	205,20
Schiume insonorizzanti	40,00	1,00	0,05	0,87	24,00
MIX PESATO	5575,39	0,84	35,69	0,71	1200,00

A partire dalla densità del materiale ottenuto, dalla superficie totale dell'oggetto CAR (laterale e superiore) e dalla massa del prototipo è stato ricavato lo spessore della superficie da assegnare all'oggetto tramite la formula:

$$spessore = \frac{massa}{densità \cdot superficie} \quad [6.1]$$

Oltre alla modellazione dell'oggetto automobile, da inserire alla mezzeria della sezione trasversale e alla mezzeria della sezione longitudinale della galleria, è stata definita la chimica della combustione del termine sorgente.

L'approccio utilizzato è stato quello della stechiometria complessa con il quale si è reso necessario specificare la reazione di combustione, i reagenti e i prodotti (con i relativi coefficienti stechiometrici) dei singoli combustibili e per ognuno di essi valutarne il contributo alla generazione della potenza emessa dall'incendio in termini di flusso di massa unitario dell'iesima specie combustibile. La massa di materiale combustibile che partecipa all'incendio è stata ottenuta da quella totale dell'automobile sottratta della massa dei componenti di matrice metallica (69%). La matrice combustibile è stata assunta composta dalle seguenti sottomatrici plastiche: poliuretano (PU), polivinilcloruro (PVC), poliestere (PE) e polipropilene (PP) (Tabella 6.5).

Per ognuna di queste specie è stata introdotta in FDS una reazione di combustione in aria definendo i prodotti di tale reazione con i relativi coefficienti stechiometrici di bilanciamento. Il termine sorgente è stato poi implementato tramite un comando di tipo VENT (ovvero una superficie priva di spessore) alla quale è stato associato per ogni specie combustibile un flusso massivo (Tabella 6.5), calcolato con la [4.2].

L'andamento in funzione del tempo del flusso massivo è proporzionale alla curva di rilascio termico, proposta in Figura 6.3, in condizioni di *free-burning* (combustione in assenza di vincoli) di un'automobile [15]. Ciò significa che la curva HRR e la curva di flusso massivo sono esattamente sovrapponibili in termini di andamento.

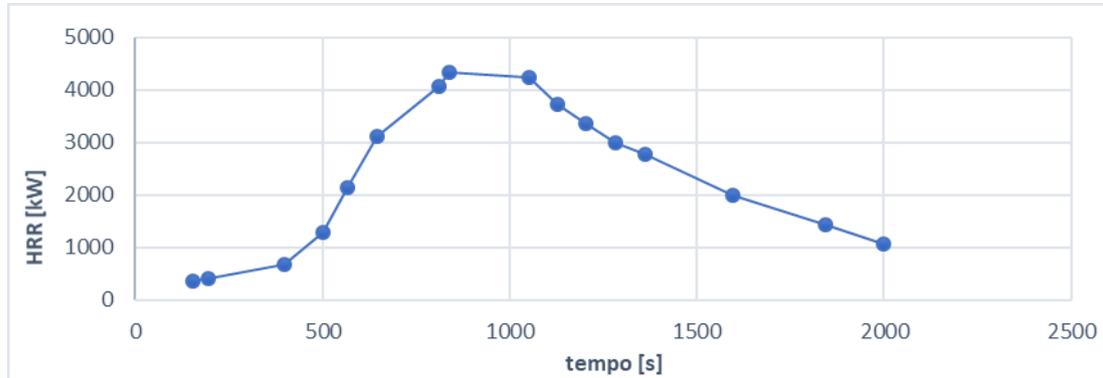


Figura 6.3: HRR tratta da SFPE Handbook [15] per automobile media in condizioni di *free-burning*.

Tabella 6.4: Composizione semplificata dell'automobile per modellazione termine sorgente.

Massa totale automobile prototipo [kg]	1200,00	100,00%
Massa metalli [kg]	828,00	69,00%
Massa plastiche [kg]	372,00	31,00%

Tabella 6.5: Ripartizione della massa della matrice plastica per il calcolo del Mass Flux Value (flusso di massa del combustibile).

Percentuale massa i-esima specie			
	sulla matrice plastica	sulla massa totale	
PP	43,50%	161,82 kg	13,49%
PU	22,50%	83,70 kg	6,98%
PE	18,50%	68,82 kg	5,74%
PVC	15,50%	57,66 kg	4,81%
Calori di combustione plastiche [kJ/kg]			
PP	4340,00		
PU	2620,00		
PE	4120,00		
PVC	1640,00		

HRR picco [kW]	
4345,70	
Area superficie sorgente [m²]	
8,10	
<i>Mass flux value [kg/m² s]</i>	
PP	0,0166
PU	0,0142
PE	0,0074
PVC	0,0157

6.2 Analisi e discussione dei dati

Nel presente Paragrafo verranno analizzati i dati di output delle sonde predisposte nel modello FDS sia in forma di grafici, ricavati da fogli di calcolo prodotti dal solutore, sia in forma di rappresentazioni grafiche tratte dal *tool* di visualizzazione dei risultati di Pyrosim®.

Più nello specifico verranno analizzati i profili di temperatura nel tempo, il calore trasmesso per irraggiamento dai gas e fumi caldi, la visibilità e la concentrazione delle specie chimiche prodotte dalla combustione. Questi dati, successivamente, vengono paragonati alle soglie proposte dal Codice di Prevenzione Incendi al Cap. M.3 per determinare il tempo che intercorre tra l'innesco dell'incendio e la creazione di condizioni che impediscono un esodo in sicurezza agli occupanti della galleria.

6.2.1 Analisi delle temperature e della potenza rilasciata

Il primo output del modello considerato riguarda i profili termici registrati nei piani di controllo. I diversi risultati sono riportati in Figura 6.4.

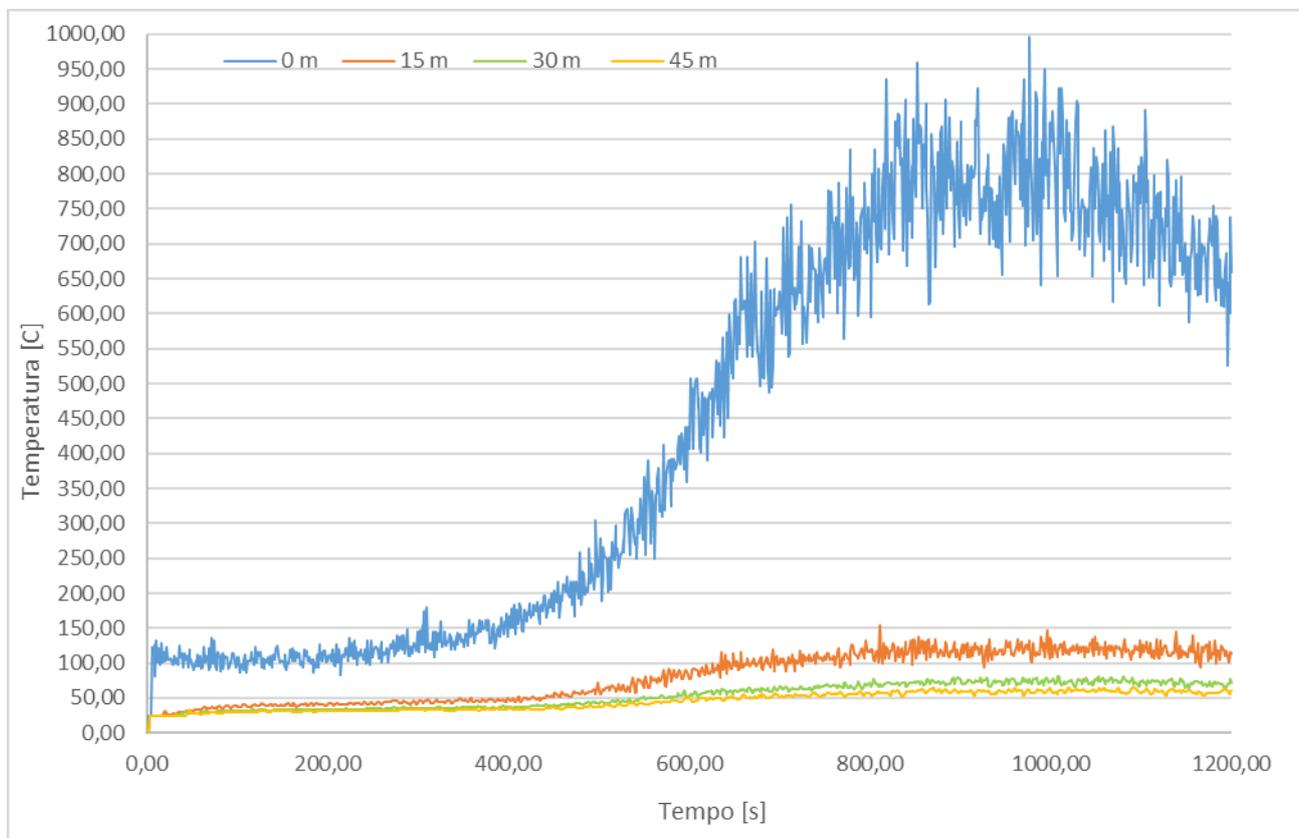


Figura 6.4: Temperature nelle sezioni di controllo del tunnel.

Come si può notare, le temperature registrate in prossimità della sorgente sono molto elevate (750÷800 °C) e tendono a diminuire sensibilmente allontanandosene. Ad una distanza compresa tra 15 e 45 m, non sono registrate temperature superiori a 175°C. È necessario

considerare che le temperature in prossimità della sorgente potrebbero essere sovrastimate dalla simulazione rispetto a quelle che si otterrebbero in un caso reale. Inoltre, le termocoppie poste in posizione centrale rispetto all'asse longitudinale della galleria sono a diretto contatto con la sorgente e per questo motivo andranno a registrare valori che sono maggiori di quelli attesi. Ad esempio, la termocoppia *THCP_1_A* è posta alla mezzeria del piano stradale e ad una quota di 1,8 m e si trova quindi appena 0,3 m sopra alla sorgente. I valori di temperatura di questo *device* saranno quindi molto elevati.

La Figura 6.5 riporta le temperature nelle sezioni di controllo del tunnel (trattate secondo un approccio "media mobile" per eliminare le oscillazioni e rendere maggiormente fruibili i dati) registrate dalle sonde poste ad una quota di 1,8 m dal piano stradale. Esso indica che per tutte le sezioni, a eccezione di quella in corrispondenza della sorgente (che nel grafico non viene riportata), la temperatura non subisce grossi incrementi da quella ambiente, impostata a 25°C.

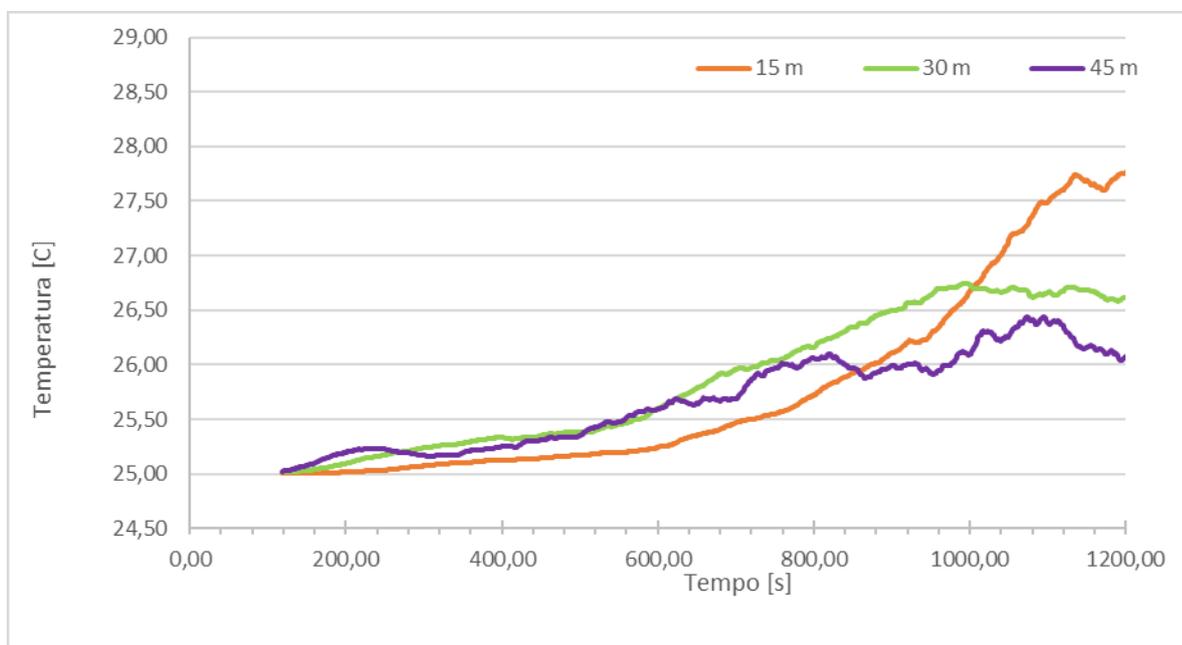


Figura 6.5: Temperature alla quota di 1,8 m dal piano stradale per il confronto con il valore di soglia importo dal Codice di Prevenzione Incendi.

La Figura 6.6 riporta su un piano perpendicolare al piano stradale e in corrispondenza della mezzeria l'evoluzione delle temperature ed è chiaramente visibile una separazione dell'ambiente in due strati distinti: uno a maggiore temperatura in prossimità della volta della galleria e uno a temperatura inferiore in prossimità del piano stradale.

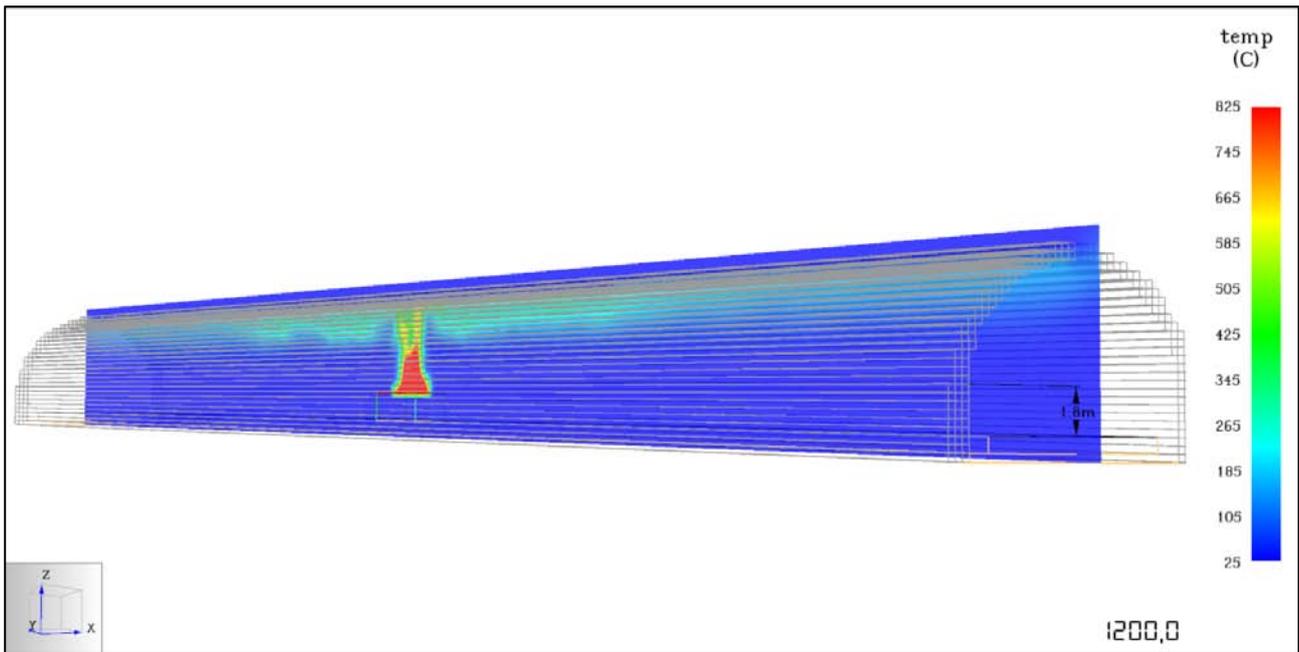


Figura 6.6: Temperature riportate su una sezione longitudinale della galleria associate ad una scala cromatica.

Ai fini del calcolo del tempo disponibile per l'esodo degli occupanti (*ASET – Available Safe Escape Time*) il Nuovo Codice di Prevenzione Incendi¹ propone un modello semplificato basato su quattro distinti approcci. Uno di questi è basato sul cosiddetto “modello del calore”. In relazione a questo approccio, il criterio impone che non siano garantite condizioni di tenibilità qualora l'irraggiamento atteso verso gli occupanti sia maggiore a $2,5 \text{ kW/m}^2$ e una temperatura ambientale superiore a 60°C .

Analizzando i profili termici ricavati dalle termocoppie poste a 1,80 m dal piano stradale si vede che la temperatura si attesta al di sotto della soglia dei 60°C (Figura 6.5), quindi per tutta la durata dell'incendio, sotto il profilo della temperatura, non vengono a crearsi condizioni incapacitanti per la fuga dall'infrastruttura. Anche la Figura 6.6 conferma quanto appena esposto: è presente una zona sommitale in cui la temperatura è maggiore per la concentrazione di gas caldi, mentre la zona prossima al piano stradale, e interessata dall'esodo degli occupanti, si mantiene ad una temperatura tale per cui non si ha l'insorgere di condizioni incapacitanti.

Analizzando invece l'irraggiamento sugli occupanti i *devices* installati nel modello FDS restituiscono in output un valore dell'irraggiamento dovuto ai gas, in kW/m^2 che insistono sopra alla sonda. Tali valori sono stati inseriti nel Grafico 6.5 in funzione del tempo. In tale

¹ Capitolo M3: Salvaguardia della vita con approccio prestazionale

grafico è stato anche riportato il valore di soglia proposto dalla normazione italiana in campo antincendio (Codice di Prevenzione Incendi, capitolo M.3) e pari a $2,5 \text{ kW/m}^2$.

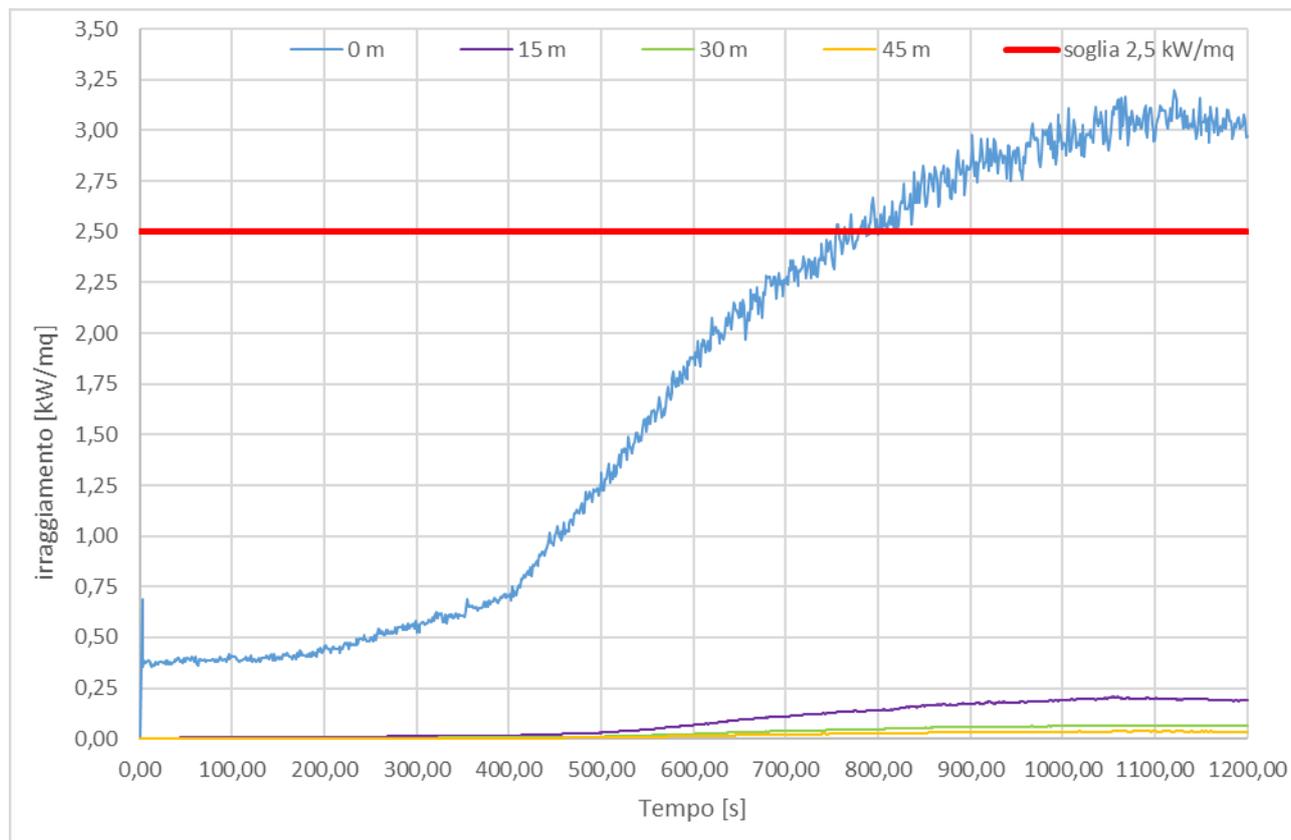


Figura 6.7: Irraggiamento ad una quota di 1,80 m.

Dalla Figura 6.7 si vede quindi che condizioni incapacitanti per l'esodo vengono a crearsi all'interno della galleria intorno ai 750 secondi dall'insacco della sorgente per quanto riguarda la sezione 1, ovvero quella dove è presente l'automobile in fiamme; mentre nelle altre sezioni i valori di irraggiamento di mantengono al di sotto del valore di $0,25 \text{ kW/m}^2$ per l'intera durata della simulazione. Per tutte le sezioni di controllo, fatta eccezione per quella in prossimità della sorgente, non vengono a mancare le condizioni di *tenibility* per gli occupanti della galleria, i quali hanno la possibilità di fuggire in condizioni di sicurezza per quanto riguarda la temperatura e il calore irraggiato.

La Tabella 6.6 riassume i risultati del calcolo del tempo disponibile per l'esodo in relazione al Modello del calore.

Tabella 6.6: Tempo disponibile per l'esodo in relazione al Modello del calore.

Sezione	Temperatura max [C]	Irraggiamento max [kW/m ²]	ASET [s]
1	Non rilevata	3,15	750
2	Inferiore alla soglia	Inferiore alla soglia	-
3	Inferiore alla soglia	Inferiore alla soglia	-
4	Inferiore alla soglia	Inferiore alla soglia	-

6.2.2 Analisi della visibilità²

Anche la visibilità indica che non vengono a delinearsi, durante l'incendio, condizioni incapacitanti, infatti, come riportato nella Figura 6.8 in tutte le sezioni (fatta eccezione per quella in prossimità della sorgente), al termine della simulazione e ad una quota dal piano stradale di 1,8 m, la visibilità si attesta sui 20-25 con una diminuzione, rispetto alle condizioni iniziali di 10÷15 m.

L'oscuramento derivante dai fumi prodotti dalla combustione e la conseguente riduzione della visibilità della cartellonistica d'esodo non sono tali da impedire o rendere troppo difficoltoso l'esodo degli occupanti.

Considerando il valore di soglia proposto dal Codice di Prevenzione Incendi di 10 m, la visibilità all'interno della galleria rimane tale da permettere agli occupanti di individuare con relativa facilità la cartellonistica d'esodo e quindi le vie di fuga a loro più prossime, permettendo loro di allontanarsi dalla galleria in sicurezza.

² Per visibilità si intende la distanza alla quale un osservatore può identificare la cartellonistica d'esodo, basata sul calcolo della riduzione dell'intensità luminosa per la presenza di fumi oscuranti.

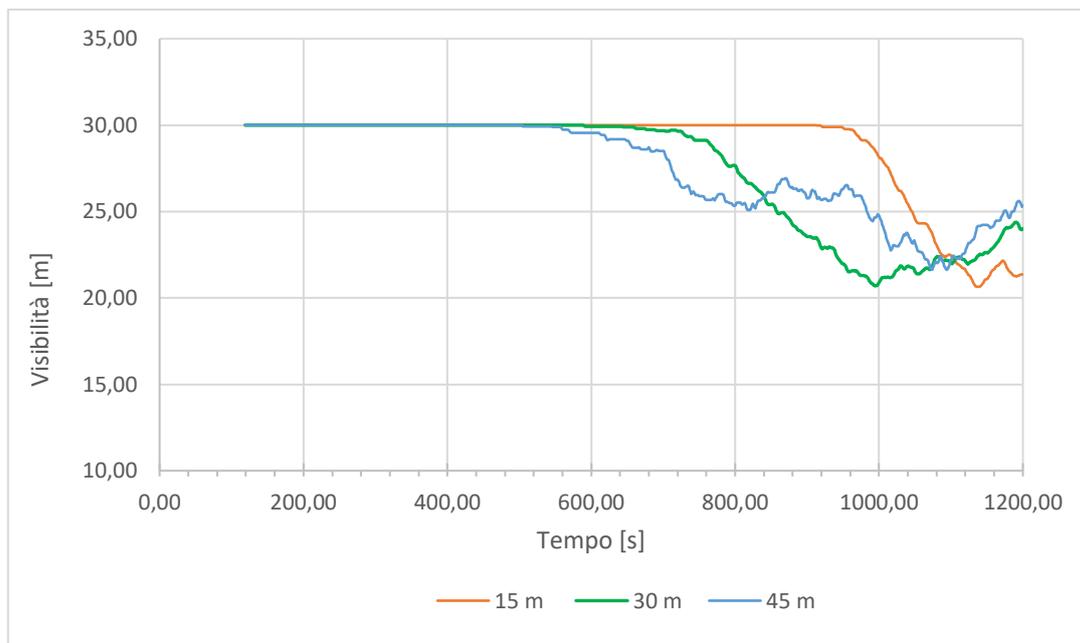


Figura 6.8: Visibilità in funzione della sezione e del tempo trascorso dall'inizio della simulazione.

La Figura 6.9 mostra la netta separazione in due strati dell'ambiente all'interno della galleria: il primo, a ridosso della volta della galleria dove si concentrano i fumi e uno, sottostante al primo, dove non vi è presenza di effluenti dell'incendio e nel quale le condizioni di visibilità sono buone.

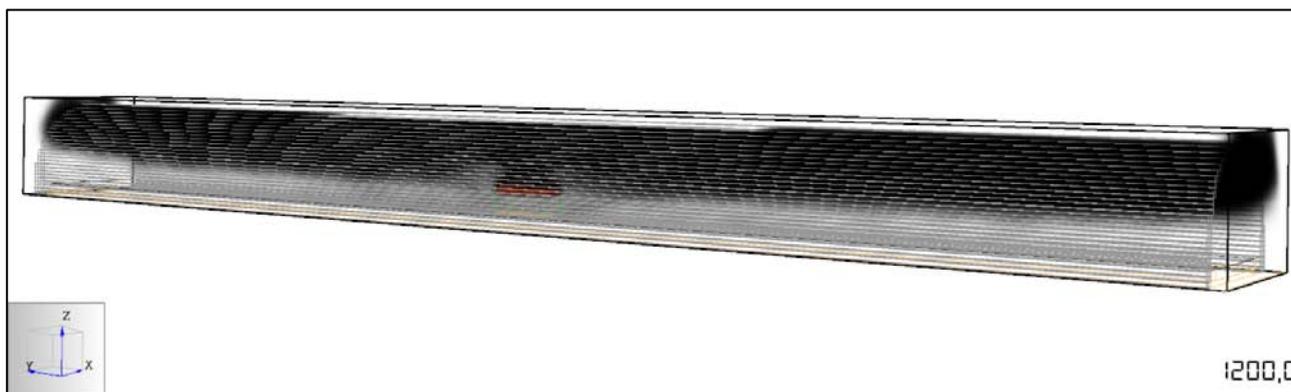


Figura 6.9: Stratificazione dei fumi al termine della simulazione.

6.2.3 Analisi delle specie chimiche per il Modello dei Gas Tossici

Un'ulteriore analisi delle condizioni generate da uno scenario di incendio in galleria può essere condotta sui dati registrati in merito alla specie chimiche prodotte dall'incendio. Il Nuovo Codice di Prevenzione Incendi infatti riporta dei modelli³ per il calcolo di *ASET*, ovvero il tempo disponibile per l'esodo degli occupanti, e uno di questi considera le condizioni incapacitanti correlate alla presenza di gas tossici e/o irritanti (come riportato al paragrafo 2.2). Il principio alla base dell'analisi dei rischi dovuti ai gas tossici, prodotti dalla combustione, si basa sulla valutazione della dose, per ogni gas tossico, ai cui, presumibilmente, saranno esposte le persone.

La dose effettiva frazionata (*Fractional Effective Dose – FED*) di una certa sostanza deve essere valutata per ogni incremento discreto di tempo. Il tempo a cui la somma dei *FED* relativi a ogni sostanza supera un valore di soglia specificato rappresenta il tempo a disposizione per l'evacuazione (*ASET*).

Il valore di *FED* calcolato da FDS è rappresentato dall'equazione 6.1 [1] che riprende la teoria di *Purser* tramite la quale il calcolo della *FED* avviene come sommatoria delle singole *FED* di alcune specie di gas tossici che possono svilupparsi in un incendio, definite a partire dai rapporti tra dosi inalate, ovvero presenti nell'aria respirata dagli occupanti, e dosi incapacitanti.

Viene inoltre introdotto un fattore moltiplicativo che considera l'iperventilazione dell'uomo quando esposto a dosi elevate di CO_2 .

$$FED = (FED_{CO} + FED_{CN} + FED_{NO_2} + FLD_{irr}) \cdot HV_{CO_2} + FED_{O_2} \quad 6.2$$

La Figura 6.10 riporta i valori di *FED* calcolati da FDS in funzione del tempo di simulazione. I picchi raggiunti nelle varie sezioni di controllo sono nell'ordine di 10^{-3} o 10^{-4} e quindi ben al di sotto del valore di soglia pari a 0,1 con il quale si considerano incapacitati solo 1,1% degli occupanti. Per quanto riguarda il modello dei gas tossici quindi non si hanno condizioni che possano impedire agli occupanti di attuare un esodo verso luogo sicuro in condizioni di sicurezza.

³ Modello dei gas tossici, Modello dei gas irritanti, Modello del calore, Modello dell'oscuramento della visibilità

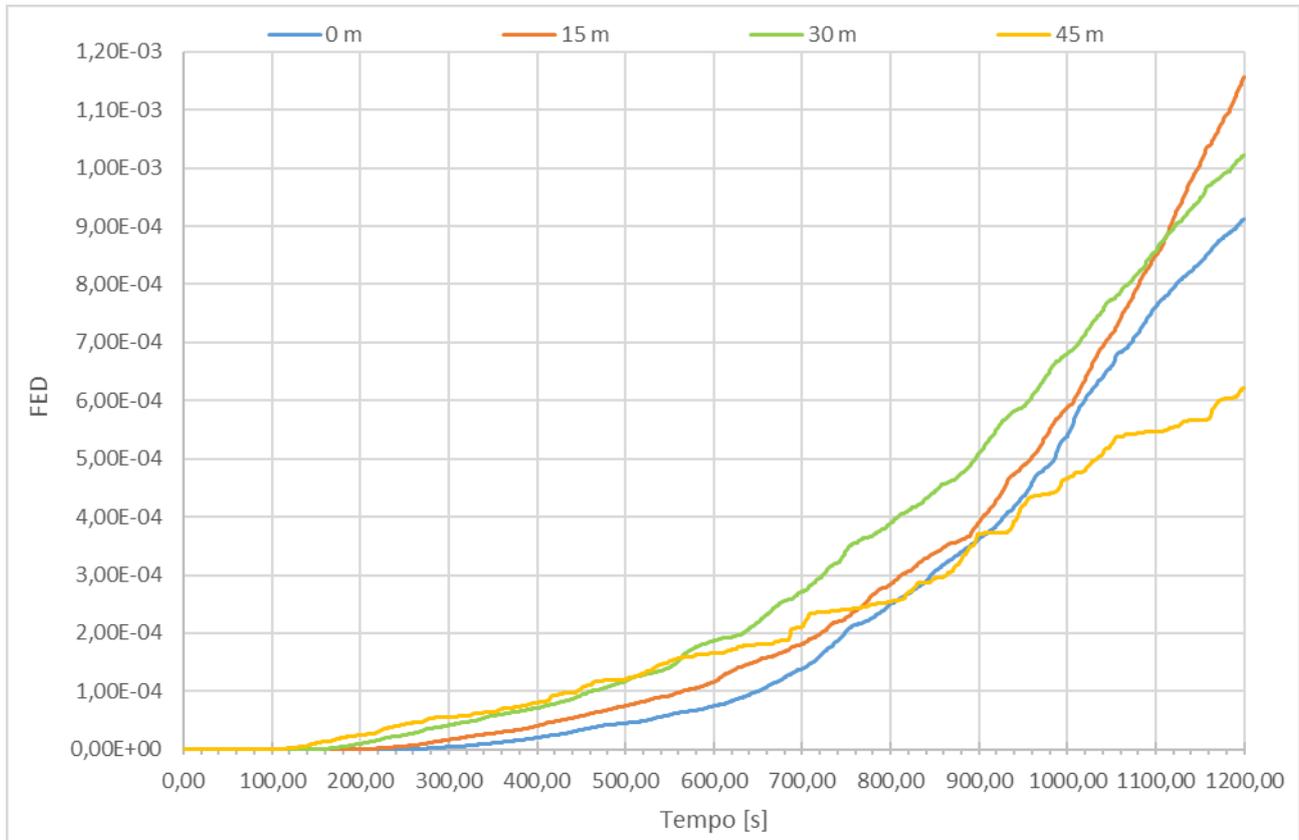


Figura 6.10: Valori di FED nelle sezioni di controllo della galleria.

Inoltre, lo standard tecnico ISO 13344 stabilisce delle soglie di concentrazione per alcune sostanze che causano incapacità o morte calcolate con i valori di concentrazione, espressa in ppm, rappresentativi di LC50 a cui è correlata una probabilità di morte del 50% delle cavie in 30 minuti. Al fine di considerare l'incertezza (generate sia dalla variabilità della risposta dell'uomo a queste sostanze e dal fatto che i valori soglia sono determinati tramite sperimentazioni sugli animali) nella determinazione delle dosi effettive che possono generare incapacità nell'uomo, lo standard ISO 13344 applica un coefficiente correttivo pari a 0,5.

Per le sostanze che hanno effetti di tossicità acuta (ad esempio monossido di carbonio e acido cloridrico), le concentrazioni che corrispondono al valore LC50 per CO e HCl sono rispettivamente 5000 ppm e 3800 ppm. L'effetto narcotico dell'anidride carbonica non è significativo alle concentrazioni determinate sperimentalmente in atmosfere, considerate sostenibili, contenenti prodotti della combustione. Nel caso la presenza di CO₂ superi il valore il 2% si ha sulle persone esposte l'insorgenza di iperventilazione, con conseguente incremento di assorbimento delle sostanze tossiche.

La Figura 6.11 riporta la media delle concentrazioni di soot, monossido di carbonio e acido cloridrico nel dominio di calcolo modello (quindi una media dei valori registrati da tutti i *device*

installati), mentre la Figura 6.12 la media delle concentrazioni di CO₂ nel dominio di calcolo del modello.

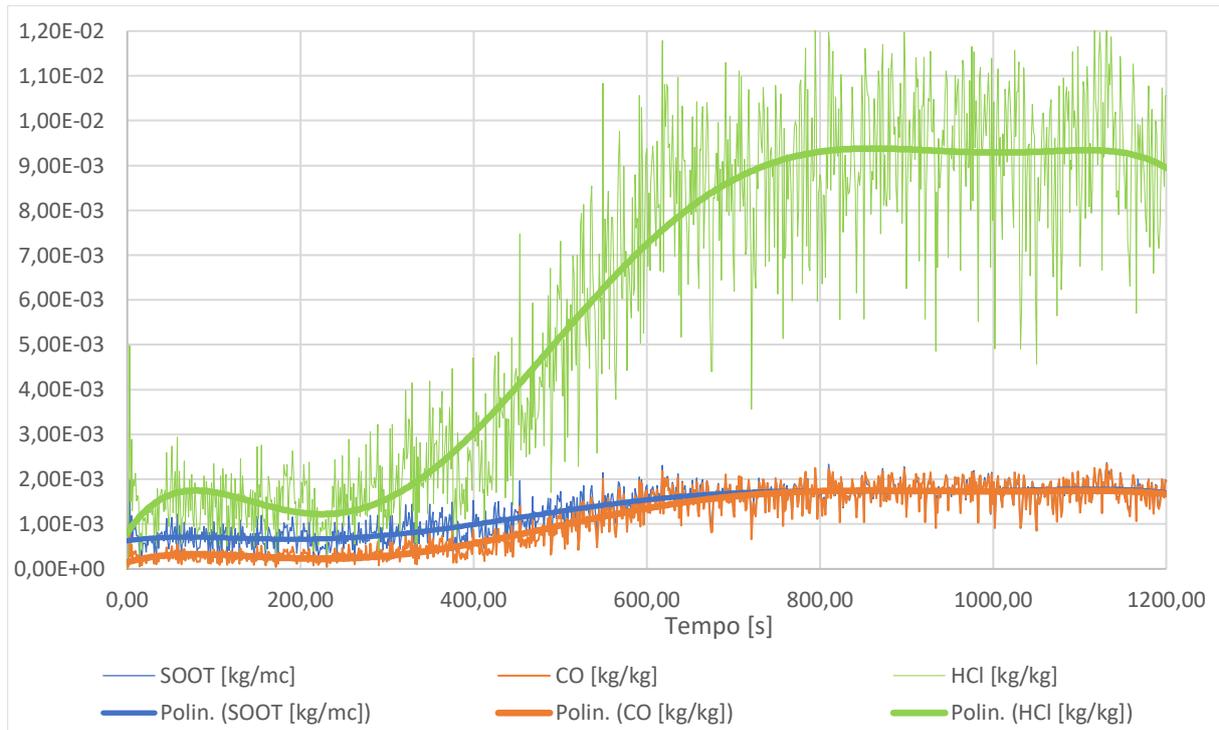


Figura 6.11: Concentrazione media nel dominio di calcolo delle specie chimiche di interesse.

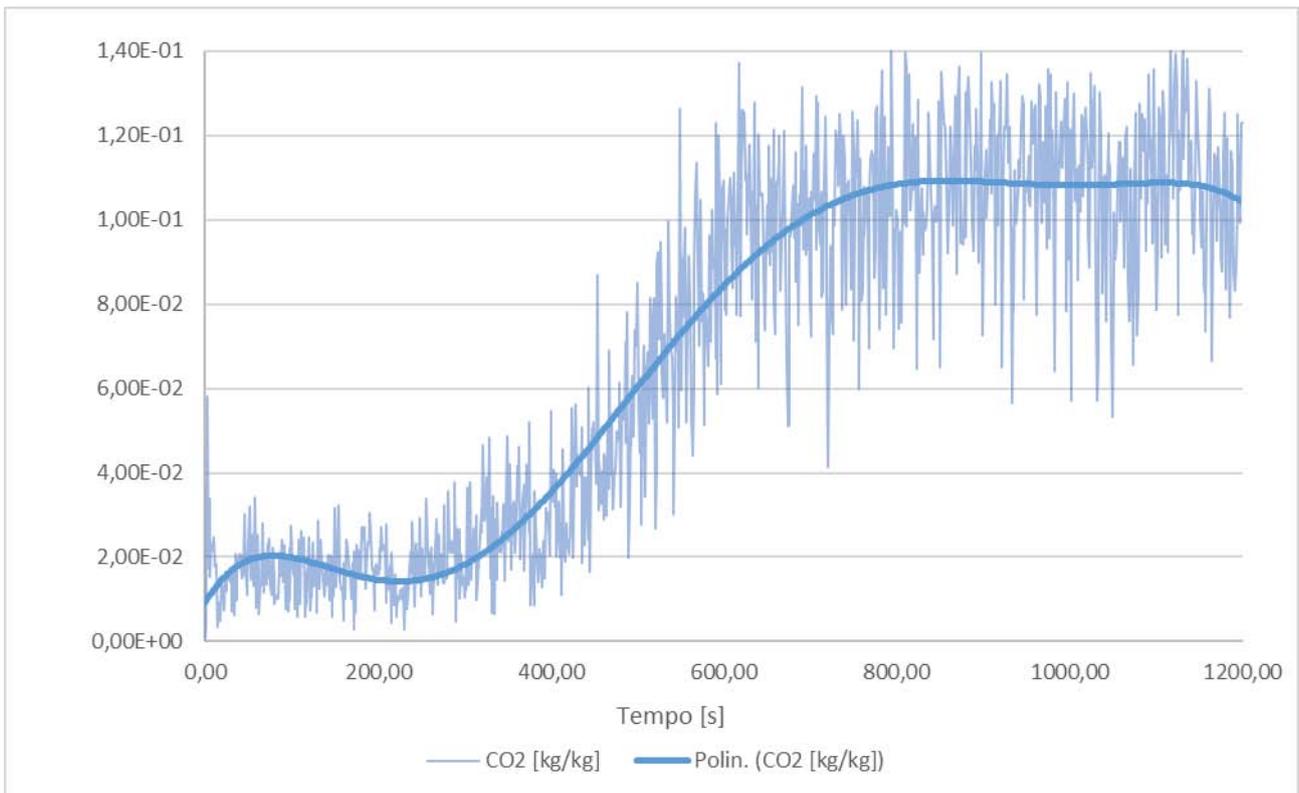


Figura 6.12: Concentrazione media nel dominio di calcolo del diossido di carbonio.

Capitolo VI

Dall'analisi del Grafico 6.8 si vede che il picco massimo di concentrazione di HCl è pari a circa 9 g/kg che corrisponde a 9000 ppm, quindi il livello di soglia, pari a LC50 = 3800 ppm è superato di circa 2,3 volte. Il monossido di carbonio, invece, ha una concentrazione massima di 2000 ppm la quale si mantiene al di sotto del valore di soglia, pari a LC50 = 5000 ppm. Inoltre, è da considerare, qualora si utilizzi un approccio basato sulla dose inalata, la presenza del diossido di carbonio che induce nell'uomo iperventilazione. In questo caso il soggetto esposto al diossido di carbonio aumenta il numero di cicli respiratori compiuti, aumentando di conseguenza i litri di aria/minuto ispirati, aumentando la dose inalata rispetto a condizioni di normale volume inspirato.

Le Tabelle 6.7 e 6.8 raccolgono i valori medi e i valori massimi delle concentrazioni delle specie chimiche per le quattro sezioni di controllo predisposte lungo il tunnel. Tali valori si riferiscono all'intero dominio di calcolo.

Tabella 6.7: Concentrazione media delle specie chimiche suddivise per sezione di controllo.

Distanza da sorgente [m]	Concentrazione media			
	HCl [kg/kg]	CO [kg/kg]	CO ₂ [kg/kg]	SOOT [kg/m ³]
0	$1,71 \cdot 10^{-3}$	$3,53 \cdot 10^{-4}$	$2,20 \cdot 10^{-2}$	$5,50 \cdot 10^{-4}$
15	$5,35 \cdot 10^{-4}$	$3,50 \cdot 10^{-3}$	$3,15 \cdot 10^{-2}$	$1,69 \cdot 10^{-4}$
30	$9,91 \cdot 10^{-4}$	$2,04 \cdot 10^{-3}$	$8,88 \cdot 10^{-3}$	$1,08 \cdot 10^{-4}$
45	$5,78 \cdot 10^{-4}$	$1,87 \cdot 10^{-4}$	$6,47 \cdot 10^{-3}$	$1,00 \cdot 10^{-4}$

Tabella 6.8: Concentrazione massima delle specie chimiche suddivise per sezione di controllo.

Distanza da sorgente [m]	Concentrazione massima			
	HCl [kg/kg]	CO [kg/kg]	CO ₂ [kg/kg]	SOOT [kg/m ³]
0	$1,23 \cdot 10^{-2}$	$2,29 \cdot 10^{-3}$	$5,43 \cdot 10^{-1}$	$2,33 \cdot 10^{-3}$
15	$3,73 \cdot 10^{-3}$	$9,33 \cdot 10^{-3}$	$3,26 \cdot 10^{-1}$	$9,28 \cdot 10^{-4}$
30	$4,02 \cdot 10^{-3}$	$9,68 \cdot 10^{-3}$	$9,21 \cdot 10^{-2}$	$5,21 \cdot 10^{-4}$
45	$1,06 \cdot 10^{-3}$	$4,88 \cdot 10^{-4}$	$6,17 \cdot 10^{-2}$	$3,29 \cdot 10^{-4}$

7. Simulazione 4 – Incendio di un mezzo pesante

7.1 Predisposizione del modello

La simulazione 4 ha lo scopo di studiare uno scenario di un incendio di un mezzo pesante (*HGV*) in una galleria stradale. Lo studio di questo scenario risulta fondamentale per un'analisi quantitativa del rischio dal momento che circa il 30% degli incendi in galleria ha come termine sorgente un mezzo pesante nonostante questi rappresentino solamente il 15% del volume di traffico totale in questa tipologia di infrastrutture [17].

7.1.2 Geometria della galleria

Per quanto concerne la modellazione, la geometria dell'infrastruttura è la medesima di quella riportata al capitolo 6 ma in questo caso, dopo aver visionato i risultati di una prima simulazione di tentativo si è optato per l'allungamento a 200 m del tunnel. Infatti, dopo un tempo nell'ordine dei 200 s la galleria lunga 100 m si è rivelata invasa dalla cortina di fumo prodotta e si è quindi ipotizzato che le dimensioni del dominio di calcolo potessero essere troppo ridotte in relazione all'input termico fornendo risultati poco significativi. L'allungamento ha comportato un aumento del costo computazionale della simulazione e un incremento maggiore sarebbe stato troppo oneroso in relazione alla potenza di calcolo disponibile. In seguito all'aumento della lunghezza del tunnel sono state aggiunte tre sezioni trasversali, oltre a quelle indicate alla Tabella 6.4, per la registrazione dei parametri di output: sezione 5 a 65 m dalla sorgente, sezione 6 a 85 m dalla sorgente e la sezione 7 al portale di ingresso della galleria (Figura 7.1).

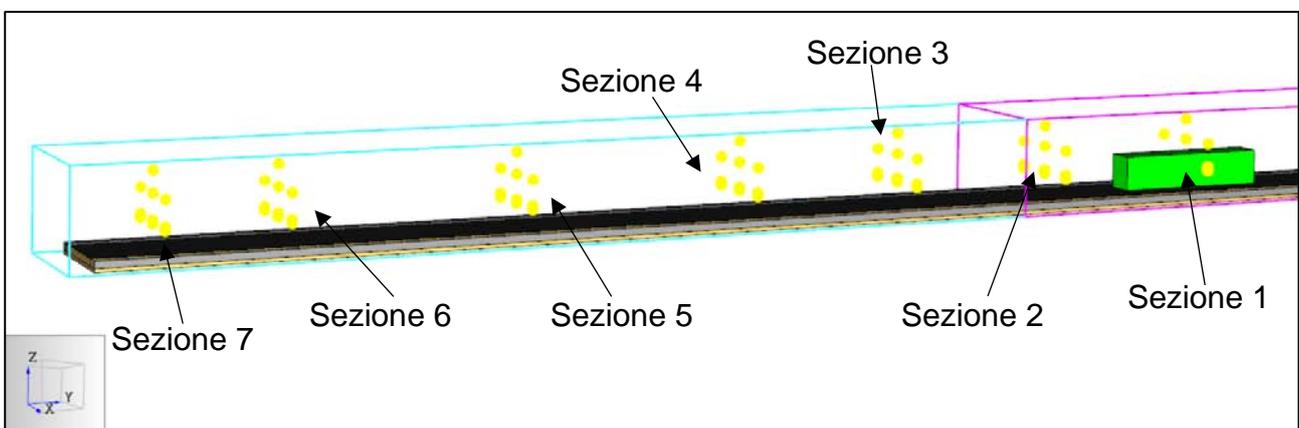


Figura 7.1: Suddivisioni con piani trasversali per l'implementazione delle sezioni di controllo.

Infine, nella geometria della galleria è stato necessario aprire degli *holes* (ovvero dei buchi sulla sommità della galleria) per insorgenza, circa a 800 secondi di instabilità numerica della

simulazione. Tali *holes* sono necessari al fine di permettere al solutore della pressione di non andare in instabilità numerica e portare al termine con successo la simulazione, inoltre, le dimensioni delle discontinuità sono abbastanza piccole da non modificare la validità dei dati ma abbastanza grandi da essere una soluzione al fenomeno dell'instabilità. Di Tale fenomeno si è trattato anche al Paragrafo 2.3.1 e rientra tra i problemi che possono generarsi in FDS in presenza di domini allungati ed è sostanzialmente da ricondursi modalità con le quali FDS risolve le equazioni differenziali alle derivate parziali (PDE).

7.1.2 Meshing

Per l'implementazione della maglia di celle elementari di calcolo si è adottato un approccio a celle di differenti dimensioni, adottato anche in precedenti simulazioni.

Per la zona della sorgente è stata prevista una mesh più fitta con celle di dimensioni 0,3 m, mentre nelle sezioni più distanti dalla sorgente le celle hanno dimensioni di 0,6 m.

7.1.3 Sorgente di incendio

Circa l'inserimento in FDS di un oggetto che simulasse un autoarticolato è stato creato un OBST delle dimensioni di 2,4 metri di larghezza, 3,0 metri di altezza e 13,5 metri di lunghezza. Tali dimensioni sono entro i limiti stabiliti dal codice della strada per un autoarticolato a 5 assi totali (2 della motrice e 3 del semirimorchio) e sono state desunte da annunci di vendita online di questa tipologia di mezzi. A questo oggetto è stato associato, similmente a quanto fatto per le precedenti simulazioni, un materiale con caratteristiche fisiche dedotte da quelle elementari dei materiali componenti un autoarticolato standard ponderate sulla frazione di massa del componente *i*-esimo rispetto alla massa totale del mezzo.

Per la modellazione del termine sorgente è stato considerato un autoarticolato con semirimorchio a tre assi avente massa totale di 40 ton (comprensiva del carico trasportato). Il carico è stato modellato con il materiale legno¹ per una massa di 15 tonnellate, mentre le restanti 25 tonnellate sono state attribuite alla motrice e al semirimorchio.

Per la parte chimica del termine sorgente è stato ancora una volta adottato un approccio *Complex Stoichiometry* considerando come massa partecipante all'incendio quella totale dell'autotreno detratta del carico e della massa delle componenti metalliche. La parte di massa partecipante all'incendio di materiale plastico è stata approssimata con la somma delle masse di 4 componenti plastiche: poliuretano, PVC, poliestere e polipropilene. Sono state quindi introdotte le rispettive reazioni di combustione in aria di queste quattro specie

¹ Wood – White Pine da SFPE Handbook of Fire Protection Engineering [15]

Simulazione 4 – Incendio di un mezzo pesante

plastiche e del legno con i relativi coefficienti stechiometrici. Come fatto per le precedenti simulazioni il termine sorgente è stato inserito in FDS con una superficie che emette un flusso di massa di combustibile calcolato con la [4.1]. Le Tabelle 7.1 e 7.2 mostrano quanto appena esposto.

Tabella 7.1: Composizione semplificata del mezzo pesante per modellazione termine sorgente.

Massa motrice + rimorchio [kg]	25000,00	62,50%	di cui	Acciaio [kg]	15750,00	39,40%
				Plastiche [kg]	9250,00	23,10%
Massa carico [kg]	15000,00	37,50%	di cui	Legno [kg]	15000,00	100%
Massa totale [kg]	40000,00	100,00%				
Massa che partecipa all'incendio	60,63%					

Tabella 7.2: Ripartizione della massa della matrice plastica per il calcolo del Mass Flux Value (flusso di massa del combustibile).

Percentuale massa i-esima specie		
	sulla matrice plastica	sulla massa totale
PP	43,50%	10,60%
PU	22,50%	5,20%
PE	18,50%	4,28%%
PVC	15,50%	3,58%
legno	-	37,50%
Calori di combustione [kJ/kg]		
PP	4340,00	
PU	2620,00	
PE	4120,00	
PVC	1640,00	
legno	19200,00	
HRR picco [kW]		
100000,00		
Area superficie sorgente [m²]		
127,08		

Mass flux value [kg/m² s]	
PP	0,018
PU	0,015
PE	0,008
PVC	0,017
legno	0,015

La parte termica della sorgente è stata modellata con una curva di rilascio termico, visibile alla Figura 7.8, con un andamento proporzionale al quadrato del tempo e con un picco di 100 MW a 13 minuti dall'innesco concordemente con quanto ricavato da prove sperimentali di *free burning* di mezzi pesanti [16] e alla *Linee Guida per la progettazione della sicurezza delle Gallerie Stradali secondo la normativa vigente* [13].

In altri termini è stata predisposta una curva che simula la fase di crescita o propagazione della curva HRR proposta dal Codice di Prevenzione Incendi al Capitolo M.2 – Scenari di incendio per la progettazione prestazionale e riportata alla Figura 7.2. Le caratteristiche essenziali della curva di rilascio termico sono riassunte nella Tabella 7.3.

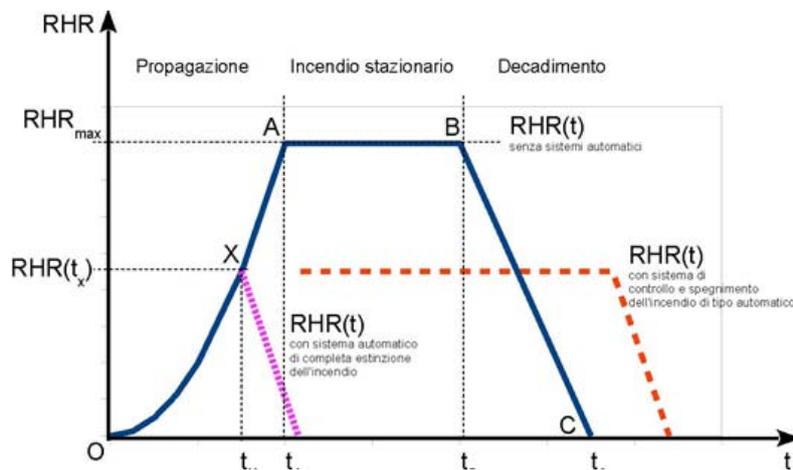


Figura 7.2: Curva di rilascio termico del Codice di Prevenzione Incendi

Tabella 7.3: Caratteristiche fondamentali della curva HRR di rilascio termico.

Andamento	Velocità caratteristica prevalente di crescita dell'incendio	t_{α}^2
$HRR(t) = 1000 \cdot (t/t_{\alpha})^2$	Ultra-rapida	75 s

² Tempo necessario affinché la potenza raggiunga il valore di 1000 kW

7.2 Analisi e discussione dei risultati

Nel presente Paragrafo verranno analizzati i dati di output delle sonde predisposte nel modello FDS sia in forma di grafici, ricavati da fogli di calcolo prodotti dal solutore, sia in forma di rappresentazioni grafiche.

Più nello specifico verranno analizzati i profili di temperatura nel tempo, il calore irraggiato dai gas caldi, la visibilità e la concentrazione delle specie chimiche prodotte dalla combustione.

7.2.1 Analisi delle temperature e della potenza rilasciata

Le temperature registrate in questo caso dalle termocoppie installate nelle 7 sezioni di controllo sono maggiori di quelle registrate nella Simulazione 3. Ciò era del tutto prevedibile e atteso essendo il carico di incendio, inteso come energia disponibile per la combustione espressa in kJ, e la potenza rilasciata, derivante dalla curva HRR impostata, molto maggiori rispetto alla simulazione dell'incendio di un autoveicolo. Poiché la resa termica del combustibile è la stessa, dal momento che i materiali coinvolti nella combustione sono gli stessi (eccetto per il legno) la differenza di temperature è da imputare alla maggiore massa e potenza in gioco.

La Figura 7.3 riporta i dati di temperatura suddivisi per distanza dalla sorgente:

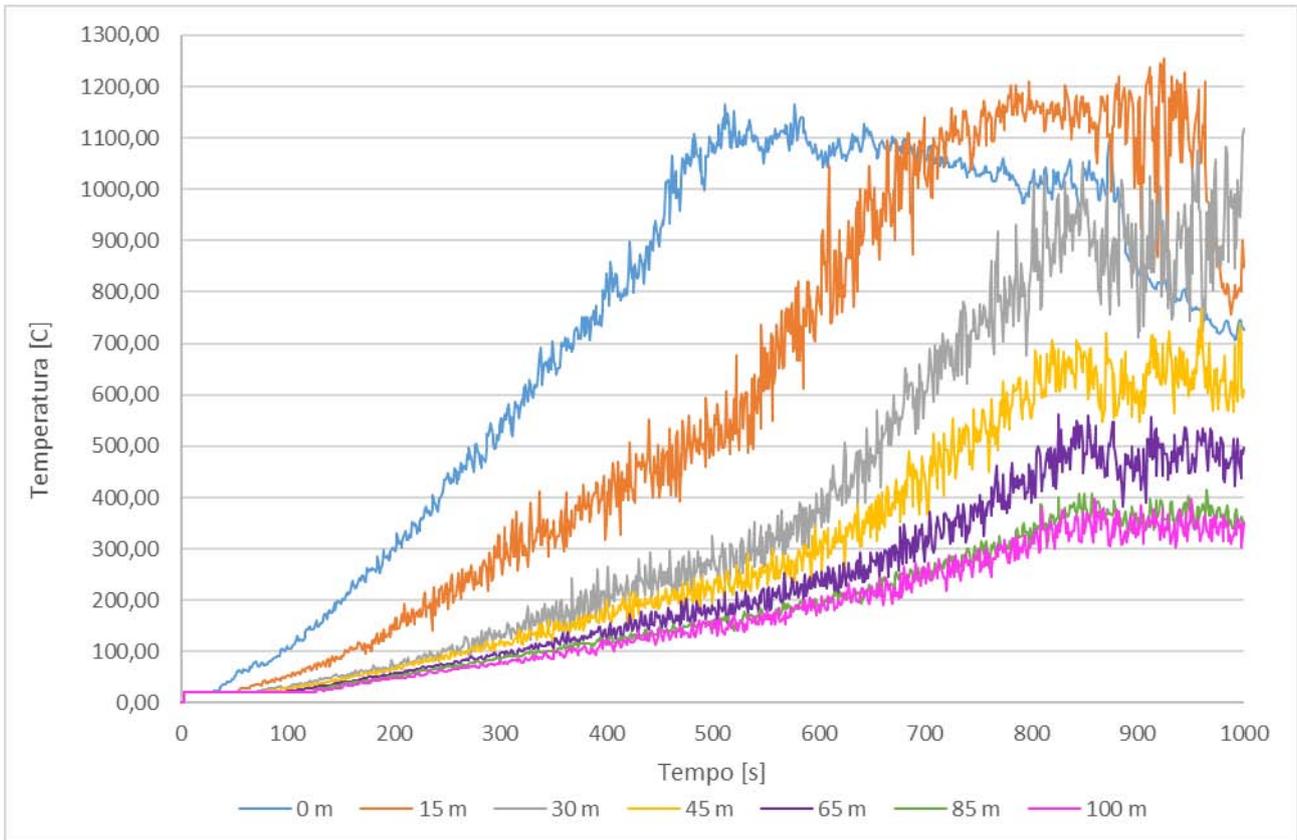


Figura 7.3: Temperature nelle sezioni di controllo del tunnel.

I picchi di temperatura raggiunti nella simulazione si hanno nelle due sezioni più prossime alla sorgente con valori massimi di circa 1200 °C dopo 500 secondi per la sezione 1 in corrispondenza della sorgente e dopo 800 secondi per la sezione 2 a 15 m dalla sorgente. A queste temperature, chiaramente incapacitanti per gli utenti della galleria, possono insorgere problemi di natura strutturale: il calcestruzzo esposto al fuoco, ad esempio, subisce il fenomeno dello *spalling*, dovuto all'aumento della pressione nei pori interstiziali dei materiali per surriscaldamento dell'acqua in essi contenuta e che consiste nell'espulsione del copriferro (parte di conglomerato tra il bordo esterno della sezione e la prima barra di armatura longitudinale) e nell'esposizione delle barre di armatura in acciaio (quindi molto sensibili all'aumento di temperatura) [19]. Ovviamente una sezione di calcestruzzo soggetta a ciò diviene gravemente compromessa sia per la riduzione della dimensioni della sezione, e quindi della capacità di resistenza alle sollecitazioni, sia per l'esposizione delle armature. Per la valutazione di tutti gli aspetti strutturali legati alla resistenza al fuoco può essere di fondamentale aiuto un output della simulazione nella forma presentata nella Figura 7.4 nella quale si vede la temperatura associata alle superfici di interfaccia che formano la galleria. In questo modo è possibile valutare puntualmente dove potrebbero insorgere problematiche correlate alla risposta meccanica degli elementi per esposizione ad elevate temperature derivanti dall'incendio.

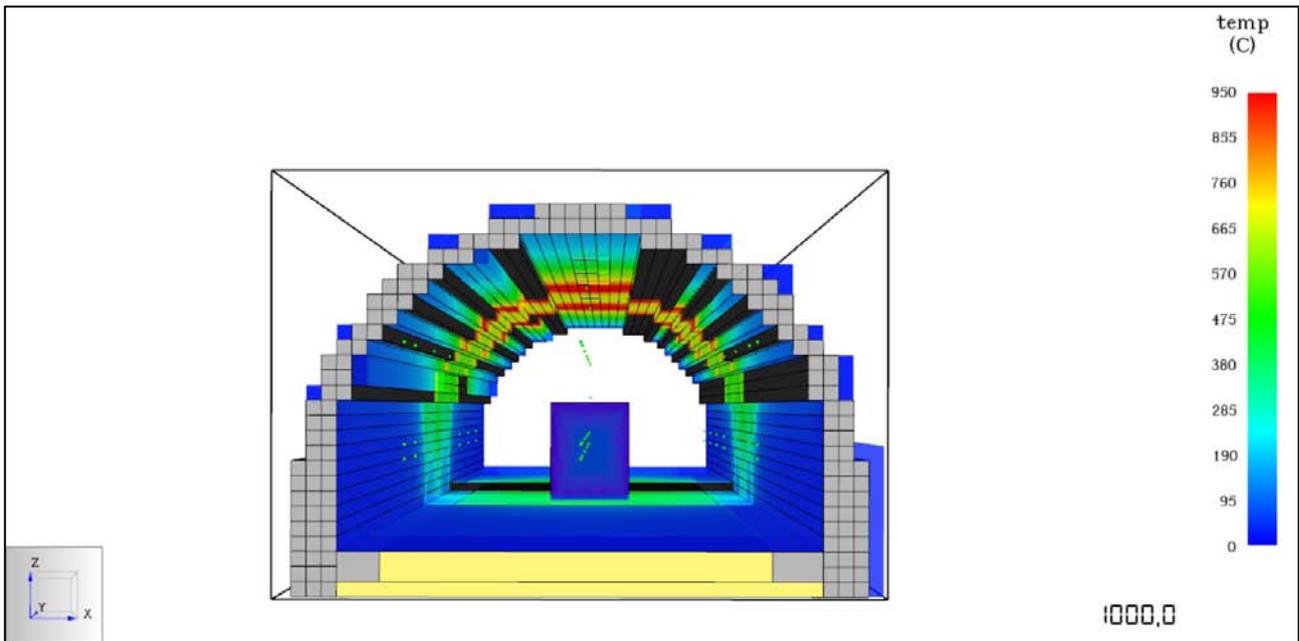


Figura 7.4: Temperatura degli elementi strutturali della galleria.

Le temperature si mantengono alte anche nelle sezioni terminali della galleria, tra i 65 m e i 100 m dalla sorgente, con valori che si attestano tra i 350°C e i 500°C.

La Figura 7.5 riporta un'animazione tratta dalla simulazione nella quale sono visibile le temperature, associate ad una scala di colori, in una sezione posta in corrispondenza della mezzeria della sede stradale:

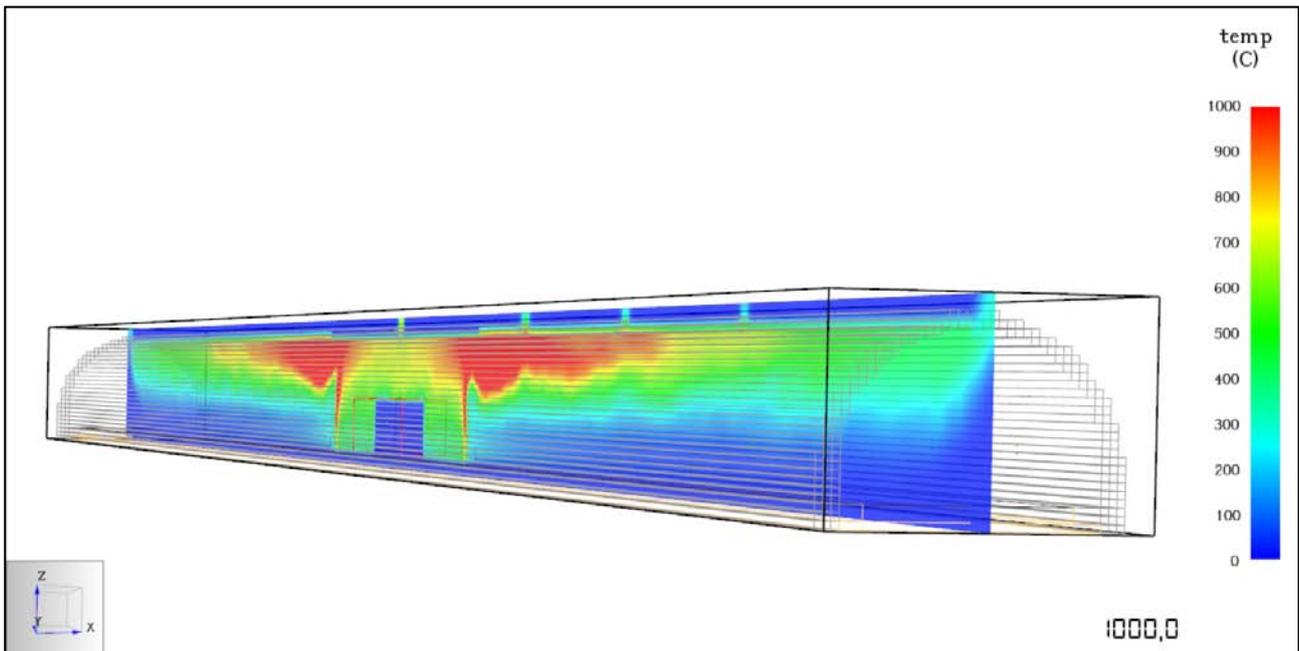


Figura 7.5: Temperature alla fine della simulazione associate ad una scala cromatica.

Al fine di determinare un tempo nel quale all'interno della galleria le temperature siano tali da generare condizioni incapacitanti e che non permettano agli occupanti di raggiungere un luogo sicuro in sicurezza si sono installate delle termocoppie ad una quota di 1,8 m dal piano stradale. I valori di tali device sono riportati alla Figura 7.6 e, per maggior chiarezza, alla Figura 7.7, nei quale è stato anche segnalato il valore soglia di 60°C riportato nel Codice di Prevenzione Incendi. Il minor valore di tempo nel quale la temperatura registrata dalle termocoppie eccede il valore limite è definito come ASET nei confronti della temperatura. In altre parole, una temperatura sugli occupanti maggiore di 60°C impedisce agli stessi di fuggire senza riportare lesioni e il tempo tra l'inizio dell'incendio e la creazione di queste condizioni è il tempo che gli occupanti hanno a disposizione per l'esodo.

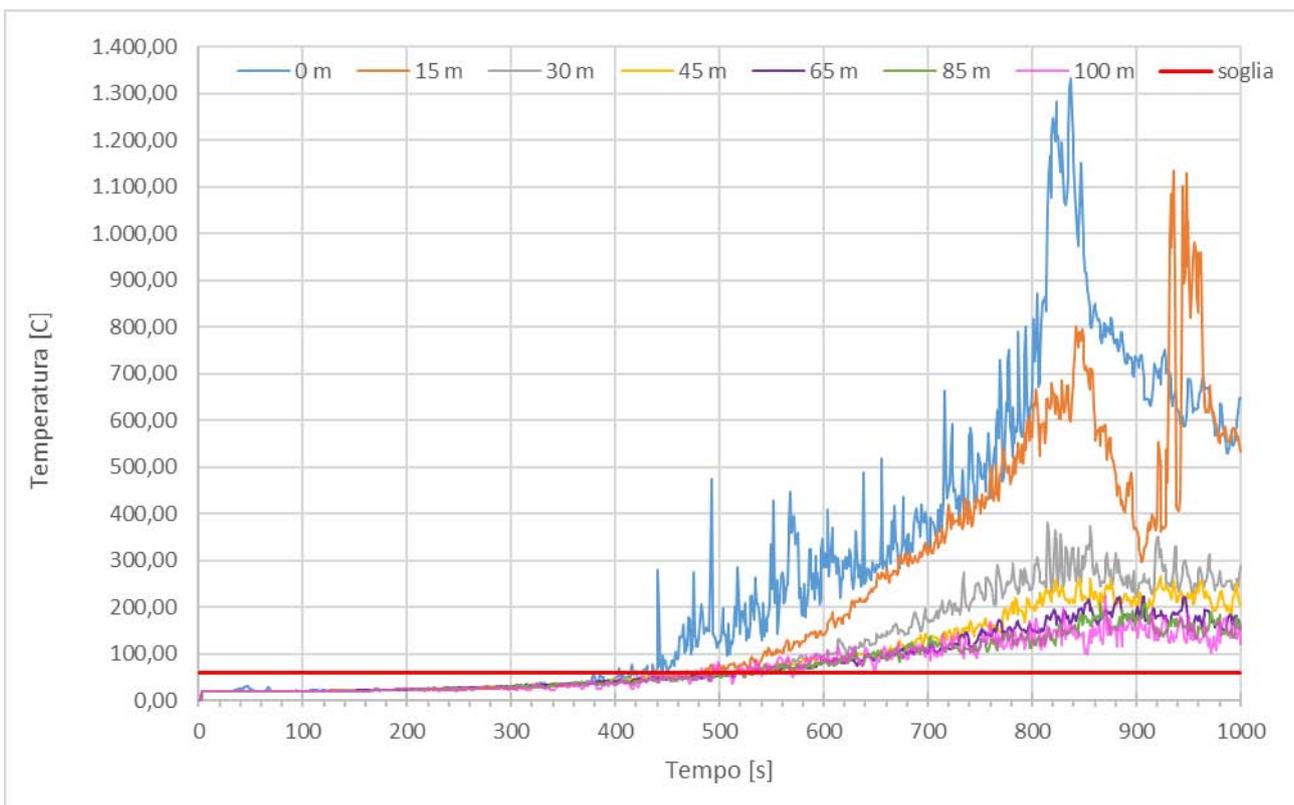


Figura 7.6: Temperature alla quota di 1,8 m dal piano stradale per il confronto con il valore di soglia importo dal Codice di Prevenzione Incendi.

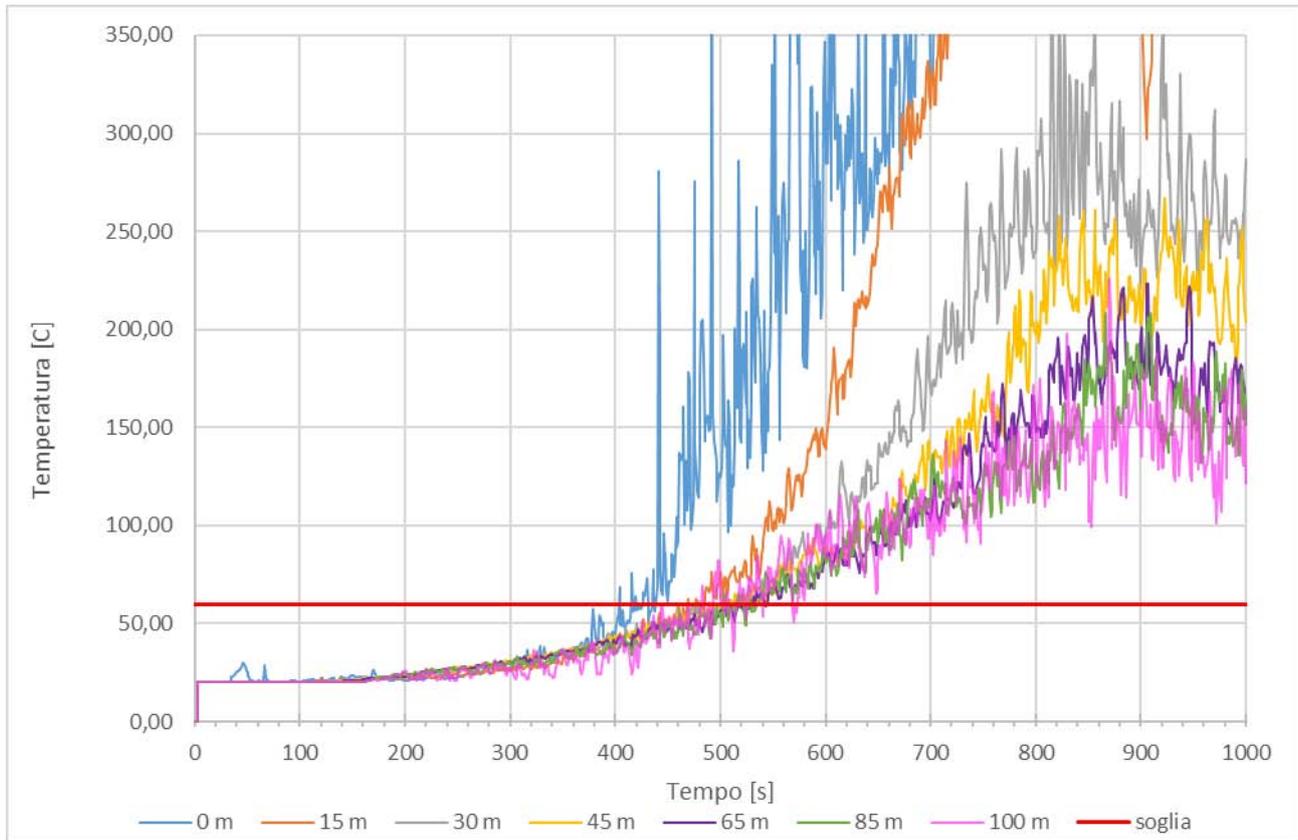


Figura 7.7: Temperature alla quota di 1,8 m dal piano stradale per il confronto con il valore di soglia importo dal Codice di Prevenzione Incendi (ingrandimento).

Il tempo al quale il valore di soglia viene superato è di circa 400 secondi per la sezione dove è predisposta la sorgente dell'incendio, di 480 secondi a 15 m dalla sezione 1 e di circa 500 secondi per le rimanenti sezioni di controllo poste a 30, 45, 65, 85 e 100 m dalla sorgente.

Considerando quindi che gli occupanti nei pressi della sorgente, se non incapacitati direttamente dall'incendio, possano scappare immediatamente, appena si accorgono dell'insorgere dell'incendio, il tempo disponibile per l'esodo (*ASET*) è di 480 s.

La Figura 7.8 riporta i profili di temperatura media nell'intero dominio di calcolo e fino ad una quota dal piano stradale di 1,80 m.

Similmente a quanto individuato dal grafico precedente si vede che il profilo di temperatura riferito per la zona di dominio fino a 1,80 m supera il valore di soglia intorno ai 500 secondi.

Il profilo inoltre presenta un chiaro andamento proporzionale al quadrato del tempo, in accordo con il profilo di crescita della potenza dell'incendio. Tale assunto indica l'esistenza di una correlazione tra andamento della temperatura e andamento della curva di rilascio termico HRR in un incendio.

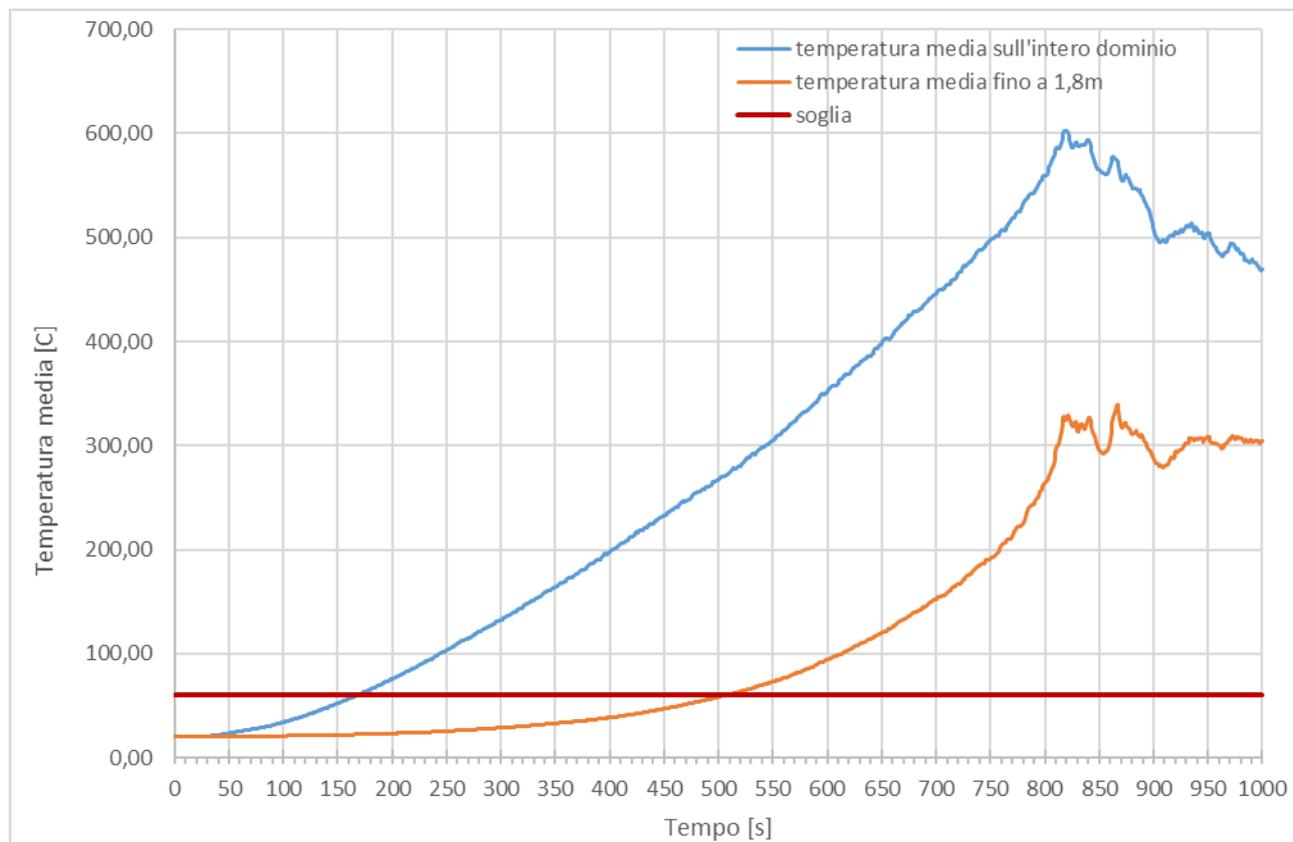


Figura 7.8: Profili di temperatura media nel dominio di calcolo e per una porzione del dominio di calcolo fino a 1,80 m.

Per il Modello del calore, come definito al capitolo M.3 del Codice di Prevenzione Incendi, oltre alla soglia sulla temperatura che insiste sugli occupanti è definito un valore di soglia sul calore generato da fenomeni di tipo radiativo dei fumi caldi in sommità o degli oggetti presenti che colpisce gli occupanti (quindi valutato ad una quota di 1,80m). Tale valore limite è impostato a 2,5 kW/m².

Inizialmente quindi si è valutata la generica potenza emessa dall'incendio, stimata dalla simulazione, e riportata nella Figura 7.9. Essa ha un picco pari a 225 MW con un andamento crescente nel tempo e proporzionale al quadrato del tempo, in accordo con i dati input nella preparazione della simulazione.

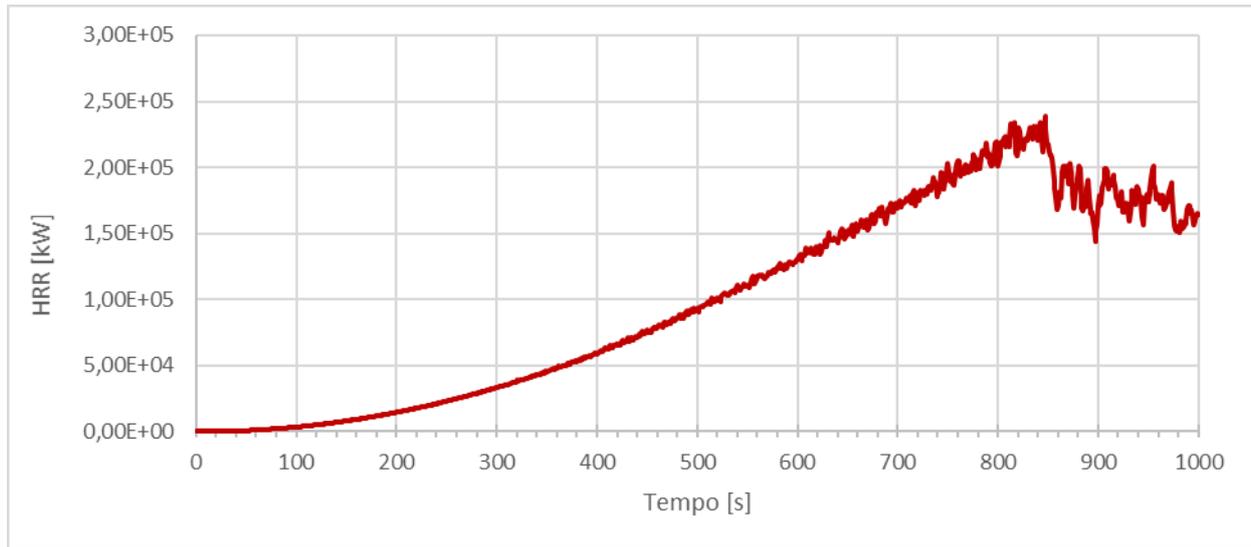


Figura 7.9: Potenza generata dall'incendio stimata da FDS.

La Figura 7.10 riporta l'andamento della potenza generata da fenomeni di tipo radiativo ad una quota di 1,80 m dal piano stradale e il valore di soglia di 2,5 kW/m². Tale valore è superato dopo 360 secondi per la sezione a in corrispondenza della sorgente, dopo 700 secondi per la sezione a 15 m dal mezzo pesante e a circa 100 secondi per la sezione a 30 m. Nelle altre sezioni di controllo predisposte nel modello il valore di soglia non viene superato.

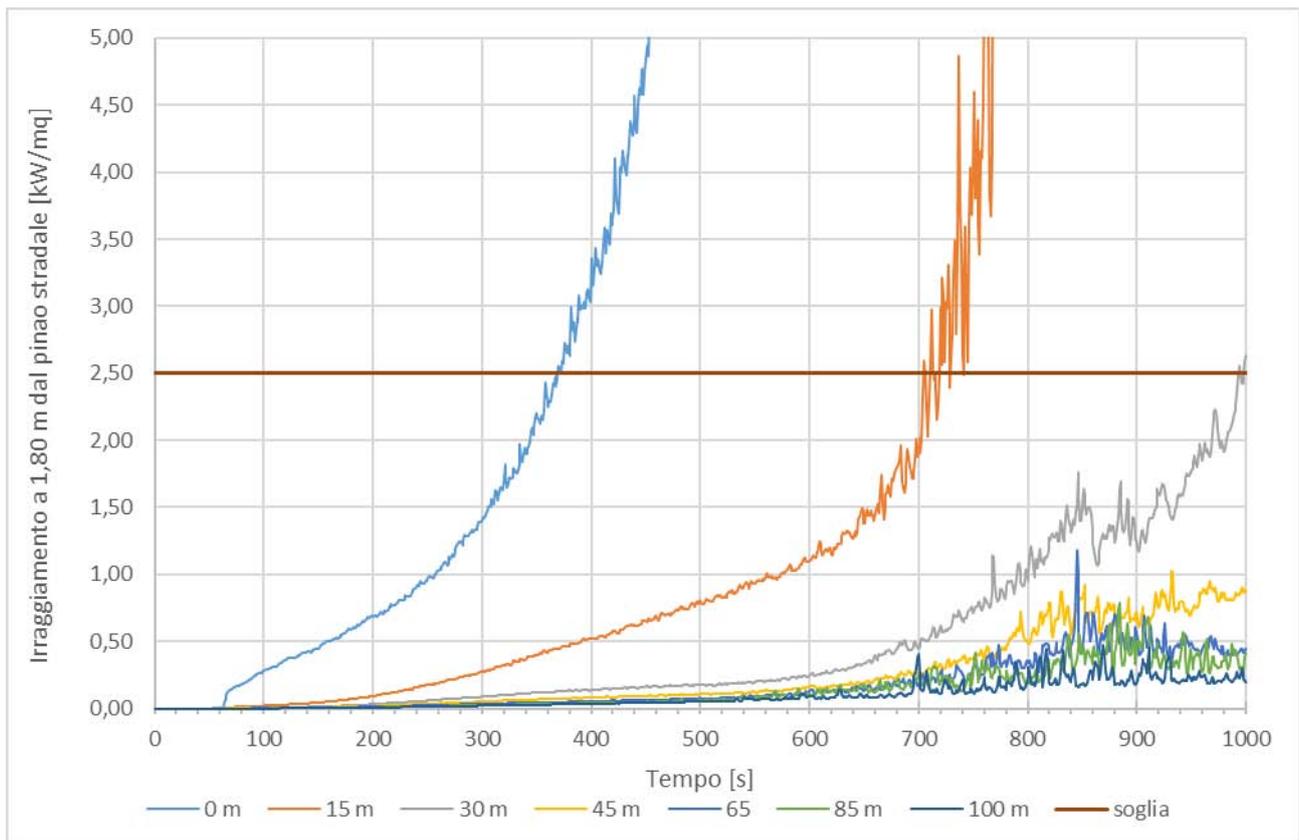


Figura 7.10: Irraggiamento a quota 1,80 m dal piano stradale.

7.2.2 Analisi della visibilità

Nella predisposizione della simulazione si sono inoltre installati dei *device*, ad una quota di 1,8 m dal piano stradale, per la stima della visibilità all'interno della galleria in funzione del tempo. Una prima valutazione può essere effettuata a partire dall'animazione che l'interfaccia grafica del programma *Smokeview* elabora a partire dai file elaborati da FDS a partire dal file sorgente. A questo proposito le Figure 7.11 e 7.12 mostrano l'evoluzione della cortina di fumi nella galleria a due minuti circa (tempo nel quale la cortina raggiunge il portale di ingresso, ma si mantiene a ridosso della volta) e alla fine della simulazione.

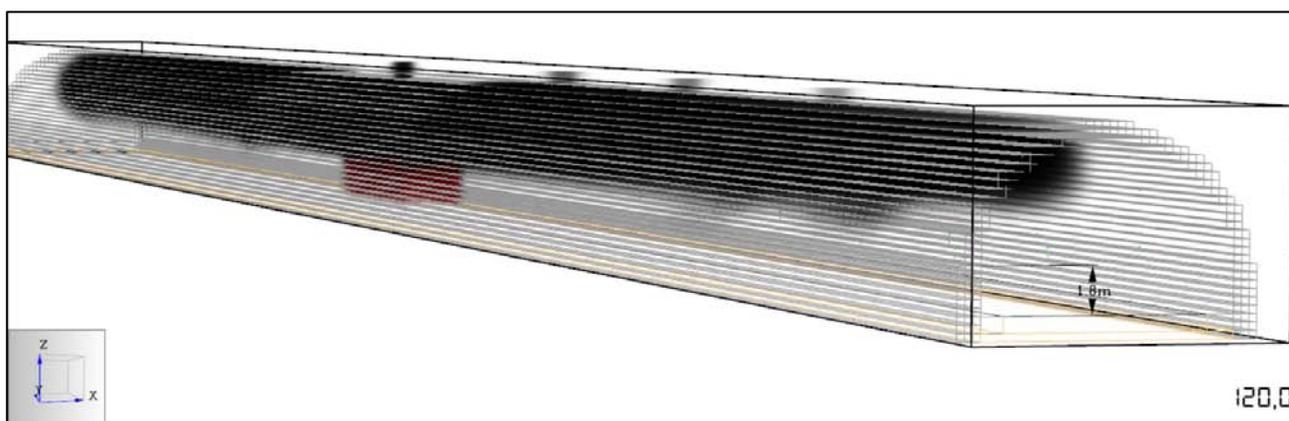


Figura 7.11: Stratificazione dei fumi a due minuti dall'innesco della sorgente.

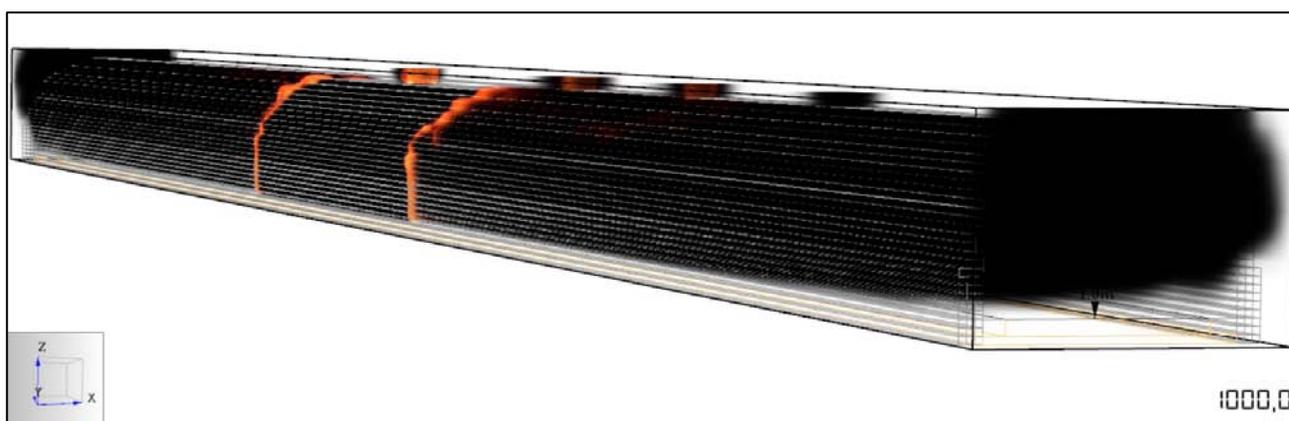


Figura 7.12: Stratificazione dei fumi alla fine della simulazione.

È evidente che a 13 minuti dall'innesco della sorgente la visibilità all'interno del tunnel per tutti i 100 m che separano la sorgente dal portale di ingresso è praticamente nulla, comportando evidenti problemi sia all'esodo degli occupanti, sia all'intervento di squadre di soccorso o antincendio. Tali assunzioni sono confermate dal Figura 7.13 che riporta in ordinata la visibilità espressa in metri e in ascissa il tempo per i device installati ad un'altezza dal piano stradale pari a 1,80 m. Ad ogni curva è associata una sezione di controllo la cui distanza dalla sorgente è indicata nella simulazione

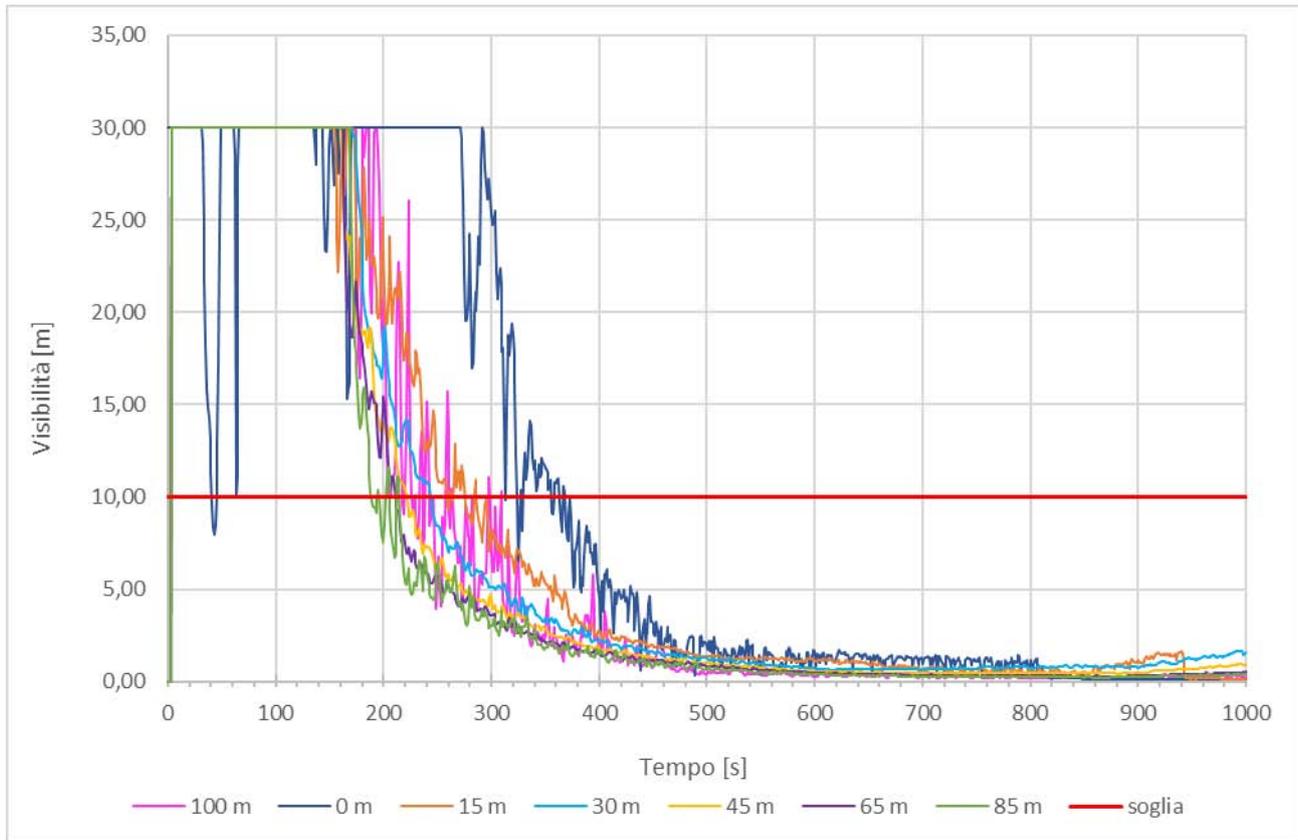


Figura 7.13: Visibilità in funzione della sezione e del tempo trascorso dall'inizio della simulazione.

Dal grafico riportato si vede come dopo circa 200 s la visibilità tenda molto rapidamente a diminuire per raggiungere valori prossimi allo zero intorno ai 500 s. Se si considera una soglia di visibilità per un esodo autonomo degli occupanti di 10,0 m, come riportato alla tabella M.3-2 del Codice di Prevenzione Incendi, questa viene superata intorno ai 200 s (considerando il valore minore a favore di sicurezza), il tempo disponibile per l'esodo (*ASET*) in relazione alla visibilità sarebbe quindi 200 s.

La Figura 7.14 riporta un profilo di visibilità media per una porzione del dominio che si estende dal piano stradale, parallelamente ad esso, ad una quota di 1,80 m. Da tale profilo si può notare che il limite inferiore di 10 metri è superato dopo 380s. Tale valore risulta superiore al precedente poiché ottenuto con una media dei valori di visibilità in tutte le sezioni. Tuttavia, il valore di *ASET* ricavato mediante un approccio a sezione più penalizzata dal punto di vista dell'oscuramento della visibilità (pari a 200 s) può risultare maggiormente a favore di sicurezza.

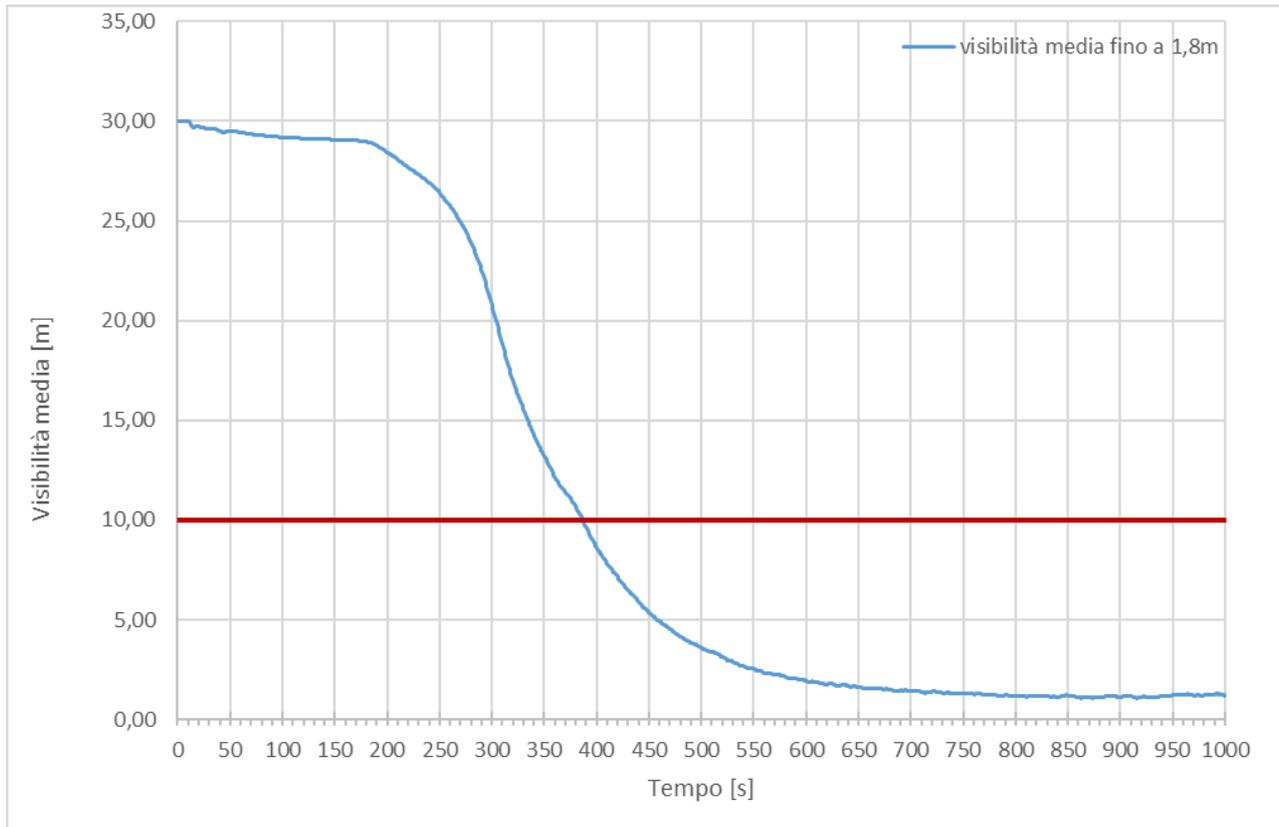


Figura 7.14: Visibilità media fino a una quota di 1,80 m.

7.2.3 Analisi delle specie chimiche per il Modello dei Gas Tossici

Nel modello FDS sono state installate delle sonde per la misura della FED nelle sette sezioni di controllo lungo l'asse della galleria. I risultati, in funzione del tempo, di tale misura sono riportati nella Figura 7.15 insieme al valore di soglia, fissato dal Codice di Prevenzione Incendi e pari a 0,1.

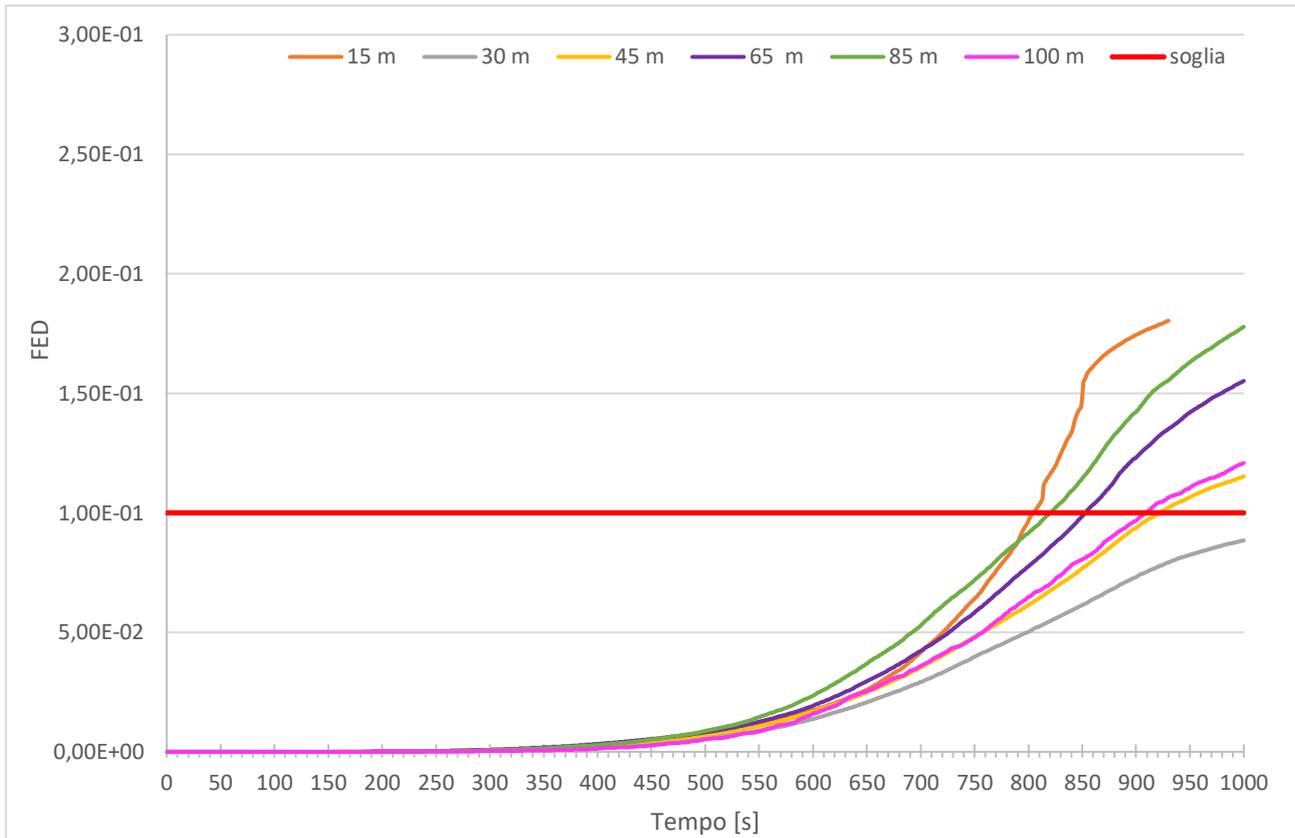


Figura 7.15: Valori di FED nelle sezioni di controllo della galleria.

I valori di FED delle sezioni a 0 m e 15 m dalla sorgente sono molto più elevati rispetto a quelli nelle altre sezioni (con picchi maggiori di due ordini di grandezza rispetto alle altre sezioni). Per questa ragione nel grafico in Figura 7.15 non viene riportato il valore di FED della sezione 1, a 0 m, dalla sorgente e quello della sezione a 15 m dalla sorgente viene interrotto prima che presenti un andamento asintotico verticale.

Più nello specifico i valori di picco di FED in queste due sezioni sono di 70 per la sezioni in corrispondenza della sorgente e 20 per la sezione a 15 m.

Il valore di ASET in relazione ai gas tossici è quindi di 800 secondi, a tale valore infatti corrisponde il primo superamento del valore di soglia di 0,1, che avviene nella sezione 2, a 15 m dalla sorgente.

20 secondi dopo il primo superamento anche a 85 m dal focolaio il valore di FED supera il valore di riferimento per il Modello dei gas tossici.

Nello specifico, l'analisi delle concentrazioni delle specie chimiche di interesse quali anidride carbonica, monossido di carbonio, soot e acido cloridrico hanno portato alla predisposizione dei grafici riportate alle figure 7.16 e 7.17.

Capitolo VII

In tali grafici l'andamento dei profili di concentrazione tende a convergere verso un valore costante dopo i 900 secondi. Questa caratteristica potrebbe essere correlata al profilo di flusso massivo di combustibile che è stato impostato, proporzionale alla curva HRR con sviluppo proporzionale al quadrato del tempo. Il profilo di *mass flux* infatti, dopo aver raggiunto il picco, rimane costante fino al termine della simulazione.

Diversamente non è di facile individuazione la motivazione per la quale i grafici presentano un forte incremento di concentrazione tra gli 800 s e i 900 s.

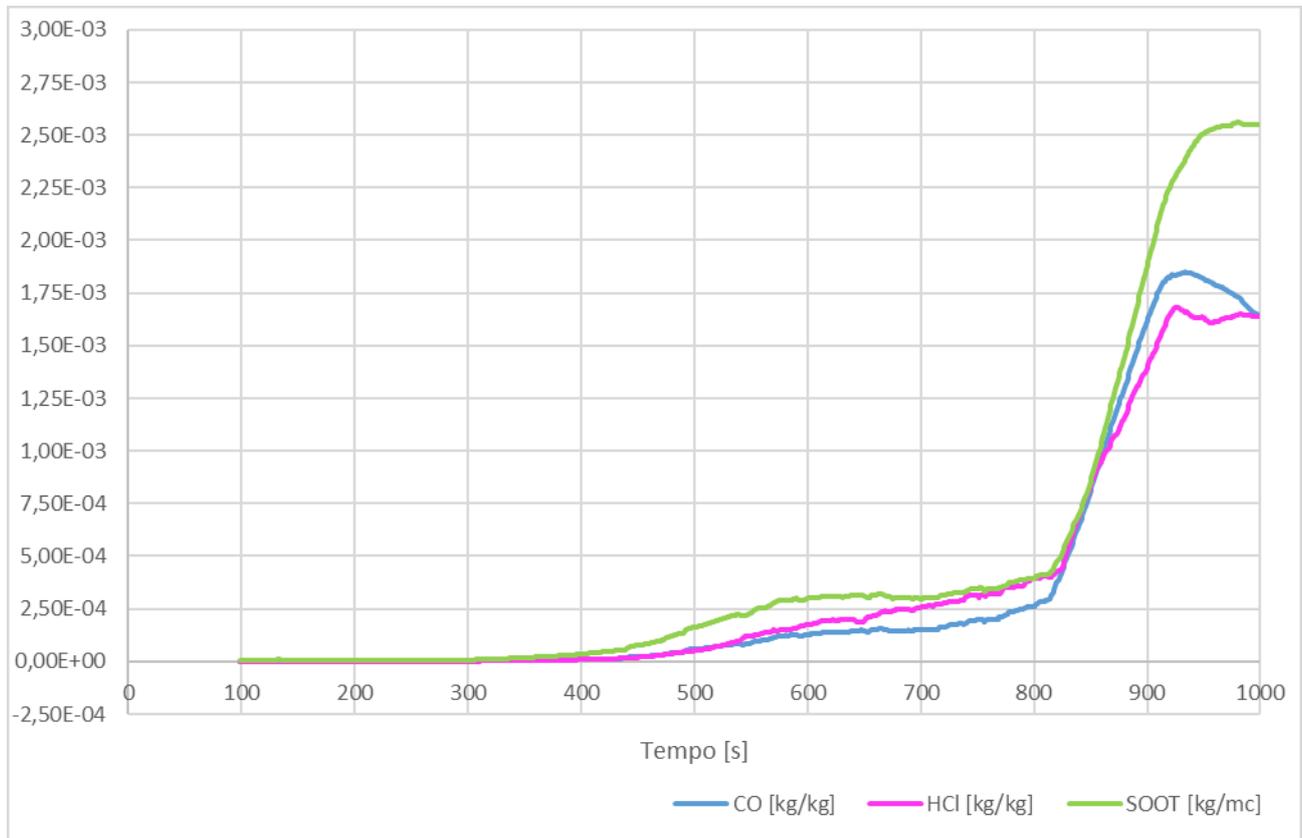


Figura 7.16: Concentrazioni medie nel dominio di calcolo delle specie chimiche di interesse.

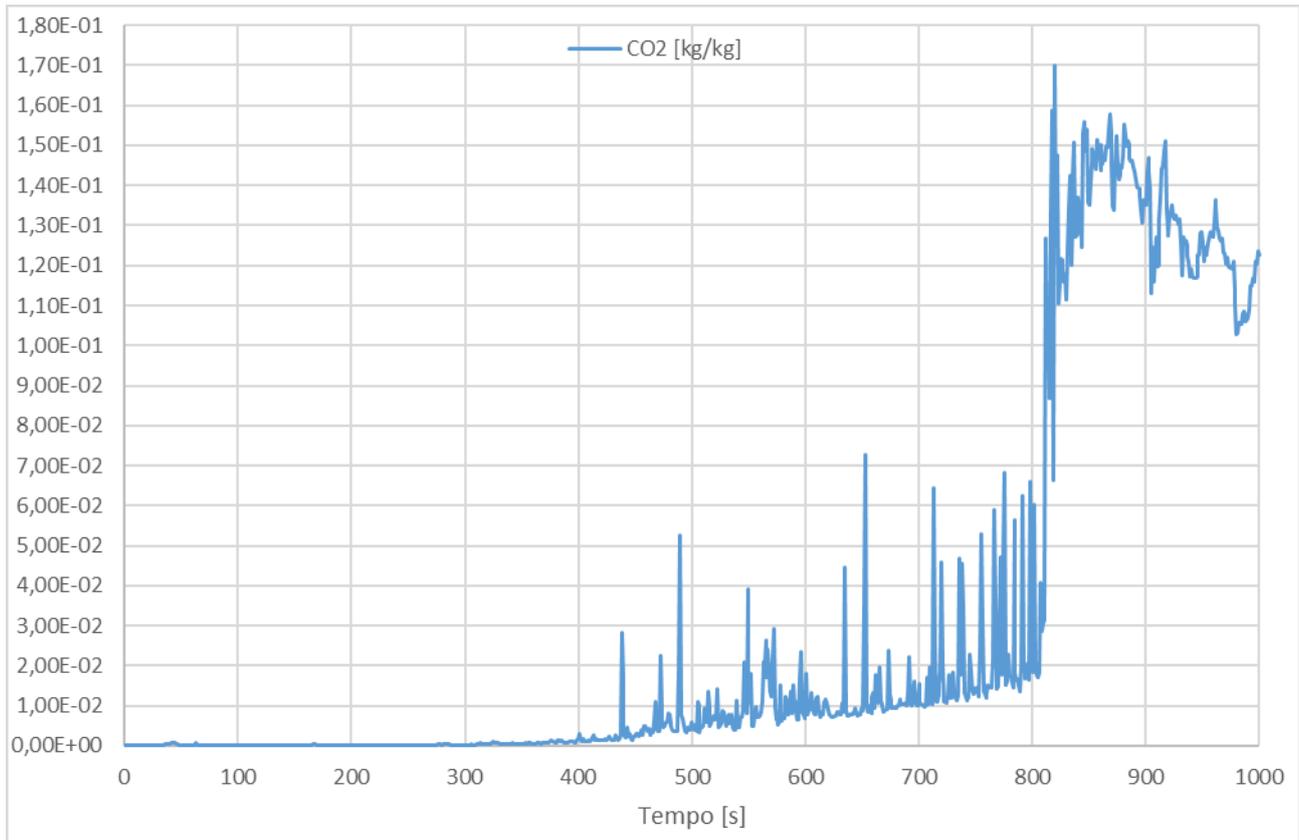


Figura 7.17: Concentrazione media nel dominio di calcolo del diossido di carbonio.

Confrontando i valori di concentrazione di CO e HCl e confrontandoli con i valori di concentrazione LC50 proposti dalla norma ISO 13344 si vede che:

- La concentrazione massima del monossido di carbonio, pari a 2250 ppm, è inferiore alla concentrazione LC50 = 5000 ppm;
- La concentrazione massima dell'acido cloridrico, pari a 2000 ppm, è inferiore alla concentrazione LC50 = 3800 ppm. Tuttavia, considerando un coefficiente correttivo per l'incertezza della determinazione della LC50 pari a 0,5, come consigliato anche dalla norma ISO 13344, la concentrazione media presente all'interno della galleria è maggiore della soglia proposta.

Questo tipo di ragionamenti però, sono indipendenti da quelli per l'individuazione del *ASET*, infatti, le considerazioni sulle specie chimiche tossiche sono fatte durante il calcolo della *FED* per il Modello dei Gas Tossici.

Inoltre, dal Grafico 7.9 si vede che la concentrazione di picco della CO₂ è pari al 15% e quindi potrebbe indurre iperventilazione negli occupanti esponendoli a maggiori dosi inalate dei gas. Tale aspetto è comunque preso in considerazione durante il calcolo della *FED* da parte dei *devices* predisposti nel modello.

8.Simulazione 5 – Incendio domino con autovetture

8.1 Setup del modello e impostazione dei parametri

Nella Simulazione 5 sono stati analizzati gli effetti di uno scenario di incendio a catena con quattro autoveicoli coinvolti

8.1.1 Geometria della galleria

Il modello di tunnel si è optato per l'utilizzo dello stesso modello della Simulazione 4 – Incendio di un veicolo pesante, ovvero quello con una lunghezza pari a 200 m.

8.1.2 Meshing

È riproposto il medesimo schema delle simulazioni precedenti: mesh più fitta nei pressi della sorgente, con maglie della dimensione di 0,30 m e una mesh più ampia per le sezioni più distanti dalla sorgente con maglie della dimensione di 0,60 m.

8.1.3 Sorgente di incendio

Il modello di auto utilizzato per la simulazione coincide con quello della Simulazione 3 – Incendio di un'autovettura.

In questa simulazione le 4 auto sono state disposte in due carreggiate (Figura 8.1) e come riferimento per la modellazione dell'ignizione delle auto oltre a quella rappresentante la sorgente iniziale è stato preso a riferimento la Regola Tecnica Verticale V.6 *Autorimesse* (D.M. 15/05/2020): le auto adiacenti a quella sorgente (auto 2 e 3) si innescano dopo circa 12 minuti dall'innescio dell'incendio e quella che non ha nessuna faccia esposta all'incendio generato dalla prima auto (auto 4) si innesca dopo 24 minuti.

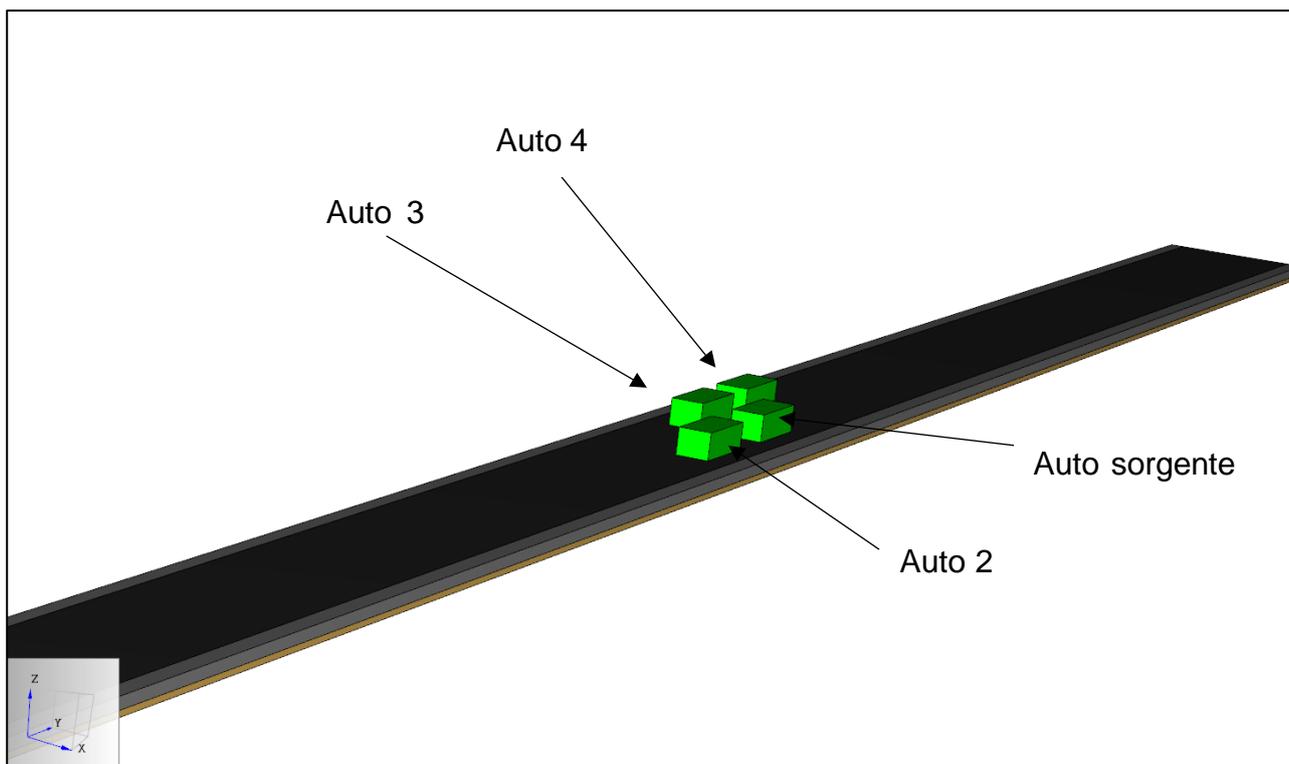


Figura 8.1: Disposizione delle automobili per lo scenario di incendio domino.

Al fine di implementare in FDS uno scenario di incendio a catena, alle superfici alle quali è associato un *mass flux* di combustibile sono applicati dei device che hanno la funzione di attivare tali superfici (e quindi il rilascio di combustibile) in un istante di tempo impostato dall'utente, 12 e 24 minuti in questo caso.

In questo modo quando il tempo della simulazione giunge al valore predefinito le auto vengono innescate immediatamente in tutto il loro volume e nello stesso istante. Ciò è evidentemente un'approssimazione del fenomeno reale che prevederebbe che l'innescò sia localizzato in un punto della vettura per poi coinvolgere l'intero veicolo, ma tale approssimazione è necessaria per la modellazione in FDS dello scenario.

In questo caso il tempo di simulazione è stato impostato a 1800 secondi e, così facendo, l'automobile sorgente e le due che si innescano dopo 12 minuti hanno il tempo di raggiungere il picco nella loro curva di rilascio termico, raggiunto a circa 800 secondi dall'istante dell'accensione, mentre la terza auto, innescandosi a 1440 secondi non ha il tempo di raggiungere il proprio picco. Ancora una volta alla base di questa scelta c'è l'onere computazionale di un aumento ulteriore del tempo di simulazione.

8.2 Analisi e discussione dei risultati

Nel presente Paragrafo verranno analizzati i dati di output delle sonde predisposte nel modello FDS sia in forma di grafici, ricavati da fogli di calcolo prodotti dal solutore, sia in forma di rappresentazioni grafiche.

Più nello specifico verranno analizzati i profili di temperatura nel tempo, il calore irraggiato dai gas caldi, la visibilità e la concentrazione delle specie chimiche prodotte dalla combustione.

8.2.1 Analisi delle temperature e della potenza rilasciata

I profili termici registrati nelle sette sezioni di controllo del tunnel, riportate nella Figura 8.2.

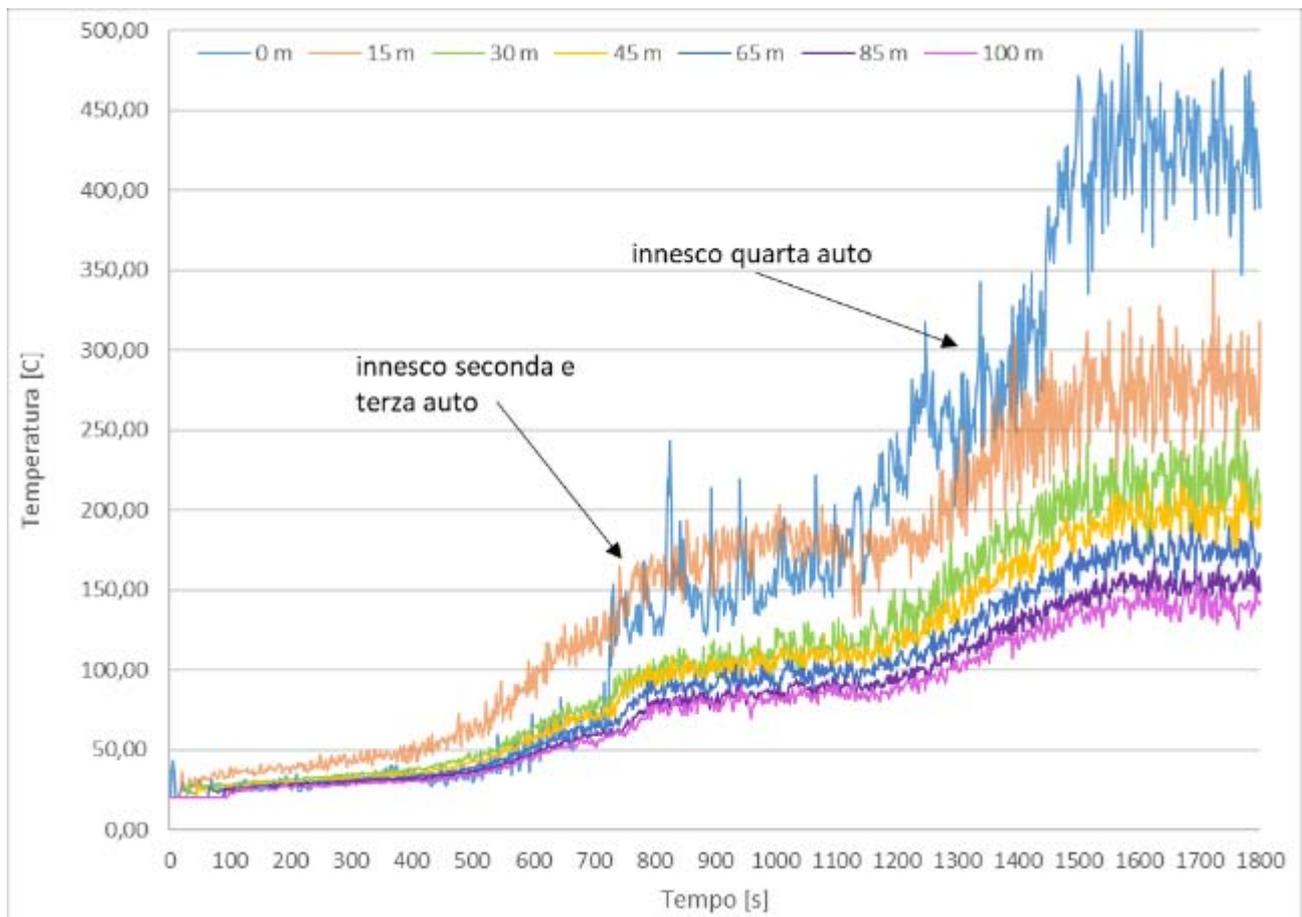


Figura 8.2: Temperature nelle sezioni di controllo del tunnel.

Nella figura 8.2 inoltre è indicata la sequenza di accensione delle diverse automobili. L'andamento delle temperature, soprattutto nella sezione 1 (in prossimità della sorgente) mostra chiaramente gli istanti in cui le auto 2 e 3, in un primo momento, e successivamente l'auto 4 vengono innescate. Tale andamento è visibile anche nelle altre sezioni seppur meno marcatamente allontanandosi dalla sorgente.

Quantitativamente, le maggiori temperature sono registrate al termine della simulazione (30 minuti) ed hanno valori variabili in un intervallo compreso tra 400°C e 450°C per la sezione in corrispondenza del focolare, intorno ai 275°C a 15 metri dalla sorgente, di 225°C a 30,0 m, di 200°C a 45,0 m e tra 175°C e 125°C per le ultime tre sezioni poste a 65,0 m, 85,0 m e 100,0 m.

Va specificato che andando a confrontare questi dati con quelli ottenuti nel caso di una singola macchina, nel caso della sezione in corrispondenza della sorgente si ottiene un risultato che potrebbe sembrare inatteso: le temperature raggiunte alla sezione 1 per la Simulazione 3 sono maggiori di quelle ottenute in questa simulazione. Questo andamento è però del tutto plausibile, come già esposto nel paragrafo 6.2.1, se si considera il posizionamento relativo sorgente – termocoppia: in questa simulazione infatti non sono presenti termocoppie poste direttamente sopra la sorgente, i dati da esse rilevati quindi sono influenzati dal contatto diretto con le fiamme prodotte dalla sorgente e perciò si attestano in valori inferiori. Questo è confermato anche dall'andamento delle temperature nelle altre sezioni che sono maggiori, come è logico aspettarsi, nel caso della Simulazione 5 rispetto alla Simulazione 3.

La Figura 8.3 riporta le temperature su un piano perpendicolare all'asse stradale e posto sulla mezzzeria dello stesso al termine della simulazione:

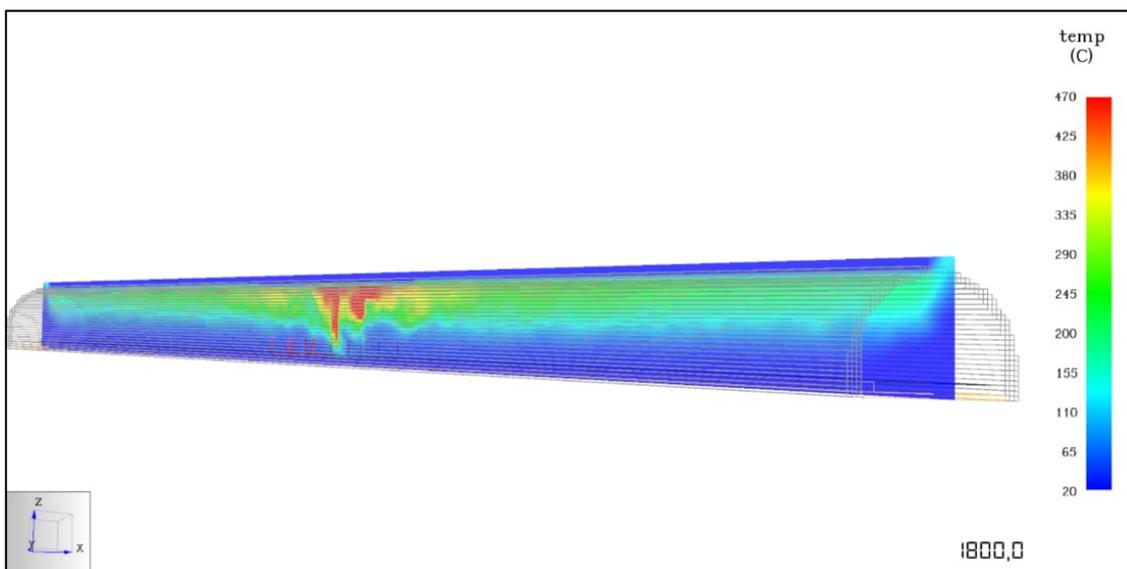


Figura 8.3: Temperature al termine della simulazione associate ad una scala cromatica.

Si analizzano ora le temperature registrate dalle termocoppie poste a 1,80 m dal piano stradale al fine di confrontarle con il valore soglia, proposto per il Modello del calore, di 60°C che rappresenta il valore limite di temperatura che insiste sugli occupanti per permettere agli stessi un esodo in sicurezza. A tal proposito la Figura 8.4 mostra l'andamento delle

temperature. Nel Grafico i profili sono trattati con un approccio a media mobile per migliorare la leggibilità.

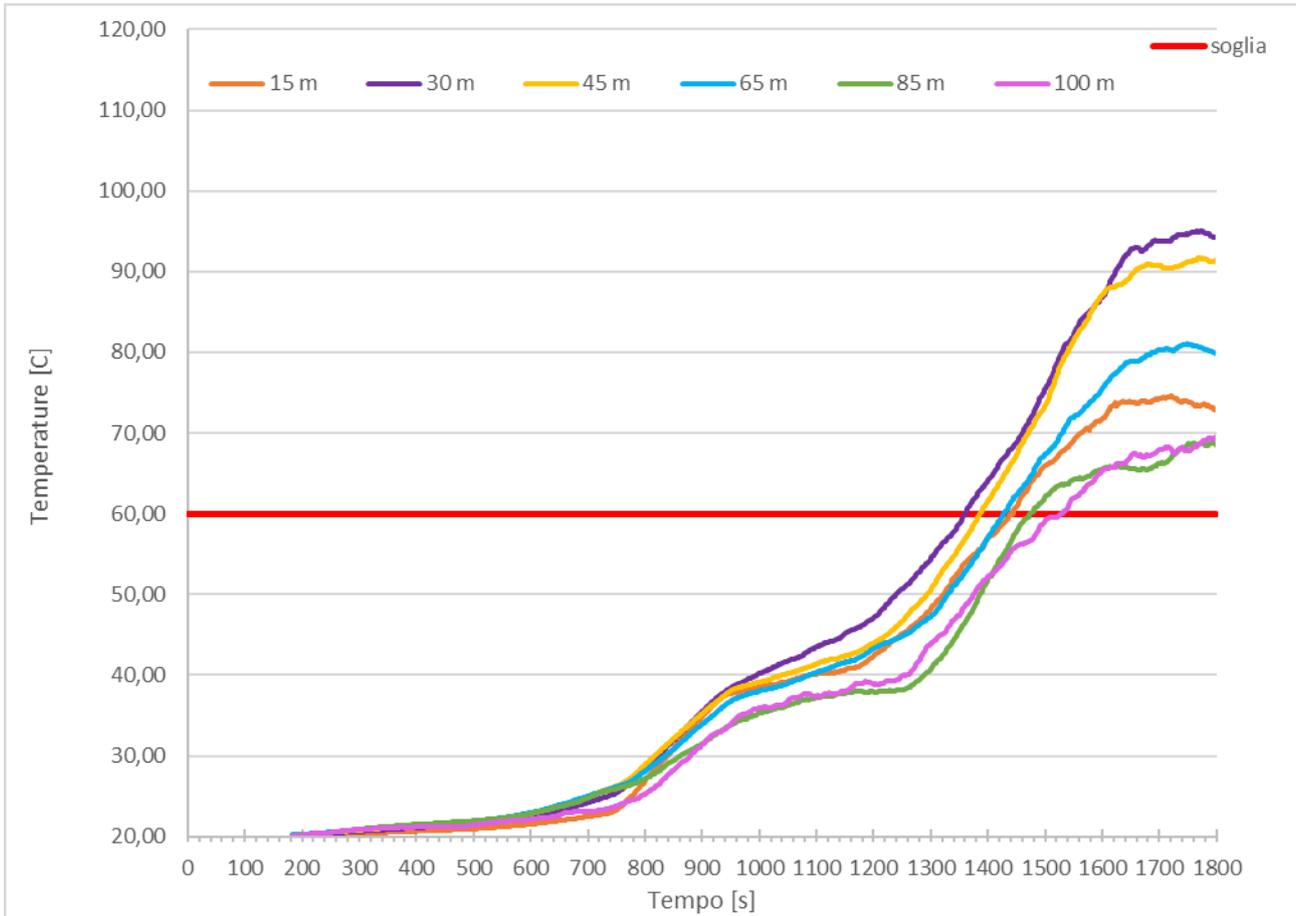


Figura 8.4: Temperature alla quota di 1,8 m dal piano stradale per il confronto con il valore di soglia importo dal Codice di Prevenzione Incendi.

Il valore di soglia è superato attorno ai 1260 secondi per la sezione a 30 m dalla sorgente, successivamente dopo 60 secondi anche nella sezione a 45 metri viene superato il valore di soglia. Dopo 1350 secondi dall'innescò della prima auto nella sezione a 65 m la temperatura supera i 60°C, infine a 1450 anche nelle sezioni a 85 e 100 vengono a crearsi condizioni incapacitanti per l'esodo.

Secondo un approccio a favore di sicurezza il tempo disponibile per l'esodo degli occupanti, nei confronti del Modello del calore, è quello minore tra tutte le sezioni ed è quindi pari a 1260 secondi.

Nella Figura 8.5 è riportata una superficie che unisce tutti i punti del dominio caratterizzati da una temperatura pari a 60°C.

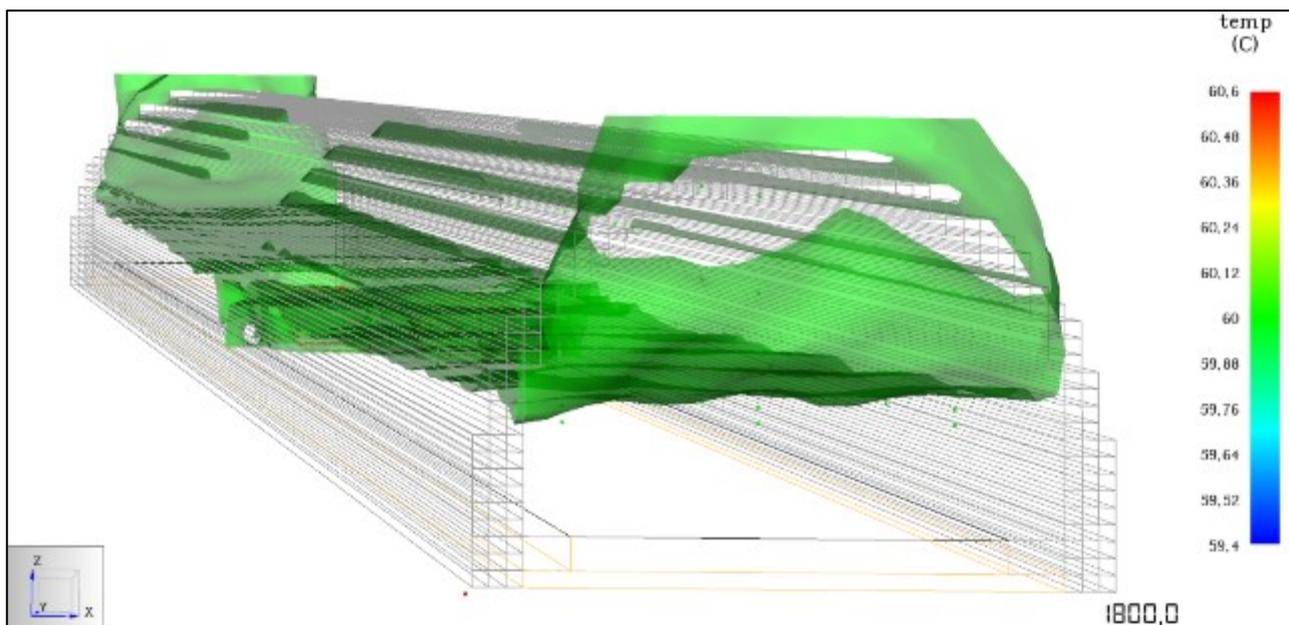


Figura 8.5: Isosuperficie (superficie caratterizzata da punti con uguali valori di temperatura) con $T=60^{\circ}\text{C}$.

La potenza totale prodotta dall'incendio stimata dalla simulazione, somma di contributi di tipo convettivo, radiativo e conduttivo, ha un picco di 35 MW ad un tempo di 1600 secondi, come riportato dalla Figura 8.6.

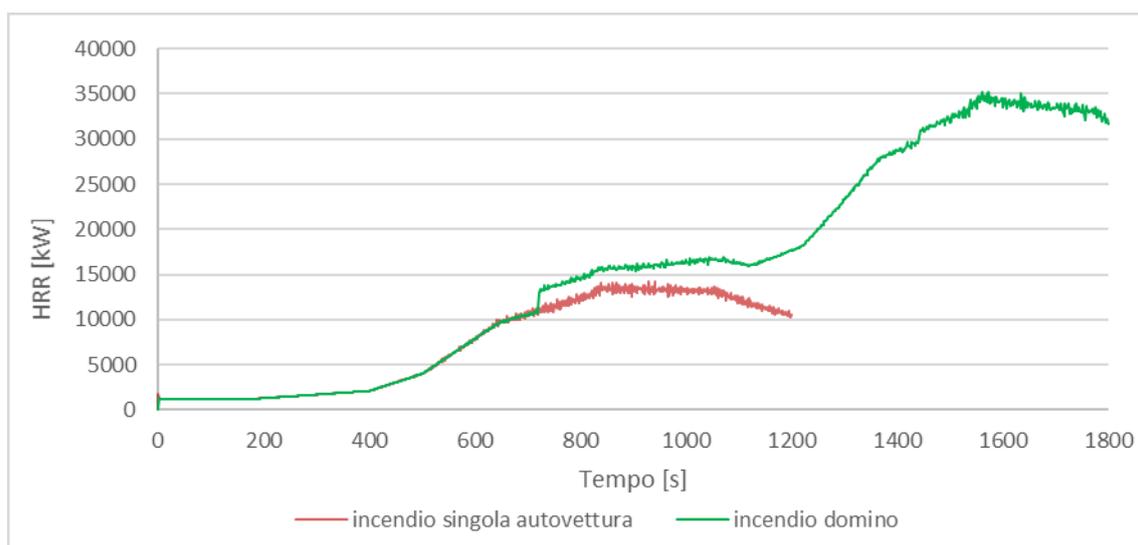


Figura 8.6: HRR stimato dalla simulazione per l'incendio domino e quello di una singola autovettura ripreso da precedenti simulazioni.

Nella Figura 8.6 viene anche riportata la curva HRR stimata dal software nel caso dei incendio di un singolo autoveicolo, ripresa dalla Simulazione 3 – Incendio di un'autovettura. Le due curve hanno il medesimo andamento fino all'innesco della seconda auto, dopo quell'istante infatti, la curva HRR dell'incendio domino continua a crescere fino al proprio valore di picco, mentre la curva nel caso della singola macchina raggiunge il proprio picco e (minore di circa il 40%) e inizia il tratto decrescente.

Bisogna ricordare che la Simulazione 3 – Incendio di un'autovettura è stata eseguita per un tempo pari a 1200s, quindi, come mostrato anche nella Figura 8.6, la curva HRR si interrompe a tale valore di tempo.

Si è quindi proceduto alla valutazione del calore che insiste sugli occupanti e derivante da fenomeni di tipo radiativo tramite sonde poste a 1,8 m dal piano stradale e, confrontando questo valore con il limite di soglia proposto dal Codice di Prevenzione Incendi, pari a 2,5 kW/m², si è individuato l'istante nel quale vengono a delinearsi condizioni che non permettono agli occupanti della galleria di attuare un esodo sicuro. Come riportato nella Figura 8.7 il valore di picco dell'irraggiamento alla quota di 1,80 m è in questo caso 0,5 kW/m² quindi per tutta la durata della simulazione è al di sotto del valore di soglia. Nel Grafico sottostante non viene riportata la sezione in corrispondenza della sorgente per la quale il valore dell'irraggiamento è logicamente più alto di quelli riportati qui essendo a contatto diretto con gli effluenti dell'incendio.

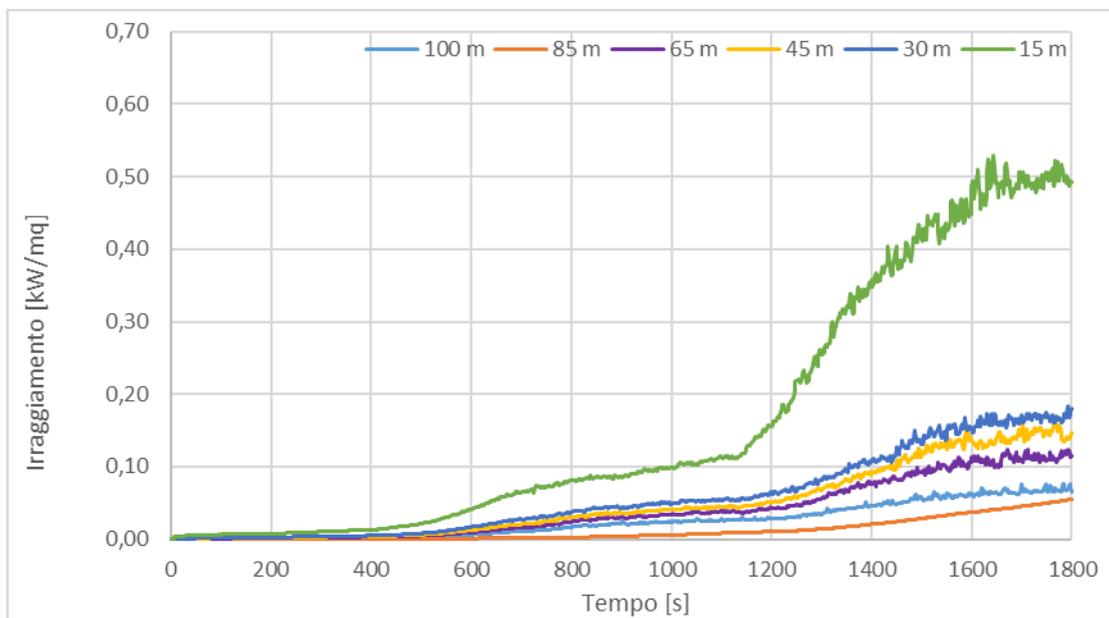


Figura 8.7: Irraggiamento dei gas a quota 1,80 m dal piano stradale.

8.2.2 Analisi della visibilità

La riduzione della visibilità per oscuramento dato dalla presenza di fumi è riportata, assieme al valore di soglia per condizioni di esodo autonomo in sicurezza pari a 10,0 m, nella Figura 8.8.

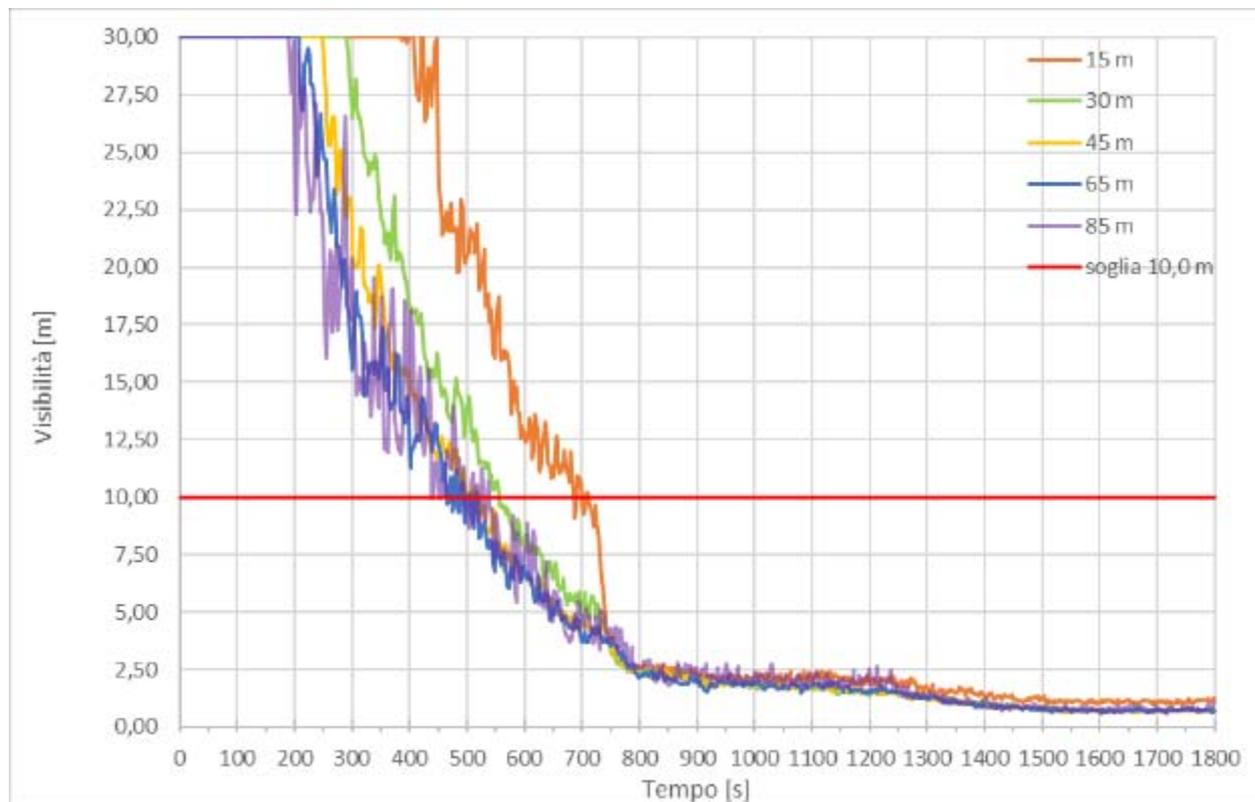


Figura 8.8: Visibilità in funzione della sezione e del tempo trascorso dall'inizio della simulazione.

Il superamento del valore di soglia avviene (Figura 8.8) in un intervallo di tempo compreso tra i 500 e i 550 secondi per le sezioni poste a 30, 45, 65 e 85 m dalla sezione 1 (quella dove è sono collocate le quattro auto), mentre per un tempo maggiore, di 700 secondi, per la sezione a 15 metri dalle automobili.

La Figura 8.9 mette in evidenza, su un piano parallelo al piano stradale e posto ad un'altezza di 1,8 m, la riduzione di visibilità per oscuramento provocato dai fumi. Nella rappresentazione riportata colori di tonalità più fredde sono indicatori di una visibilità minore.

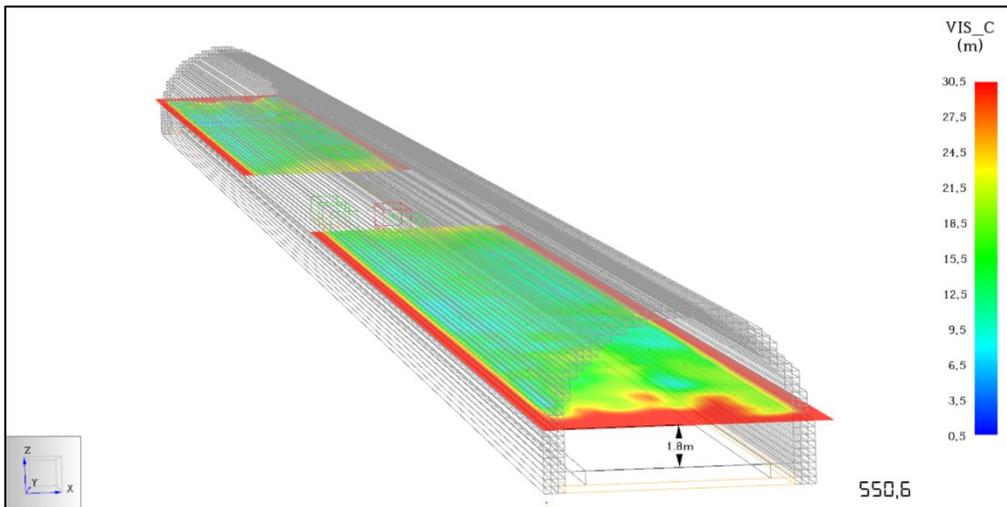


Figura 8.9: Visibilità ad una quota di 1,8 m dal piano stradale.

Prendendo quindi il tempo inferiore, secondo un approccio a favore di sicurezza, si può quindi affermare che il tempo disponibile per l'esodo degli occupanti in condizioni di sicurezza e con una visibilità che permetta l'individuazione delle vie di fuga è di 500 secondi dall'innesco della prima auto (Figura 8.10).

La Figura 8.11 riporta un'animazione tratta dalla visualizzazione grafica dei risultati nella quale è possibile vedere lo sviluppo dei fumi al termine della simulazione: come era logico aspettarsi dai risultati riportati dai device installati nella simulazione, al termine della simulazione l'altezza libera dai fumi è molto ridotta, se non nulla nelle sezioni prossime alla sorgente, e ad una quota di 1,8 metri la visibilità risulta praticamente pari a zero.

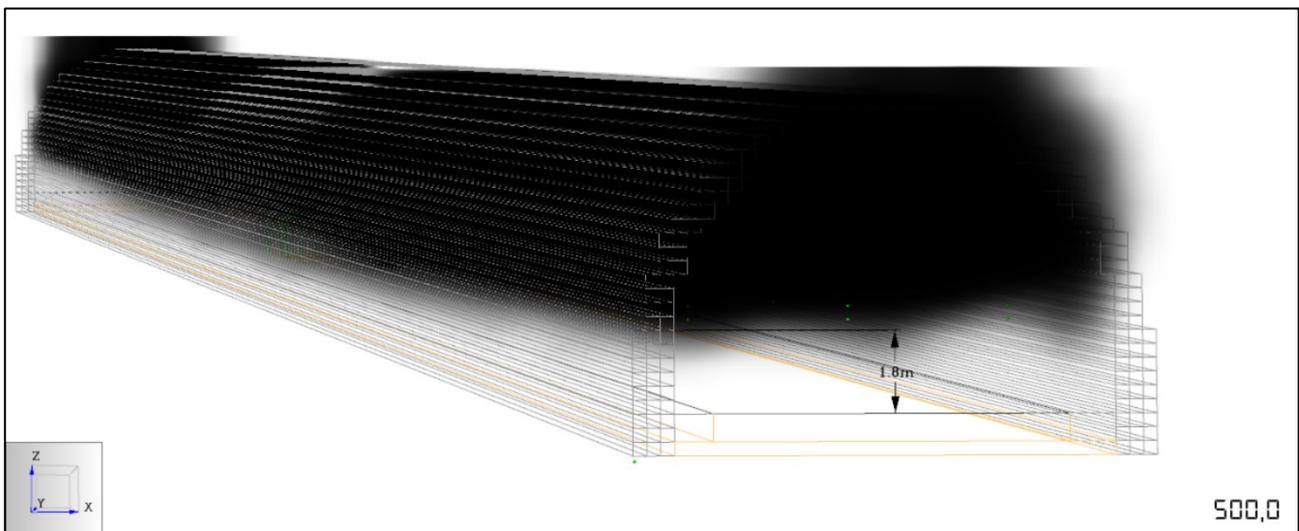


Figura 8.10: Stratificazione dei fumi all'interno della galleria al tempo pari a ASET del Modello della visibilità dove è visibile uno strato libero dai fumi nel quale l'esodo degli occupanti è possibile.

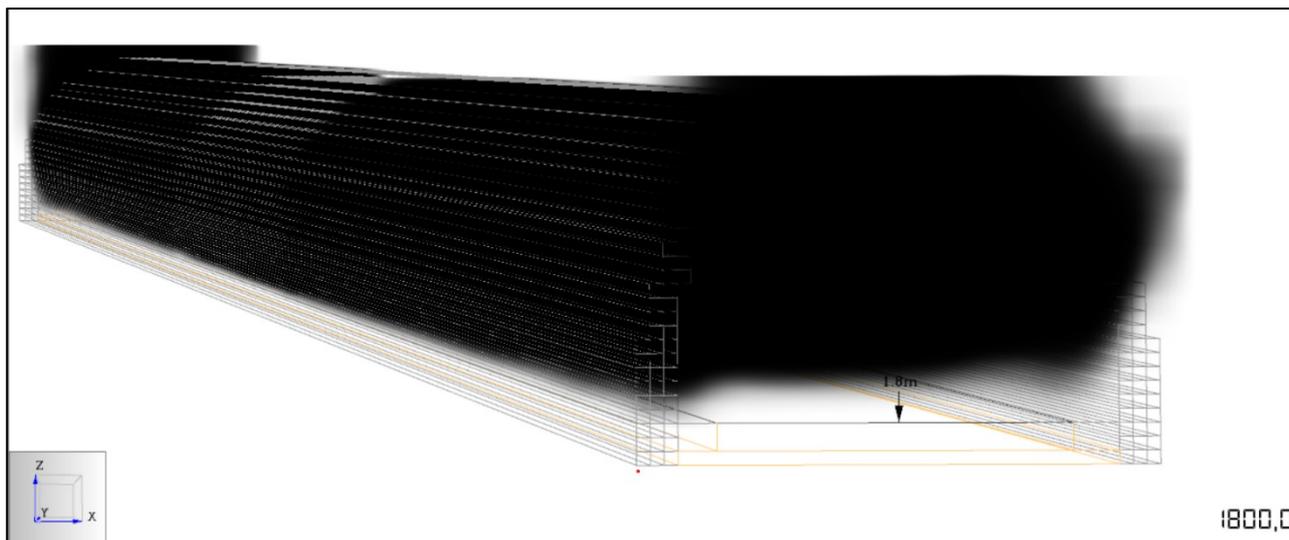


Figura 8.11: Stratificazione dei fumi nella galleria al termine della simulazione.

8.2.3 Analisi delle specie chimiche per il Modello dei Gas Tossici

Per verificare le condizioni di tenibilità nei confronti delle specie chimiche tossiche prodotte dall'incendio sono state disposte lungo l'asse longitudinale della galleria delle sonde per la misurazione della *FED*. I dati registrati da queste sonde sono riportati alla Figura 8.12. Da tale grafico si vede che il valore di soglia fissato dal Codice di Prevenzione Incendi e pari a 0,1 non viene superato per l'intera durata della simulazione.

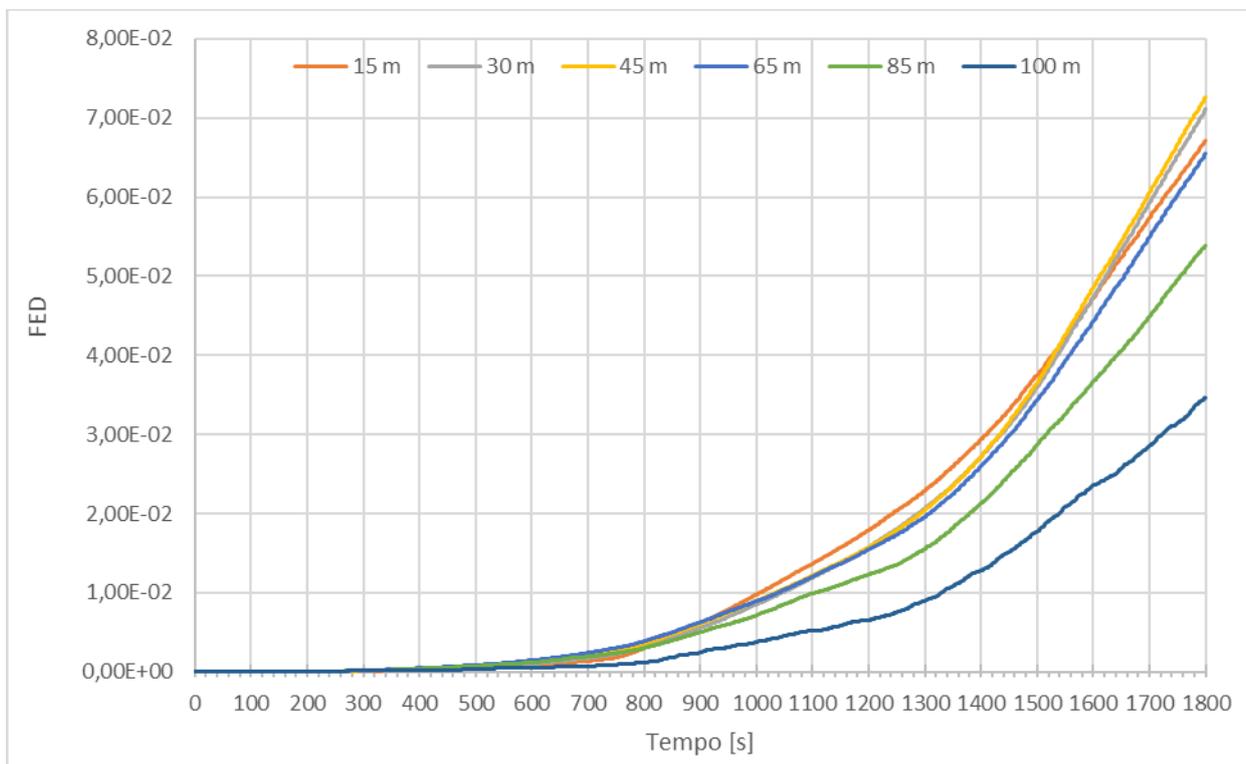


Figura 8.12: Valori di *FED* nelle sezioni di controllo della galleria.

I valori di picco di FED hanno un campo di variabilità che va da 0,07 e 0,035 quindi si attesta ben al di sotto del valore di 1,0 con il quale si considerano incapacitati il 100% degli occupanti e del valore di soglia, molto più conservativo, di 0,1 con il quale è incapacitati l'1,1% degli occupanti, come riportato nel Codice di Prevenzione Incendi.

Più nello specifico, è stata valutata la frazione di massa espressa in $\text{kg}/\text{kg}_{\text{air}}$ delle specie chimiche indagate (CO , HCl e CO_2) e la frazione di volume in kg/m^3 per soot. I risultati sono riportati nelle Figure 8.13 e 8.14, nelle quali i profili sono trattati con un approccio media mobile al fine di ridurre le oscillazioni e migliorare la fruibilità dei dati.

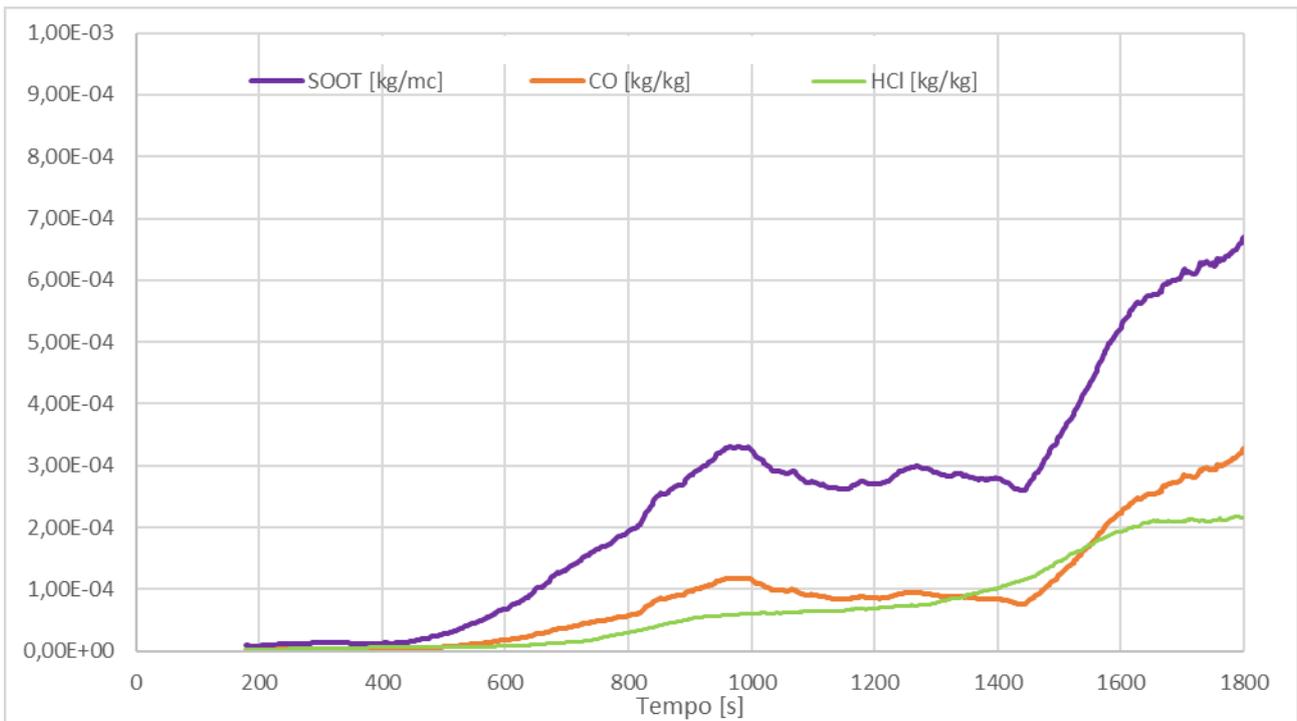


Figura 8.13: Concentrazione media nel dominio di calcolo delle specie chimiche.

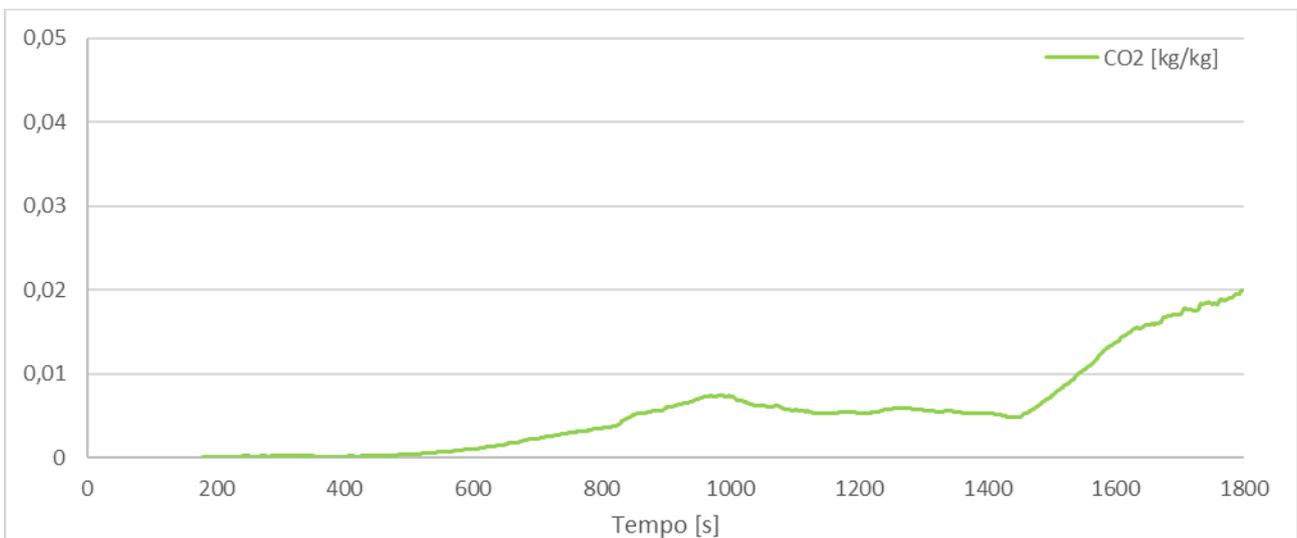


Figura 8.14: Concentrazione media nel dominio di calcolo della CO_2 .

Capitolo VIII

Dalla Figura 8.14 si vede che la concentrazione media all'interno della galleria dell'anidride carbonica è maggiore del 2%, quindi essa potrebbe indurre negli occupanti iperventilazione che porta ad una dose inalata di gas tossici superiore. Nel calcolo della *FED* è quindi applicato un coefficiente correttivo che tiene conto di questo aspetto.

9. Simulazione 6 – Incendio domino con mezzo pesante

9.1 Setup del modello e impostazione dei parametri

La Simulazione 6 ha come scopo quello di analizzare gli effetti di uno scenario di incendio domino nel quale sono coinvolti un mezzo pesante (sorgente primaria) e tre automobili.

9.1.1 Geometria della galleria

La geometria e i modelli di automobile sono i medesimi di quelli utilizzati per la precedente simulazione di cui al Capitolo VIII, mentre per il mezzo pesante si è utilizzato lo stesso modello implementato nella Simulazione 4 – Incendio di un mezzo pesante.

Dopo una prima simulazione di tentativo è stato necessario implementare degli *holes* nella sommità della volta della galleria, similmente a quanto fatto nella Simulazione 4 – Incendio di un mezzo pesante, per l'insorgenza di instabilità numerica che ha impedito al solutore della pressione di giungere a convergenza con il calcolo della pressione nelle celle elementari predisposte nel dominio di calcolo.

9.1.2 Meshing

Al fine di ridurre il costo computazionale è stato scelto di utilizzare una mesh meno fitta, implementando celle elementari di dimensioni 0,6 m su tutto il dominio di calcolo, diversamente da quanto adottato per le simulazioni precedente nelle quali è stata utilizzata una doppia grandezza della maglia di calcolo.

9.1.3 Sorgente di incendio

La Figura 9.1 riporta l'implementazione dei veicoli coinvolti nell'incendio, nella quale è possibile vedere il mezzo pesante (veicolo sorgente) e le tre automobili.

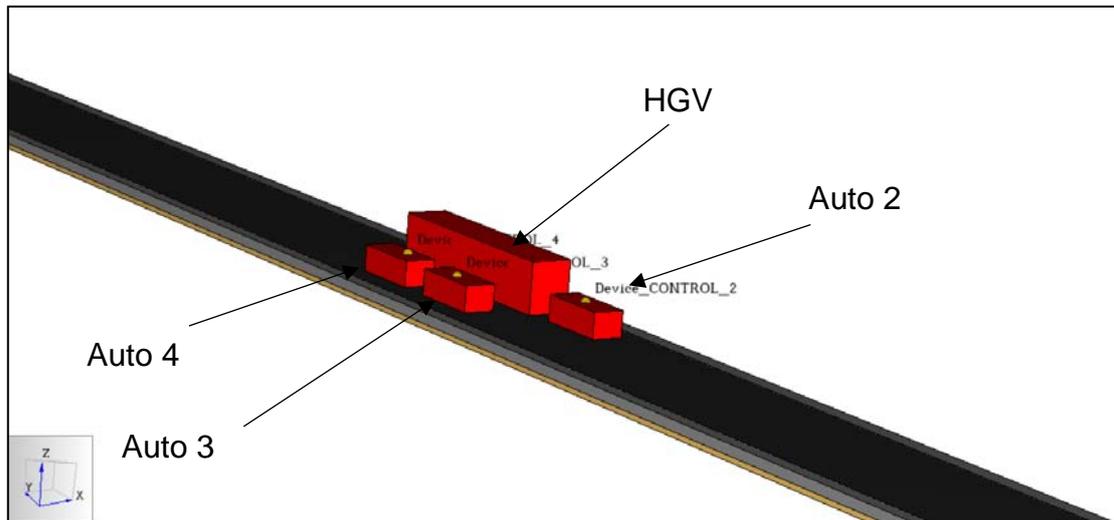


Figura 9.1: Disposizione dei veicoli per lo scenario di incendio domino con mezzo pesante.

A differenza della precedente simulazione, il criterio di innesco degli altri veicoli presenti è stato basato sul parametro temperatura. In relazione ad una matrice combustibile, parametro di interesse è la temperatura di autoignizione (AIT). In tal senso, facendo una media ponderata sulle masse degli elementi che compongono la matrice delle temperature di autoignizione (AIT) dei singoli componenti si perviene ad una temperatura approssimata di ignizione di un'automobile.

Tale valore, ovviamente derivante da un approccio approssimato, è pari a 320 °C. Tale assunzione cerca di correlare la massa dell'i-esimo combustibile presente nella matrice con la propria temperatura di autoignizione dando meno peso ad un materiale combustibile che si presenta nella matrice con una massa minore ma un più bassa temperatura di autoignizione.

Perciò sulle automobili sono stati predisposti dei sensori di controllo (*control device*) con il compito di rilevare la temperatura e di avviare dunque le superfici di VENT che simulano l'incendio dell'automobile. Ancora una volta è necessario specificare le approssimazioni alla base di questo scenario: non è del tutto realistico pensare che nella realtà superata una certa soglia di temperatura tutta la macchina si inneschi nel medesimo istante poiché i componenti sono differenti e le varie parti dell'automobile possono non trovarsi esposte allo stesso flusso di calore; tuttavia lo scopo di queste simulazioni non è determinare in che modo un incendio possa propagarsi da un mezzo pesante ad un'auto, ma quello di determinare gli effetti di uno scenario di incendio di questo tipo in termini di temperature, visibilità, specie chimiche pericolose per l'uomo e calore prodotto.

9.2 Analisi e discussione dei risultati

Nel presente Paragrafo verranno analizzati i dati di output delle sonde predisposte nel modello FDS sia in forma di grafici, ricavati da fogli di calcolo prodotti dal solutore, sia in forma di rappresentazioni grafiche.

Più nello specifico verranno analizzati i profili di temperatura nel tempo, il calore irraggiato dai gas caldi, la visibilità e la concentrazione delle specie chimiche prodotte dalla combustione.

9.2.1 Analisi delle temperature e della potenza rilasciata

Le temperature lungo l'asse longitudinale della galleria sono riportate alla Figura 9.2.

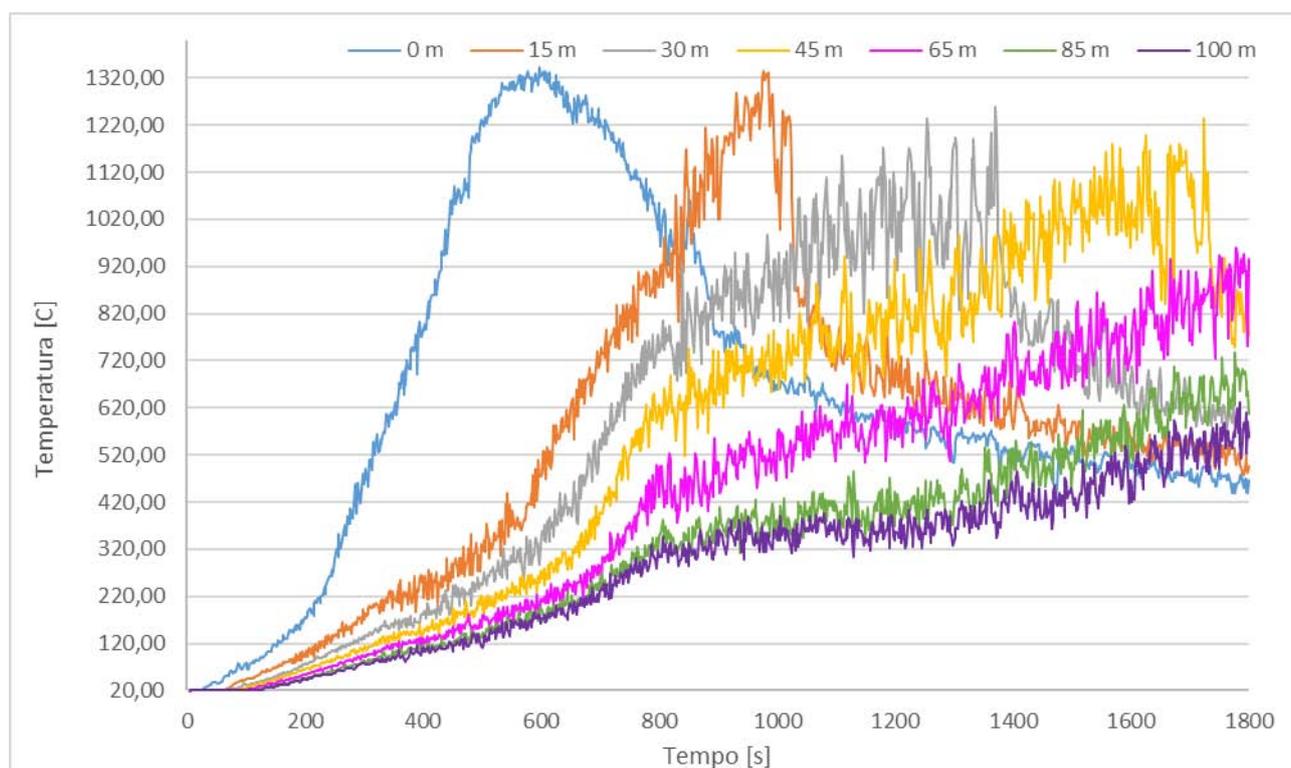


Figura 9.2: Temperature nelle sezioni di controllo del tunnel.

Per le sezioni maggiormente vicine alla sorgente, ovvero quella a 0 m, a 15 m e 30 m, la temperatura raggiunge un valore di picco rispettivamente a circa 600 s, 950 s e 1200 s per poi portarsi ad un valore intorno a 520÷600 °C. Questo andamento può essere imputato al fatto che nei pressi della sorgente dopo un certo intervallo di tempo il comburente, elemento fondamentale per la reazione di combustione, ha concentrazioni basse che non permettono una combustione ottimale. Tale assunzione è confermata dal moto del fronte di fiamma visibile nell'animazione in output al termine della simulazione di cui sono riportati dei frammenti nelle Figure 9.3, 9.4 e 9.5. Si nota che col crescere del tempo nei pressi della sorgente

la temperatura subisce un decremento per la riduzione della concentrazione del comburente e per lo spostamento del fronte della combustione in sezioni più distanti da quella dove è posizionata la sorgente.

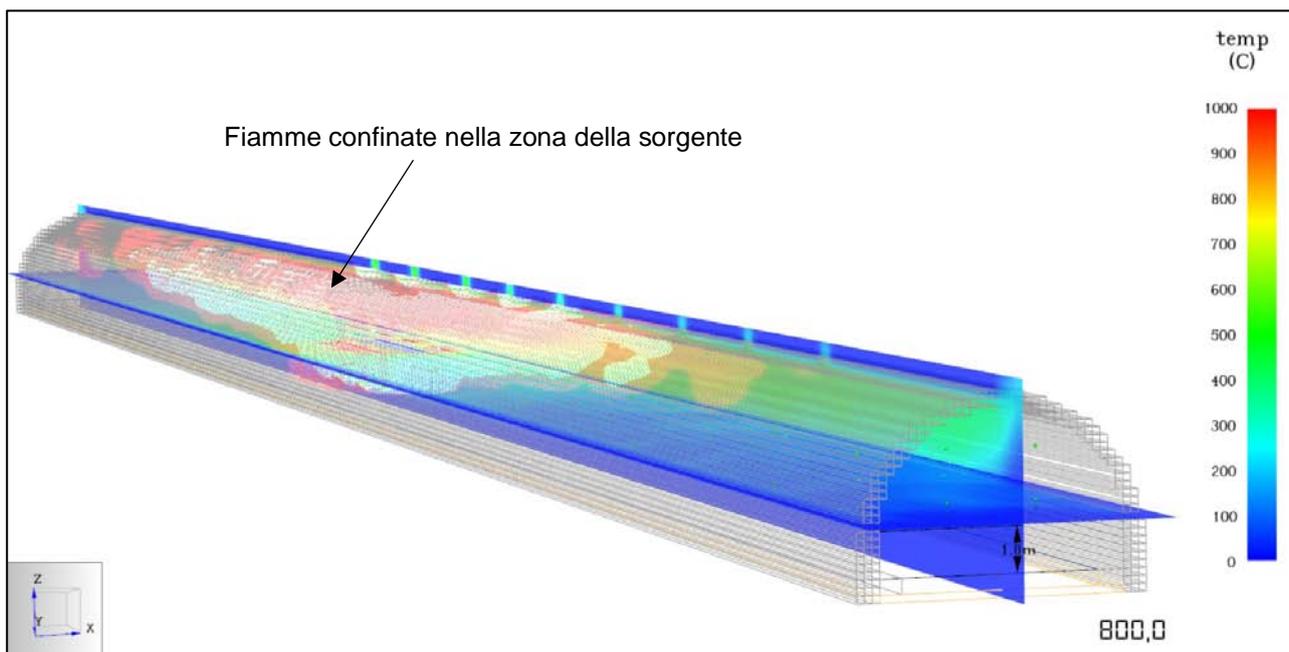


Figura 9.3: Spostamento del fronte di fiamma.

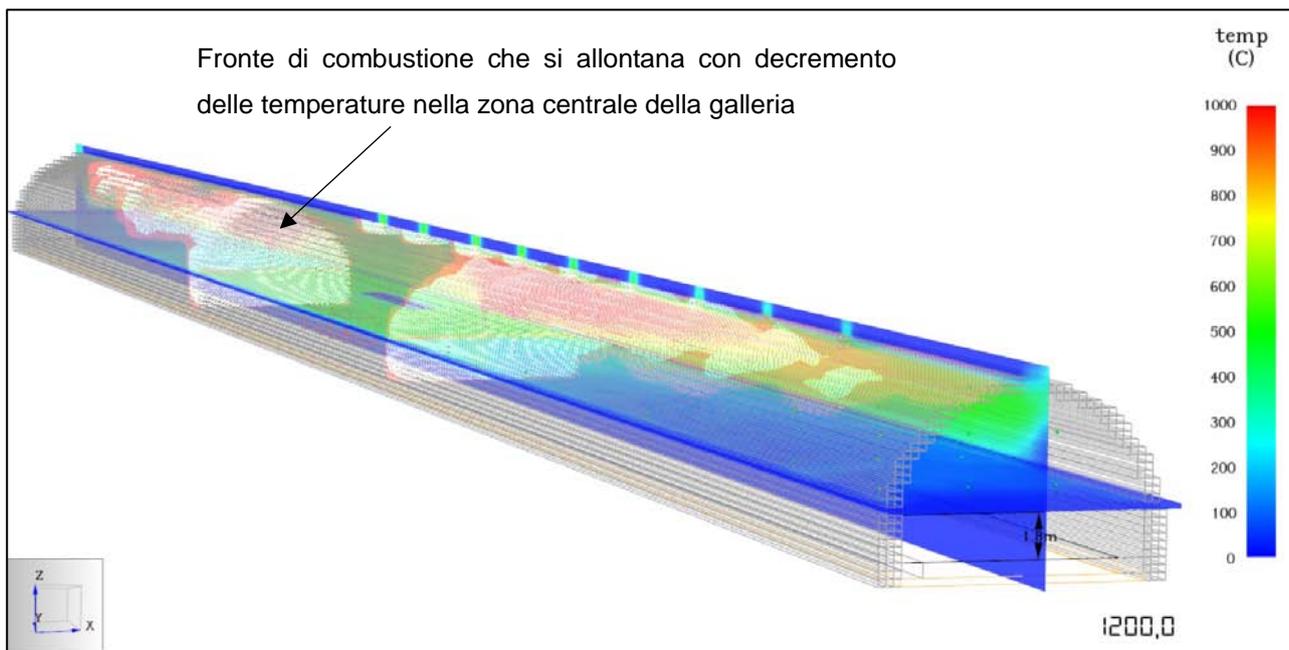


Figura 9.4: Spostamento del fronte di fiamma.

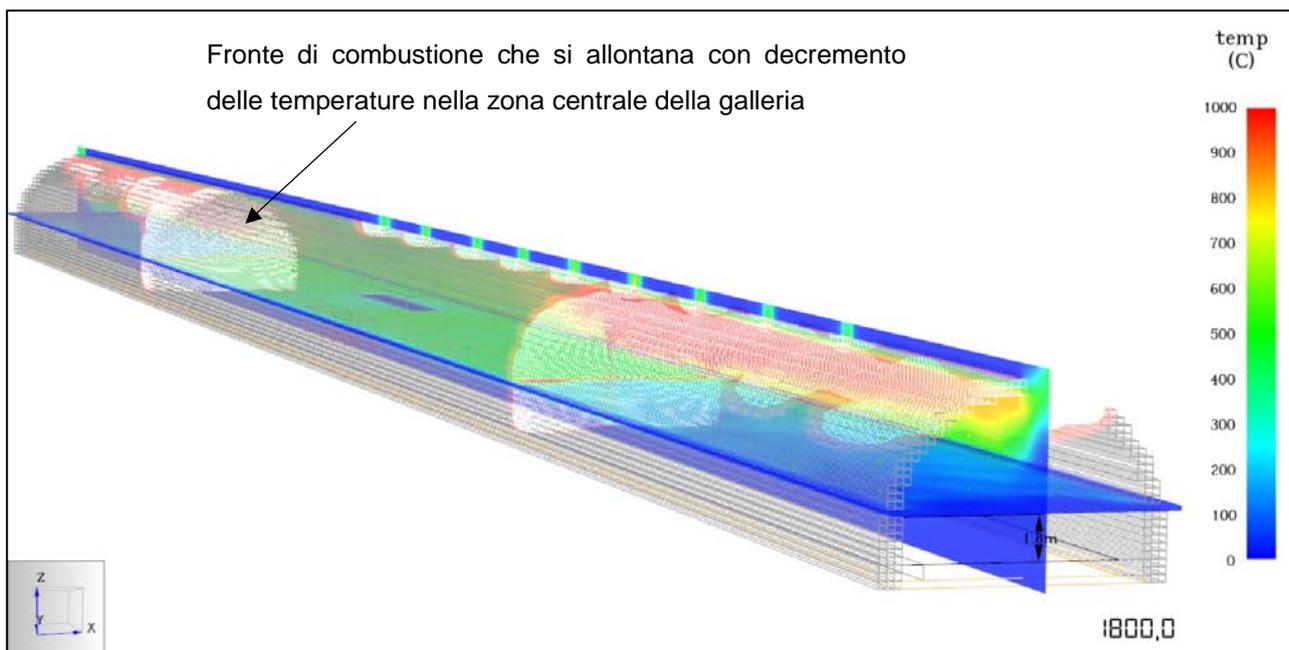


Figura 9.5: Spostamento del fronte di fiamma.

Nelle rimanenti sezioni, non interessate dalla riduzione del comburente, invece la temperatura ha un andamento crescente per l'intera durata della simulazione con valori di picco, raggiunti al termine della simulazione e che variano tra 820°C e 520°C tra 65 m dalla sorgente e i 100 m dalla sorgente.

Come nel caso della Simulazione 4, anche in questo caso, viste le alte temperature raggiunte nelle varie sezioni di controllo potrebbero aversi fenomeni di deterioramento della proprietà meccaniche dei materiali e conseguenti problemi strutturali. Uno scenario di questo tipo quindi avrebbe conseguenze pesanti anche per l'esercizio dell'infrastruttura, nella quale sarebbero sicuramente necessari interventi di ripristino delle condizioni statiche di sicurezza. La Figura 9.5 riporta le temperature sugli elementi di calcestruzzo agli estremi della struttura. Tuttavia, va considerato che la situazione al termine della simulazione non è del tutto rappresentativa dell'andamento delle temperature sul calcestruzzo. Infatti, al fenomeno spiegato in precedenza della riduzione di comburente e movimento del fronte di fiamma, visibile nelle Figure 9.3, 9.4 e 9.5, corrisponde una riduzione della temperatura nella parte centrale della galleria, con un decremento della temperatura delle parti intradossali della volta della galleria.

In istanti precedenti a quello riportato nella Figura 9.6 le sezioni trasversali con temperatura maggiore erano spostati verso la sorgente dell'incendio, come visibile in Figura 9.7.

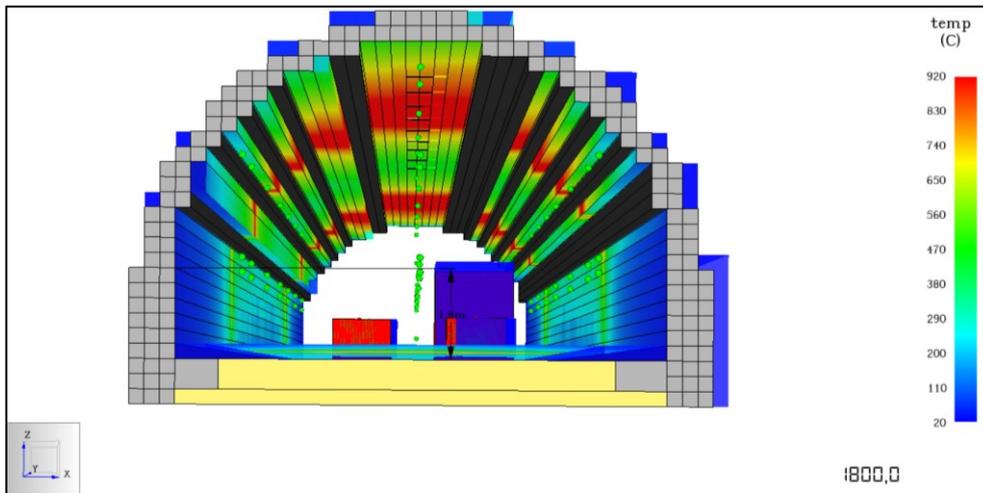


Figura 9.6: Temperature degli elementi strutturali che formano la galleria a 1800 s.

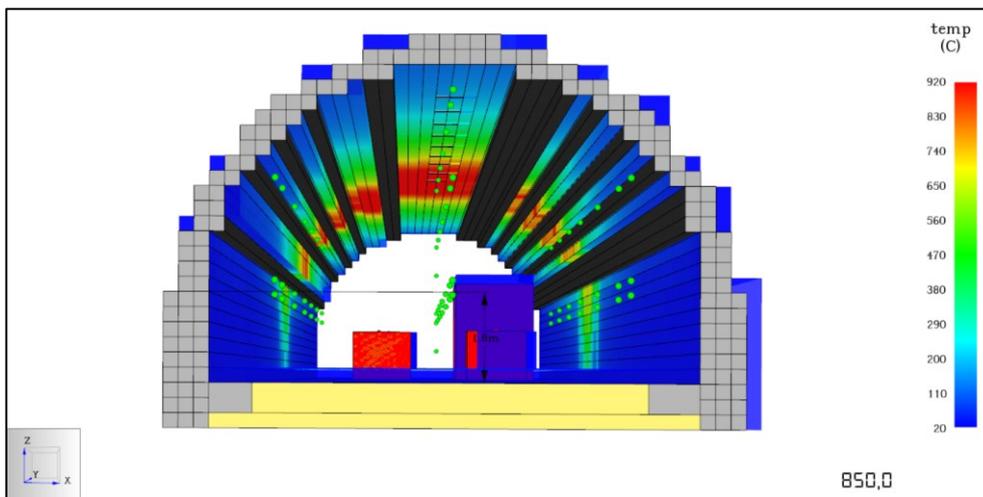


Figura 9.7: Temperature degli elementi strutturali che formano la galleria a 850 s.

Per quanto riguarda l'innescò dell'auto dovuto all'incendio del mezzo pesante la Figura 9.8 riporta i profili di temperatura registrati dai *control devices*. In tale grafico è possibile vedere quando la temperatura dei devices installati sulle automobili supera il valore soglia di autoignizione impostato, al quale corrisponde anche un forte incremento del profilo di temperatura registrato dalla sonda per l'inizio della combustione della macchina.

I tempi di innesco della automobili sono i seguenti:

- Le auto (3 e 4, in riferimento alla Figura 9.1) posizionate nella carreggiata opposta al mezzo pesante sorgente si auto-innescano dopo 660-680 secondi dall'inizio della combustione del HG V;
- Il veicolo posizionato dietro al HG V (auto 2 in riferimento alla Figura 9.1) si auto-innesca dopo circa 800 s dall'inizio della simulazione.

Simulazione 6 – Incendio domino con mezzo pesante

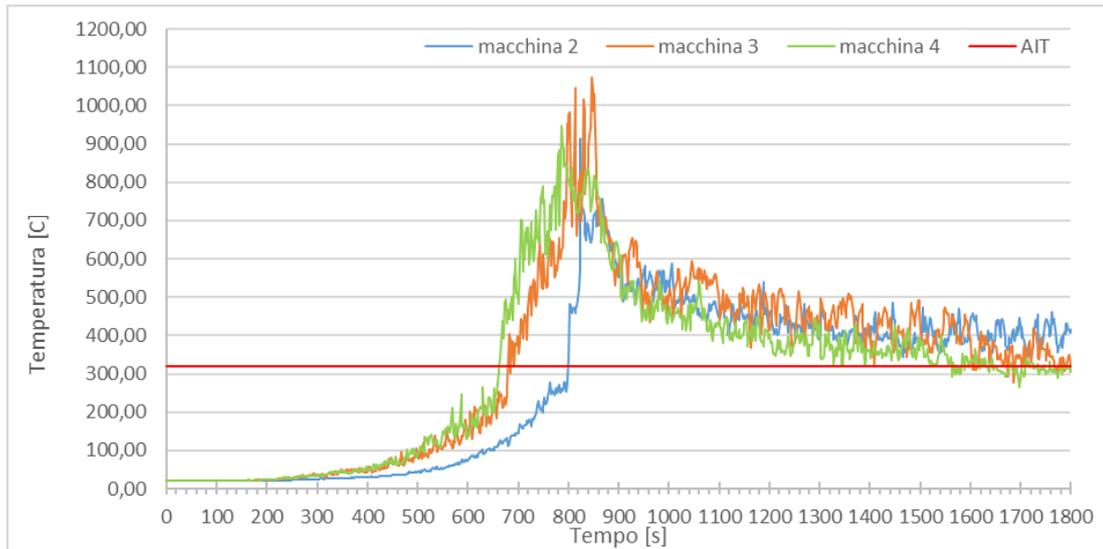


Figura 9.8: Temperatura dei control devices posizionati nelle automobili per l'implementazione dello scenario di incendio domino.

Per la definizione di un ASET si riportano alla Figura 9.9 i profili di temperatura registrate dalle termocoppie poste ad una quota di 1,80 m dal piano stradale.

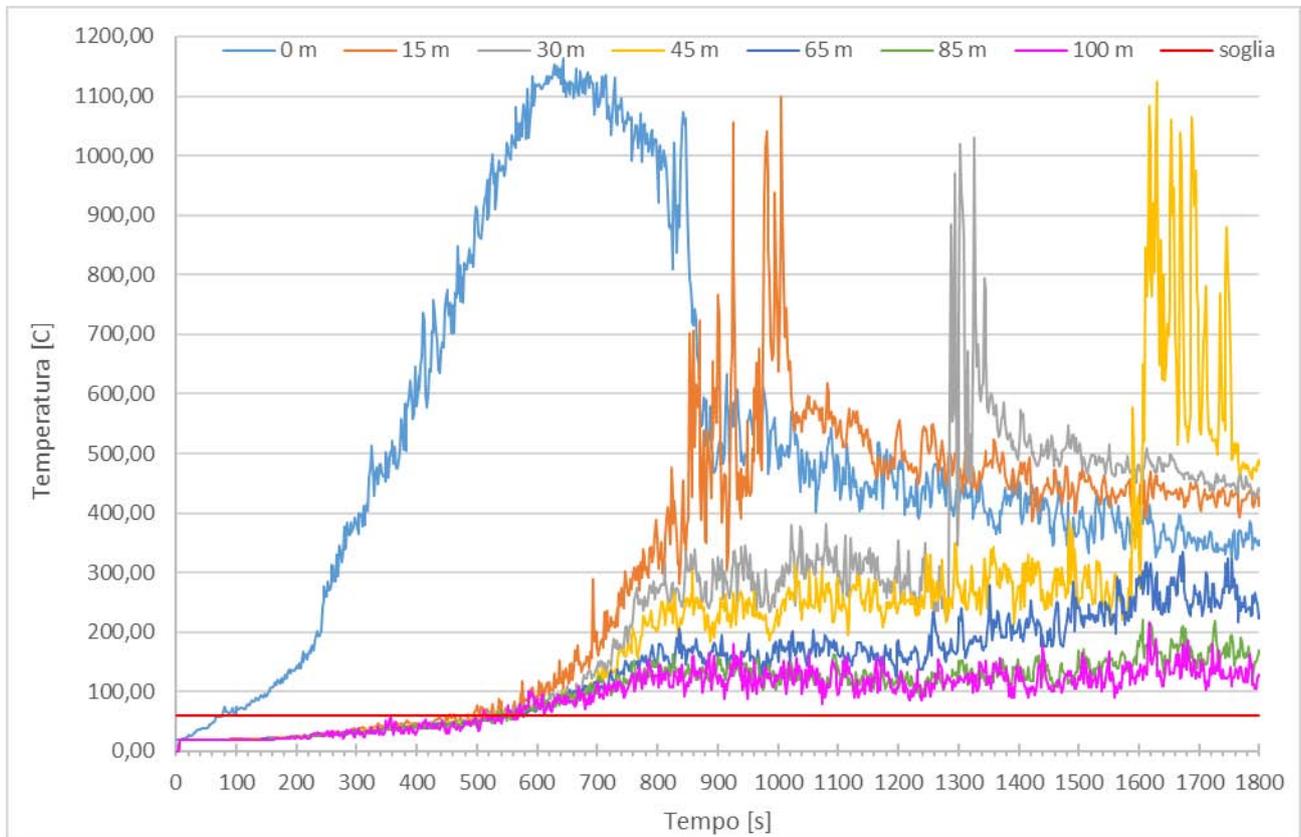


Figura 9.9: Temperature alla quota di 1,8 m dal piano stradale per il confronto con il valore di soglia importo dal Codice di Prevenzione Incendi.

Dal grafico si vede come il valore di soglia sia superato entro i 500 secondi dall'inizio della simulazione per le tutte le sezioni tranne quella in corrispondenza della sorgente.

Assumere però come valore di ASET per il Modello del calore e per l'intera lunghezza della galleria 80 s (pari al tempo di superamento della soglia nella sezioni in corrispondenza della sorgente) non fornirebbe una rappresentazione realistica dello scenario, infatti, gli occupanti dei mezzi coinvolti direttamente dall'incendio possono potenzialmente mettersi in salvo appena l'incendio inizia a propagarsi. Vale a dire che per tali occupanti il tempo richiesto per l'esodo (RSET – *Required Safe Escape Time*) è potenzialmente inferiore a ASET. RSET è dato dalla sommatoria di (Capitolo M.3 del Codice di Prevenzione Incendi):

- Tempo di rivelazione: tempo necessario al sistema di rivelazione (sia esso un impianto di tipo automatico o manuale);
- Tempo di allarme generale: tempo che intercorre tra la rivelazione dell'incendio e la diffusione dell'informazione agli occupanti;
- Tempo di attività pre-movimento: tempo per lo svolgimento di attività che precedono il movimento vero e proprio verso il luogo sicuro;
- Tempo di movimento: tempo impiegato dagli occupanti per raggiungere un luogo sicuro.

Perciò per gli occupanti che si trovano nei pressi della sorgente di incendio il tempo di rivelazione e di allarme generale è praticamente nullo, in quanto possono accorgersi nell'immediato che nel loro veicolo o quello molto prossimo alla loro posizione è in corso un incendio.

Per quanto detto, quindi, ASET, per le sezioni oltre a quella dove è posizionata la sorgente, è pari a 500 s, dopo tale istante infatti nella galleria vengono a crearsi temperature troppo elevate, le quali non permetterebbero agli occupanti di fuggire in sicurezza.

L'andamento della potenza totale stimata da FDS è riportato nella Figura 9.10 nella quale è visibile il picco di potenza, pari a 220 MW a 900 secondi dall'inizio della combustione del mezzo pesante.

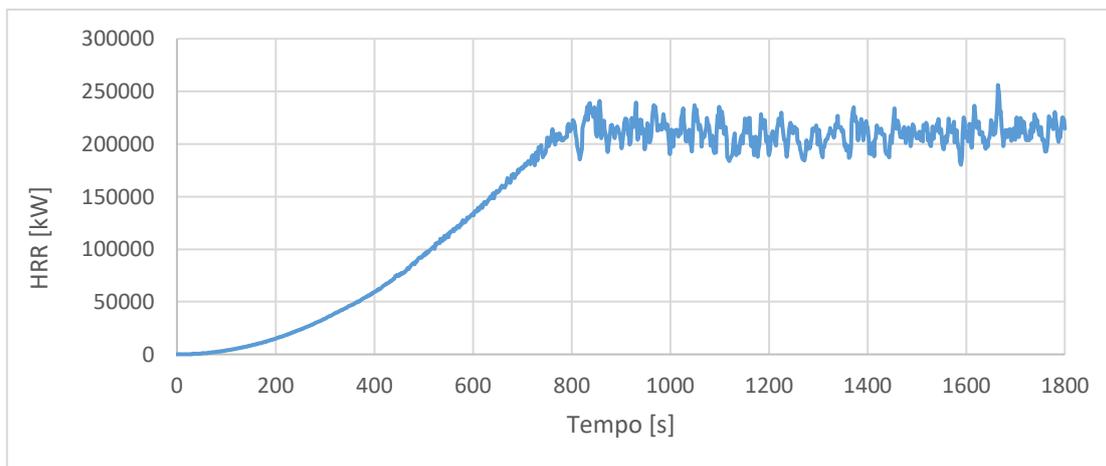


Figura 9.10: Potenza generata dall'incendio stimata da FDS.

La stima dell'irraggiamento sugli occupanti è valutata con delle sonde posizionate a 1,80 m dal piano stradale che rilevano la potenza irraggiata dai gas per unità di area [kW/m^2]. I valori di tale stima sono successivamente rapportati con il valore soglia di $2,5 \text{ kW}/\text{m}^2$ al fine di determinare il tempo disponibile per l'esodo.

Poiché i valori registrati fino a 45 m dalla sorgente sono molto più elevati del valore di soglia, sono stati predisposti due grafici per l'individuazione di *ASET*: la Figura 9.11 riporta i dati di irraggiamento di tutte le sezioni fornendo una visione generale della situazione. Da tale grafico è visibile l'estrema variabilità del dato che, per le sezioni maggiormente vicine alla sorgente, è molto più elevato rispetto a quello delle sezioni più distanti; la Figura 9.12 invece si focalizza sul valore di soglia proposto dal Codice di Prevenzione Incendi. Da quest'ultimo è possibile determinare il tempo entro il quale l'esodo degli occupanti può avvenire in condizioni di sicurezza rispetto all'irraggiamento provocato dal *layer* di fumi caldi a ridosso della volta della galleria: dopo circa 300 secondi alla sezione in prossimità dei veicoli oggetto dell'incendio l'irraggiamento provocato dai gas caldi supera il valore di soglia, a 15 metri dalla sorgente condizioni proibitive per l'esodo nei confronti dell'irraggiamento si hanno dopo 820 s, a 30 m il tempo è pari a 1020 s, a 45 è pari a 1240 s ed infine a 65 m è pari 1560 s. Nelle due sezioni di controllo finali, poste a 85 e 100 m dai veicoli, i valori di irraggiamento non superano mai il valore di soglia, quindi, gli occupanti che si trovano nei pressi di queste sezioni non hanno, a livello teorico, limiti di tempo per l'esodo in merito all'irraggiamento.

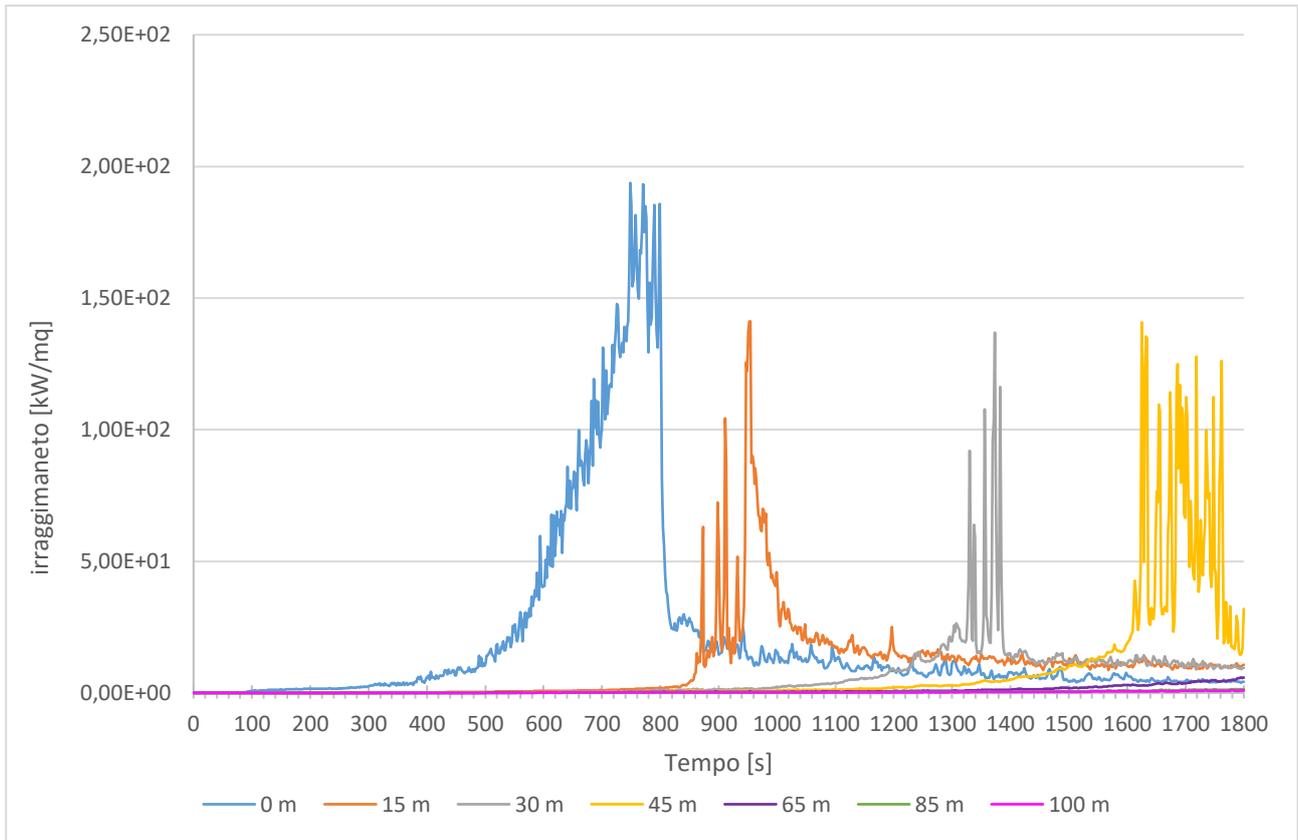


Figura 9.11: Irraggiamento a quota 1,80 metri dal piano stradale.

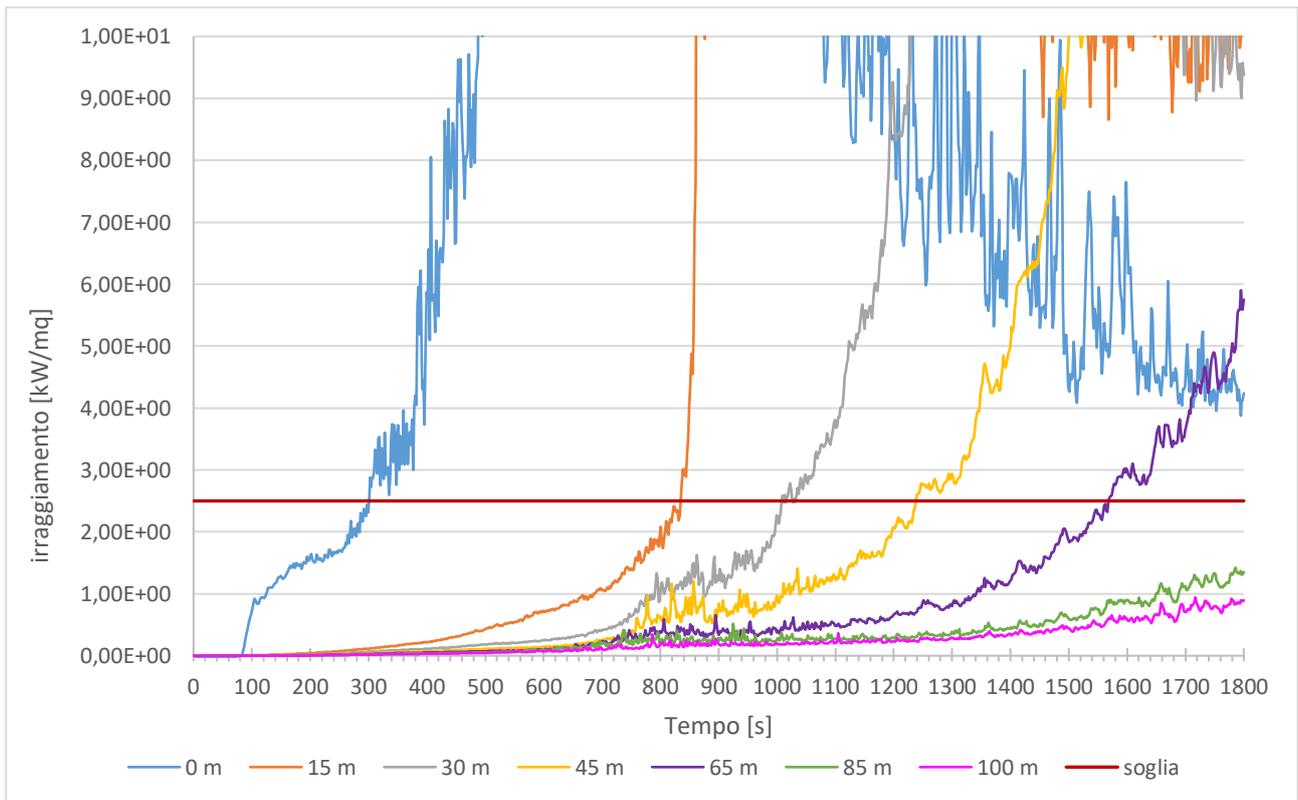


Figura 9.12: Irraggiamento a quota 1,80 metri dal piano stradale (ingrandimento).

9.2.2 Analisi della visibilità

L'andamento della riduzione di visibilità per oscuramento prodotto dagli effluenti dell'incendio è riportato alla Figura 9.13 ricavato da *device* installati a quota 1,80 m dal piano stradale nelle 7 sezioni di controllo predisposte lungo l'asse longitudinale del tunnel. Nel Grafico 9.7 è inoltre segnalato il valore di soglia della visibilità pari a 10 m, visibilità minori rispetto a questo valore non consentono agli occupanti di identificare le vie di fuga ostacolandone l'esodo.

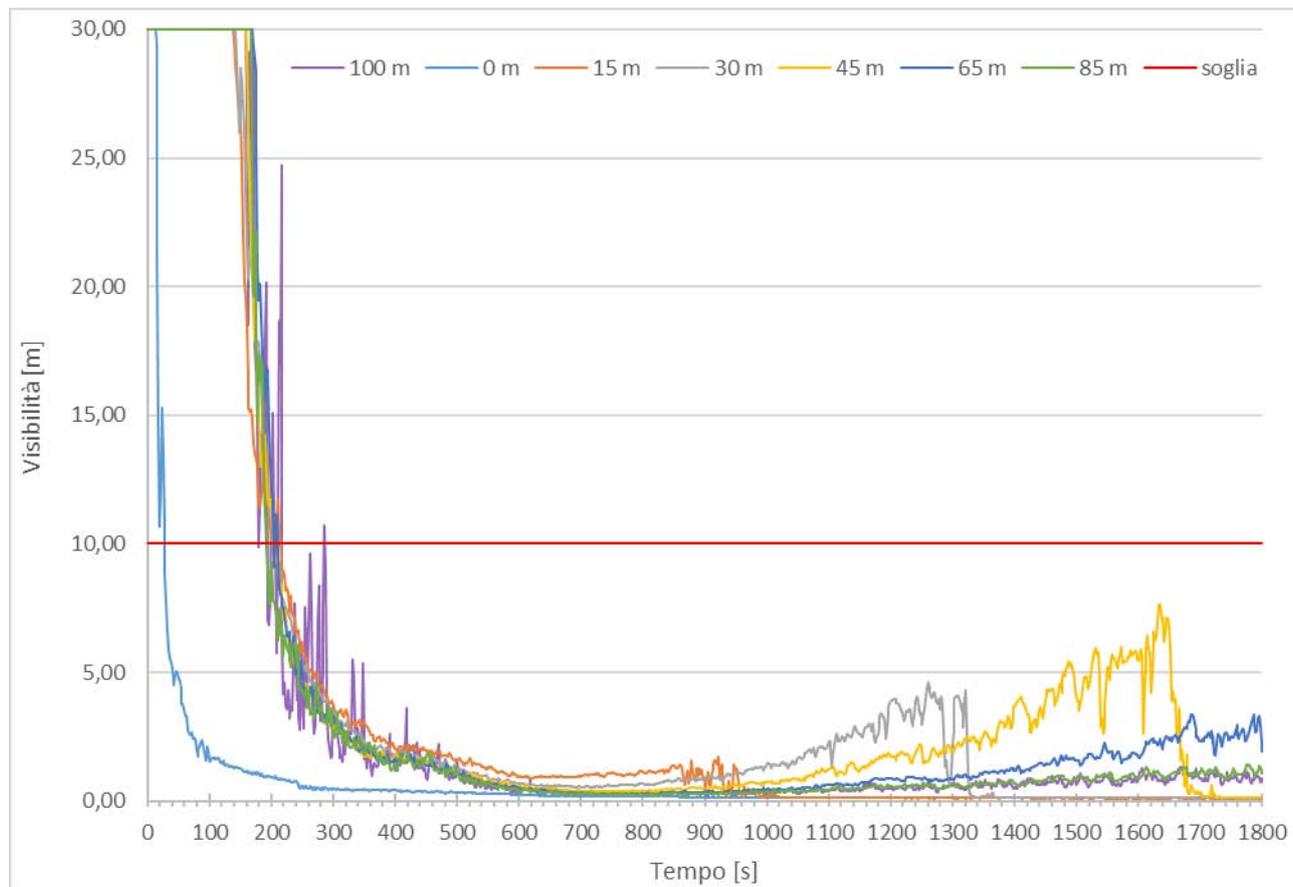


Figura 9.13: Visibilità in funzione della sezione e del tempo trascorso dall'inizio della simulazione.

Dal grafico si evince che per la sezione in corrispondenza della sorgente l'oscuramento della visibilità avvenga in tempi molto brevi e pari a circa 60 secondi, mentre nelle altre sezioni il valore limite inferiore della visibilità è superato in 240 secondi dall'innesco del mezzo pesante.

La Figura 9.6 riporta un'animazione di file di output della simulazione, nella quale è visibile l'oscuramento prodotto dei fumi nella sezione in corrispondenza della sorgente al tempo $t=60$ s. Considerando il posizionamento relativo tra il mezzo pesante e il *device* il valore molto basso di tempo entro il quale la visibilità scende al di sotto del valore di soglia è atteso, infatti, le sonde di destra per il controllo dell'oscuramento (evidenziate con un cerchio rosso

nella Figura 9.14) sono posizionate a ridosso della sorgente. Ciò spiega anche le differenze con i dati della visibilità della Simulazione 4 nella quale il mezzo pesante era posto alla mezzeria del piano stradale e quindi maggiormente distante dalle sonde laterali per la misura dell'oscuramento.

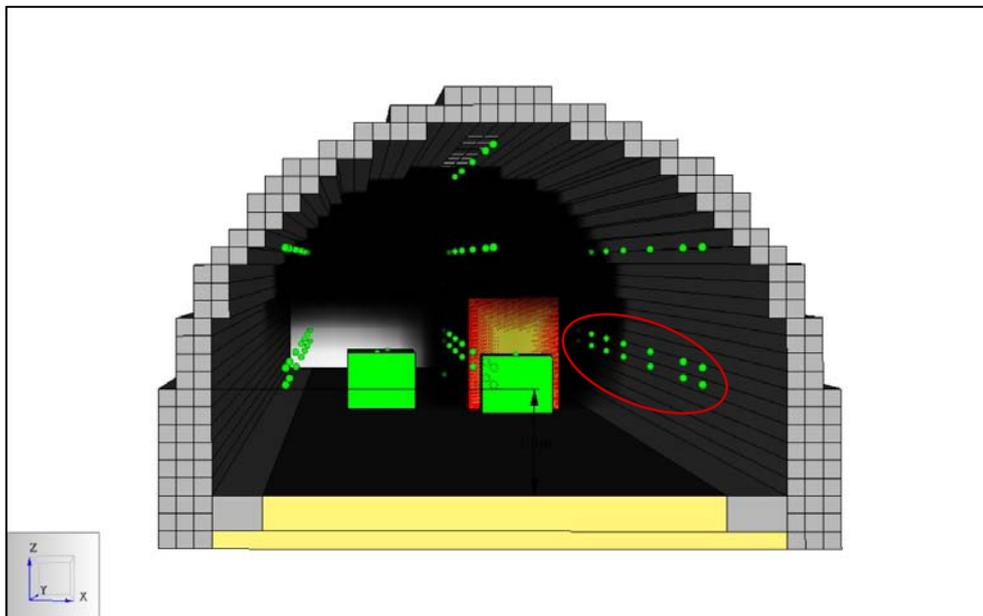


Figura 9.14: Stratificazione dei fumi a $t=60s$.

La Figura 9.15 riporta invece l'andamento dello strato dei fumi a $t=240s$, ovvero il momento nel quale le condizioni di tenibilità per quanto concerne la visibilità non sono soddisfatte.

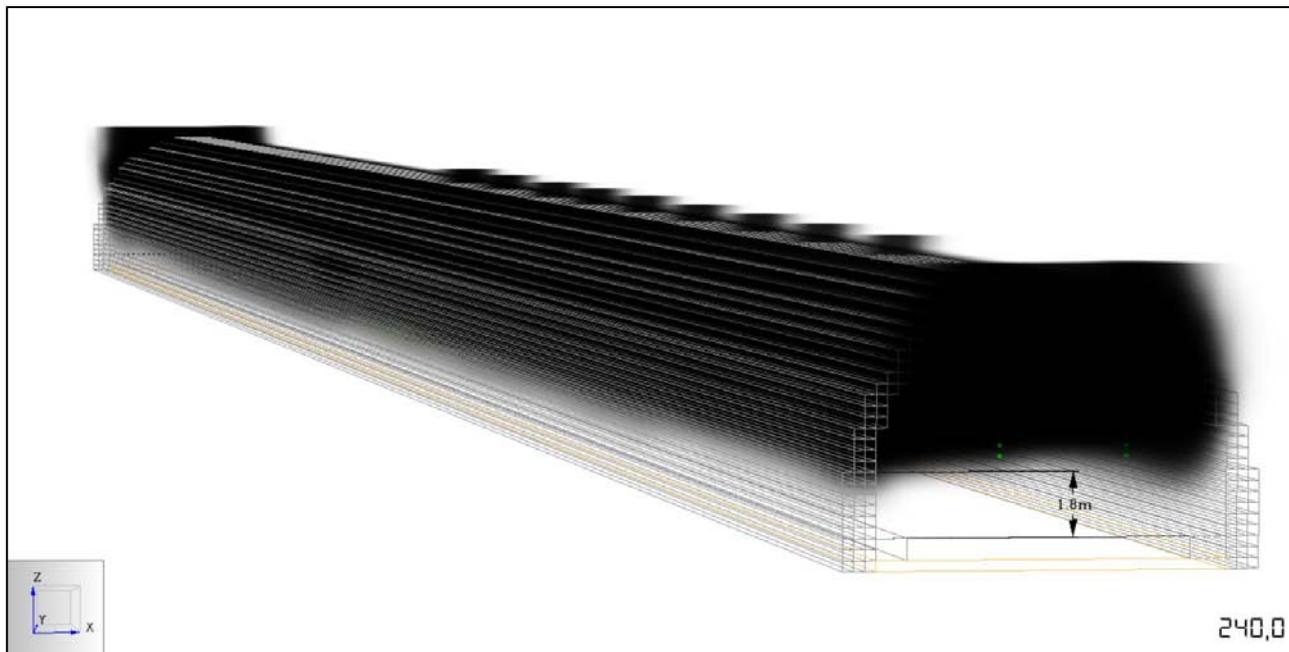


Figura 9.15: Stratificazione dei fumi a $t=240s$.

9.2.3 Analisi delle specie chimiche per il Modello dei Gas Tossici

L'analisi delle dosi assorbite rapportate alle dosi incapacitanti di alcune specie chimiche (*FED*) ha condotto ai risultati riportati alla Figura 9.16. Come nel caso dell'irraggiamento i valori di *FED* ricavati per le sezioni più prossime al focolare sono di alcuni ordini di grandezza superiori rispetto a quelli ricavati per le sezioni poste a distanze maggiori e per questo motivo non vengono riportati nel grafico. Dal Grafico inoltre, sono state eliminate le parti di profilo con andamento asintotico verticale

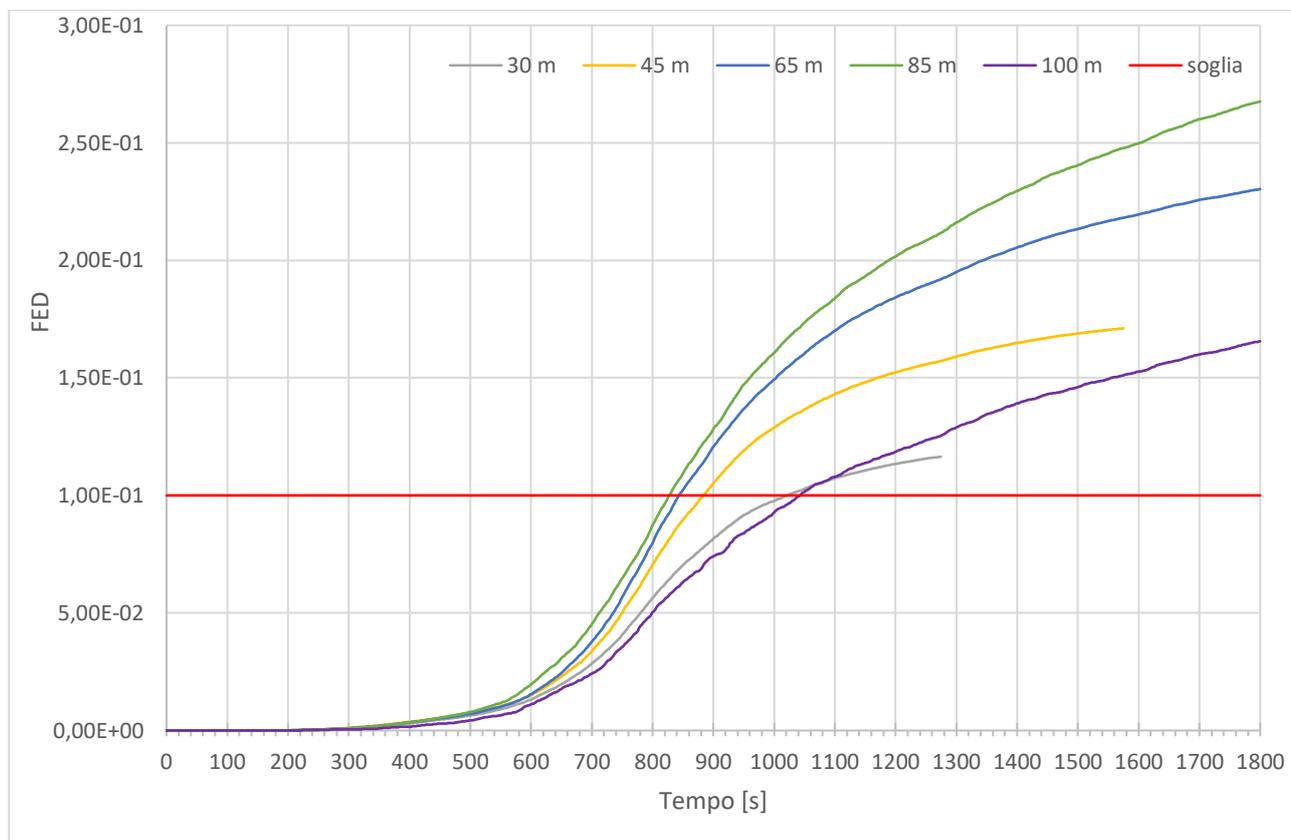


Figura 9.16: Valori di *FED* nelle sezioni di controllo della galleria.

Il valore soglia di *FED* per garantire condizioni di esodo in sicurezza degli occupanti, pari a 0,1, è superato nella sezione 1, ovvero dove ci sono gli autoveicoli sottoposti a incendio, in un tempo di 360 secondi, nelle sezioni a 45, 65 e 85 metri dalla sorgente il tempo disponibile per l'esodo è compreso in un intervallo tra 820 e 880 secondi, mentre per la sezione terminale il tempo è pari a 1000 secondi. La sezione a 30 metri presentano un andamento insolito, infatti il tempo di superamento di $FED = 0,1$ è di 1020 secondi, maggiore quindi rispetto a quello di punti più lontani dalla sorgente.

Considerando comunque che gli occupanti prossimi alla sezione sorgente si mettano in salvo appena l'incendio inizia a rendersi visibile, un valore di sicurezza di *ASET* sarà di 820

secondi e pari al minore tra i tempi di superamento del valore soglia per le sezioni successive alla sezione 1.

Un'analisi più in dettaglio delle specie chimiche di interesse (soot, HCl e CO) è riportata alla Figura 9.17, dove sono indicate le concentrazioni massive (volumetriche per soot).

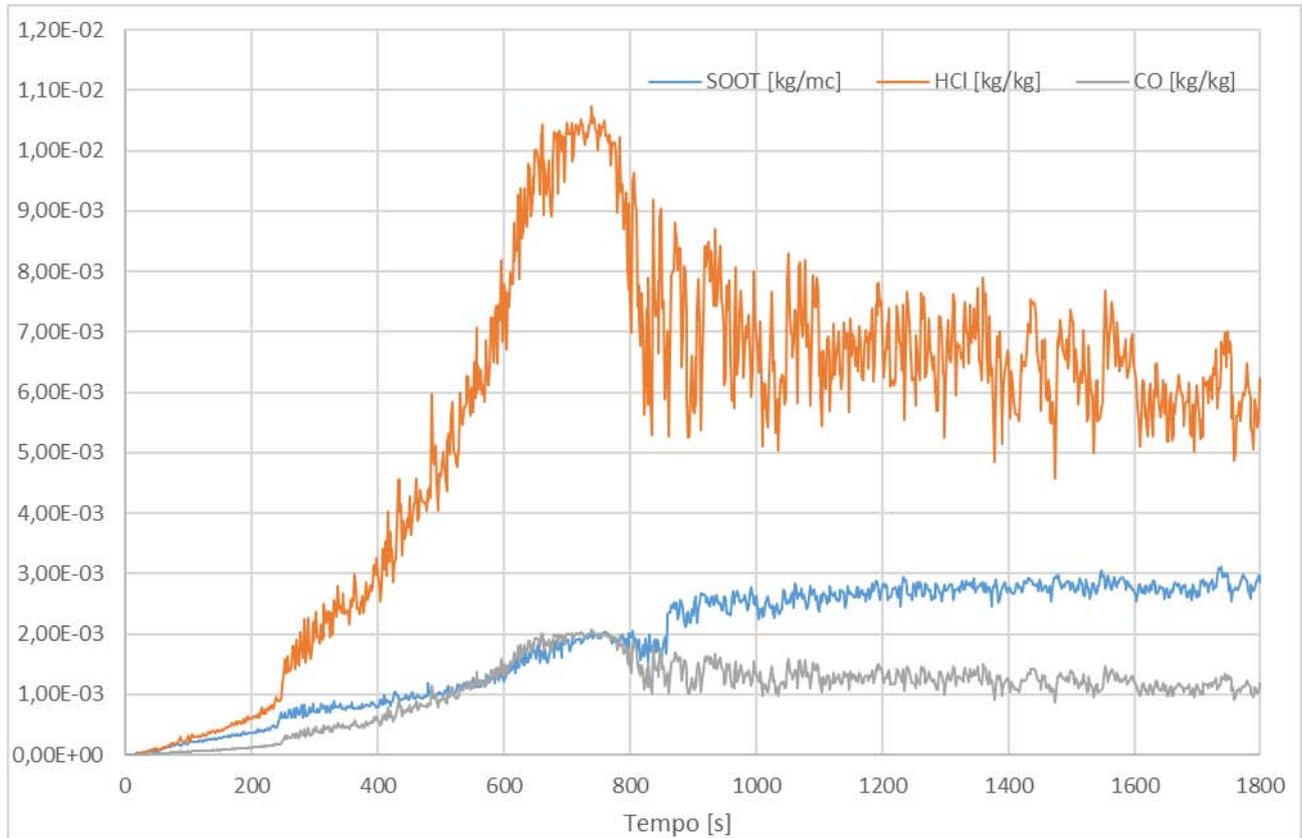


Figura 9.17: Concentrazione media nel dominio di calcolo specie chimiche di interesse.

La concentrazione di picco dell'acido cloridrico HCl è di $1,1 \cdot 10^{-2}$ kg/kg_{aria}, cioè è pari a 11000 ppm. Essa è quindi superiore di circa tre volte alla concentrazione LC50 per tale sostanza pari a 3800 ppm come definito dallo standard tecnico ISO 13344.

La concentrazione massima di monossido di carbonio è pari a 2 grammi per chilo di aria, cioè a 2000 ppm che si mantiene inferiore alla concentrazione LC50, pari a 5000 ppm.

La concentrazione di anidride carbonica è riportata alla Figura 9.18 in funzione del tempo. Da tale grafico si vede che la concentrazione di picco è circa del 16%; con tali concentrazioni (maggiori del 2%) l'effetto sull'uomo è quello di generare iperventilazione, aumentando in questo modo la dose inalata di gas tossici.

Simulazione 6 – Incendio domino con mezzo pesante

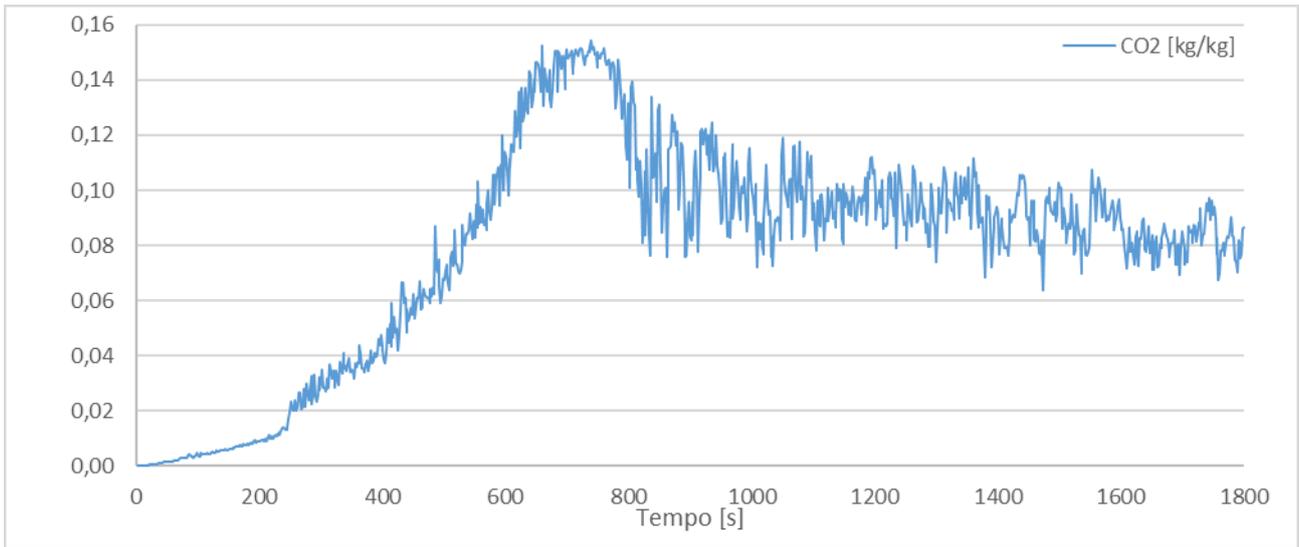


Figura 9.18: Concentrazione media nel dominio di calcolo del diossido di carbonio.

10. Simulazione 7 – Incendio di un mezzo pesante con sistema di ventilazione

10.1 La ventilazione nelle gallerie in situazione di emergenza

Le Linee Guida per la progettazione della sicurezza nelle Gallerie Stradali emanate dall'ANAS [13] non forniscono indicazioni per la progettazione di un impianto di ventilazione da predisporre in una galleria stradale, tuttavia ne definiscono quelle che sono le prestazioni minime richieste al sistema, indicando gli obiettivi che il progettista in fase di dimensionamento di tale misura di protezione attiva deve perseguire.

Il sistema di ventilazione è preposto a:

- disperdere l'energia termica generata dal focolaio di incendio,
- gestire e controllare il moto dei fumi,
- diluire le sostanze tossiche ed infiammabili.

Esso deve garantire l'esodo in sicurezza degli utenti e facilitare le operazioni di soccorso e di spegnimento nonché prevenire la formazione di miscele esplosive nel corso di un evento di sversamento. Il sottosistema ventilazione influenza altresì la dinamica del focolaio e condiziona il processo di esodo degli utenti in funzione dell'alterazione della propagazione secondo gradiente di pressione degli effluenti dell'incendio.

Il dimensionamento dell'impianto di ventilazione per condizioni di emergenza deve essere effettuato preliminarmente almeno in conformità ai dettami dell'analisi di rischio considerando l'influenza dei parametri di sicurezza in particolare il profilo longitudinale e le condizioni meteorologiche ai portali che determinano la ventilazione naturale.

Il sistema di ventilazione è obbligatorio per le gallerie di lunghezza maggiore di 1000 m tuttavia, per gallerie di lunghezza inferiore deve essere predisposto obbligatoriamente qualora un'analisi del rischio ne determini la necessità.

La successiva Tabella, tratta dal Paragrafo 3.4.2.2.3 delle sopracitate Linee Guida riporta le tipologie raccomandate di impianto in relazione alla lunghezza della galleria.

Tabella 10.1: Tipologia di impianto raccomandata dalla Linee Guida [13]

<i>Sistemi di ventilazione raccomandati per le gallerie stradali</i>	
Aree di applicazione dei sistemi di ventilazione	Lunghezza della galleria [km]
Ventilazione naturale	≤ 1.0
Ventilazione longitudinale con jet-fans	≤ 4.0 ≤ 6.0
Ventilazione longitudinale con jet-fans ed estrazione dei fumi	
Ventilazione semi-trasversale	≥ 2.0
Ventilazione trasversale	≥ 6.0

Per la simulazione trattata nel presente Capitolo il sistema di ventilazione è identificabile come “ventilazione longitudinale con jet-fans”.

Il sistema di ventilazione inoltre deve garantire che non si generino fenomeni di *smoke backlayering*, che avvengono quando gli effluenti dell’incendio di muovono sottovento, quindi con verso contrario al verso di moto dell’aria spinta dai ventilatori.

L’intensità del flusso d’aria longitudinale in galleria è responsabile del fenomeno del *backlayering*. Il parametro attraverso il quale si caratterizza il fenomeno del *backlayering* è la velocità critica, definita come la velocità minima del flusso d’aria longitudinale richiesta per prevenire il fenomeno del *backlayering*.

La velocità del flusso d’aria inoltre non deve essere troppo elevata in quanto andrebbe a compromettere la naturale stratificazione dei fumi, la quale garantisce, almeno negli istanti iniziali, che i gas e fumi caldi permangano al di sopra dello strato di aria fresca [21].

10.2 Setup del modello e impostazione dei parametri

In questa simulazione è stato implementato un sistema di ventilazione longitudinale nel modello della galleria utilizzata in precedenza per la simulazione dello scenario di incendio di un mezzo pesante. L’obiettivo di questa simulazione è indagare l’effetto della ventilazione su questa tipologia di scenario, considerando le limitazioni che sono state necessarie al fine di rendere la simulazione meno onerosa possibile, dal punto di vista di tempi di calcolo, come ad esempio l’installazione di ventilatori su solo metà lunghezza della galleria. Nonostante queste accortezze la simulazione ha richiesto circa 20 giorni per essere portata a termine.

10.2.1 Geometria della galleria

Il modello della galleria è il medesimo della Simulazione 4 – Incendio di un mezzo pesante. Per questa simulazione sono stati installati sull'intradosso della volta della galleria dei ventilatori (Figura 10.1). Ogni ventilatore è simulato nel seguente modo:

- Costruzione di un OBST di forma parallelepipedica alle cui facce sono state associate SURF per modellare il materiale acciaio;
- VENT per l'immissione di una portata d'aria applicate alle facce appartenenti al piano x-z in direzione positiva di y.

La portata d'aria immessa da ogni ventilatore è di 23 m³/s. Tale valore, reperito da cataloghi commerciali di ventilatori tipo Jet-Fans, è stato ipotizzato in via approssimativa dal momento che la normativa sia italiana, sia a livello europeo, in materia di ventilazione di gallerie stradali non fornisce un valore minimo della portata di aria.

L'attivazione dei ventilatori è vincolata al tempo trascorso dall'inizio della simulazione. La normativa italiana non fornisce alcuna indicazione sotto questo punto di vista, perciò si è fatto riferimento al Manuale delle Gallerie Stradali del PIARC (*World Road Association*) [21] nel quale viene indicato un tempo pari a 240 s come il limite massimo di ritardo nel tempo di intervento dei sistemi di protezione attiva in caso di incendio. Tale ritardo inoltre, fornisce la possibilità di apprezzare l'intervento dei ventilatori nella fase di propagazione dell'incendio.

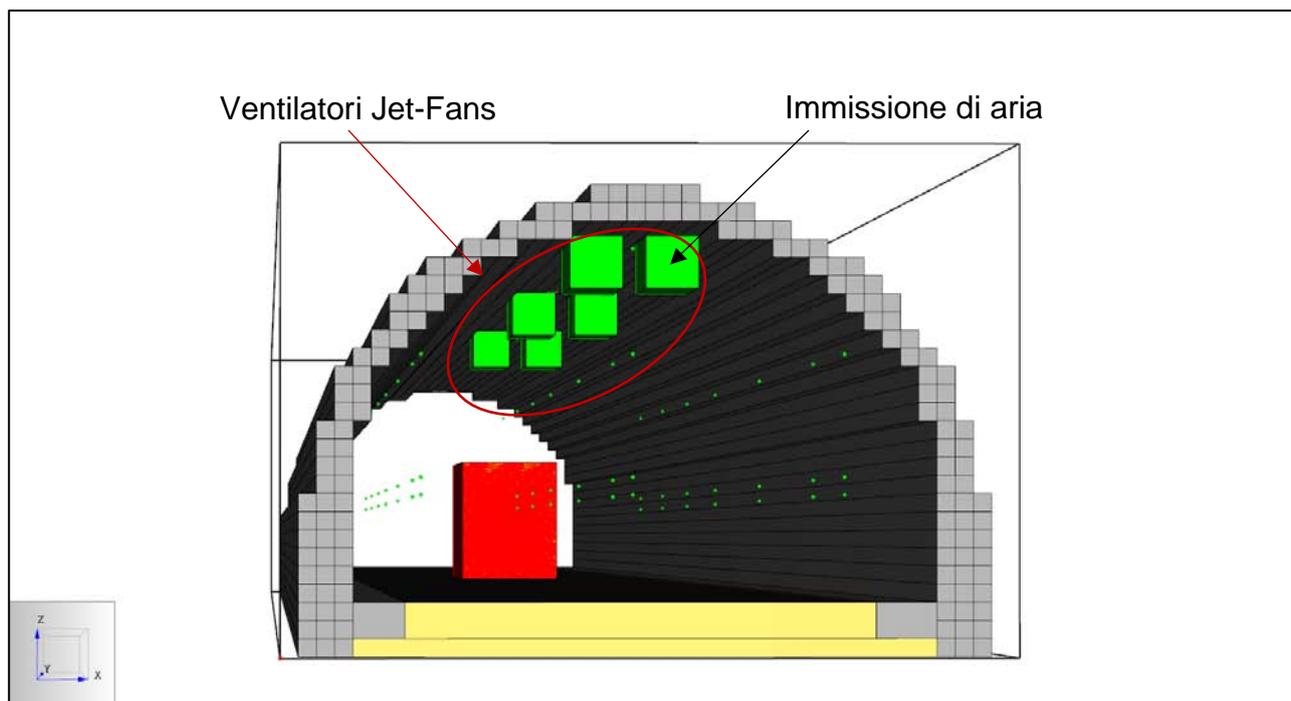


Figura 10.1: Modello di galleria utilizzato nella simulazione con identificazione degli OBST e VENT per la modellazione dei ventilatori.

10.2.2 Meshing

La mesh presenta le stesse dimensioni delle celle elementari utilizzate anche nella Simulazione 4 – Incendio di un mezzo pesante, nella quale è stata utilizzata una maglia con differenti dimensioni delle celle: una mesh meno fitta per sezioni distanti dal focolare e una mesh più fitta nei pressi della sorgente.

10.2.3 Sorgente di incendio

Per quanto concerne la sorgente di incendio utilizzata per la modellazione di questo scenario si rimanda al Paragrafo 7.1.3 del Capitolo VII in quanto è stata utilizzata la medesima sorgente.

10.3 Analisi e discussione dei risultati

Nel presente paragrafo verranno analizzati i risultati della simulazione in termini di profili termici, andamento della visibilità e concentrazione delle specie chimiche. Inoltre, tali risultati, verranno confrontati con quelli ottenuti dalla simulazione dello scenario di incendio di un mezzo pesante al fine di valutare l'effetto della ventilazione longitudinale.

10.3.1 Analisi delle temperature

La Figura 10.2 riporta i profili di temperatura (trattati con un approccio di media mobile) acquisiti dalle sonde installate nelle sezioni di controllo. In tale grafico è visibile la diminuzione della temperatura per l'attivazione della ventilazione longitudinale effettuata dalle coppie di Jet-Fans installati sulla sommità della volta della galleria.

Inoltre, il grafico riporta un comportamento diverso dei profili per le sezioni in prossimità della sorgente e quelle più lontane: nelle prime, dopo un primo periodo nel quale la temperatura è stata portata ad un valore ambiente o di poco superiore nel caso della sezione 1, la temperatura ha un profilo crescente fino al termine della simulazione ad indicare che potenzialmente la sola azione della ventilazione longitudinale potrebbe non essere sufficiente come misure di protezione attiva; nelle seconde invece, una volta che l'azione dei ventilatori ha portato la temperatura ad un valore ambiente (25°C) questa rimane costante fino al termine della simulazione.

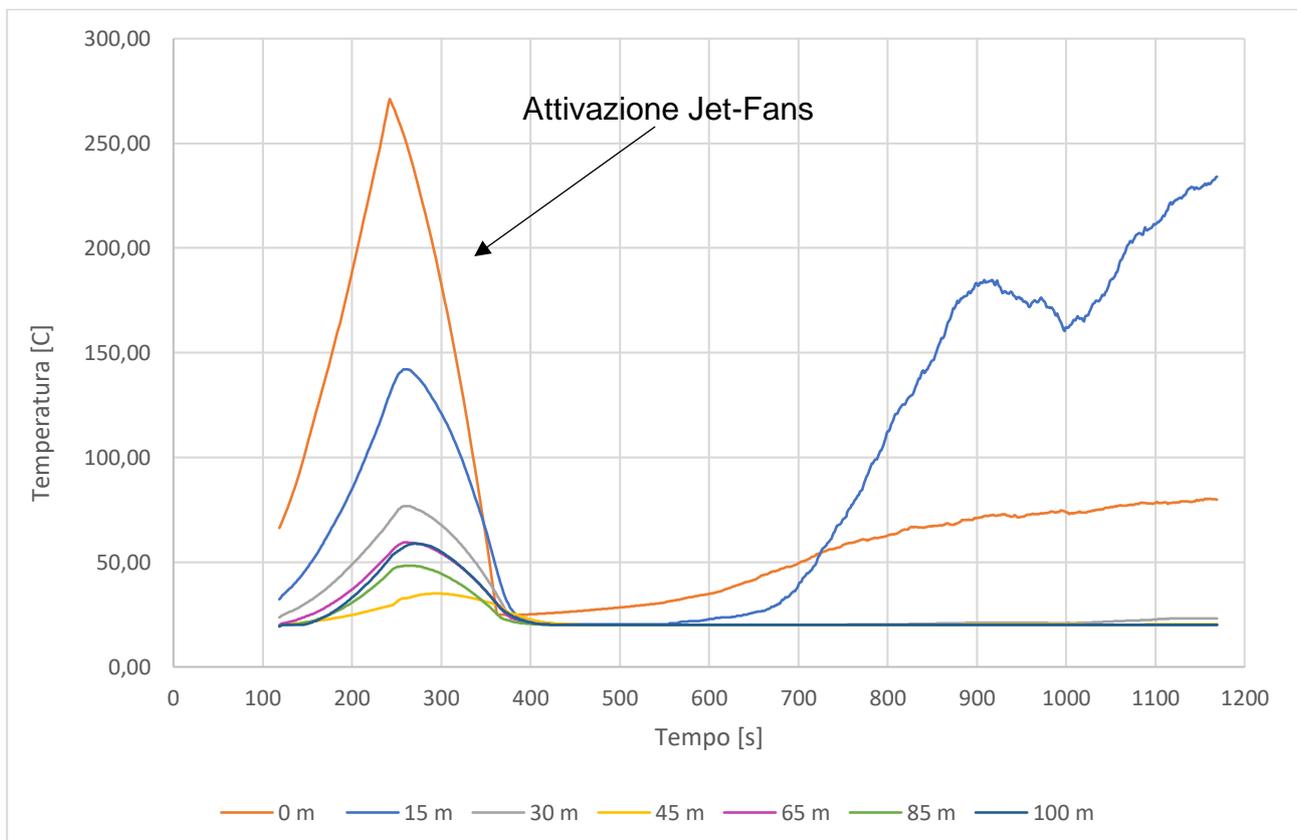


Figura 10.2: Temperature nelle sezioni di controllo del tunnel.

L'andamento appena descritto è visibile nella Figura 10.3 dove è possibile vedere in prossimità della sorgente e verso il portale di ingresso una zona con un colore azzurro chiaro, indice di una temperatura maggiore rispetto al blu presente nelle sezioni più distanti dalla sorgente.

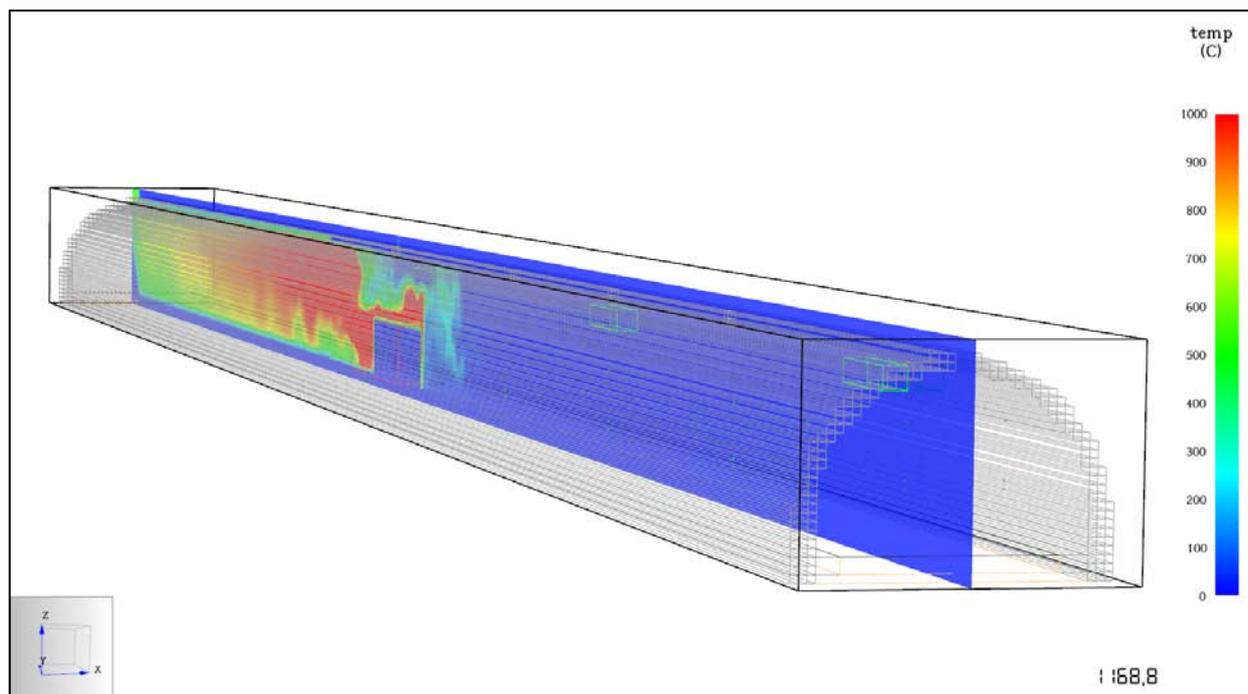


Figura 10.3: Temperature nella mezzeria trasversale della galleria associate ad una scala cromatica.

La Tabella 10.1 riporta il confronto tra la temperatura media e di picco nelle sette sezioni di controllo predisposte per lo scenario di incendio con un mezzo pesante nel caso di ventilazione e nel caso di assenza di ventilazione. Gli effetti di riduzione della temperatura sono considerevoli in tutte le sezioni, tranne in quella in corrispondenza della sorgente nella quale le temperature registrate sono comparabili. Nella Tabella 10.1 inoltre è indicata, in termini percentuali, la diminuzione della temperatura sia per quanto concerne la temperatura di picco, sia per quella media.

Tabella 10.1: Confronto in termini di temperatura per uno scenario con ventilazione e senza ventilazione

Distanza dalla sorgente [m]	Con ventilazione		Senza ventilazione		Delta	
	T _{PICCO} [C]	T _{MEDIA} [C]	T _{PICCO} [C]	T _{MEDIA} [C]	T _{PICCO}	T _{MEDIA}
0	1313,08	448,57	1302,69	437,47	-	-
15	361,69	72,87	1306,42	372,35	72,31%	80,43%
30	136,68	27,50	1072,80	241,50	87,26%	88,61%
45	130,09	24,44	774,50	182,59	83,20%	86,61%
65	87,09	22,91	623,72	144,69	86,04%	84,17%
85	85,44	22,53	435,47	123,65	80,38%	81,78%
100	85,53	22,43	382,20	114,02	77,62%	80,33%

Simulazione 7 – Incendio di un mezzo pesante con sistema di ventilazione

Lo spostamento della massa dei fumi e gas caldi ha un effetto anche sulla trasmissione del calore per irraggiamento che potrebbe colpire gli occupanti che si avvicinano all'esodo verso un luogo sicuro. La Figura 10.4 riporta, per ogni sezione di controllo, i valori di irraggiamento, espressi in kW/m^2 , che le sonde poste ad una quota di 1,80 m dal piano stradale hanno registrato.

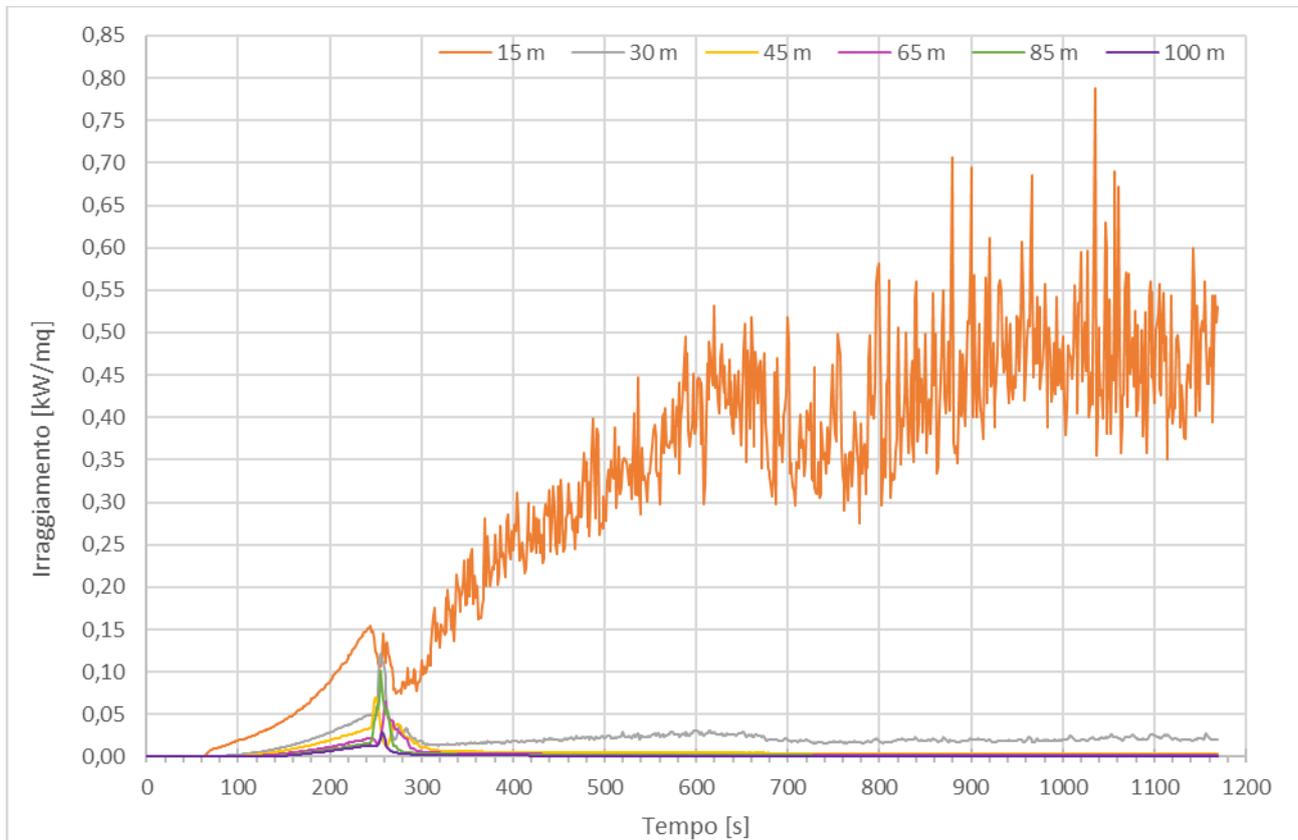


Figura 10.4: Irraggiamento dei fumi e gas caldi ad una quota di 1,80 m dal piano stradale.

L'effetto della ventilazione risulta abbastanza evidente in quanto l'irraggiamento che fino al momento dell'attivazione dell'impianto ha un andamento crescente, successivamente si attesta a valori prossimi allo zero. Nella sezione a 15 m dalla sorgente dopo una prima diminuzione del valore dell'irraggiamento è visibile un ulteriore incremento, dovuto al ritorno dei fumi e al loro moto con verso opposto a quello dell'aria movimentata dai Jet-Fans. I valori si mantengono al di sotto del livello di soglia (pari a $2,5 \text{ kW/m}^2$) per tutte le sezioni di controllo.

Nella successiva Tabella è stato operato un confronto tra i valori medi di potenza irradiata per la simulazione con il sistema di ventilazione e per la simulazione senza ventilazione. Nel caso di presenza di ventilazione la massa di fumi e gas caldi viene movimentata e spostata perciò i valori di potenza irradiata sono nettamente inferiori rispetto a quelli registrati in assenza di ventilazione.

Capitolo X

Tabella 10.2: Confronto dei valori medi dell'irraggiamento nelle sezioni di controllo per uno scenario di incendio con ventilazione e uno scenario senza ventilazione.

Distanza da sorgente [m]	Valore medio irraggiamento dei fumi e gas caldi [kW/m ²]	
	Con ventilazione	Senza ventilazione
15	0,323	5,510
30	0,021	0,512
45	0,010	0,244
65	0,004	0,157
85	0,003	0,127
100	0,002	0,093

10.3.3 Analisi della visibilità

La ventilazione longitudinale può rivelarsi utile soprattutto nel caso in cui il progettista punti ad allontanare i prodotti inquinanti dei fumi di scarico dei veicoli in condizioni di normale esercizio dell'infrastruttura o, in caso di emergenza, voglia allontanare i prodotti dell'incendio per migliorare le condizioni di *tenibility* o allontanare la massa di fumi che provoca la riduzione di visibilità.

La Figura 10.5 riporta in un grafico l'andamento della visibilità in funzione del tempo. I profili presenti in tale grafico sono stati trattati con un approccio a media mobile per migliorarne la leggibilità.

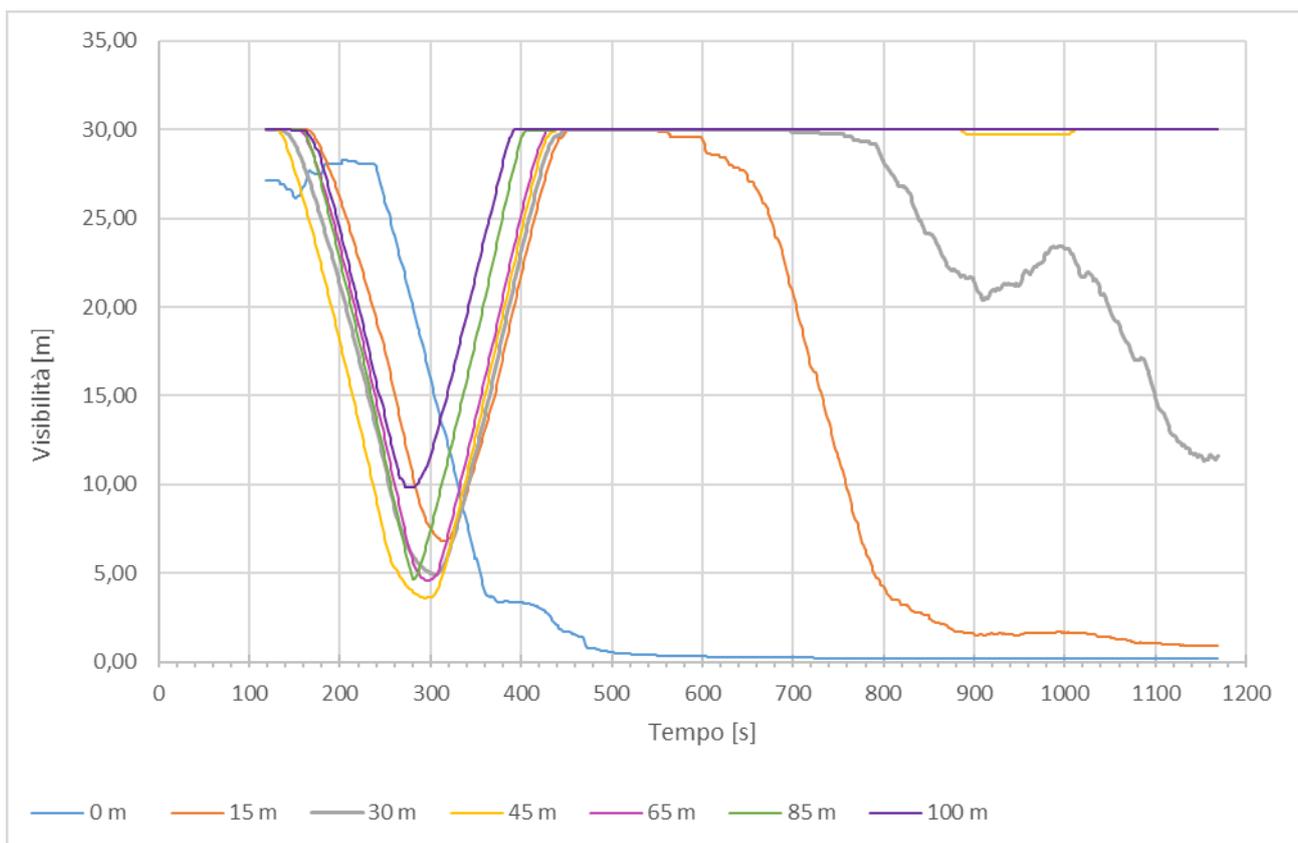


Figura 10.5: Visibilità in funzione della sezione e del tempo trascorso dall'inizio della simulazione.

Dal grafico si può vedere come la visibilità subisca, in tutte le sezioni di controllo, un iniziale calo prima dell'attivazione dei ventilatori per poi tornare alla situazione originaria (visibilità pari a 30 metri) quando i 6 ventilatori sono in funzione.

Inoltre, per le sezioni di controllo poste a 15 e 30 metri dal focolaio la visibilità subisce un ulteriore decremento a 550 s e 700 rispettivamente attestandosi a valori prossimi allo zero per la sezione a 15 m e a circa 12 m per la sezione a 30 m (quindi ad un valore maggiore del valore di soglia, pari a 10 m). Ciò potrebbe indicare che il numero di ventilatori o la loro

potenza può essere sottodimensionato in relazione alla sorgente di incendio dello scenario simulato.

Le Figure 10.6, 10.7 e 10.8 mostrano rispettivamente:

- L'andamento dei fumi al momento dell'attivazione del sistema di ventilazione;
- L'andamento dei fumi con i ventilatori in funzione e nel momento di miglior performance del sistema, ovvero quando la visibilità in tutte le sezioni di controllo è pari alla situazione originaria (30 m);
- L'andamento dei fumi al termine della simulazione quando la prestazione del sistema sembra non essere sufficiente a spostare la massa di effluenti dell'incendio i quali iniziano un moto contro-corrente. Tale fenomeno prende il nome di *smoke backlayering* e consiste nell'inversione del moto dei fumi prodotti dall'incendio i quali anziché muoversi concordemente al verso della aria spinta dai Jet-Fan, si muovono nel verso opposto o, in altri termini, si muovono sopravento.

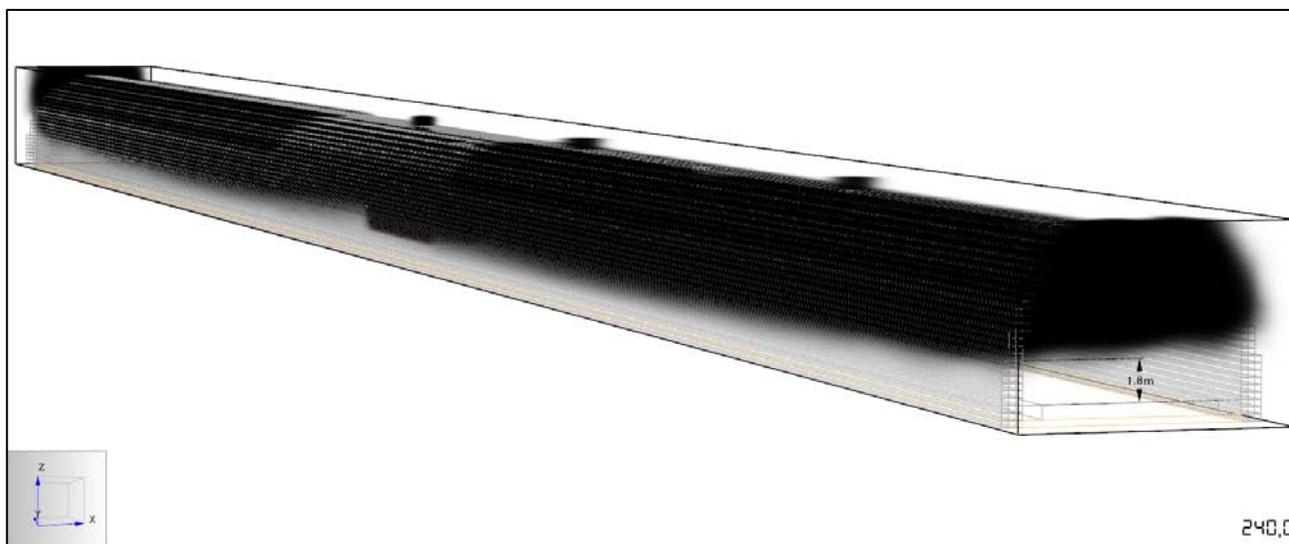


Figura 10.6: Stratificazione dei fumi al momento dell'attivazione dei Jet-Fan.

Simulazione 7 – Incendio di un mezzo pesante con sistema di ventilazione

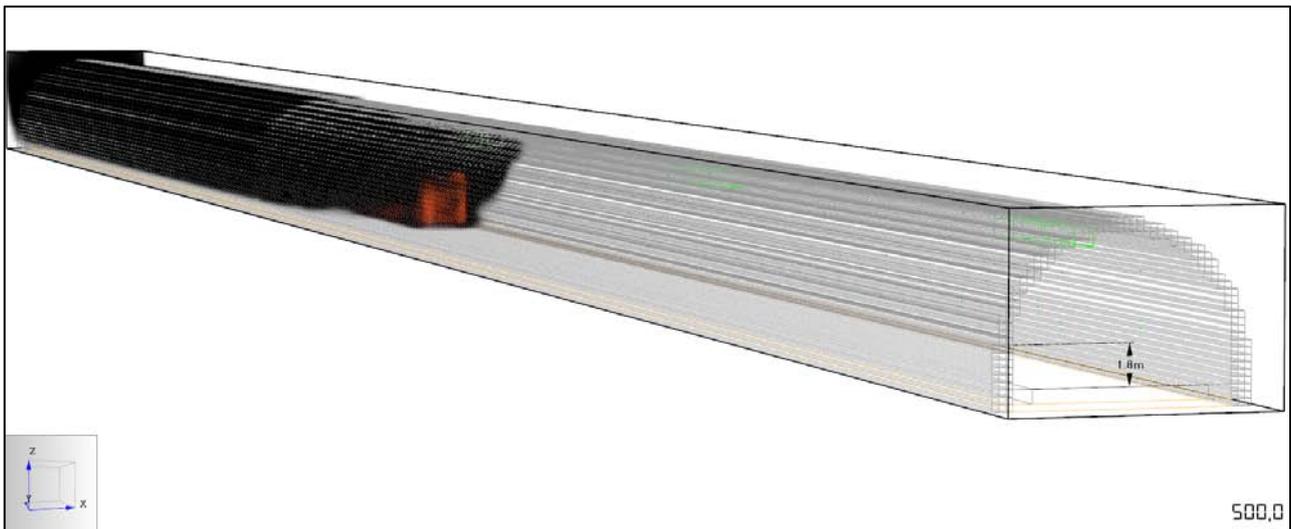


Figura 10.7: Stratificazione dei fumi al momento di miglior performance del sistema di ventilazione.

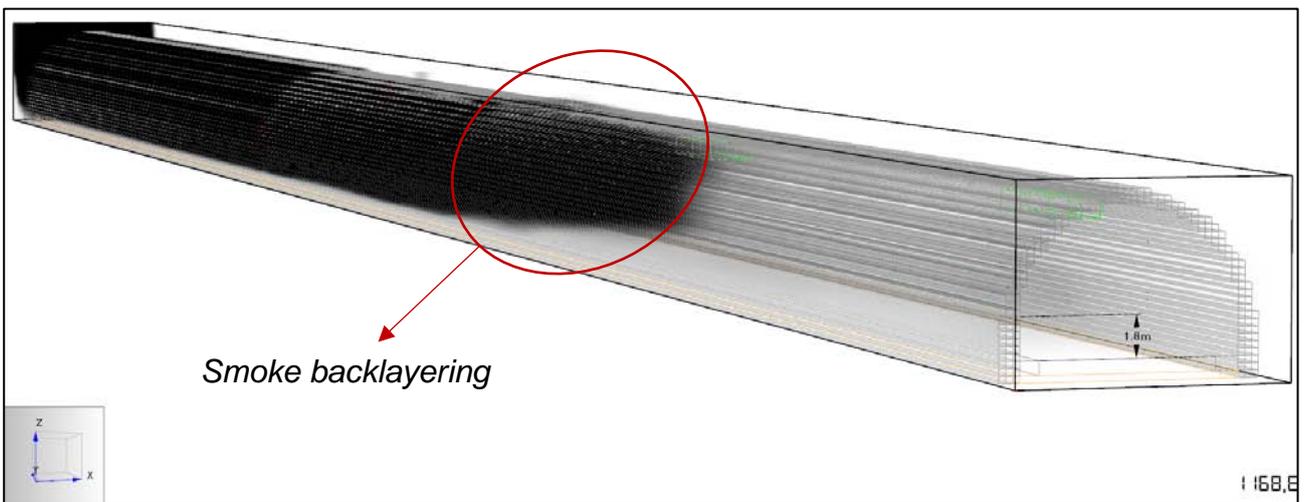


Figura 10.8: Stratificazione dei fumi al termine della simulazione e inizio del fenomeno di backlayering (inversione del moto dei fumi).

La Figura 10.9 riporta su un piano parallelo alla sede stradale e posto a 1,80 m da essa i valori di visibilità legati ad una scala cromatica ed è visibile come al termine delle simulazione si abbia un peggioramento della visibilità per le sezioni prossima alla sorgente, mentre rimane ottima nelle sezioni vicine al portale di ingresso.

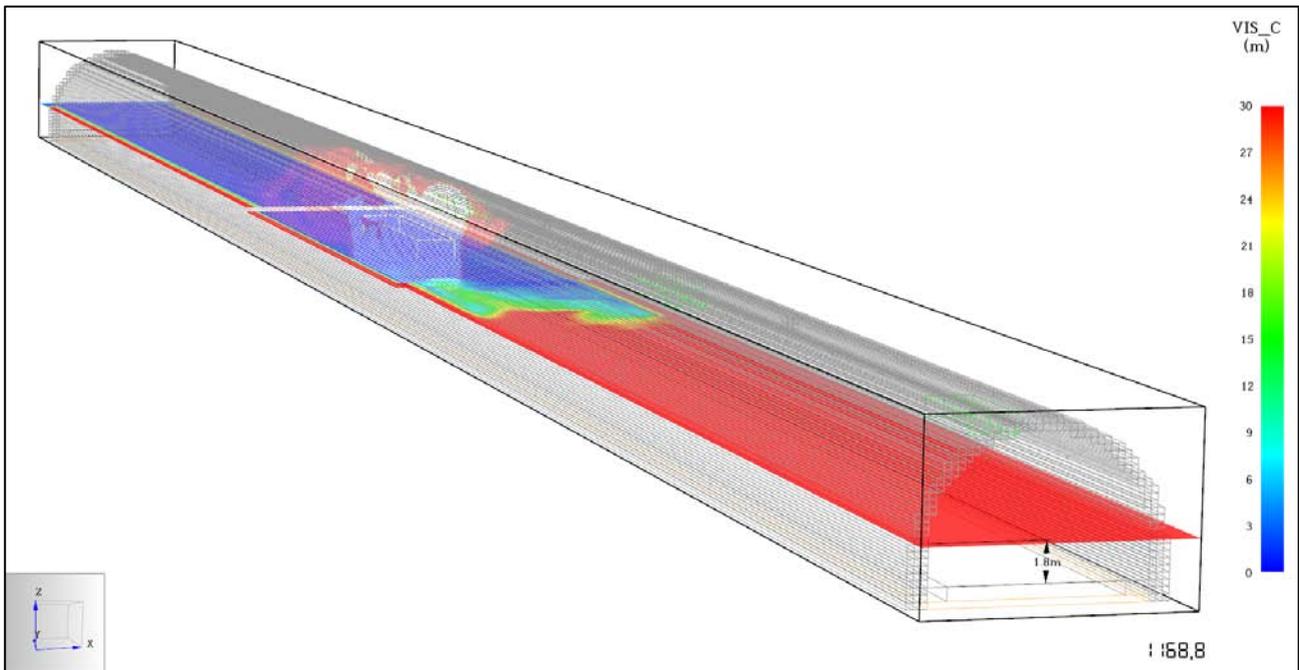


Figura 10.9: Visibilità su un piano posto a 1,80 m dalla sede stradale e parallelo ad essa.

Il tempo limitato di simulazione, dovuto alla modesta potenza di calcolo, non permette un'osservazione maggiormente dettagliata del fenomeno di *backlayering* il quale potrebbe ridurre la visibilità anche in sezioni più distanti dalla sorgente, creando condizioni incapacitanti per l'esodo degli occupanti anche con il sistema di ventilazione attivo.

Inoltre, il fenomeno potrebbe essere anche indotto dalla necessità di installare dei ventilatori solamente in una metà della galleria per ridurre il costo computazionale della simulazione.

10.3.3 Analisi delle specie chimiche

L'effetto della ventilazione si può apprezzare anche nella diluizione della concentrazione delle specie chimiche prodotte dalla combustione e quindi nel relativo abbassamento dei valori di FED. La Figura 10.10 riporta un grafico dove è possibile vedere il valore di FED in funzione del tempo. Tali valori si mantengono, in tutte le sezioni di controllo e per l'intera durata della simulazione, al di sotto del valore di soglia molto conservativo pari a 0,1 diversamente da quanto accadeva nella simulazione dello scenario di incendio di un mezzo pesante in assenza di ventilazione, nella quale si aveva il superamento del valore di soglia in tutte le sezioni di controllo (tranne quella a 30 m dalla sorgente) a partire da 800 s dall'inizio dell'incendio come riportato in Figura 10.11.

Simulazione 7 – Incendio di un mezzo pesante con sistema di ventilazione

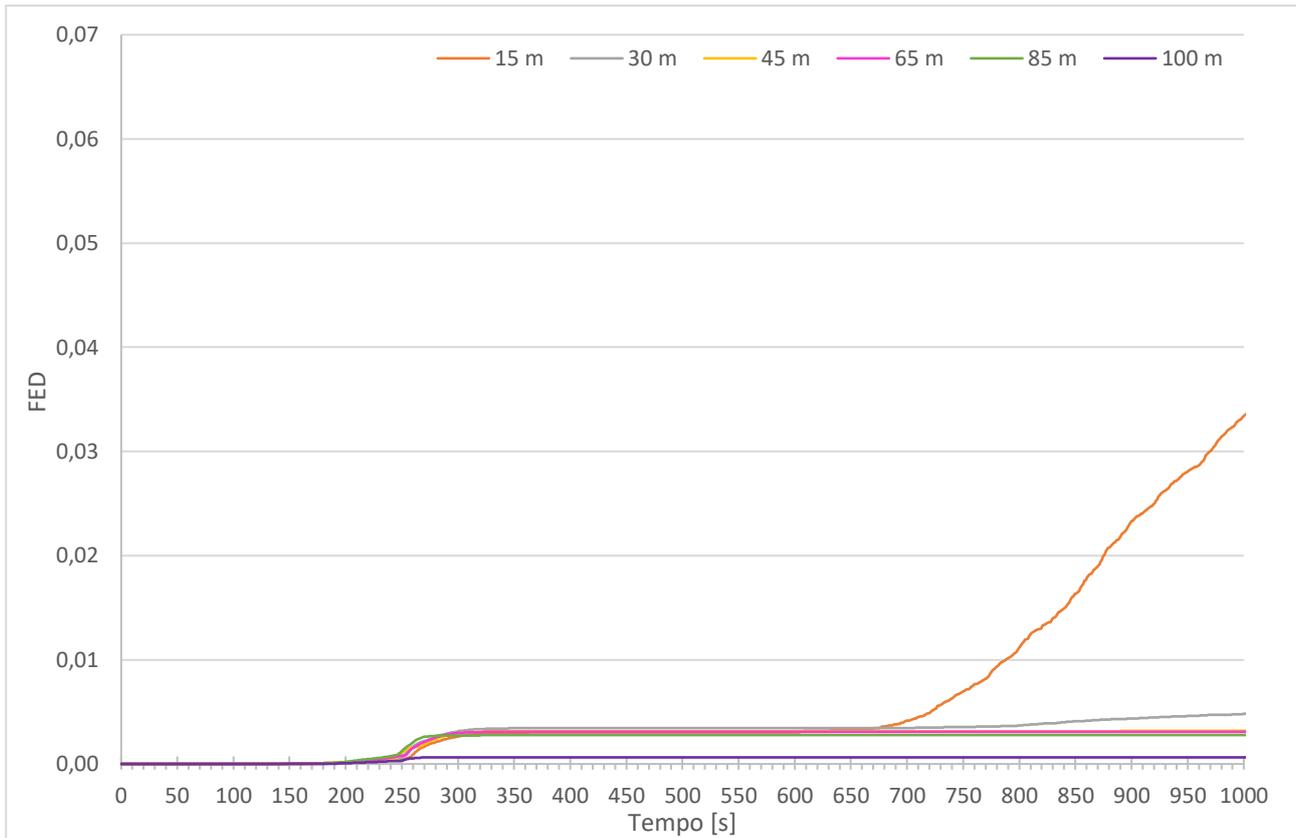


Figura 10.10: Valori di FED nelle sezioni di controllo con ventilazione dei Jet-Fans attiva.

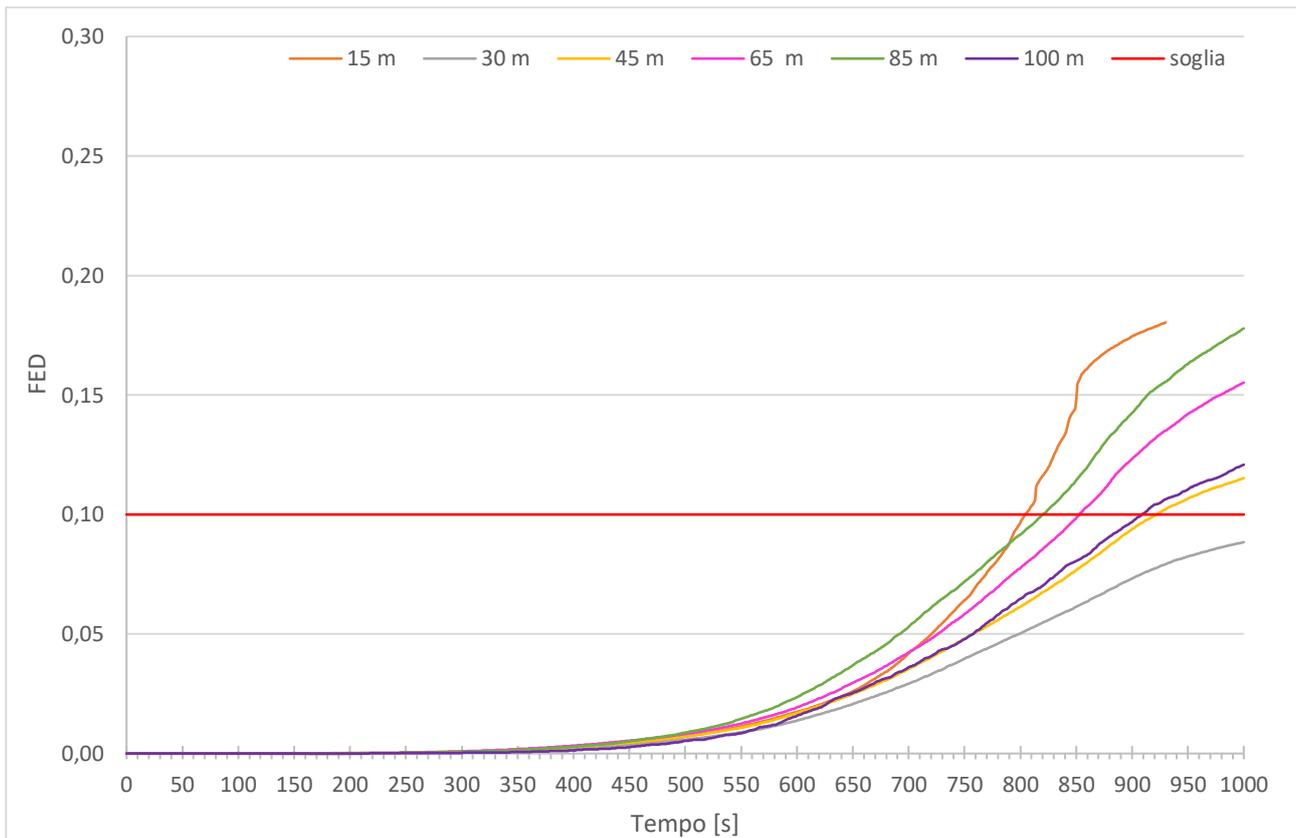


Figura 10.11: Valori di FED nelle sezioni di controllo della galleria senza ventilazione.

Capitolo X

Le seguenti tabelle riportano la concentrazione media di soot, monossido di carbonio e acido cloridrico registrata dalle sonde poste a 1,80 m dal piano della sede stradale nello scenario di incendio con ventilazione e senza ventilazione. Come era già mostrato con i precedenti grafici della FED le concentrazioni di inquinanti sono minori nel caso in cui il sistema di ventilazione longitudinale sia in funzione, con differenze che oscillano tra uno e due ordini di grandezza.

Tabella 10.3: Concentrazione media di soot nei due scenari.

Distanza da sorgente [m]	Valore medio della concentrazione di SOOT [kg/m ³]	
	Con ventilazione	Senza ventilazione
15	$1,40 \cdot 10^{-4}$	$3,14 \cdot 10^{-4}$
30	$3,16 \cdot 10^{-5}$	$1,13 \cdot 10^{-3}$
45	$1,68 \cdot 10^{-5}$	$4,77 \cdot 10^{-4}$
65	$1,38 \cdot 10^{-5}$	$5,88 \cdot 10^{-4}$
85	$1,40 \cdot 10^{-5}$	$7,12 \cdot 10^{-4}$
100	$8,93 \cdot 10^{-6}$	$6,87 \cdot 10^{-4}$

Tabella 10.4: Concentrazione media di CO nei due scenari.

Distanza da sorgente [m]	Valore medio della concentrazione di CO [kg/kg _{AIR}]	
	Con ventilazione	Senza ventilazione
15	$3,01 \cdot 10^{-3}$	$1,30 \cdot 10^{-2}$
30	$5,87 \cdot 10^{-4}$	$1,00 \cdot 10^{-2}$
45	$3,18 \cdot 10^{-4}$	$1,22 \cdot 10^{-2}$
65	$2,58 \cdot 10^{-4}$	$1,44 \cdot 10^{-2}$
85	$2,64 \cdot 10^{-4}$	$1,72 \cdot 10^{-2}$
100	$1,65 \cdot 10^{-4}$	$1,61 \cdot 10^{-2}$

Simulazione 7 – Incendio di un mezzo pesante con sistema di ventilazione

Tabella 10.5: Concentrazione media di HCl nei due scenari

Distanza da sorgente [m]	Valore medio della concentrazione di HCl[kg/kg _{AIR}]	
	Con ventilazione	Senza ventilazione
15	$2,86 \cdot 10^{-4}$	$1,09 \cdot 10^{-2}$
30	$4,02 \cdot 10^{-5}$	$6,86 \cdot 10^{-4}$
45	$2,18 \cdot 10^{-5}$	$8,36 \cdot 10^{-4}$
65	$1,77 \cdot 10^{-5}$	$9,83 \cdot 10^{-4}$
85	$1,80 \cdot 10^{-5}$	$1,18 \cdot 10^{-3}$
100	$1,13 \cdot 10^{-5}$	$1,10 \cdot 10^{-3}$

11. Valutazione del tempo disponibile per l'esodo

Nel presente Capitolo è stato valutato e riassunto in tabelle il tempo disponibile per l'esodo degli occupanti in relazione ai modelli proposti dal Codice di Prevenzioni Incendi al capitolo M.3, sulla base delle simulazioni condotte.

Le tabelle che seguono riassumono i valori di *ASET* calcolati con riferimento a determinati punti di controllo, indicati nei capitoli precedenti dove vengono trattate le simulazioni e viene anche riportata la durata della simulazione. Tale durata è stata impostata al fine di includere nella simulazione il picco di potenza (in termini di curva di rilascio termico HRR).

Con questo approccio è stato possibile individuare le condizioni più sfavorevoli per l'infrastruttura per gli occupanti della stessa.

Nelle tabelle seguenti i valori inferiori di *ASET* per ogni sezione di controllo sono evidenziati (in grassetto), al fine di individuare quale tra i criteri basati su temperatura, irraggiamento dei fumi e gas caldi, visibilità (intesa come capacità di individuare la cartellonistica di esodo e le vie di fuga presenti) e concentrazione dei gas tossici, sia quello più critico ai fini dello studio dell'esodo.

Nelle celle in cui è presente un trattino significa che i *devices* installati hanno registrato, durante la simulazione, valori inferiori a quelli di soglia, mentre nelle celle in cui è riportato "non stimato" si è ritenuto opportuno non inserire il valore numerico in quanto, in fase di analisi dei risultati delle variabili registrate dai *devices* predisposti, l'andamento della variabile in funzione del tempo presentava eccessive oscillazioni dovute, in prima approssimazione, alla suddivisione del dominio di calcolo in celle elementari ed alla loro dimensione.

Analizzando i risultati presentati nelle tabelle, si evince che il parametro più critico ai fini dell'esodo sia rappresentato dalla visibilità. Per tutte le simulazioni, i valori di *ASET* con base visibilità sono i più brevi tra tutti gli *ASET* calcolati. Alla luce di ciò, il progettista dovrà considerare attentamente la verosimile possibilità che i fumi generati dall'incendio interferiscano con l'esodo degli occupanti, secondo un tempo caratteristico stimato in centinaia di secondi.

Un esempio di sistema di protezione attiva è un impianto di ventilazione. Esso se opportunamente progettato può, come visto al Capitolo X, migliorare la visibilità, veicolando adeguatamente le masse di fumi prodotte dall'incendio. Tuttavia, il sistema deve essere correttamente dimensionato sia in termini di numerosità e localizzazione dei ventilatori o bocche

di areazione/estrazione in caso di ventilazione trasversale, sia in termini di velocità dell'aria immessa al fine di evitare il moto dei fumi controcorrente che potrebbe vanificare l'intervento dell'impianto.

Inoltre, un sistema di estrazione dei fumi, implementato mediante un impianto di aspirazione può aumentare il tempo disponibile per l'esodo in relazione al modello della visibilità.

Tabella 11.1: ASET nella Simulazione 3 – Incendio di un automobile

ASET nella Simulazione 3 ($t_{\text{simulazione}} = 1200 \text{ s}$)				
	Modello del calore		Modello della visibilità	Modello dei gas tossici
	Temperatura	irraggiamento		
0 m	Non stimata	750 s	-	-
15 m	-	-	-	-
30 m	-	-	-	-
45 m	-	-	-	-

Tabella 11.2: ASET nella Simulazione 4 - Incendio di un mezzo pesante

ASET nella Simulazione 4 ($t_{\text{simulazione}} = 1000 \text{ s}$)				
	Modello del calore		Modello della visibilità	Modello dei gas tossici
	Temperatura	irraggiamento		
0 m	420 s	370 s	360 s	Non stimata
15 m	480 s	700 s	280 s	790 s
30 m	500 s	1000 s	240 s	-
45 m	500 s	-	220 s	920 s
65 m	500 s	-	210 s	850 s
85 m	500 s	-	210 s	810 s
100 m	500 s	-	210 s	920 s

Tabella 11.3: ASET nella Simulazione 5 - Incendio domino con automobili

ASET nella Simulazione 5 ($t_{\text{simulazione}} = 1800 \text{ s}$)				
	Modello del calore		Modello della visibilità	Modello dei gas tossici
	Temperatura	irraggiamento		
0 m	Non stimata	-	Non stimato	-
15 m	1440 s	-	700 s	-
30 m	1360 s	-	550 s	-
45 m	1380 s	-	500 s	-
65 m	1420 s	-	500 s	-
85 m	1460 s	-	500 s	-
100 m	1500 s	-	Non stimato	-

Tabella 11.4: ASET nella Simulazione 6 – Incendio domino con mezzo pesante e automobili

ASET nella Simulazione 6 ($t_{\text{simulazione}} = 1800 \text{ s}$)				
	Modello del calore		Modello della visibilità	Modello dei gas tossici
	Temperatura	irraggiamento		
0 m	65 s	300 s	60 s	Non stimata
15 m	450 s	820 s	240 s	Non stimata
30 m	525 s	1020 s	240 s	1020 s
45 m	525 s	1240 s	240 s	890 s
65 m	525 s	1560 s	240 s	850 s
85 m	525 s	-	240 s	840 s
100 m	525 s	-	240 s	1040 s

Conclusioni

La sicurezza delle gallerie stradali della rete viaria è un argomento strettamente correlato al rischio d'incendio legato ai veicoli che percorrono l'infrastruttura e alle merci che essi trasportano. Tale rischio infatti, potrebbe essere molto rilevante in quanto la componente di magnitudo può essere correlata ad impatti molto severi in termini di vite umane, danni economici, danni ambientali e disservizi.

Per monitorare lo sviluppo di un incendio in un ambiente confinato e con geometrie direzionate particolari come nei tunnel stradali, una soluzione che può offrire un adeguato compromesso tra dettaglio e spesa dello studio è sicuramente quella basata sulla fluidodinamica computazionale (CFD).

Le simulazioni di scenari di incendio in galleria effettuate nel presente lavoro di tesi con Pyrosim® e FDS hanno permesso di indagare e monitorare l'andamento delle principali variabili correlate alla dinamica di un incendio in galleria. Tra queste i profili di temperatura, di visibilità per oscuramento dei fumi, di irraggiamento su potenziali occupanti, di concentrazione dei prodotti e sottoprodotti dell'incendio, con particolare attenzione alle specie chimiche tossiche per l'uomo e alla FED (*Fractional Effective Dose*).

Gli output, presentati sia in forma di grafici, riportando l'andamento della variabile nel tempo, sia in forma di figure tratte dal *tool* di visualizzazione dei risultati di Pyrosim® hanno permesso di individuare, in relazione allo scenario di incendio modellato, il tempo a disposizione degli occupanti per effettuare l'esodo in condizioni di sicurezza per quanto concerne la temperatura dell'ambiente circostante, la capacità degli stessi occupanti di individuare le vie d'esodo e la qualità dell'aria respirata che deve essere tale da non causare malori o incapacitazione per brevi esposizioni.

Le simulazioni hanno condotto all'individuazione della diminuzione della visibilità per oscuramento della luce generato dalle masse di fumi prodotte dall'incendio come l'aspetto maggiormente critico in uno scenario di incendio. Quantitativamente, nel caso di incendio limitato ad un mezzo pesante da 40 tonnellate il tempo a disposizione per l'esodo degli occupanti, considerando il valore più restrittivo, è di 210 secondi; nel caso di un incendio che si inneschi da un'automobile e si propaghi a quelle adiacenti il tempo utile necessario affinché gli occupanti raggiungano un luogo sicuro o un luogo sicuro temporaneo è di 500 s; infine, nel caso di un incendio la cui sorgente sia inizialmente un mezzo pesante e che successivamente si

Conclusioni

propaghi ad altri veicoli, costituiti da autovetture, l'esodo deve essere compiuto in 60 s in prossimità dei veicoli sorgente e in 240 nelle sezioni più distanti.

Da qui nasce quindi l'esigenza di studiare, progettare e implementare un idoneo sistema d'esodo che consideri la distanza che un occupante medio può percorrere nel tempo disponibile per l'esodo e il tempo impiegato per svolgere le attività pre-movimento, in altre parole, progettare il sistema d'esodo confrontando i valori di ASET e RSET.

Inoltre, con ulteriori simulazioni è possibile andare a testare l'efficacia dei sistemi di protezione attiva, quali sprinkler, impianti di ventilazione ed estrazione dei fumi, impianti di allarme che riducano i tempo richiesti per l'esodo, monitori.

Infatti, per garantire la sicurezza di un'infrastruttura nei confronti dell'incendio sono possibili due approcci tra loro complementari: l'aumento del tempo a disposizione per l'esodo, ovvero in questo caso, massimizzare l'intervallo di tempo nel quale la massa di fumi prodotta dall'incendio sia tale da non impedire l'individuazione delle vie d'esodo, oppure minimizzare RSET, implementando sistemi di sorveglianza e monitoraggio che siano in grado di diffondere tempestivamente l'allarme, rivelando l'incendio sin dalle prime fasi e bloccando il traffico in entrata nella galleria.

Altre valutazioni di tipo quantitativo, inoltre, possono essere fatte per ciò che concerne i mezzi di protezione passiva e quindi la valutazione della tenuta strutturale degli elementi e materiali che compongono una galleria a fronte delle temperature che sono raggiunte durante uno scenario di incendio che, nel caso di un incendio che coinvolga un mezzo pesante, possono arrivare a picchi di $900\div 1000^{\circ}\text{C}$ sugli elementi strutturali. A tali temperature il calcestruzzo armato mostra dei significativi cali di performance di resistenza e di capacità portanti, rappresentando un pericolo per gli addetti allo spegnimento e/o contenimento dell'incendio. A questo proposito risultano fondamentali le operazioni di raffreddamento effettuato ad esempio da impianti sprinkler, monitori o idranti.

Fondamentale per ottenere dei risultati significativi risulta indagare un numero adeguato di scari di incendio di progetto, a tal fine il software FDS risulta ottimo per questo scopo in quanto non pone particolari limiti, se non la potenza di calcolo richiesta al calcolatore per svolgere la simulazione in tempi brevi.

A questo proposito, in questo lavoro di la numerosità degli scenari di incendio, il tempo di simulazione, l'ampiezza della maglia di calcolo e la grandezza del dominio hanno dovuto subire delle limitazioni per poter rendere congruente lo sforzo computazionale richiesto al calcolatore con la potenza dello stesso.

Appendice A

File FDS di input per la Simulazione 1 – Validazione del modello di auto

```

&HEAD CHID=' Sim1_validazione_del_modello_di_auto /
&TIME T_END=1200.0/
&DUMP DT_RESTART=300.0, DT_SL3D=0.25/

&MESH ID='Mesh_FIRE', RGB=240,0,255, IJK=34,200,24, XB=-0.04,0.3,1.5,3.5,0.0,0.24/
&MESH ID='Mesh_INLET', COLOR='GREEN', IJK=17,78,12, XB=-0.04,0.3,-0.06,1.5,0.0,0.24/
&MESH ID='Mesh_OUTLET', RGB=0,253,255, IJK=17,80,12, XB=-0.04,0.3,3.5,5.1,0.0,0.24/

&SPEC ID='CARBON DIOXIDE', LUMPED_COMPONENT_ONLY=.TRUE./
&SPEC ID='CARBON MONOXIDE', LUMPED_COMPONENT_ONLY=.TRUE./
&SPEC ID='NITROGEN', LUMPED_COMPONENT_ONLY=.TRUE./
&SPEC ID='HYDROGEN CHLORIDE', LUMPED_COMPONENT_ONLY=.TRUE./
&SPEC ID='OXYGEN', LUMPED_COMPONENT_ONLY=.TRUE./
&SPEC ID='WATER VAPOR', LUMPED_COMPONENT_ONLY=.TRUE./
&SPEC ID='POLIETILENE', FORMULA='C2H4'/
&SPEC ID='SOOT', FORMULA='C', LUMPED_COMPONENT_ONLY=.TRUE./
&SPEC ID='POLIPROPILENE', FORMULA='C3H6'/
&SPEC ID='PVC', FORMULA='C2H3Cl'/
&SPEC ID='POLIURETANO', FORMULA='C25H42O6N2'/
&SPEC ID='AIR', BACKGROUND=.TRUE.,
  SPEC_ID(1)='NITROGEN',
  SPEC_ID(2)='OXYGEN',
  VOLUME_FRACTION(1)=3.76,
  VOLUME_FRACTION(2)=1.0/
&SPEC ID='PROD_POLIURETANO',
  SPEC_ID(1)='CARBON DIOXIDE',
  SPEC_ID(2)='CARBON MONOXIDE',
  SPEC_ID(3)='NITROGEN',
  SPEC_ID(4)='SOOT',
  SPEC_ID(5)='WATER VAPOR',
  VOLUME_FRACTION(1)=19.74407865,
  VOLUME_FRACTION(2)=0.166523,
  VOLUME_FRACTION(3)=103.7511305,
  VOLUME_FRACTION(4)=5.08928976,
  VOLUME_FRACTION(5)=21.00004082/
&SPEC ID='PROD_POLIETILENE',
  SPEC_ID(1)='CARBON DIOXIDE',
  SPEC_ID(2)='CARBON MONOXIDE',
  SPEC_ID(3)='NITROGEN',
  SPEC_ID(4)='WATER VAPOR',
  SPEC_ID(5)='SOOT',
  VOLUME_FRACTION(1)=1.835823,
  VOLUME_FRACTION(2)=0.024033,
  VOLUME_FRACTION(3)=10.707882,
  VOLUME_FRACTION(4)=2.000007,
  VOLUME_FRACTION(5)=0.140137/
&SPEC ID='PROD_PVC',

```

Appendice A

```
SPEC_ID(1)='CARBON DIOXIDE',
SPEC_ID(2)='CARBON MONOXIDE',
SPEC_ID(3)='HYDROGEN CHLORIDE',
SPEC_ID(4)='NITROGEN',
SPEC_ID(5)='SOOT',
SPEC_ID(6)='WATER VAPOR',
VOLUME_FRACTION(1)=0.96,
VOLUME_FRACTION(2)=0.14,
VOLUME_FRACTION(3)=1.0,
VOLUME_FRACTION(4)=5.7528,
VOLUME_FRACTION(5)=0.9,
VOLUME_FRACTION(6)=1.0/
&SPEC ID='PROD_POLIPROPILENE',
SPEC_ID(1)='CARBON DIOXIDE',
SPEC_ID(2)='CARBON MONOXIDE',
SPEC_ID(3)='NITROGEN',
SPEC_ID(4)='SOOT',
SPEC_ID(5)='WATER VAPOR',
VOLUME_FRACTION(1)=2.7572331,
VOLUME_FRACTION(2)=0.0360484668,
VOLUME_FRACTION(3)=16.07498928,
VOLUME_FRACTION(4)=0.2067102535,
VOLUME_FRACTION(5)=2.999991821/

&REAC ID='REAC_POLIETILENE',
HEAT_OF_COMBUSTION=4.12E4,
FUEL='POLIETILENE',
SPEC_ID_NU='AIR', 'POLIETILENE', 'PROD_POLIETILENE',
NU=-2.847843, -1.0, 1.0/
&REAC ID='REAC_POLIPROPILENE',
HEAT_OF_COMBUSTION=4.34E4,
FUEL='POLIPROPILENE',
SPEC_ID_NU='AIR', 'POLIPROPILENE', 'PROD_POLIPROPILENE',
NU=-4.275263812, -1.0, 1.0/
&REAC ID='REAC_POLIURETANO',
HEAT_OF_COMBUSTION=2.62E4,
FUEL='POLIURETANO',
SPEC_ID_NU='AIR', 'POLIURETANO', 'PROD_POLIURETANO',
NU=-27.327406, -1.0, 1.0,
CHECK_ATOM_BALANCE=.FALSE./
&REAC ID='REAC_PVC',
HEAT_OF_COMBUSTION=1.64E4,
FUEL='PVC',
SPEC_ID_NU='AIR', 'PVC', 'PROD_PVC',
NU=-1.53, -1.0, 1.0/

&DEVC ID='PRES1ab', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=0.13, 2.5, 0.21/
&DEVC ID='PRES2ab', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=0.13, 2.5, 0.18/
&DEVC ID='PRES3ab', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=0.13, 2.5, 0.15/
&DEVC ID='PRES4ab', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=0.13, 2.5, 0.12/
&DEVC ID='PRES5ab', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=0.13, 2.5, 0.09/
&DEVC ID='PRES2abR', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=0.195, 2.5, 0.18/
```

File FDS di input per la Simulazione 1 – Validazione del modello di auto

```
&DEVC ID='PRES3abR', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=0.195,2.5,0.15/
&DEVC ID='PRES4abR', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=0.195,2.5,0.12/
&DEVC ID='PRES5abR', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=0.195,2.5,0.09/
&DEVC ID='PRES2abl', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=0.065,2.5,0.18/
&DEVC ID='PRES3abl', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=0.065,2.5,0.15/
&DEVC ID='PRES4abl', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=0.065,2.5,0.12/
&DEVC ID='PRES5abl', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=0.065,2.5,0.09/
&DEVC ID='THCP1ab', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=0.13,2.5,0.21/
&DEVC ID='THCP2ab', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=0.13,2.5,0.18/
&DEVC ID='THCP3ab', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=0.13,2.5,0.15/
&DEVC ID='THCP4ab', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=0.13,2.5,0.12/
&DEVC ID='THCP5ab', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=0.13,2.5,0.09/
&DEVC ID='THCP2abR', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=0.195,2.5,0.18/
&DEVC ID='THCP3abR', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=0.195,2.5,0.15/
&DEVC ID='THCP4abR', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=0.195,2.5,0.12/
&DEVC ID='THCP5abR', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=0.195,2.5,0.09/
&DEVC ID='THCP2abl', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=0.065,2.5,0.18/
&DEVC ID='THCP3abl', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=0.065,2.5,0.15/
&DEVC ID='THCP4abl', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=0.065,2.5,0.12/
&DEVC ID='THCP5abl', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=0.065,2.5,0.09/
&DEVC ID='PRES6ab', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=0.13,1.9,0.21/
&DEVC ID='PRES7ab', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=0.13,1.9,0.2/
&DEVC ID='PRES8ab', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=0.13,1.9,0.17/
&DEVC ID='PRES9ab', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=0.13,1.9,0.12/
&DEVC ID='PRES10ab', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=0.13,1.9,0.07/
&DEVC ID='PRES7abR', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=0.195,1.9,0.2/
&DEVC ID='PRES8abR', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=0.195,1.9,0.17/
&DEVC ID='PRES9abR', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=0.195,1.9,0.12/
&DEVC ID='PRES10abR', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=0.195,1.9,0.07/
&DEVC ID='PRES7abl', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=0.065,1.9,0.2/
&DEVC ID='PRES8abl', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=0.065,1.9,0.17/
&DEVC ID='PRES9abl', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=0.065,1.9,0.12/
&DEVC ID='PRES10abl', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=0.065,1.9,0.07/
&DEVC ID='THCP6ab', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=0.13,1.9,0.21/
&DEVC ID='THCP7ab', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=0.13,1.9,0.2/
&DEVC ID='THCP8ab', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=0.13,1.9,0.17/
&DEVC ID='THCP9ab', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=0.13,1.9,0.12/
&DEVC ID='THCP10ab', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=0.13,1.9,0.07/
&DEVC ID='THCP7abR', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=0.195,1.9,0.2/
&DEVC ID='THCP8abR', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=0.195,1.9,0.17/
&DEVC ID='THCP9abR', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=0.195,1.9,0.12/
&DEVC ID='THCP10abR', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=0.195,1.9,0.07/
&DEVC ID='THCP7abl', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=0.065,1.9,0.2/
&DEVC ID='THCP8abl', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=0.065,1.9,0.17/
&DEVC ID='THCP9abl', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=0.065,1.9,0.12/
&DEVC ID='THCP10abl', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=0.065,1.9,0.07/
&DEVC ID='PRES1cd', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=0.13,1.3,0.21/
&DEVC ID='PRES2cd', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=0.13,1.3,0.2/
&DEVC ID='PRES3cd', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=0.13,1.3,0.17/
&DEVC ID='PRES4cd', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=0.13,1.3,0.12/
&DEVC ID='PRES5cd', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=0.13,1.3,0.07/
&DEVC ID='PRES2cdR', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=0.195,1.3,0.2/
```

Appendice A

&DEVC ID='PRES3cdR', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=0.195,1.3,0.17/
&DEVC ID='PRES4cdR', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=0.195,1.3,0.12/
&DEVC ID='PRES5cdR', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=0.195,1.3,0.07/
&DEVC ID='PRES2cdL', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=0.065,1.3,0.2/
&DEVC ID='PRES3cdL', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=0.065,1.3,0.17/
&DEVC ID='PRES4cdL', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=0.065,1.3,0.12/
&DEVC ID='PRES5cdL', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=0.065,1.3,0.07/
&DEVC ID='THCP1cd', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=0.13,1.3,0.21/
&DEVC ID='THCP2cd', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=0.13,1.3,0.2/
&DEVC ID='THCP3cd', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=0.13,1.3,0.17/
&DEVC ID='THCP4cd', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=0.13,1.3,0.12/
&DEVC ID='THCP5cd', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=0.13,1.3,0.07/
&DEVC ID='THCP2cdR', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=0.195,1.3,0.2/
&DEVC ID='THCP3cdR', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=0.195,1.3,0.17/
&DEVC ID='THCP4cdR', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=0.195,1.3,0.12/
&DEVC ID='THCP5cdR', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=0.195,1.3,0.07/
&DEVC ID='THCP2cdL', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=0.065,1.3,0.2/
&DEVC ID='THCP3cdL', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=0.065,1.3,0.17/
&DEVC ID='THCP4cdL', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=0.065,1.3,0.12/
&DEVC ID='THCP5cdL', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=0.065,1.3,0.07/
&DEVC ID='PRES6cd', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=0.13,0.6,0.21/
&DEVC ID='PRES7cd', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=0.13,0.6,0.2/
&DEVC ID='PRES8cd', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=0.13,0.6,0.17/
&DEVC ID='PRES9cd', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=0.13,0.6,0.12/
&DEVC ID='PRES10cd', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=0.13,0.6,0.07/
&DEVC ID='PRES7cdR', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=0.195,0.6,0.2/
&DEVC ID='PRES8cdR', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=0.195,0.6,0.17/
&DEVC ID='PRES9cdR', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=0.195,0.6,0.12/
&DEVC ID='PRES10cdR', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=0.195,0.6,0.07/
&DEVC ID='PRES7cdL', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=0.065,0.6,0.2/
&DEVC ID='PRES8cdL', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=0.065,0.6,0.17/
&DEVC ID='PRES9cdL', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=0.065,0.6,0.12/
&DEVC ID='PRES10cdL', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=0.065,0.6,0.07/
&DEVC ID='THCP6cd', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=0.13,0.6,0.21/
&DEVC ID='THCP7cd', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=0.13,0.6,0.2/
&DEVC ID='THCP8cd', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=0.13,0.6,0.17/
&DEVC ID='THCP9cd', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=0.13,0.6,0.12/
&DEVC ID='THCP10cd', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=0.13,0.6,0.07/
&DEVC ID='THCP7cdR', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=0.195,0.6,0.2/
&DEVC ID='THCP8cdR', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=0.195,0.6,0.17/
&DEVC ID='THCP9cdR', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=0.195,0.6,0.12/
&DEVC ID='THCP10cdR', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=0.195,0.6,0.07/
&DEVC ID='THCP7cdL', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=0.065,0.6,0.2/
&DEVC ID='THCP8cdL', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=0.065,0.6,0.17/
&DEVC ID='THCP9cdL', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=0.065,0.6,0.12/
&DEVC ID='THCP10cdL', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=0.065,0.6,0.07/

&MATL ID='CONCRETE',
FYI='NBSIR 88-3752 - ATF NIST Multi-Floor Validation',
SPECIFIC_HEAT=1.04,
CONDUCTIVITY=1.8,
DENSITY=2280.0/

File FDS di input per la Simulazione 1 – Validazione del modello di auto

```
&MATL ID='CAR',
  FYI='materiale_macchina_ottenuto_con_medie_pesate_componenti',
  SPECIFIC_HEAT=0.77908,
  CONDUCTIVITY=38.29167,
  DENSITY=5915.39,
  EMISSIVITY=0.69882/

&SURF ID='concrete',
  COLOR='GRAY 40',
  BACKING='INSULATED',
  MATL_ID(1,1)='CONCRETE',
  MATL_MASS_FRACTION(1,1)=1.0,
  THICKNESS(1)=0.01/

&SURF ID='componenti_macchina',
  COLOR='BLUE',
  MATL_ID(1,1)='CAR',
  MATL_MASS_FRACTION(1,1)=1.0,
  THICKNESS(1)=1.0E-4/

&SURF ID='FIRE',
  COLOR='RED',
  MASS_FLUX=5.35E-4,3.7E-4,1.022E-3,1.125E-3,
  SPEC_ID='POLIETILENE','POLIPROPILENE','POLIURETANO','PVC',
  RAMP_MF='FIRE_RAMP_MF','FIRE_RAMP_MF2','FIRE_RAMP_MF3','FIRE_RAMP_MF4'/

&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF', T=153.0, F=0.086/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF', T=194.0, F=0.094/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF', T=399.0, F=0.155/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF', T=500.0, F=0.297/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF', T=567.0, F=0.491/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF', T=644.0, F=0.715/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF', T=812.0, F=0.934/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF', T=838.0, F=1.0/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF', T=1053.0, F=0.976/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF', T=1129.0, F=0.861/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF', T=1203.0, F=0.775/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF', T=1283.0, F=0.69/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF', T=1362.0, F=0.636/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF', T=1596.0, F=0.46/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF', T=1842.0, F=0.331/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF', T=2000.0, F=0.247/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF2', T=153.0, F=0.086/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF2', T=194.0, F=0.094/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF2', T=399.0, F=0.155/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF2', T=500.0, F=0.297/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF2', T=567.0, F=0.491/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF2', T=644.0, F=0.715/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF2', T=812.0, F=0.934/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF2', T=838.0, F=1.0/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF2', T=1053.0, F=0.976/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF2', T=1129.0, F=0.861/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF2', T=1203.0, F=0.775/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF2', T=1283.0, F=0.69/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF2', T=1362.0, F=0.636/
```

Appendice A

&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF2', T=1596.0, F=0.46/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF2', T=1842.0, F=0.331/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF2', T=2000.0, F=0.247/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF3', T=153.0, F=0.086/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF3', T=194.0, F=0.094/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF3', T=399.0, F=0.155/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF3', T=500.0, F=0.297/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF3', T=567.0, F=0.491/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF3', T=644.0, F=0.715/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF3', T=812.0, F=0.934/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF3', T=838.0, F=1.0/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF3', T=1053.0, F=0.976/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF3', T=1129.0, F=0.861/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF3', T=1203.0, F=0.775/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF3', T=1283.0, F=0.69/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF3', T=1362.0, F=0.636/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF3', T=1596.0, F=0.46/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF3', T=1842.0, F=0.331/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF3', T=2000.0, F=0.247/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF4', T=153.0, F=0.086/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF4', T=194.0, F=0.094/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF4', T=399.0, F=0.155/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF4', T=500.0, F=0.297/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF4', T=567.0, F=0.491/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF4', T=644.0, F=0.715/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF4', T=812.0, F=0.934/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF4', T=838.0, F=1.0/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF4', T=1053.0, F=0.976/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF4', T=1129.0, F=0.861/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF4', T=1203.0, F=0.775/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF4', T=1283.0, F=0.69/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF4', T=1362.0, F=0.636/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF4', T=1596.0, F=0.46/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF4', T=1842.0, F=0.331/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF4', T=2000.0, F=0.247/

&OBST ID='Obstruction', XB=-5.0E-3,0.0,0.0,5.0,0.0,5.0E-3, SURF_ID='concrete'/
&OBST ID='Obstruction', XB=-1.0E-2,-5.0E-3,0.0,5.0,0.0,5.0E-3, SURF_ID='concrete'/
&OBST ID='Obstruction', XB=-0.015,-1.0E-2,0.0,5.0,5.0E-3,0.01, SURF_ID='concrete'/
&OBST ID='Obstruction', XB=-1.0E-2,-5.0E-3,0.0,5.0,5.0E-3,0.01, SURF_ID='concrete'/
&OBST ID='Obstruction', XB=-1.0E-2,-5.0E-3,0.0,5.0,1.0E-2,0.015, SURF_ID='concrete'/
&OBST ID='Obstruction', XB=-0.015,-1.0E-2,0.0,5.0,1.0E-2,0.015, SURF_ID='concrete'/
&OBST ID='Obstruction', XB=-0.015,-1.0E-2,0.0,5.0,0.015,0.02, SURF_ID='concrete'/
&OBST ID='Obstruction', XB=-0.02,-0.015,0.0,5.0,0.015,0.02, SURF_ID='concrete'/
&OBST ID='Obstruction', XB=-0.015,-1.0E-2,0.0,5.0,0.02,0.025, SURF_ID='concrete'/
&OBST ID='Obstruction', XB=-0.02,-0.015,0.0,5.0,0.02,0.025, SURF_ID='concrete'/
&OBST ID='Obstruction', XB=-0.015,-1.0E-2,0.0,5.0,0.025,0.03, SURF_ID='concrete'/
&OBST ID='Obstruction', XB=-0.02,-0.015,0.0,5.0,0.025,0.03, SURF_ID='concrete'/
&OBST ID='Obstruction', XB=-0.02,-0.015,0.0,5.0,0.03,0.035, SURF_ID='concrete'/
&OBST ID='Obstruction', XB=-0.025,-0.02,0.0,5.0,0.03,0.035, SURF_ID='concrete'/
&OBST ID='Obstruction', XB=-0.02,-0.015,0.0,5.0,0.035,0.04, SURF_ID='concrete'/
&OBST ID='Obstruction', XB=-0.025,-0.02,0.0,5.0,0.035,0.04, SURF_ID='concrete'/

File FDS di input per la Simulazione 1 – Validazione del modello di auto

```
&OBST ID='Obstruction', XB=0.18,0.185,0.0,5.0,0.215,0.22, SURF_ID='concrete'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.185,0.19,0.0,5.0,0.215,0.22, SURF_ID='concrete'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.18,0.185,0.0,5.0,0.21,0.215, SURF_ID='concrete'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.19,0.195,0.0,5.0,0.215,0.22, SURF_ID='concrete'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.185,0.19,0.0,5.0,0.21,0.215, SURF_ID='concrete'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.19,0.195,0.0,5.0,0.21,0.215, SURF_ID='concrete'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.195,0.2,0.0,5.0,0.21,0.215, SURF_ID='concrete'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.19,0.195,0.0,5.0,0.205,0.21, SURF_ID='concrete'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.195,0.2,0.0,5.0,0.205,0.21, SURF_ID='concrete'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.2,0.205,0.0,5.0,0.205,0.21, SURF_ID='concrete'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.205,0.21,0.0,5.0,0.205,0.21, SURF_ID='concrete'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.2,0.205,0.0,5.0,0.2,0.205, SURF_ID='concrete'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.215,0.22,0.0,5.0,0.195,0.2, SURF_ID='concrete'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.21,0.215,0.0,5.0,0.195,0.2, SURF_ID='concrete'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.215,0.22,0.0,5.0,0.2,0.205, SURF_ID='concrete'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.21,0.215,0.0,5.0,0.2,0.205, SURF_ID='concrete'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.205,0.21,0.0,5.0,0.2,0.205, SURF_ID='concrete'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.22,0.225,0.0,5.0,0.195,0.2, SURF_ID='concrete'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.22,0.225,0.0,5.0,0.19,0.195, SURF_ID='concrete'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.225,0.23,0.0,5.0,0.19,0.195, SURF_ID='concrete'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.225,0.23,0.0,5.0,0.185,0.19, SURF_ID='concrete'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.23,0.235,0.0,5.0,0.185,0.19, SURF_ID='concrete'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.24,0.245,0.0,5.0,0.17,0.175, SURF_ID='concrete'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.24,0.245,0.0,5.0,0.175,0.18, SURF_ID='concrete'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.235,0.24,0.0,5.0,0.175,0.18, SURF_ID='concrete'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.235,0.24,0.0,5.0,0.18,0.185, SURF_ID='concrete'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.23,0.235,0.0,5.0,0.18,0.185, SURF_ID='concrete'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.245,0.25,0.0,5.0,0.17,0.175, SURF_ID='concrete'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.245,0.25,0.0,5.0,0.165,0.17, SURF_ID='concrete'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.25,0.255,0.0,5.0,0.165,0.17, SURF_ID='concrete'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.25,0.255,0.0,5.0,0.16,0.165, SURF_ID='concrete'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.13,0.135,0.0,5.0,0.22,0.225, SURF_ID='concrete'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.135,0.14,0.0,5.0,0.22,0.225, SURF_ID='concrete'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.14,0.145,0.0,5.0,0.22,0.225, SURF_ID='concrete'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.13,0.135,0.0,5.0,0.225,0.23, SURF_ID='concrete'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.145,0.15,0.0,5.0,0.22,0.225, SURF_ID='concrete'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.135,0.14,0.0,5.0,0.225,0.23, SURF_ID='concrete'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.15,0.155,0.0,5.0,0.22,0.225, SURF_ID='concrete'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.155,0.16,0.0,5.0,0.22,0.225, SURF_ID='concrete'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.16,0.165,0.0,5.0,0.225,0.23, SURF_ID='concrete'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.16,0.165,0.0,5.0,0.22,0.225, SURF_ID='concrete'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.165,0.17,0.0,5.0,0.22,0.225, SURF_ID='concrete'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.155,0.16,0.0,5.0,0.225,0.23, SURF_ID='concrete'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.15,0.155,0.0,5.0,0.225,0.23, SURF_ID='concrete'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.145,0.15,0.0,5.0,0.225,0.23, SURF_ID='concrete'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.14,0.145,0.0,5.0,0.225,0.23, SURF_ID='concrete'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.165,0.17,0.0,5.0,0.215,0.22, SURF_ID='concrete'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.175,0.18,0.0,5.0,0.22,0.225, SURF_ID='concrete'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.16,0.165,0.0,5.0,0.215,0.22, SURF_ID='concrete'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.17,0.175,0.0,5.0,0.22,0.225, SURF_ID='concrete'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.27,0.275,0.0,5.0,0.025,0.03, SURF_ID='concrete'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.275,0.28,0.0,5.0,0.025,0.03, SURF_ID='concrete'/
```


File FDS di input per la Simulazione 1 – Validazione del modello di auto

```
&OBST ID='Obstruction', XB=0.265,0.27,0.0,5.0,0.145,0.15, SURF_ID='concrete'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.265,0.27,0.0,5.0,0.14,0.145, SURF_ID='concrete'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.265,0.27,0.0,5.0,0.135,0.14, SURF_ID='concrete'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.27,0.275,0.0,5.0,0.14,0.145, SURF_ID='concrete'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.265,0.27,0.0,5.0,0.13,0.135, SURF_ID='concrete'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.27,0.275,0.0,5.0,0.135,0.14, SURF_ID='concrete'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.26,0.265,0.0,5.0,0.145,0.15, SURF_ID='concrete'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.26,0.265,0.0,5.0,0.15,0.155, SURF_ID='concrete'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.26,0.265,0.0,5.0,0.155,0.16, SURF_ID='concrete'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.255,0.26,0.0,5.0,0.15,0.155, SURF_ID='concrete'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.255,0.26,0.0,5.0,0.155,0.16, SURF_ID='concrete'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.255,0.26,0.0,5.0,0.16,0.165, SURF_ID='concrete'/
&OBST ID='vehicle', XB=0.1,0.16,2.42,2.56,5.0E-3,0.055,
SURF_IDS='componenti_macchina','componenti_macchina','INERT'/
&OBST ID='fondo_inerte', XB=-6.9388939039E-18,0.26,1.5,3.5,0.0,0.0, COLOR='GRAY 80',
SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='fondo_inerte', XB=-6.9388939039E-18,0.26,6.9388939039E-18,1.5,0.0,0.0, COLOR='GRAY 80',
SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='fondo_inerte', XB=-6.9388939039E-18,0.26,3.5,5.0,0.0,0.0, COLOR='GRAY 80',
SURF_ID='INERT'/

&VENT ID='inlet', SURF_ID='OPEN', XB=-0.04,0.3,-0.06,-0.06,0.0,0.24/ portale_ingresso
&VENT ID='outlet', SURF_ID='OPEN', XB=-0.04,0.3,5.1,5.1,0.0,0.24/ portale_uscita
&VENT ID='top', SURF_ID='INERT', XB=-0.04,0.3,-0.06,5.1,0.24,0.24/
&VENT ID='right', SURF_ID='OPEN', XB=0.3,0.3,-0.06,5.1,0.0,0.24/ mesh_boundary
&VENT ID='left', SURF_ID='OPEN', XB=-0.04,-0.04,-0.06,5.1,0.0,0.24/ mesh_boundary
&VENT ID='BURNER', SURF_ID='FIRE', XB=0.1,0.16,2.42,2.56,0.055,0.055, RGB=240,0,0/ vent che
implementa pirolisi plastiche

&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBX=0.13/
&SLCF QUANTITY='PRESSURE', PBX=0.13/
&SLCF QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='SOOT', PBX=0.13/

&TAIL /
```


Appendice B

File FDS di input per la Simulazione 2 – Pool Fire

```

&HEAD CHID='Pool_Fire', TITLE='simulazione pozza dodecano'/
&TIME T_END=620.0/
&DUMP DT_PL3D=10.0, DT_RESTART=300.0, DT_SL3D=0.25, WRITE_XYZ=.TRUE./
&MISC TMPA=25.0/

&MESH ID='MeshIN', RGB=51,255,255, IJK=20,52,14, XB=-0.3,11.7,-1.2,30.0,0.0,8.4/
&MESH ID='MeshFIRE', RGB=240,0,255, IJK=40,134,28, XB=-0.3,11.7,30.0,70.2,0.0,8.4/
&MESH ID='MeshOUT', RGB=240,253,2, IJK=20,50,14, XB=-0.3,11.7,70.2,100.2,0.0,8.4/

&SPEC ID='WATER VAPOR', LUMPED_COMPONENT_ONLY=.TRUE./
&SPEC ID='NITROGEN', LUMPED_COMPONENT_ONLY=.TRUE./
&SPEC ID='OXYGEN', LUMPED_COMPONENT_ONLY=.TRUE./
&SPEC ID='CARBON MONOXIDE', LUMPED_COMPONENT_ONLY=.TRUE./
&SPEC ID='CARBON DIOXIDE', LUMPED_COMPONENT_ONLY=.TRUE./
&SPEC ID='SOOT', FORMULA='C', LUMPED_COMPONENT_ONLY=.TRUE./
&SPEC ID='DODECANO', FORMULA='C12H26'/
&SPEC ID='AIR', BACKGROUND=.TRUE.,
  SPEC_ID(1)='NITROGEN',
  SPEC_ID(2)='OXYGEN',
  VOLUME_FRACTION(1)=3.76,
  VOLUME_FRACTION(2)=1.0/
&SPEC ID='PROD_DODECANO',
  SPEC_ID(1)='CARBON DIOXIDE',
  SPEC_ID(2)='CARBON MONOXIDE',
  SPEC_ID(3)='NITROGEN',
  SPEC_ID(4)='SOOT',
  SPEC_ID(5)='WATER VAPOR',
  VOLUME_FRACTION(1)=11.33134319,
  VOLUME_FRACTION(2)=0.0730090936,
  VOLUME_FRACTION(3)=67.1832018,
  VOLUME_FRACTION(4)=0.5955956487,
  VOLUME_FRACTION(5)=13.00004346/

&REAC ID='REAC_DODECANO',
  HEAT_OF_COMBUSTION=4.64E4,
  FUEL='DODECANO',
  SPEC_ID_NU='AIR', 'DODECANO', 'PROD_DODECANO',
  NU=-17.8678692,-1.0,1.0/

&DEVC ID='PRES1', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=2.1,50.0,1.3/
&DEVC ID='PRES01', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=2.1,50.0,2.6/
&DEVC ID='PRES02', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=2.1,50.0,3.9/
&DEVC ID='PRES03', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=2.1,50.0,5.3/
&DEVC ID='PRES04', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=3.9,50.0,1.3/
&DEVC ID='PRES05', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=3.9,50.0,2.6/
&DEVC ID='PRES06', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=3.9,50.0,3.9/
&DEVC ID='PRES07', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=3.9,50.0,4.95/

```

Appendice B

&DEVC ID='PRES08', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=3.9,50.0,6.0/
&DEVC ID='PRES09', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=3.9,50.0,6.5/
&DEVC ID='PRES10', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=5.7,50.0,2.6/
&DEVC ID='PRES11', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=5.7,50.0,3.9/
&DEVC ID='PRES12', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=5.7,50.0,4.95/
&DEVC ID='PRES13', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=5.7,50.0,6.0/
&DEVC ID='PRES14', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=5.7,50.0,6.5/
&DEVC ID='PRES15', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=5.7,50.0,6.75/
&DEVC ID='PRES16', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=7.5,50.0,1.3/
&DEVC ID='PRES17', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=7.5,50.0,2.6/
&DEVC ID='PRES18', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=7.5,50.0,3.9/
&DEVC ID='PRES19', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=7.5,50.0,4.95/
&DEVC ID='PRES20', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=7.5,50.0,6.0/
&DEVC ID='PRES21', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=7.5,50.0,6.5/
&DEVC ID='PRES22', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=9.3,50.0,1.3/
&DEVC ID='PRES23', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=9.3,50.0,2.6/
&DEVC ID='PRES24', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=9.3,50.0,3.9/
&DEVC ID='PRES25', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=9.3,50.0,5.3/
&DEVC ID='THCP1', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=2.1,50.0,1.3/
&DEVC ID='THCP2', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=2.1,50.0,2.6/
&DEVC ID='THCP3', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=2.1,50.0,3.9/
&DEVC ID='THCP4', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=2.1,50.0,5.3/
&DEVC ID='THCP5', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=3.9,50.0,1.3/
&DEVC ID='THCP6', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=3.9,50.0,2.6/
&DEVC ID='THCP7', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=3.9,50.0,3.9/
&DEVC ID='THCP8', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=3.9,50.0,4.95/
&DEVC ID='THCP9', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=3.9,50.0,6.0/
&DEVC ID='THCP10', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=3.9,50.0,6.5/
&DEVC ID='THCP11', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=5.7,50.0,2.6/
&DEVC ID='THCP12', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=5.7,50.0,3.9/
&DEVC ID='THCP13', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=5.7,50.0,4.95/
&DEVC ID='THCP14', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=5.7,50.0,6.0/
&DEVC ID='THCP15', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=5.7,50.0,6.5/
&DEVC ID='THCP16', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=5.7,50.0,6.75/
&DEVC ID='THCP17', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=7.5,50.0,1.3/
&DEVC ID='THCP18', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=7.5,50.0,2.6/
&DEVC ID='THCP19', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=7.5,50.0,3.9/
&DEVC ID='THCP20', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=7.5,50.0,4.95/
&DEVC ID='THCP21', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=7.5,50.0,6.0/
&DEVC ID='THCP22', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=7.5,50.0,6.5/
&DEVC ID='THCP26', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=9.3,50.0,5.3/
&DEVC ID='THCP23', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=9.3,50.0,1.3/
&DEVC ID='THCP24', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=9.3,50.0,2.6/
&DEVC ID='THCP25', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=9.3,50.0,3.9/
&DEVC ID='PRES31', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=2.1,30.0,5.3/
&DEVC ID='PRES32', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=3.9,30.0,4.95/
&DEVC ID='PRES33', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=3.9,30.0,6.1/
&DEVC ID='PRES34', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=3.9,30.0,6.6/
&DEVC ID='PRES35', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=5.7,30.0,4.95/
&DEVC ID='PRES36', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=5.7,30.0,6.1/
&DEVC ID='PRES37', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=5.7,30.0,6.6/
&DEVC ID='PRES38', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=5.7,30.0,6.9/

File FDS di input per la Simulazione 2 – Pool Fire

```
&DEVC ID='PRES39', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=7.5,30.0,4.95/
&DEVC ID='PRES40', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=7.5,30.0,6.1/
&DEVC ID='PRES41', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=7.5,30.0,6.6/
&DEVC ID='PRES42', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=9.3,30.0,5.3/
&DEVC ID='THCP31', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=2.1,30.0,5.3/
&DEVC ID='THCP32', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=3.9,30.0,4.95/
&DEVC ID='THCP33', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=3.9,30.0,6.1/
&DEVC ID='THCP34', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=3.9,30.0,6.6/
&DEVC ID='THCP35', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=5.7,30.0,4.95/
&DEVC ID='THCP36', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=5.7,30.0,6.1/
&DEVC ID='THCP37', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=5.7,30.0,6.6/
&DEVC ID='THCP38', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=5.7,30.0,6.9/
&DEVC ID='THCP39', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=7.5,30.0,4.95/
&DEVC ID='THCP40', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=7.5,30.0,6.1/
&DEVC ID='THCP41', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=7.5,30.0,6.6/
&DEVC ID='THCP42', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=9.3,30.0,5.3/
&DEVC ID='PRES71', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=2.1,0.0,5.3/
&DEVC ID='PRES72', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=3.9,0.0,6.6/
&DEVC ID='PRES73', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=5.7,0.0,6.9/
&DEVC ID='PRES74', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=7.5,0.0,6.6/
&DEVC ID='PRES75', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=9.3,0.0,5.3/
&DEVC ID='THCP71', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=2.1,0.0,5.3/
&DEVC ID='THCP72', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=3.9,0.0,6.6/
&DEVC ID='THCP73', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=5.7,0.0,6.9/
&DEVC ID='THCP74', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=7.5,0.0,6.6/
&DEVC ID='THCP75', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=9.3,0.0,5.3/

&MATL ID='CONCRETE',
    SPECIFIC_HEAT=1.04,
    CONDUCTIVITY=1.8,
    DENSITY=2280.0/
&MATL ID='ASFALTO',
    SPECIFIC_HEAT=0.8,
    CONDUCTIVITY=0.75,
    DENSITY=2100.0,
    EMISSIVITY=0.93/
&MATL ID='STEEL',
    FYI='Drysedale, Intro to Fire Dynamics - ATF NIST Multi-Floor Validation',
    SPECIFIC_HEAT=0.46,
    CONDUCTIVITY=45.8,
    DENSITY=7850.0,
    EMISSIVITY=0.95/

&SURF ID='calcestruzzo',
    COLOR='GRAY 60',
    BACKING='VOID',
    MATL_ID(1,1)='CONCRETE',
    MATL_MASS_FRACTION(1,1)=1.0,
    THICKNESS(1)=0.6/
&SURF ID='pavimentazione',
    COLOR='GRAY 20',
    BACKING='VOID',
```

Appendice B

```
MATL_ID(1,1)='ASFALTO',
MATL_MASS_FRACTION(1,1)=1.0,
THICKNESS(1)=0.3/
&SURF ID='ACCIAO_POZZA',
COLOR='GRAY 80',
TMP_INNER=25.0,
MATL_ID(1,1)='STEEL',
MATL_MASS_FRACTION(1,1)=1.0,
THICKNESS(1)=0.01/
&SURF ID='DODECANO_POOL',
COLOR='RED',
MLRPUA=0.042,
TAU_Q=-600.0,
TMP_FRONT=25.0/

&OBST ID='Obstruction', XB=0.0,0.3,0.0,99.0,0.0,0.3, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.3,0.6,0.0,99.0,0.0,0.3, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.6,0.9,0.0,99.0,0.0,0.3, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.6,0.9,0.0,99.0,0.3,0.6, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.0,0.3,0.0,99.0,0.3,0.6, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.3,0.6,0.0,99.0,0.3,0.6, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.3,0.6,0.0,99.0,0.6,0.9, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.6,0.9,0.0,99.0,0.6,0.9, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.0,0.3,0.0,99.0,0.6,0.9, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.6,0.9,0.0,99.0,0.9,1.2, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.6,0.9,0.0,99.0,1.2,1.5, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.6,0.9,0.0,99.0,1.5,1.8, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.6,0.9,0.0,99.0,3.3,3.6, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.9,1.2,0.0,99.0,3.9,4.2, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.6,0.9,0.0,99.0,3.9,4.2, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.6,0.9,0.0,99.0,4.2,4.5, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.9,1.2,0.0,99.0,4.2,4.5, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.9,1.2,0.0,99.0,4.5,4.8, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.6,0.9,0.0,99.0,4.5,4.8, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.9,1.2,0.0,99.0,4.8,5.1, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=1.2,1.5,0.0,99.0,4.8,5.1, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=1.2,1.5,0.0,99.0,5.1,5.4, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=1.5,1.8,0.0,99.0,5.1,5.4, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=1.5,1.8,0.0,99.0,5.4,5.7, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=1.8,2.1,0.0,99.0,5.4,5.7, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=1.5,1.8,0.0,99.0,5.7,6.0, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=1.8,2.1,0.0,99.0,5.7,6.0, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=2.1,2.4,0.0,99.0,5.7,6.0, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=1.8,2.1,0.0,99.0,6.0,6.3, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=2.1,2.4,0.0,99.0,6.0,6.3, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=2.4,2.7,0.0,99.0,6.0,6.3, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=2.1,2.4,0.0,99.0,6.3,6.6, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=2.4,2.7,0.0,99.0,6.3,6.6, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=2.7,3.0,0.0,99.0,6.3,6.6, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=2.7,3.0,0.0,99.0,6.6,6.9, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=3.0,3.3,0.0,99.0,6.6,6.9, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=3.3,3.6,0.0,99.0,6.6,6.9, SURF_ID='calcestruzzo'/
```


File FDS di input per la Simulazione 2 – Pool Fire

```
&OBST ID='Obstruction', XB=11.1,11.4,0.0,99.0,0.0,0.3, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=11.1,11.4,0.0,99.0,0.3,0.6, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=11.1,11.4,0.0,99.0,0.6,0.9, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=11.1,11.4,0.0,99.0,0.9,1.2, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=11.1,11.4,0.0,99.0,1.2,1.5, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=10.8,11.1,0.0,99.0,0.0,0.3, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=10.8,11.1,0.0,99.0,0.3,0.6, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=10.8,11.1,0.0,99.0,0.6,0.9, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=11.1,11.4,0.0,99.0,1.5,1.8, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=11.1,11.4,0.0,99.0,0.6,0.9, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='marciapiede', XB=0.9,1.75,0.0,99.0,0.3,0.9, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='marciapiede', XB=9.5,10.5,0.0,99.0,0.3,0.9, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='pavimentazione_stradale', XB=1.75,9.5,0.0,99.0,0.3,0.9,
SURF_IDS='pavimentazione','INERT','INERT'/
&OBST ID='sottofondo_stradale', XB=0.9,10.5,0.0,99.0,0.0,0.3, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='BOTTOM', XB=5.1685,6.2315,49.4685,50.5315,0.9,0.91, SURF_ID='ACCIAIO_POZZA'/
&OBST ID='PARETE_RIGHT', XB=6.2315,6.2415,49.4585,50.5415,0.9,1.3, SURF_ID='ACCIAIO_POZZA'/
&OBST ID='PARETE_LEFT', XB=5.1585,5.1685,49.4685,50.5415,0.9,1.3, SURF_ID='ACCIAIO_POZZA'/
&OBST ID='PARETE_FRONT', XB=5.1585,6.2315,49.4585,49.4685,0.9,1.3, SURF_ID='ACCIAIO_POZZA'/
&OBST ID='PARETE_FRONT', XB=5.1685,6.2315,50.5315,50.5415,0.9,1.3, SURF_ID='ACCIAIO_POZZA'/

&VENT ID='BURNER', SURF_ID='DODECANO_POOL', XB=5.1685,6.2315,49.4685,50.5315,0.91,0.91,
COLOR='RED'/
&VENT ID='VentINLET', SURF_ID='OPEN', XB=-0.3,11.7,-1.2,-1.2,0.0,8.4/ poertale_ingresso
&VENT ID='VentOUTLET', SURF_ID='OPEN', XB=-0.3,11.7,100.2,100.2,0.0,8.4/ portale_uscita
&VENT ID='TOP', SURF_ID='OPEN', XB=-0.3,11.7,-1.2,100.2,8.4,8.4/
&VENT ID='BOTTOM', SURF_ID='OPEN', XB=-0.3,11.7,-0.9,100.2,0.0,0.0/
&VENT ID='LEFT', SURF_ID='OPEN', XB=-0.3,-0.3,-1.2,100.2,0.0,8.4/
&VENT ID='RIGHT', SURF_ID='OPEN', XB=11.7,11.7,-1.2,100.2,0.0,8.4/

&BNDF QUANTITY='WALL TEMPERATURE'/

&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBX=5.7/
&SLCF QUANTITY='PRESSURE', PBX=5.7/
&SLCF QUANTITY='HRRPUV', PBX=5.7/
&SLCF QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='SOOT', PBX=5.7/
&SLCF QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', PBX=5.7/
&SLCF QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE', PBX=5.7/

&TAIL /
```


Appendice C

File FDS di input per la Simulazione 3 – Incendio di un'autovettura

```

&HEAD CHID='SIMULAZIONE_CAR'/
&TIME T_END=1200.0/
&DUMP DT_PL3D=20.0, DT_RESTART=300.0, DT_SL3D=0.25, WRITE_XYZ=.TRUE.,
PLOT3D_QUANTITY(1)='TEMPERATURE'/
&MISC TMPA=25.0/
&COMB SUPPRESSION=.FALSE./

&MESH ID='MeshIN', RGB=51,255,255, IJK=20,52,14, XB=-0.3,11.7,-1.2,30.0,0.0,8.4/
&MESH ID='MeshFIRE', RGB=240,0,255, IJK=40,134,28, XB=-0.3,11.7,30.0,70.2,0.0,8.4/
&MESH ID='MeshOUT', RGB=240,253,2, IJK=20,50,14, XB=-0.3,11.7,70.2,100.2,0.0,8.4/

&SPEC ID='HYDROGEN CHLORIDE', LUMPED_COMPONENT_ONLY=.TRUE./
&SPEC ID='WATER VAPOR', LUMPED_COMPONENT_ONLY=.TRUE./
&SPEC ID='NITROGEN', LUMPED_COMPONENT_ONLY=.TRUE./
&SPEC ID='CARBON DIOXIDE', LUMPED_COMPONENT_ONLY=.TRUE./
&SPEC ID='CARBON MONOXIDE', LUMPED_COMPONENT_ONLY=.TRUE./
&SPEC ID='OXYGEN', LUMPED_COMPONENT_ONLY=.TRUE./
&SPEC ID='POLIURETANO', FORMULA='C25H42O6N2'/
&SPEC ID='PVC', FORMULA='C2H3Cl'/
&SPEC ID='POLIETILENE', FORMULA='C2H4'/
&SPEC ID='SOOT', FORMULA='C', LUMPED_COMPONENT_ONLY=.TRUE./
&SPEC ID='POLIPROPILENE', FORMULA='C3H6'/
&SPEC ID='AIR', BACKGROUND=.TRUE.,
  SPEC_ID(1)='NITROGEN',
  SPEC_ID(2)='OXYGEN',
  VOLUME_FRACTION(1)=3.76,
  VOLUME_FRACTION(2)=1.0/
&SPEC ID='PROD_POLIPROPILENE',
  SPEC_ID(1)='CARBON DIOXIDE',
  SPEC_ID(2)='CARBON MONOXIDE',
  SPEC_ID(3)='NITROGEN',
  SPEC_ID(4)='SOOT',
  SPEC_ID(5)='WATER VAPOR',
  VOLUME_FRACTION(1)=2.7572331,
  VOLUME_FRACTION(2)=0.0360484668,
  VOLUME_FRACTION(3)=16.07498928,
  VOLUME_FRACTION(4)=0.2067102535,
  VOLUME_FRACTION(5)=2.999991821/
&SPEC ID='PROD_POLIURETANO',
  SPEC_ID(1)='CARBON DIOXIDE',
  SPEC_ID(2)='CARBON MONOXIDE',
  SPEC_ID(3)='NITROGEN',
  SPEC_ID(4)='SOOT',
  SPEC_ID(5)='WATER VAPOR',
  VOLUME_FRACTION(1)=19.74407865,
  VOLUME_FRACTION(2)=0.166523,
  VOLUME_FRACTION(3)=103.7511305,

```

Appendice C

```
VOLUME_FRACTION(4)=5.08928976,  
VOLUME_FRACTION(5)=21.00004082/  
&SPEC ID='PROD_PVC',  
SPEC_ID(1)='CARBON DIOXIDE',  
SPEC_ID(2)='CARBON MONOXIDE',  
SPEC_ID(3)='HYDROGEN CHLORIDE',  
SPEC_ID(4)='NITROGEN',  
SPEC_ID(5)='SOOT',  
SPEC_ID(6)='WATER VAPOR',  
VOLUME_FRACTION(1)=0.96,  
VOLUME_FRACTION(2)=0.14,  
VOLUME_FRACTION(3)=1.0,  
VOLUME_FRACTION(4)=5.7528,  
VOLUME_FRACTION(5)=0.9,  
VOLUME_FRACTION(6)=1.0/  
&SPEC ID='PROD_POLIETILENE',  
SPEC_ID(1)='CARBON DIOXIDE',  
SPEC_ID(2)='CARBON MONOXIDE',  
SPEC_ID(3)='NITROGEN',  
SPEC_ID(4)='WATER VAPOR',  
SPEC_ID(5)='SOOT',  
VOLUME_FRACTION(1)=1.835823,  
VOLUME_FRACTION(2)=0.024033,  
VOLUME_FRACTION(3)=10.707882,  
VOLUME_FRACTION(4)=2.000007,  
VOLUME_FRACTION(5)=0.140137/  
  
&REAC ID='REAC_POLIETILENE',  
HEAT_OF_COMBUSTION=4.12E4,  
FUEL='POLIETILENE',  
SPEC_ID_NU='AIR', 'POLIETILENE', 'PROD_POLIETILENE',  
NU=-2.847843, -1.0, 1.0/  
&REAC ID='REAC_POLIPROPILENE',  
HEAT_OF_COMBUSTION=4.34E4,  
FUEL='POLIPROPILENE',  
SPEC_ID_NU='AIR', 'POLIPROPILENE', 'PROD_POLIPROPILENE',  
NU=-4.275263812, -1.0, 1.0/  
&REAC ID='REAC_POLIURETANO',  
HEAT_OF_COMBUSTION=2.62E4,  
FUEL='POLIURETANO',  
SPEC_ID_NU='AIR', 'POLIURETANO', 'PROD_POLIURETANO',  
NU=-27.327406, -1.0, 1.0,  
CHECK_ATOM_BALANCE=.FALSE./  
&REAC ID='REAC_PVC',  
HEAT_OF_COMBUSTION=1.64E4,  
FUEL='PVC',  
SPEC_ID_NU='AIR', 'PVC', 'PROD_PVC',  
NU=-1.53, -1.0, 1.0/  
  
&DEVC ID='THC_1_C', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,50.1,6.9/  
&DEVC ID='THC_1_B', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,50.1,5.1/  
&DEVC ID='THC_1_B_L', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2.1,50.1,5.1/
```

File FDS di input per la Simulazione 3 – Incendio di un'autovettura

```
&DEVC ID='THC_1_B_R', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=9.3,50.1,5.1/
&DEVC ID='THC_1_A', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,50.1,3.0/
&DEVC ID='THC_1_A_L', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2.1,50.1,3.0/
&DEVC ID='THC_1_A_R', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=9.3,50.1,3.0/
&DEVC ID='PRES_1_C', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=5.7,50.1,6.9/
&DEVC ID='PRES_1_B', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,50.1,5.1/
&DEVC ID='PRES_1_B_L', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=2.1,50.1,5.1/
&DEVC ID='PRES_1_B_R', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=9.3,50.1,5.1/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_1_A', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=5.7,50.1,3.0/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_1_A_L', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=2.1,50.1,3.0/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_1_A_R', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=9.3,50.1,3.0/
&DEVC ID='MFCO_1_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE', XYZ=5.7,50.1,3.0/
&DEVC ID='MFCO_1_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE', XYZ=2.1,50.1,3.0/
&DEVC ID='MFCO_1_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE', XYZ=9.3,50.1,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_1_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,50.1,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_1_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,50.1,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_1_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,50.1,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_1_A', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=5.7,50.1,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_1_A_L', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=2.1,50.1,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_1_A_R', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=9.3,50.1,3.0/
&DEVC ID='MFHCl_1_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='HYDROGEN CHLORIDE', XYZ=5.7,50.1,3.0/
&DEVC ID='MFHCl_1_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE', XYZ=9.3,50.1,3.0/
&DEVC ID='MFHCl_1_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='HYDROGEN CHLORIDE', XYZ=2.1,50.1,3.0/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_1_B', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=5.7,50.1,5.1/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_1_B_L', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=2.1,50.1,5.1/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_1_B_R', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=9.3,50.1,5.1/
&DEVC ID='MFCO_1_B', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE', XYZ=5.7,50.1,5.1/
&DEVC ID='MFCO_1_B_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE', XYZ=2.1,50.1,5.1/
&DEVC ID='MFCO_1_B_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE', XYZ=9.3,50.1,5.1/
&DEVC ID='MFCO2_1_B', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,50.1,5.1/
&DEVC ID='MFCO2_1_B_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,50.1,5.1/
&DEVC ID='MFCO2_1_B_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,50.1,5.1/
&DEVC ID='FED_1_A', QUANTITY='FED', XYZ=5.7,50.1,2.7/
&DEVC ID='FED_1_A_R', QUANTITY='FED', XYZ=9.3,50.1,2.7/
&DEVC ID='FED_1_A_L', QUANTITY='FED', XYZ=2.1,50.1,2.7/
&DEVC ID='RADI_1_A_R', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=9.3,50.1,2.7/
&DEVC ID='RADI_1_A_L', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=2.1,50.1,2.7/
&DEVC ID='THC_2_B', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,35.4,5.1/
&DEVC ID='THC_2_B_L', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2.1,35.4,5.1/
&DEVC ID='THC_2_B_R', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=9.3,35.4,5.1/
&DEVC ID='THC_2_A', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,35.4,3.0/
&DEVC ID='THC_2_A_L', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2.1,35.4,3.0/
&DEVC ID='THC_2_A_R', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=9.3,35.4,3.0/
&DEVC ID='THC_2_C', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,35.4,6.9/
&DEVC ID='PRES_2_B', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=5.7,35.4,5.1/
&DEVC ID='PRES_2_B_L', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=2.1,35.4,5.1/
&DEVC ID='PRES_2_B_R', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=9.3,35.4,5.1/
&DEVC ID='PRES_2_C', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,35.4,6.9/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_2_A', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=5.7,35.4,3.0/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_2_A_L', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=2.1,35.4,3.0/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_2_A_R', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=9.3,35.4,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_2_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,35.4,3.0/
```

Appendice C

&DEVC ID='MFCO2_2_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,35.4,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_2_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,35.4,3.0/
&DEVC ID='MFCO_2_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,35.4,3.0/
&DEVC ID='MFCO_2_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,35.4,3.0/
&DEVC ID='MFCO_2_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,35.4,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_2_A', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=5.7,35.4,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_2_A_L', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=2.1,35.4,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_2_A_R', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=9.3,35.4,3.0/
&DEVC ID='MFHCl_2_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='HYDROGEN CHLORIDE', XYZ=5.7,35.4,3.0/
&DEVC ID='MFHCl_2_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='HYDROGEN CHLORIDE', XYZ=2.1,35.4,3.0/
&DEVC ID='MFHCl_2_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='HYDROGEN CHLORIDE', XYZ=9.3,35.4,3.0/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_2_B', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=5.7,35.4,5.1/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_2_B_L', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=2.1,35.4,5.1/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_2_B_R', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=9.3,35.4,5.1/
&DEVC ID='MFCO2_2_B', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,35.4,5.1/
&DEVC ID='MFCO2_2_B_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,35.4,5.1/
&DEVC ID='MFCO2_2_B_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,35.4,5.1/
&DEVC ID='MFCO_2_B', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,35.4,5.1/
&DEVC ID='MFCO_2_B_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,35.4,5.1/
&DEVC ID='MFCO_2_B_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,35.4,5.1/
&DEVC ID='FED_2_A', QUANTITY='FED', XYZ=5.7,35.4,2.7/
&DEVC ID='FED_2_A_L', QUANTITY='FED', XYZ=2.1,35.4,2.7/
&DEVC ID='FED_2_A_R', QUANTITY='FED', XYZ=9.3,35.4,2.7/
&DEVC ID='RADI_2_A_R', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=9.3,35.4,2.7/
&DEVC ID='RADI_2_A_L', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=2.1,35.4,2.7/
&DEVC ID='THC_3_B', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,20.7,5.1/
&DEVC ID='THC_3_B_L', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2.1,20.7,5.1/
&DEVC ID='THC_3_B_R', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=9.3,20.7,5.1/
&DEVC ID='THC_3_A', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,20.7,3.0/
&DEVC ID='THC_3_A_L', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2.1,20.7,3.0/
&DEVC ID='THC_3_A_R', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=9.3,20.7,3.0/
&DEVC ID='THC_3_C', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,20.7,6.9/
&DEVC ID='PRES_3_B', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=5.7,20.7,5.1/
&DEVC ID='PRES_3_B_L', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=2.1,20.7,5.1/
&DEVC ID='PRES_3_B_R', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=9.3,20.7,5.1/
&DEVC ID='PRES_3_C', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=5.7,20.7,6.9/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_3_A', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=5.7,20.7,3.0/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_3_A_L', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=2.1,20.7,3.0/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_3_A_R', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=9.3,20.7,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_3_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,20.7,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_3_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,20.7,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_3_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,20.7,3.0/
&DEVC ID='MFCO_3_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,20.7,3.0/
&DEVC ID='MFCO_3_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,20.7,3.0/
&DEVC ID='MFCO_3_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,20.7,3.0/
&DEVC ID='MFHCl_3_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='HYDROGEN CHLORIDE', XYZ=5.7,20.7,3.0/
&DEVC ID='MFHCl_3_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='HYDROGEN CHLORIDE', XYZ=2.1,20.7,3.0/
&DEVC ID='MFHCl_3_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='HYDROGEN CHLORIDE', XYZ=9.3,20.7,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_3_A', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=5.7,20.7,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_3_A_L', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=2.1,20.7,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_3_A_R', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=9.3,20.7,3.0/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_3_B', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=5.7,20.7,5.1/

File FDS di input per la Simulazione 3 – Incendio di un'autovettura

```
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_3_B_L', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=2.1,20.7,5.1/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_3_B_R', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=9.3,20.7,5.1/
&DEVC ID='MFCO2_3_B', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,20.7,5.1/
&DEVC ID='MFCO2_3_B_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,20.7,5.1/
&DEVC ID='MFCO2_3_B_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,20.7,5.1/
&DEVC ID='MFCO_3_B', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,20.7,5.1/
&DEVC ID='MFCO_3_B_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,20.7,5.1/
&DEVC ID='MFCO_3_B_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,20.7,5.1/
&DEVC ID='FED_3_A', QUANTITY='FED', XYZ=5.7,20.7,2.7/
&DEVC ID='FED_3_A_L', QUANTITY='FED', XYZ=2.1,20.7,2.7/
&DEVC ID='FED_3_A_R', QUANTITY='FED', XYZ=9.3,20.7,2.7/
&DEVC ID='RADI_3_A_R', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=9.3,20.7,2.7/
&DEVC ID='RADI_3_A_L', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=2.1,20.7,2.7/
&DEVC ID='THC_4_B', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,5.7,5.1/
&DEVC ID='THC_4_B_L', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2.1,5.7,5.1/
&DEVC ID='THC_4_B_R', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=9.3,5.7,5.1/
&DEVC ID='THC_4_A', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,5.7,3.0/
&DEVC ID='THC_4_A_L', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2.1,5.7,3.0/
&DEVC ID='THC_4_A_R', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=9.3,5.7,3.0/
&DEVC ID='THC_4_C', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,5.7,6.9/
&DEVC ID='PRES_4_B', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=5.7,5.7,5.1/
&DEVC ID='PRES_4_B_L', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=2.1,5.7,5.1/
&DEVC ID='PRES_4_B_R', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=9.3,5.7,5.1/
&DEVC ID='PRES_4_C', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=5.7,5.7,6.9/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_4_A', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=5.7,5.7,3.0/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_4_A_L', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=2.1,5.7,3.0/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_4_A_R', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=9.3,5.7,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_4_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,5.7,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_4_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,5.7,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_4_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,5.7,3.0/
&DEVC ID='MFCO_4_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,5.7,3.0/
&DEVC ID='MFCO_4_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,5.7,3.0/
&DEVC ID='MFCO_4_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,5.7,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_4_A', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=5.7,5.7,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_4_A_L', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=2.1,5.7,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_4_A_R', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=9.3,5.7,3.0/
&DEVC ID='MFHCl_4_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='HYDROGEN CHLORIDE', XYZ=5.7,5.7,3.0/
&DEVC ID='MFHCl_4_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='HYDROGEN CHLORIDE', XYZ=2.1,5.7,3.0/
&DEVC ID='MFHCl_4_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='HYDROGEN CHLORIDE', XYZ=9.3,5.7,3.0/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_4_B', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=5.7,5.7,5.1/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_4_B_L', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=2.1,5.7,5.1/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_4_B_R', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=9.3,5.7,5.1/
&DEVC ID='MFCO2_4_B', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,5.7,5.1/
&DEVC ID='MFCO2_4_B_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,5.7,5.1/
&DEVC ID='MFCO2_4_B_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,5.7,5.1/
&DEVC ID='MFCO_4_B', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,5.7,5.1/
&DEVC ID='MFCO_4_B_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,5.7,5.1/
&DEVC ID='MFCO_4_B_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,5.7,5.1/
&DEVC ID='FED_4_A', QUANTITY='FED', XYZ=5.7,5.7,2.7/
&DEVC ID='FED_4_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,5.7,2.7/
&DEVC ID='FED_4_A_R', QUANTITY='FED', XYZ=9.3,5.7,2.7/
&DEVC ID='RADI_4_A_R', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=9.3,5.7,2.7/
```

Appendice C

```
&DEVC ID='RADI_4_A_L', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=2.1,5.7,2.7/

&MATL ID='CONCRETE',
    SPECIFIC_HEAT=1.04,
    CONDUCTIVITY=1.8,
    DENSITY=2280.0/
&MATL ID='CAR',
    FYI='materiale_macchina_ottenuto_con_medie_pesate_componenti',
    SPECIFIC_HEAT=0.77908,
    CONDUCTIVITY=38.29167,
    DENSITY=5915.39,
    EMISSIVITY=0.69882/
&MATL ID='ASFALTO',
    SPECIFIC_HEAT=0.8,
    CONDUCTIVITY=0.75,
    DENSITY=2100.0,
    EMISSIVITY=0.93/

&SURF ID='calcestruzzo',
    COLOR='GRAY 60',
    BACKING='INSULATED',
    MATL_ID(1,1)='CONCRETE',
    MATL_MASS_FRACTION(1,1)=1.0,
    THICKNESS(1)=0.6/
&SURF ID='componenti_macchina',
    COLOR='GREEN',
    MATL_ID(1,1)='CAR',
    MATL_MASS_FRACTION(1,1)=1.0,
    THICKNESS(1)=8.14E-3/
&SURF ID='FIRE',
    COLOR='RED',
    MASS_FLUX=7.468E-3,0.01667,0.014283,0.015719,
    SPEC_ID='POLIETILENE','POLIPROPILENE','POLIURETANO','PVC',
    RAMP_MF='FIRE_RAMP_MF','FIRE_RAMP_MF2','FIRE_RAMP_MF3','FIRE_RAMP_MF4'/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF', T=153.0, F=0.086/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF', T=194.0, F=0.094/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF', T=399.0, F=0.155/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF', T=500.0, F=0.297/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF', T=567.0, F=0.491/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF', T=644.0, F=0.715/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF', T=812.0, F=0.934/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF', T=838.0, F=1.0/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF', T=1053.0, F=0.976/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF', T=1129.0, F=0.861/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF', T=1203.0, F=0.775/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF', T=1283.0, F=0.69/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF', T=1362.0, F=0.636/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF', T=1596.0, F=0.46/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF', T=1842.0, F=0.331/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF', T=2000.0, F=0.247/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF2', T=153.0, F=0.086/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF2', T=194.0, F=0.094/
```

File FDS di input per la Simulazione 3 – Incendio di un'autovettura

```
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF2', T=399.0, F=0.155/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF2', T=500.0, F=0.297/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF2', T=567.0, F=0.491/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF2', T=644.0, F=0.715/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF2', T=812.0, F=0.934/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF2', T=838.0, F=1.0/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF2', T=1053.0, F=0.976/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF2', T=1129.0, F=0.861/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF2', T=1203.0, F=0.775/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF2', T=1283.0, F=0.69/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF2', T=1362.0, F=0.636/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF2', T=1596.0, F=0.46/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF2', T=1842.0, F=0.331/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF2', T=2000.0, F=0.247/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF3', T=153.0, F=0.086/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF3', T=194.0, F=0.094/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF3', T=399.0, F=0.155/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF3', T=500.0, F=0.297/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF3', T=567.0, F=0.491/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF3', T=644.0, F=0.715/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF3', T=812.0, F=0.934/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF3', T=838.0, F=1.0/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF3', T=1053.0, F=0.976/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF3', T=1129.0, F=0.861/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF3', T=1203.0, F=0.775/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF3', T=1283.0, F=0.69/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF3', T=1362.0, F=0.636/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF3', T=1596.0, F=0.46/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF3', T=1842.0, F=0.331/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF3', T=2000.0, F=0.247/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF4', T=153.0, F=0.086/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF4', T=194.0, F=0.094/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF4', T=399.0, F=0.155/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF4', T=500.0, F=0.297/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF4', T=567.0, F=0.491/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF4', T=644.0, F=0.715/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF4', T=812.0, F=0.934/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF4', T=838.0, F=1.0/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF4', T=1053.0, F=0.976/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF4', T=1129.0, F=0.861/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF4', T=1203.0, F=0.775/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF4', T=1283.0, F=0.69/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF4', T=1362.0, F=0.636/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF4', T=1596.0, F=0.46/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF4', T=1842.0, F=0.331/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF4', T=2000.0, F=0.247/
&SURF ID='pavimentazione',
    COLOR='GRAY 20',
    BACKING='INSULATED',
    MATL_ID(1,1)='ASFALTO',
    MATL_MASS_FRACTION(1,1)=1.0,
    THICKNESS(1)=0.3/
```


File FDS di input per la Simulazione 3 – Incendio di un'autovettura

```
&OBST ID='Obstruction', XB=5.1,5.4,0.0,99.0,7.5,7.8, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=5.4,5.7,0.0,99.0,7.5,7.8, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=5.7,6.0,0.0,99.0,7.5,7.8, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=6.0,6.3,0.0,99.0,7.5,7.8, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=6.3,6.6,0.0,99.0,7.5,7.8, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=6.9,7.2,0.0,99.0,6.9,7.2, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.6,0.9,0.0,99.0,2.1,2.4, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.6,0.9,0.0,99.0,1.8,2.1, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.0,0.3,0.0,99.0,2.4,2.7, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.3,0.6,0.0,99.0,3.0,3.3, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.6,0.9,0.0,99.0,2.4,2.7, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.6,0.9,0.0,99.0,3.0,3.3, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.6,0.9,0.0,99.0,2.7,3.0, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=4.2,4.5,0.0,99.0,6.9,7.2, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=3.9,4.2,0.0,99.0,7.2,7.5, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=7.2,7.5,0.0,99.0,7.2,7.5, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.0,0.3,0.0,99.0,0.9,1.2, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.3,0.6,0.0,99.0,0.9,1.2, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.3,0.6,0.0,99.0,1.2,1.5, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.3,0.6,0.0,99.0,1.5,1.8, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.3,0.6,0.0,99.0,1.8,2.1, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.3,0.6,0.0,99.0,2.1,2.4, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.3,0.6,0.0,99.0,2.4,2.7, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.3,0.6,0.0,99.0,2.7,3.0, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.3,0.6,0.0,99.0,3.3,3.6, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.3,0.6,0.0,99.0,3.6,3.9, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.6,0.9,0.0,99.0,3.6,3.9, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.0,0.3,0.0,99.0,1.2,1.5, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.0,0.3,0.0,99.0,1.5,1.8, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.0,0.3,0.0,99.0,1.8,2.1, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.3,0.6,0.0,99.0,1.8,2.1, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.3,0.6,0.0,99.0,2.1,2.4, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.3,0.6,0.0,99.0,2.4,2.7, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.0,0.3,0.0,99.0,2.1,2.4, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.3,0.6,0.0,99.0,2.7,3.0, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=4.2,4.5,0.0,99.0,7.2,7.5, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=4.5,4.8,0.0,99.0,7.2,7.5, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=4.8,5.1,0.0,99.0,7.2,7.5, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=5.1,5.4,0.0,99.0,7.2,7.5, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=5.4,5.7,0.0,99.0,7.2,7.5, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=5.7,6.0,0.0,99.0,7.2,7.5, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=6.0,6.3,0.0,99.0,7.2,7.5, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=6.3,6.6,0.0,99.0,7.2,7.5, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=6.6,6.9,0.0,99.0,7.2,7.5, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=6.9,7.2,0.0,99.0,7.2,7.5, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=7.2,7.5,0.0,99.0,6.9,7.2, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=7.5,7.8,0.0,99.0,6.9,7.2, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=7.8,8.1,0.0,99.0,6.9,7.2, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=7.8,8.1,0.0,99.0,6.6,6.9, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=8.4,8.7,0.0,99.0,6.6,6.9, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=8.1,8.4,0.0,99.0,6.6,6.9, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=8.4,8.7,0.0,99.0,6.3,6.6, SURF_ID='calcestruzzo'/
```

Appendice C

&OBST ID='Obstruction', XB=8.7,9.0,0.0,99.0,6.3,6.6, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=9.0,9.3,0.0,99.0,6.3,6.6, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=8.7,9.0,0.0,99.0,6.0,6.3, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=9.0,9.3,0.0,99.0,6.0,6.3, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=9.3,9.6,0.0,99.0,6.0,6.3, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=9.0,9.3,0.0,99.0,5.7,6.0, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=9.3,9.6,0.0,99.0,5.7,6.0, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=9.6,9.9,0.0,99.0,5.7,6.0, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=10.2,10.5,0.0,99.0,4.5,4.8, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=10.5,10.8,0.0,99.0,4.5,4.8, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=10.2,10.5,0.0,99.0,4.2,4.5, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=10.5,10.8,0.0,99.0,4.2,4.5, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=9.9,10.2,0.0,99.0,4.8,5.1, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=10.2,10.5,0.0,99.0,4.8,5.1, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=9.6,9.9,0.0,99.0,5.1,5.4, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=9.9,10.2,0.0,99.0,5.1,5.4, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=9.3,9.6,0.0,99.0,5.4,5.7, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=9.6,9.9,0.0,99.0,5.4,5.7, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=10.5,10.8,0.0,99.0,2.7,3.0, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=10.5,10.8,0.0,99.0,2.4,2.7, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=10.5,10.8,0.0,99.0,2.1,2.4, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=10.5,10.8,0.0,99.0,1.8,2.1, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=10.5,10.8,0.0,99.0,1.5,1.8, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=10.5,10.8,0.0,99.0,1.2,1.5, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=10.8,11.1,0.0,99.0,1.2,1.5, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=10.8,11.1,0.0,99.0,0.9,1.2, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=10.5,10.8,0.0,99.0,0.9,1.2, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=10.5,10.8,0.0,99.0,0.6,0.9, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=10.5,10.8,0.0,99.0,0.3,0.6, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=10.5,10.8,0.0,99.0,0.0,0.3, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=10.8,11.1,0.0,99.0,2.7,3.0, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=11.1,11.4,0.0,99.0,2.4,2.7, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=11.1,11.4,0.0,99.0,2.1,2.4, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=11.1,11.4,0.0,99.0,1.8,2.1, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=10.8,11.1,0.0,99.0,1.8,2.1, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=10.8,11.1,0.0,99.0,1.5,1.8, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=5.7,6.0,0.0,99.0,7.2,7.5, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=6.0,6.3,0.0,99.0,7.2,7.5, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=11.1,11.4,0.0,99.0,0.0,0.3, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=11.1,11.4,0.0,99.0,0.3,0.6, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=11.1,11.4,0.0,99.0,0.6,0.9, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=11.1,11.4,0.0,99.0,0.9,1.2, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=11.1,11.4,0.0,99.0,1.2,1.5, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=10.8,11.1,0.0,99.0,0.0,0.3, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=10.8,11.1,0.0,99.0,0.3,0.6, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=10.8,11.1,0.0,99.0,0.6,0.9, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=11.1,11.4,0.0,99.0,1.5,1.8, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=11.1,11.4,0.0,99.0,0.6,0.9, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='macchina', XB=4.8,6.6,47.75,52.25,0.9,2.4,
SURF_IDS='componenti_macchina','componenti_macchina','INERT'/
&OBST ID='marciapiede', XB=0.9,1.75,0.0,99.0,0.3,0.9, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='marciapiede', XB=9.5,10.5,0.0,99.0,0.3,0.9, SURF_ID='calcestruzzo'/

File FDS di input per la Simulazione 3 – Incendio di un'autovettura

```
&OBST ID='pavimentazione_stradale', XB=1.75,9.5,0.0,99.0,0.3,0.9,
SURF_IDS='pavimentazione','INERT','INERT'/
&OBST ID='sottofondo_stradale', XB=0.9,10.5,0.0,99.0,0.0,0.3, SURF_ID='INERT'/

&VENT ID='burner', SURF_ID='FIRE', XB=4.8,6.6,47.75,52.25,2.4,2.4, COLOR='RED'/
&VENT ID='VentINLET', SURF_ID='OPEN', XB=-0.3,11.7,-1.2,-1.2,0.0,8.4/ poertale_ingresso
&VENT ID='VentOUTLET', SURF_ID='OPEN', XB=-0.3,11.7,100.2,100.2,0.0,8.4/ portale_uscita
&VENT ID='TOP', SURF_ID='OPEN', XB=-0.3,11.7,-1.2,100.2,8.4,8.4/
&VENT ID='BOTTOM', SURF_ID='OPEN', XB=-0.3,11.7,-0.9,100.2,0.0,0.0/
&VENT ID='LEFT', SURF_ID='OPEN', XB=-0.3,-0.3,-1.2,100.2,0.0,8.4/
&VENT ID='RIGHT', SURF_ID='OPEN', XB=11.7,11.7,-1.2,100.2,0.0,8.4/

&BNDF QUANTITY='WALL TEMPERATURE'/

&ISOF QUANTITY='FED', VALUE=0.1,0.3/
&ISOF QUANTITY='TEMPERATURE', VALUE=60.0/
&ISOF QUANTITY='VISIBILITY', VALUE=30.0/

&SLCF QUANTITY='PRESSURE', PBX=5.7/
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBX=5.7/
&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBZ=2.7/
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBZ=2.7/
&SLCF QUANTITY='RADIATION LOSS', PBZ=2.7/

&DEVC ID='Temperature_MEAN', QUANTITY='TEMPERATURE', SPATIAL_STATISTIC='MEAN',
XB=0.9,10.5,0.0,99.0,0.9,7.2/
&DEVC ID='Temperature_1,8m_MEAN', QUANTITY='TEMPERATURE', SPATIAL_STATISTIC='MEAN',
XB=0.9,10.5,0.0,99.0,0.9,2.7/
&DEVC ID='Visibility_MEAN', QUANTITY='VISIBILITY', SPATIAL_STATISTIC='MEAN',
XB=0.9,10.5,0.0,99.0,0.9,2.7/
&DEVC ID='[Species: SOOT] Mass Fraction_MEAN', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='SOOT',
SPATIAL_STATISTIC='MEAN', XB=0.9,10.5,0.0,99.0,0.9,7.2/

&TAIL /
```


Appendice D

File FDS di input per la simulazione 4 – Incendio di un mezzo pesante

```

&HEAD CHID='SIMULAZIONE_HGV' /
&TIME T_END=1000.0/
&DUMP DT_PL3D=10.0, DT_RESTART=300.0, DT_SL3D=0.25, WRITE_XYZ=.TRUE.,
PLOT3D_QUANTITY(1)='TEMPERATURE'/
&COMB SUPPRESSION=.FALSE./

&MESH ID='MeshIN', RGB=51,255,255, IJK=20,137,14, XB=-0.3,11.7,-52.2,30.0,0.0,8.4/
&MESH ID='MeshFIRE', RGB=240,0,255, IJK=40,134,28, XB=-0.3,11.7,30.0,70.2,0.0,8.4/
&MESH ID='MeshOUT', RGB=240,253,2, IJK=20,137,14, XB=-0.3,11.7,70.2,152.4,0.0,8.4/

&SPEC ID='HYDROGEN CHLORIDE', LUMPED_COMPONENT_ONLY=.TRUE./
&SPEC ID='CARBON MONOXIDE', LUMPED_COMPONENT_ONLY=.TRUE./
&SPEC ID='WATER VAPOR', LUMPED_COMPONENT_ONLY=.TRUE./
&SPEC ID='OXYGEN', LUMPED_COMPONENT_ONLY=.TRUE./
&SPEC ID='NITROGEN', LUMPED_COMPONENT_ONLY=.TRUE./
&SPEC ID='CARBON DIOXIDE', LUMPED_COMPONENT_ONLY=.TRUE./
&SPEC ID='SOOT', FORMULA='C', LUMPED_COMPONENT_ONLY=.TRUE./
&SPEC ID='POLIURETANO', FORMULA='C25H42O6N2'/
&SPEC ID='PVC', FORMULA='C2H3Cl'/
&SPEC ID='POLIETILENE', FORMULA='C2H4'/
&SPEC ID='WOOD', FORMULA='C1H1.700.74N0.002'/
&SPEC ID='POLIPROPILENE', FORMULA='C3H6'/
&SPEC ID='AIR', BACKGROUND=.TRUE.,
  SPEC_ID(1)='NITROGEN',
  SPEC_ID(2)='OXYGEN',
  VOLUME_FRACTION(1)=3.76,
  VOLUME_FRACTION(2)=1.0/
&SPEC ID='PROD_POLIETILENE',
  SPEC_ID(1)='CARBON DIOXIDE',
  SPEC_ID(2)='CARBON MONOXIDE',
  SPEC_ID(3)='NITROGEN',
  SPEC_ID(4)='WATER VAPOR',
  SPEC_ID(5)='SOOT',
  VOLUME_FRACTION(1)=1.835823,
  VOLUME_FRACTION(2)=0.024033,
  VOLUME_FRACTION(3)=10.707882,
  VOLUME_FRACTION(4)=2.000007,
  VOLUME_FRACTION(5)=0.140137/
&SPEC ID='PROD_WOOD',
  SPEC_ID(1)='CARBON DIOXIDE',
  SPEC_ID(2)='CARBON MONOXIDE',
  SPEC_ID(3)='NITROGEN',
  SPEC_ID(4)='SOOT',
  SPEC_ID(5)='WATER VAPOR',
  VOLUME_FRACTION(1)=0.9644,
  VOLUME_FRACTION(2)=3.7E-3,
  VOLUME_FRACTION(3)=3.8408,

```

Appendice D

```
VOLUME_FRACTION(4)=0.032,
VOLUME_FRACTION(5)=0.85/
&SPEC ID='PROD_POLIURETANO',
  SPEC_ID(1)='CARBON DIOXIDE',
  SPEC_ID(2)='CARBON MONOXIDE',
  SPEC_ID(3)='NITROGEN',
  SPEC_ID(4)='SOOT',
  SPEC_ID(5)='WATER VAPOR',
  VOLUME_FRACTION(1)=19.74407865,
  VOLUME_FRACTION(2)=0.166523,
  VOLUME_FRACTION(3)=103.7511305,
  VOLUME_FRACTION(4)=5.08928976,
  VOLUME_FRACTION(5)=21.00004082/
&SPEC ID='PROD_PVC',
  SPEC_ID(1)='CARBON DIOXIDE',
  SPEC_ID(2)='CARBON MONOXIDE',
  SPEC_ID(3)='HYDROGEN CHLORIDE',
  SPEC_ID(4)='NITROGEN',
  SPEC_ID(5)='SOOT',
  SPEC_ID(6)='WATER VAPOR',
  VOLUME_FRACTION(1)=0.96,
  VOLUME_FRACTION(2)=0.14,
  VOLUME_FRACTION(3)=1.0,
  VOLUME_FRACTION(4)=5.7528,
  VOLUME_FRACTION(5)=0.9,
  VOLUME_FRACTION(6)=1.0/
&SPEC ID='PROD_POLIPROPILENE',
  SPEC_ID(1)='CARBON DIOXIDE',
  SPEC_ID(2)='CARBON MONOXIDE',
  SPEC_ID(3)='NITROGEN',
  SPEC_ID(4)='SOOT',
  SPEC_ID(5)='WATER VAPOR',
  VOLUME_FRACTION(1)=2.7572331,
  VOLUME_FRACTION(2)=0.0360484668,
  VOLUME_FRACTION(3)=16.07498928,
  VOLUME_FRACTION(4)=0.2067102535,
  VOLUME_FRACTION(5)=2.999991821/

&REAC ID='REAC_POLIETILENE',
  HEAT_OF_COMBUSTION=4.12E4,
  FUEL='POLIETILENE',
  SPEC_ID_NU='AIR', 'POLIETILENE', 'PROD_POLIETILENE',
  NU=-2.847843, -1.0, 1.0/
&REAC ID='REAC_POLIPROPILENE',
  HEAT_OF_COMBUSTION=4.34E4,
  FUEL='POLIPROPILENE',
  SPEC_ID_NU='AIR', 'POLIPROPILENE', 'PROD_POLIPROPILENE',
  NU=-4.275263812, -1.0, 1.0/
&REAC ID='REAC_POLIURETANO',
  HEAT_OF_COMBUSTION=2.62E4,
  FUEL='POLIURETANO',
  SPEC_ID_NU='AIR', 'POLIURETANO', 'PROD_POLIURETANO',
```

File FDS di input per la Simulazione 4 – Incendio di un mezzo pesante

```

    NU=-27.327406,-1.0,1.0,
    CHECK_ATOM_BALANCE=.FALSE./
&REAC ID='REAC_PVC',
    HEAT_OF_COMBUSTION=1.64E4,
    FUEL='PVC',
    SPEC_ID_NU='AIR','PVC','PROD_PVC',
    NU=-1.53,-1.0,1.0/
&REAC ID='REAC_WOOD',
    HEAT_OF_COMBUSTION=1.64E4,
    FUEL='WOOD',
    SPEC_ID_NU='AIR','WOOD','PROD_WOOD',
    NU=-1.0212,-1.0,1.0,
    CHECK_ATOM_BALANCE=.FALSE./

&DEVC ID='THC_1_C', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,50.1,6.9/
&DEVC ID='THC_1_B', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,50.1,5.1/
&DEVC ID='THC_1_B_L', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2.1,50.1,5.1/
&DEVC ID='THC_1_B_R', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=9.3,50.1,5.1/
&DEVC ID='THC_1_A', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,50.1,3.0/
&DEVC ID='THC_1_A_L', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2.1,50.1,3.0/
&DEVC ID='THC_1_A_R', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=9.3,50.1,3.0/
&DEVC ID='PRES_1_C', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=5.7,50.1,6.9/
&DEVC ID='PRES_1_B', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,50.1,5.1/
&DEVC ID='PRES_1_B_L', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=2.1,50.1,5.1/
&DEVC ID='PRES_1_B_R', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=9.3,50.1,5.1/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_1_A', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=5.7,50.1,3.0/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_1_A_L', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=2.1,50.1,3.0/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_1_A_R', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=9.3,50.1,3.0/
&DEVC ID='MFCO_1_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE', XYZ=5.7,50.1,3.0/
&DEVC ID='MFCO_1_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE', XYZ=2.1,50.1,3.0/
&DEVC ID='MFCO_1_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE', XYZ=9.3,50.1,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_1_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,50.1,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_1_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,50.1,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_1_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,50.1,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_1_A', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=5.7,50.1,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_1_A_L', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=2.1,50.1,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_1_A_R', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=9.3,50.1,3.0/
&DEVC ID='MFHCl_1_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='HYDROGEN CHLORIDE', XYZ=5.7,50.1,3.0/
&DEVC ID='MFHCl_1_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE', XYZ=9.3,50.1,3.0/
&DEVC ID='MFHCl_1_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='HYDROGEN CHLORIDE', XYZ=2.1,50.1,3.0/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_1_B', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=5.7,50.1,5.1/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_1_B_L', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=2.1,50.1,5.1/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_1_B_R', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=9.3,50.1,5.1/
&DEVC ID='MFCO_1_B', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE', XYZ=5.7,50.1,5.1/
&DEVC ID='MFCO_1_B_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE', XYZ=2.1,50.1,5.1/
&DEVC ID='MFCO_1_B_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE', XYZ=9.3,50.1,5.1/
&DEVC ID='MFCO2_1_B', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,50.1,5.1/
&DEVC ID='MFCO2_1_B_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,50.1,5.1/
&DEVC ID='MFCO2_1_B_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,50.1,5.1/
&DEVC ID='FED_1_A', QUANTITY='FED', XYZ=5.7,50.1,2.7/
&DEVC ID='FED_1_A_R', QUANTITY='FED', XYZ=9.3,50.1,2.7/
&DEVC ID='FED_1_A_L', QUANTITY='FED', XYZ=2.1,50.1,2.7/

```

Appendice D

&DEVC ID='RADI_1_A_R', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=9.3,50.1,2.7/
&DEVC ID='RADI_1_A_L', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=2.1,50.1,2.7/
&DEVC ID='THC_2_B', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,35.4,5.1/
&DEVC ID='THC_2_B_L', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2.1,35.4,5.1/
&DEVC ID='THC_2_B_R', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=9.3,35.4,5.1/
&DEVC ID='THC_2_A', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,35.4,3.0/
&DEVC ID='THC_2_A_L', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2.1,35.4,3.0/
&DEVC ID='THC_2_A_R', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=9.3,35.4,3.0/
&DEVC ID='THC_2_C', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,35.4,6.9/
&DEVC ID='PRES_2_B', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=5.7,35.4,5.1/
&DEVC ID='PRES_2_B_L', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=2.1,35.4,5.1/
&DEVC ID='PRES_2_B_R', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=9.3,35.4,5.1/
&DEVC ID='PRES_2_C', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,35.4,6.9/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_2_A', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=5.7,35.4,3.0/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_2_A_L', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=2.1,35.4,3.0/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_2_A_R', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=9.3,35.4,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_2_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,35.4,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_2_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,35.4,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_2_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,35.4,3.0/
&DEVC ID='MFCO_2_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,35.4,3.0/
&DEVC ID='MFCO_2_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,35.4,3.0/
&DEVC ID='MFCO_2_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,35.4,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_2_A', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=5.7,35.4,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_2_A_L', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=2.1,35.4,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_2_A_R', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=9.3,35.4,3.0/
&DEVC ID='MFHCl_2_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='HYDROGEN CHLORIDE', XYZ=5.7,35.4,3.0/
&DEVC ID='MFHCl_2_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='HYDROGEN CHLORIDE', XYZ=2.1,35.4,3.0/
&DEVC ID='MFHCl_2_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='HYDROGEN CHLORIDE', XYZ=9.3,35.4,3.0/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_2_B', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=5.7,35.4,5.1/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_2_B_L', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=2.1,35.4,5.1/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_2_B_R', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=9.3,35.4,5.1/
&DEVC ID='MFCO2_2_B', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,35.4,5.1/
&DEVC ID='MFCO2_2_B_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,35.4,5.1/
&DEVC ID='MFCO2_2_B_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,35.4,5.1/
&DEVC ID='MFCO_2_B', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,35.4,5.1/
&DEVC ID='MFCO_2_B_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,35.4,5.1/
&DEVC ID='MFCO_2_B_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,35.4,5.1/
&DEVC ID='FED_2_A', QUANTITY='FED', XYZ=5.7,35.4,2.7/
&DEVC ID='FED_2_A_L', QUANTITY='FED', XYZ=2.1,35.4,2.7/
&DEVC ID='FED_2_A_R', QUANTITY='FED', XYZ=9.3,35.4,2.7/
&DEVC ID='RADI_2_A_R', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=9.3,35.4,2.7/
&DEVC ID='RADI_2_A_L', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=2.1,35.4,2.7/
&DEVC ID='THC_3_B', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,20.7,5.1/
&DEVC ID='THC_3_B_L', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2.1,20.7,5.1/
&DEVC ID='THC_3_B_R', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=9.3,20.7,5.1/
&DEVC ID='THC_3_A', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,20.7,3.0/
&DEVC ID='THC_3_A_L', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2.1,20.7,3.0/
&DEVC ID='THC_3_A_R', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=9.3,20.7,3.0/
&DEVC ID='THC_3_C', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,20.7,6.9/
&DEVC ID='PRES_3_B', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=5.7,20.7,5.1/
&DEVC ID='PRES_3_B_L', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=2.1,20.7,5.1/
&DEVC ID='PRES_3_B_R', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=9.3,20.7,5.1

File FDS di input per la Simulazione 4 – Incendio di un mezzo pesante

```
&DEVC ID='PRES_3_C', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=5.7,20.7,6.9/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_3_A', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=5.7,20.7,3.0/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_3_A_L', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=2.1,20.7,3.0/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_3_A_R', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=9.3,20.7,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_3_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,20.7,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_3_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,20.7,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_3_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,20.7,3.0/
&DEVC ID='MFCO_3_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,20.7,3.0/
&DEVC ID='MFCO_3_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,20.7,3.0/
&DEVC ID='MFCO_3_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,20.7,3.0/
&DEVC ID='MFHCl_3_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='HYDROGEN CHLORIDE', XYZ=5.7,20.7,3.0/
&DEVC ID='MFHCl_3_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='HYDROGEN CHLORIDE', XYZ=2.1,20.7,3.0/
&DEVC ID='MFHCl_3_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='HYDROGEN CHLORIDE', XYZ=9.3,20.7,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_3_A', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=5.7,20.7,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_3_A_L', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=2.1,20.7,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_3_A_R', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=9.3,20.7,3.0/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_3_B', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=5.7,20.7,5.1/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_3_B_L', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=2.1,20.7,5.1/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_3_B_R', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=9.3,20.7,5.1/
&DEVC ID='MFCO2_3_B', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,20.7,5.1/
&DEVC ID='MFCO2_3_B_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,20.7,5.1/
&DEVC ID='MFCO2_3_B_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,20.7,5.1/
&DEVC ID='MFCO_3_B', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,20.7,5.1/
&DEVC ID='MFCO_3_B_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,20.7,5.1/
&DEVC ID='MFCO_3_B_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,20.7,5.1/
&DEVC ID='FED_3_A', QUANTITY='FED', XYZ=5.7,20.7,2.7/
&DEVC ID='FED_3_A_L', QUANTITY='FED', XYZ=2.1,20.7,2.7/
&DEVC ID='FED_3_A_R', QUANTITY='FED', XYZ=9.3,20.7,2.7/
&DEVC ID='RADI_3_A_R', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=9.3,20.7,2.7/
&DEVC ID='RADI_3_A_L', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=2.1,20.7,2.7/
&DEVC ID='THC_4_B', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,5.7,5.1/
&DEVC ID='THC_4_B_L', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2.1,5.7,5.1/
&DEVC ID='THC_4_B_R', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=9.3,5.7,5.1/
&DEVC ID='THC_4_A', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,5.7,3.0/
&DEVC ID='THC_4_A_L', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2.1,5.7,3.0/
&DEVC ID='THC_4_A_R', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=9.3,5.7,3.0/
&DEVC ID='THC_4_C', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,5.7,6.9/
&DEVC ID='PRES_4_B', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=5.7,5.7,5.1/
&DEVC ID='PRES_4_B_L', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=2.1,5.7,5.1/
&DEVC ID='PRES_4_B_R', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=9.3,5.7,5.1/
&DEVC ID='PRES_4_C', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=5.7,5.7,6.9/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_4_A', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=5.7,5.7,3.0/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_4_A_L', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=2.1,5.7,3.0/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_4_A_R', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=9.3,5.7,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_4_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,5.7,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_4_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,5.7,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_4_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,5.7,3.0/
&DEVC ID='MFCO_4_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,5.7,3.0/
&DEVC ID='MFCO_4_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,5.7,3.0/
&DEVC ID='MFCO_4_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,5.7,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_4_A', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=5.7,5.7,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_4_A_L', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=2.1,5.7,3.0/
```

Appendice D

&DEVC ID='VISIBILITY_4_A_R', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=9.3,5.7,3.0/
&DEVC ID='MFHCl_4_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='HYDROGEN CHLORIDE', XYZ=5.7,5.7,3.0/
&DEVC ID='MFHCl_4_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='HYDROGEN CHLORIDE', XYZ=2.1,5.7,3.0/
&DEVC ID='MFHCl_4_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='HYDROGEN CHLORIDE', XYZ=9.3,5.7,3.0/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_4_B', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=5.7,5.7,5.1/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_4_B_L', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=2.1,5.7,5.1/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_4_B_R', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=9.3,5.7,5.1/
&DEVC ID='MFCO2_4_B', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,5.7,5.1/
&DEVC ID='MFCO2_4_B_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,5.7,5.1/
&DEVC ID='MFCO2_4_B_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,5.7,5.1/
&DEVC ID='MFCO_4_B', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,5.7,5.1/
&DEVC ID='MFCO_4_B_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,5.7,5.1/
&DEVC ID='MFCO_4_B_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,5.7,5.1/
&DEVC ID='FED_4_A', QUANTITY='FED', XYZ=5.7,5.7,2.7/
&DEVC ID='FED_4_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,5.7,2.7/
&DEVC ID='FED_4_A_R', QUANTITY='FED', XYZ=9.3,5.7,2.7/
&DEVC ID='RADI_4_A_R', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=9.3,5.7,2.7/
&DEVC ID='RADI_4_A_L', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=2.1,5.7,2.7/
&DEVC ID='THC_5_B', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,-14.3,5.1/
&DEVC ID='THC_5_B_L', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2.1,-14.3,5.1/
&DEVC ID='THC_5_B_R', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=9.3,-14.3,5.1/
&DEVC ID='THC_5_A', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,-14.3,3.0/
&DEVC ID='THC_5_A_L', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2.1,-14.3,3.0/
&DEVC ID='THC_5_A_R', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=9.3,-14.3,3.0/
&DEVC ID='THC_5_C', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,-14.3,6.9/
&DEVC ID='PRES_5_B', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=5.7,-14.3,5.1/
&DEVC ID='PRES_5_B_L', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=2.1,-14.3,5.1/
&DEVC ID='PRES_5_B_R', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=9.3,-14.3,5.1/
&DEVC ID='PRES_5_C', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=5.7,-14.3,6.9/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_5_A', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=5.7,-14.3,3.0/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_5_A_L', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=2.1,-14.3,3.0/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_5_A_R', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=9.3,-14.3,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_5_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,-14.3,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_5_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,-14.3,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_5_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,-14.3,3.0/
&DEVC ID='MFCO_5_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,-14.3,3.0/
&DEVC ID='MFCO_5_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,-14.3,3.0/
&DEVC ID='MFCO_5_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,-14.3,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_5_A', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=5.7,-14.3,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_5_A_L', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=2.1,-14.3,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_5_A_R', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=9.3,-14.3,3.0/
&DEVC ID='MFHCl_5_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='HYDROGEN CHLORIDE', XYZ=5.7,-14.3,3.0/
&DEVC ID='MFHCl_5_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='HYDROGEN CHLORIDE', XYZ=2.1,-14.3,3.0/
&DEVC ID='MFHCl_5_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='HYDROGEN CHLORIDE', XYZ=9.3,-14.3,3.0/
&DEVC ID='FED_5_A', QUANTITY='FED', XYZ=5.7,-14.3,2.7/
&DEVC ID='FED_5_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,-14.3,2.7/
&DEVC ID='FED_5_A_R', QUANTITY='FED', XYZ=9.3,-14.3,2.7/
&DEVC ID='RADI_5_A_R', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=9.3,-14.3,2.7/
&DEVC ID='RADI_5_A_L', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=2.1,-14.3,2.7/
&DEVC ID='THC_6_B', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,-34.3,5.1/
&DEVC ID='THC_6_B_L', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2.1,-34.3,5.1/
&DEVC ID='THC_6_B_R', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=9.3,-34.3,5.1

File FDS di input per la Simulazione 4 – Incendio di un mezzo pesante

```
&DEVC ID='THC_6_A', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,-34.3,3.0/
&DEVC ID='THC_6_A_L', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2.1,-34.3,3.0/
&DEVC ID='THC_6_A_R', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=9.3,-34.3,3.0/
&DEVC ID='THC_6_C', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,-34.3,6.9/
&DEVC ID='PRES_6_B', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=5.7,-34.3,5.1/
&DEVC ID='PRES_6_B_L', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=2.1,-34.3,5.1/
&DEVC ID='PRES_6_B_R', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=9.3,-34.3,5.1/
&DEVC ID='PRES_6_C', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=5.7,-34.3,6.9/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_6_A', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=5.7,-34.3,3.0/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_6_A_L', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=2.1,-34.3,3.0/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_6_A_R', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=9.3,-34.3,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_6_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,-34.3,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_6_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,-34.3,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_6_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,-34.3,3.0/
&DEVC ID='MFCO_6_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,-34.3,3.0/
&DEVC ID='MFCO_6_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,-34.3,3.0/
&DEVC ID='MFCO_6_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,-34.3,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_6_A', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=5.7,-34.3,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_6_A_L', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=2.1,-34.3,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_6_A_R', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=9.3,-34.3,3.0/
&DEVC ID='MFHCl_6_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='HYDROGEN CHLORIDE', XYZ=5.7,-34.3,3.0/
&DEVC ID='MFHCl_6_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='HYDROGEN CHLORIDE', XYZ=2.1,-34.3,3.0/
&DEVC ID='MFGCl_6_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='HYDROGEN CHLORIDE', XYZ=9.3,-34.3,3.0/
&DEVC ID='FED_6_A', QUANTITY='FED', XYZ=5.7,-34.3,2.7/
&DEVC ID='FED_6_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,-34.3,2.7/
&DEVC ID='FED_6_A_R', QUANTITY='FED', XYZ=9.3,-34.3,2.7/
&DEVC ID='RADI_6_A_R', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=9.3,-34.3,2.7/
&DEVC ID='RADI_6_A_L', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=2.1,-34.3,2.7/
&DEVC ID='THC_7_B', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,-44.3,5.1/
&DEVC ID='THC_7_B_L', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2.1,-44.3,5.1/
&DEVC ID='THC_7_B_R', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=9.3,-44.3,5.1/
&DEVC ID='THC_7_A', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,-44.3,3.0/
&DEVC ID='THC_7_A_L', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2.1,-44.3,3.0/
&DEVC ID='THC_7_A_R', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=9.3,-44.3,3.0/
&DEVC ID='THC_7_C', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,-44.3,6.9/
&DEVC ID='PRES_7_B', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=5.7,-44.3,5.1/
&DEVC ID='PRES_7_B_L', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=2.1,-44.3,5.1/
&DEVC ID='PRES_7_B_R', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=9.3,-44.3,5.1/
&DEVC ID='PRES_7_C', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=5.7,-44.3,6.9/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_7_A', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=5.7,-44.3,3.0/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_7_A_L', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=2.1,-44.3,3.0/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_7_A_R', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=9.3,-44.3,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_7_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,-44.3,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_7_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,-44.3,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_7_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,-44.3,3.0/
&DEVC ID='MFCO_7_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,-44.3,3.0/
&DEVC ID='MFCO_7_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,-44.3,3.0/
&DEVC ID='MFCO_7_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,-44.3,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_7_A', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=5.7,-44.3,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_7_A_L', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=2.1,-44.3,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_7_A_R', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=9.3,-44.3,3.0/
&DEVC ID='MFHCl_7_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='HYDROGEN CHLORIDE', XYZ=5.7,-44.3,3.0/
```

Appendice D

```
&DEVC ID='MFHCl_7_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='HYDROGEN CHLORIDE', XYZ=2.1,-44.3,3.0/
&DEVC ID='MFHCl_7_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='HYDROGEN CHLORIDE', XYZ=9.3,-44.3,3.0/
&DEVC ID='FED_7_A', QUANTITY='FED', XYZ=5.7,-44.3,2.7/
&DEVC ID='FED_7_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,-44.3,2.7/
&DEVC ID='FED_7_A_R', QUANTITY='FED', XYZ=9.3,-44.3,2.7/
&DEVC ID='RADI_7_A_R', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=9.3,-44.3,2.7/
&DEVC ID='RADI_7_A_L', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=2.1,-44.3,2.7/

&MATL ID='CONCRETE',
    SPECIFIC_HEAT=1.04,
    CONDUCTIVITY=1.8,
    DENSITY=2280.0/
&MATL ID='HGV',
    FYI='materiale_macchina_ottenuto_con_medie_pesate_componenti',
    SPECIFIC_HEAT=1.499425,
    CONDUCTIVITY=23.981044,
    DENSITY=3884.61875,
    EMISSIVITY=0.804262/
&MATL ID='ASFALTO',
    SPECIFIC_HEAT=0.8,
    CONDUCTIVITY=0.75,
    DENSITY=2100.0,
    EMISSIVITY=0.93/

&SURF ID='calcestruzzo',
    COLOR='GRAY 60',
    BACKING='VOID',
    MATL_ID(1,1)='CONCRETE',
    MATL_MASS_FRACTION(1,1)=1.0,
    THICKNESS(1)=2.0/
&SURF ID='componenti_HGV_carico',
    COLOR='GREEN',
    BACKING='VOID',
    MATL_ID(1,1)='HGV',
    MATL_MASS_FRACTION(1,1)=1.0,
    THICKNESS(1)=0.0806/
&SURF ID='FIRE',
    COLOR='RED',
    TMP_FRONT=0.0,
    MASS_FLUX=8.125E-3,0.018136,0.015539,0.017102,0.017892,
    SPEC_ID='POLIETILENE','POLIPROPILENE','POLIURETANO','PVC','WOOD',
    TAU_MF=-840.0,-840.0,-840.0,-840.0,-840.0/
&SURF ID='pavimentazione',
    COLOR='GRAY 20',
    BACKING='VOID',
    MATL_ID(1,1)='ASFALTO',
    MATL_MASS_FRACTION(1,1)=1.0,
    THICKNESS(1)=0.3/

&OBST ID='Obstruction', XB=0.0,0.3,-50.0,149.0,0.0,0.3, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.3,0.6,-50.0,149.0,0.0,0.3, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.6,0.9,-50.0,149.0,0.0,0.3, SURF_ID='calcestruzzo'/
```


File FDS di input per la Simulazione 4 – Incendio di un mezzo pesante

```
&OBST ID='Obstruction', XB=9.3,9.6,-50.0,149.0,6.0,6.3, SURF_ID='calcestruzzo' /
&OBST ID='Obstruction', XB=9.0,9.3,-50.0,149.0,5.7,6.0, SURF_ID='calcestruzzo' /
&OBST ID='Obstruction', XB=9.3,9.6,-50.0,149.0,5.7,6.0, SURF_ID='calcestruzzo' /
&OBST ID='Obstruction', XB=9.6,9.9,-50.0,149.0,5.7,6.0, SURF_ID='calcestruzzo' /
&OBST ID='Obstruction', XB=10.2,10.5,-50.0,149.0,4.5,4.8, SURF_ID='calcestruzzo' /
&OBST ID='Obstruction', XB=10.5,10.8,-50.0,149.0,4.5,4.8, SURF_ID='calcestruzzo' /
&OBST ID='Obstruction', XB=10.2,10.5,-50.0,149.0,4.2,4.5, SURF_ID='calcestruzzo' /
&OBST ID='Obstruction', XB=10.5,10.8,-50.0,149.0,4.2,4.5, SURF_ID='calcestruzzo' /
&OBST ID='Obstruction', XB=9.9,10.2,-50.0,149.0,4.8,5.1, SURF_ID='calcestruzzo' /
&OBST ID='Obstruction', XB=10.2,10.5,-50.0,149.0,4.8,5.1, SURF_ID='calcestruzzo' /
&OBST ID='Obstruction', XB=9.6,9.9,-50.0,149.0,5.1,5.4, SURF_ID='calcestruzzo' /
&OBST ID='Obstruction', XB=9.9,10.2,-50.0,149.0,5.1,5.4, SURF_ID='calcestruzzo' /
&OBST ID='Obstruction', XB=9.3,9.6,-50.0,149.0,5.4,5.7, SURF_ID='calcestruzzo' /
&OBST ID='Obstruction', XB=9.6,9.9,-50.0,149.0,5.4,5.7, SURF_ID='calcestruzzo' /
&OBST ID='Obstruction', XB=10.5,10.8,-50.0,149.0,2.7,3.0, SURF_ID='calcestruzzo' /
&OBST ID='Obstruction', XB=10.5,10.8,-50.0,149.0,2.4,2.7, SURF_ID='calcestruzzo' /
&OBST ID='Obstruction', XB=10.5,10.8,-50.0,149.0,2.1,2.4, SURF_ID='calcestruzzo' /
&OBST ID='Obstruction', XB=10.5,10.8,-50.0,149.0,1.8,2.1, SURF_ID='calcestruzzo' /
&OBST ID='Obstruction', XB=10.5,10.8,-50.0,149.0,1.5,1.8, SURF_ID='calcestruzzo' /
&OBST ID='Obstruction', XB=10.5,10.8,-50.0,149.0,1.2,1.5, SURF_ID='calcestruzzo' /
&OBST ID='Obstruction', XB=10.8,11.1,-50.0,149.0,1.2,1.5, SURF_ID='calcestruzzo' /
&OBST ID='Obstruction', XB=10.8,11.1,-50.0,149.0,0.9,1.2, SURF_ID='calcestruzzo' /
&OBST ID='Obstruction', XB=10.5,10.8,-50.0,149.0,0.9,1.2, SURF_ID='calcestruzzo' /
&OBST ID='Obstruction', XB=10.5,10.8,-50.0,149.0,0.6,0.9, SURF_ID='calcestruzzo' /
&OBST ID='Obstruction', XB=10.5,10.8,-50.0,149.0,0.3,0.6, SURF_ID='calcestruzzo' /
&OBST ID='Obstruction', XB=10.5,10.8,-50.0,149.0,0.0,0.3, SURF_ID='calcestruzzo' /
&OBST ID='Obstruction', XB=10.8,11.1,-50.0,149.0,2.7,3.0, SURF_ID='calcestruzzo' /
&OBST ID='Obstruction', XB=11.1,11.4,-50.0,149.0,2.4,2.7, SURF_ID='calcestruzzo' /
&OBST ID='Obstruction', XB=11.1,11.4,-50.0,149.0,2.1,2.4, SURF_ID='calcestruzzo' /
&OBST ID='Obstruction', XB=11.1,11.4,-50.0,149.0,1.8,2.1, SURF_ID='calcestruzzo' /
&OBST ID='Obstruction', XB=10.8,11.1,-50.0,149.0,1.8,2.1, SURF_ID='calcestruzzo' /
&OBST ID='Obstruction', XB=10.8,11.1,-50.0,149.0,1.5,1.8, SURF_ID='calcestruzzo' /
&OBST ID='Obstruction', XB=5.7,6.0,-50.0,149.0,7.2,7.5, SURF_ID='calcestruzzo' /
&OBST ID='Obstruction', XB=6.0,6.3,-50.0,149.0,7.2,7.5, SURF_ID='calcestruzzo' /
&OBST ID='Obstruction', XB=11.1,11.4,-50.0,149.0,0.0,0.3, SURF_ID='calcestruzzo' /
&OBST ID='Obstruction', XB=11.1,11.4,-50.0,149.0,0.3,0.6, SURF_ID='calcestruzzo' /
&OBST ID='Obstruction', XB=11.1,11.4,-50.0,149.0,0.6,0.9, SURF_ID='calcestruzzo' /
&OBST ID='Obstruction', XB=11.1,11.4,-50.0,149.0,0.9,1.2, SURF_ID='calcestruzzo' /
&OBST ID='Obstruction', XB=11.1,11.4,-50.0,149.0,1.2,1.5, SURF_ID='calcestruzzo' /
&OBST ID='Obstruction', XB=10.8,11.1,-50.0,149.0,0.0,0.3, SURF_ID='calcestruzzo' /
&OBST ID='Obstruction', XB=10.8,11.1,-50.0,149.0,0.3,0.6, SURF_ID='calcestruzzo' /
&OBST ID='Obstruction', XB=10.8,11.1,-50.0,149.0,0.6,0.9, SURF_ID='calcestruzzo' /
&OBST ID='Obstruction', XB=11.1,11.4,-50.0,149.0,1.5,1.8, SURF_ID='calcestruzzo' /
&OBST ID='Obstruction', XB=11.1,11.4,-50.0,149.0,0.6,0.9, SURF_ID='calcestruzzo' /
&OBST ID='HGV', XB=4.5,6.9,43.2,56.7,0.9,3.9,
SURF_IDS='componenti_HGV_carico','componenti_HGV_carico','INERT' /
&OBST ID='marciapiede', XB=0.9,1.75,-50.0,149.0,0.3,0.9, SURF_ID='calcestruzzo' /
&OBST ID='marciapiede', XB=9.5,10.5,-50.0,149.0,0.3,0.9, SURF_ID='calcestruzzo' /
&OBST ID='pavimentazione_stradale', XB=1.75,9.5,-50.0,149.0,0.3,0.9,
SURF_IDS='pavimentazione','INERT','INERT' /
&OBST ID='sottofondo_stradale', XB=0.9,10.5,-50.0,149.0,0.0,0.3, SURF_ID='INERT' /

&HOLE ID='Hole', XB=5.4,6.0,49.4,50.0,7.2,7.8/
```

Appendice D

```
&HOLE ID='Hole', XB=5.4,6.0,19.4,20.0,7.2,7.8/
&HOLE ID='Hole', XB=5.4,6.0,-0.6,0.0,7.2,7.8/
&HOLE ID='Hole', XB=5.4,6.0,-20.6,-20.0,7.2,7.8/

&VENT ID='burnerBACK', SURF_ID='FIRE', XB=4.5,6.9,56.7,56.7,0.9,3.9, COLOR='RED'/
&VENT ID='burnerRIGHT', SURF_ID='FIRE', XB=6.9,6.9,43.2,56.7,0.9,3.9, COLOR='RED'/
&VENT ID='burnerLEFT', SURF_ID='FIRE', XB=4.5,4.5,43.2,56.7,0.9,3.9, COLOR='RED'/
&VENT ID='burnerTOP', SURF_ID='FIRE', XB=4.5,6.9,43.2,56.7,3.9,3.9, COLOR='RED'/
&VENT ID='burnerFRONT', SURF_ID='FIRE', XB=4.5,6.9,43.2,43.2,0.9,3.9, COLOR='RED'/
&VENT ID='VentINLET', SURF_ID='OPEN', XB=-0.3,11.7,-52.2,-52.2,0.0,8.4/ poertale_ingresso
&VENT ID='VentOUTLET', SURF_ID='OPEN', XB=-0.3,11.7,152.4,152.4,0.0,8.4/ portale_uscita
&VENT ID='TOP', SURF_ID='OPEN', XB=-0.3,11.7,-52.2,152.4,8.4,8.4/
&VENT ID='BOTTOM', SURF_ID='OPEN', XB=-0.3,11.7,-52.2,152.4,0.0,0.0/
&VENT ID='LEFT', SURF_ID='OPEN', XB=-0.3,-0.3,-52.2,152.4,0.0,8.4/
&VENT ID='RIGHT', SURF_ID='OPEN', XB=11.7,11.7,-52.2,152.4,0.0,8.4/

&BNDF QUANTITY='GAS TEMPERATURE'/
&BNDF QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX'/
&BNDF QUANTITY='WALL TEMPERATURE'/

&ISOF QUANTITY='FED', VALUE=0.1,0.3/
&ISOF QUANTITY='TEMPERATURE', VALUE=60.0/
&ISOF QUANTITY='VISIBILITY', VALUE=30.0/

&SLCF QUANTITY='PRESSURE', PBX=5.7/
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBX=5.7/
&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBZ=2.7/
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBZ=2.7/
&SLCF QUANTITY='RADIATION LOSS', PBZ=2.7/

&DEVC ID='Temperature_MEAN', QUANTITY='TEMPERATURE', SPATIAL_STATISTIC='MEAN', XB=0.9,10.5,-
50.0,149.0,0.9,7.2/
&DEVC ID='Temperature_1,8m_MEAN', QUANTITY='TEMPERATURE', SPATIAL_STATISTIC='MEAN', XB=0.9,10.5,-
50.0,149.0,0.9,2.7/
&DEVC ID='Visibility_MEAN', QUANTITY='VISIBILITY', SPATIAL_STATISTIC='MEAN', XB=0.9,10.5,-
50.0,149.0,0.9,2.7/
&DEVC ID='[Species: SOOT] Mass Fraction_MEAN', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='SOOT',
SPATIAL_STATISTIC='MEAN', XB=0.9,10.5,-50.0,149.0,0.9,7.2/

&TAIL /
```

Appendice E

File FDS di input per la simulazione 5 – Incendio domino con autovetture

```

&HEAD CHID='SIMULAZIONE_DOMINO' /
&TIME T_END=1800.0/
&DUMP DT_PL3D=10.0, DT_RESTART=300.0, DT_SL3D=0.25, WRITE_XYZ=.TRUE.,
PLOT3D_QUANTITY(1)='TEMPERATURE' /
&COMB SUPPRESSION=.FALSE./

&MESH ID='MeshIN', RGB=51,255,255, IJK=20,137,14, XB=-0.3,11.7,-52.2,30.0,0.0,8.4/
&MESH ID='MeshFIRE', RGB=240,0,255, IJK=40,134,28, XB=-0.3,11.7,30.0,70.2,0.0,8.4/
&MESH ID='MeshOUT', RGB=240,253,2, IJK=20,137,14, XB=-0.3,11.7,70.2,152.4,0.0,8.4/

&SPEC ID='HYDROGEN CHLORIDE', LUMPED_COMPONENT_ONLY=.TRUE./
&SPEC ID='OXYGEN', LUMPED_COMPONENT_ONLY=.TRUE./
&SPEC ID='NITROGEN', LUMPED_COMPONENT_ONLY=.TRUE./
&SPEC ID='CARBON MONOXIDE', LUMPED_COMPONENT_ONLY=.TRUE./
&SPEC ID='WATER VAPOR', LUMPED_COMPONENT_ONLY=.TRUE./
&SPEC ID='CARBON DIOXIDE', LUMPED_COMPONENT_ONLY=.TRUE./
&SPEC ID='POLIETILENE', FORMULA='C2H4' /
&SPEC ID='SOOT', FORMULA='C', LUMPED_COMPONENT_ONLY=.TRUE./
&SPEC ID='PVC', FORMULA='C2H3Cl' /
&SPEC ID='POLIURETANO', FORMULA='C25H42O6N2' /
&SPEC ID='POLIPROPILENE', FORMULA='C3H6' /
&SPEC ID='AIR', BACKGROUND=.TRUE.,
  SPEC_ID(1)='NITROGEN',
  SPEC_ID(2)='OXYGEN',
  VOLUME_FRACTION(1)=3.76,
  VOLUME_FRACTION(2)=1.0/
&SPEC ID='PROD_PVC',
  SPEC_ID(1)='CARBON DIOXIDE',
  SPEC_ID(2)='CARBON MONOXIDE',
  SPEC_ID(3)='HYDROGEN CHLORIDE',
  SPEC_ID(4)='NITROGEN',
  SPEC_ID(5)='SOOT',
  SPEC_ID(6)='WATER VAPOR',
  VOLUME_FRACTION(1)=0.96,
  VOLUME_FRACTION(2)=0.14,
  VOLUME_FRACTION(3)=1.0,
  VOLUME_FRACTION(4)=5.7528,
  VOLUME_FRACTION(5)=0.9,
  VOLUME_FRACTION(6)=1.0/
&SPEC ID='PROD_POLIURETANO',
  SPEC_ID(1)='CARBON DIOXIDE',
  SPEC_ID(2)='CARBON MONOXIDE',
  SPEC_ID(3)='NITROGEN',
  SPEC_ID(4)='SOOT',
  SPEC_ID(5)='WATER VAPOR',
  VOLUME_FRACTION(1)=19.74407865,
  VOLUME_FRACTION(2)=0.166523,

```

Appendice E

```
VOLUME_FRACTION(3)=103.7511305,  
VOLUME_FRACTION(4)=5.08928976,  
VOLUME_FRACTION(5)=21.00004082/  
&SPEC ID='PROD_POLIPROPILENE',  
  SPEC_ID(1)='CARBON DIOXIDE',  
  SPEC_ID(2)='CARBON MONOXIDE',  
  SPEC_ID(3)='NITROGEN',  
  SPEC_ID(4)='SOOT',  
  SPEC_ID(5)='WATER VAPOR',  
  VOLUME_FRACTION(1)=2.7572331,  
  VOLUME_FRACTION(2)=0.0360484668,  
  VOLUME_FRACTION(3)=16.07498928,  
  VOLUME_FRACTION(4)=0.2067102535,  
  VOLUME_FRACTION(5)=2.999991821/  
&SPEC ID='PROD_POLIETILENE',  
  SPEC_ID(1)='CARBON DIOXIDE',  
  SPEC_ID(2)='CARBON MONOXIDE',  
  SPEC_ID(3)='NITROGEN',  
  SPEC_ID(4)='WATER VAPOR',  
  SPEC_ID(5)='SOOT',  
  VOLUME_FRACTION(1)=1.835823,  
  VOLUME_FRACTION(2)=0.024033,  
  VOLUME_FRACTION(3)=10.707882,  
  VOLUME_FRACTION(4)=2.000007,  
  VOLUME_FRACTION(5)=0.140137/  
  
&REAC ID='REAC_POLIETILENE',  
  HEAT_OF_COMBUSTION=4.12E4,  
  FUEL='POLIETILENE',  
  SPEC_ID_NU='AIR','POLIETILENE','PROD_POLIETILENE',  
  NU=-2.847843,-1.0,1.0/  
&REAC ID='REAC_POLIURETANO',  
  HEAT_OF_COMBUSTION=2.62E4,  
  FUEL='POLIURETANO',  
  SPEC_ID_NU='AIR','POLIURETANO','PROD_POLIURETANO',  
  NU=-27.327406,-1.0,1.0,  
  CHECK_ATOM_BALANCE=.FALSE./  
&REAC ID='REAC_POLIPROPILENE',  
  HEAT_OF_COMBUSTION=4.34E4,  
  FUEL='POLIPROPILENE',  
  SPEC_ID_NU='AIR','POLIPROPILENE','PROD_POLIPROPILENE',  
  NU=-4.275263812,-1.0,1.0/  
&REAC ID='REAC_PVC',  
  HEAT_OF_COMBUSTION=1.64E4,  
  FUEL='PVC',  
  SPEC_ID_NU='AIR','PVC','PROD_PVC',  
  NU=-1.53,-1.0,1.0/  
  
&DEVC ID='THC_1_C', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,50.1,6.9/  
&DEVC ID='THC_1_B', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,50.1,5.1/  
&DEVC ID='THC_1_B_L', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2.1,50.1,5.1/  
&DEVC ID='THC_1_B_R', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=9.3,50.1,5.1/
```

File FDS di input per la Simulazione 5 – Incendio domino con autovetture

```
&DEVC ID='THC_1_A', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,50.1,3.0/
&DEVC ID='THC_1_A_L', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2.1,50.1,3.0/
&DEVC ID='THC_1_A_R', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=9.3,50.1,3.0/
&DEVC ID='PRES_1_C', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=5.7,50.1,6.9/
&DEVC ID='PRES_1_B', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,50.1,5.1/
&DEVC ID='PRES_1_B_L', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=2.1,50.1,5.1/
&DEVC ID='PRES_1_B_R', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=9.3,50.1,5.1/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_1_A', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=5.7,50.1,3.0/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_1_A_L', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=2.1,50.1,3.0/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_1_A_R', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=9.3,50.1,3.0/
&DEVC ID='MFCO_1_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE', XYZ=5.7,50.1,3.0/
&DEVC ID='MFCO_1_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE', XYZ=2.1,50.1,3.0/
&DEVC ID='MFCO_1_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE', XYZ=9.3,50.1,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_1_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,50.1,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_1_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,50.1,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_1_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,50.1,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_1_A', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=5.7,50.1,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_1_A_L', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=2.1,50.1,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_1_A_R', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=9.3,50.1,3.0/
&DEVC ID='MFHCl_1_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='HYDROGEN CHLORIDE', XYZ=5.7,50.1,3.0/
&DEVC ID='MFHCl_1_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE', XYZ=9.3,50.1,3.0/
&DEVC ID='MFHCl_1_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='HYDROGEN CHLORIDE', XYZ=2.1,50.1,3.0/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_1_B', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=5.7,50.1,5.1/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_1_B_L', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=2.1,50.1,5.1/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_1_B_R', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=9.3,50.1,5.1/
&DEVC ID='MFCO_1_B', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE', XYZ=5.7,50.1,5.1/
&DEVC ID='MFCO_1_B_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE', XYZ=2.1,50.1,5.1/
&DEVC ID='MFCO_1_B_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE', XYZ=9.3,50.1,5.1/
&DEVC ID='MFCO2_1_B', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,50.1,5.1/
&DEVC ID='MFCO2_1_B_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,50.1,5.1/
&DEVC ID='MFCO2_1_B_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,50.1,5.1/
&DEVC ID='FED_1_A', QUANTITY='FED', XYZ=5.7,50.1,2.7/
&DEVC ID='FED_1_A_R', QUANTITY='FED', XYZ=9.3,50.1,2.7/
&DEVC ID='FED_1_A_L', QUANTITY='FED', XYZ=2.1,50.1,2.7/
&DEVC ID='RADI_1_A_R', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=9.3,50.1,2.7/
&DEVC ID='RADI_1_A_L', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=2.1,50.1,2.7/
&DEVC ID='THC_2_B', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,35.4,5.1/
&DEVC ID='THC_2_B_L', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2.1,35.4,5.1/
&DEVC ID='THC_2_B_R', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=9.3,35.4,5.1/
&DEVC ID='THC_2_A', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,35.4,3.0/
&DEVC ID='THC_2_A_L', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2.1,35.4,3.0/
&DEVC ID='THC_2_A_R', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=9.3,35.4,3.0/
&DEVC ID='THC_2_C', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,35.4,6.9/
&DEVC ID='PRES_2_B', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=5.7,35.4,5.1/
&DEVC ID='PRES_2_B_L', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=2.1,35.4,5.1/
&DEVC ID='PRES_2_B_R', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=9.3,35.4,5.1/
&DEVC ID='PRES_2_C', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,35.4,6.9/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_2_A', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=5.7,35.4,3.0/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_2_A_L', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=2.1,35.4,3.0/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_2_A_R', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=9.3,35.4,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_2_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,35.4,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_2_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,35.4,3.0/
```

Appendice E

&DEVC ID='MFCO2_2_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,35.4,3.0/
&DEVC ID='MFCO_2_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,35.4,3.0/
&DEVC ID='MFCO_2_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,35.4,3.0/
&DEVC ID='MFCO_2_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,35.4,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_2_A', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=5.7,35.4,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_2_A_L', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=2.1,35.4,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_2_A_R', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=9.3,35.4,3.0/
&DEVC ID='MFHCl_2_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='HYDROGEN CHLORIDE', XYZ=5.7,35.4,3.0/
&DEVC ID='MFHCl_2_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='HYDROGEN CHLORIDE', XYZ=2.1,35.4,3.0/
&DEVC ID='MFHCl_2_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='HYDROGEN CHLORIDE', XYZ=9.3,35.4,3.0/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_2_B', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=5.7,35.4,5.1/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_2_B_L', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=2.1,35.4,5.1/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_2_B_R', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=9.3,35.4,5.1/
&DEVC ID='MFCO2_2_B', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,35.4,5.1/
&DEVC ID='MFCO2_2_B_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,35.4,5.1/
&DEVC ID='MFCO2_2_B_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,35.4,5.1/
&DEVC ID='MFCO_2_B', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,35.4,5.1/
&DEVC ID='MFCO_2_B_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,35.4,5.1/
&DEVC ID='MFCO_2_B_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,35.4,5.1/
&DEVC ID='FED_2_A', QUANTITY='FED', XYZ=5.7,35.4,2.7/
&DEVC ID='FED_2_A_L', QUANTITY='FED', XYZ=2.1,35.4,2.7/
&DEVC ID='FED_2_A_R', QUANTITY='FED', XYZ=9.3,35.4,2.7/
&DEVC ID='RADI_2_A_R', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=9.3,35.4,2.7/
&DEVC ID='RADI_2_A_L', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=2.1,35.4,2.7/
&DEVC ID='THC_3_B', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,20.7,5.1/
&DEVC ID='THC_3_B_L', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2.1,20.7,5.1/
&DEVC ID='THC_3_B_R', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=9.3,20.7,5.1/
&DEVC ID='THC_3_A', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,20.7,3.0/
&DEVC ID='THC_3_A_L', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2.1,20.7,3.0/
&DEVC ID='THC_3_A_R', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=9.3,20.7,3.0/
&DEVC ID='THC_3_C', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,20.7,6.9/
&DEVC ID='PRES_3_B', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=5.7,20.7,5.1/
&DEVC ID='PRES_3_B_L', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=2.1,20.7,5.1/
&DEVC ID='PRES_3_B_R', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=9.3,20.7,5.1/
&DEVC ID='PRES_3_C', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=5.7,20.7,6.9/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_3_A', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=5.7,20.7,3.0/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_3_A_L', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=2.1,20.7,3.0/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_3_A_R', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=9.3,20.7,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_3_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,20.7,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_3_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,20.7,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_3_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,20.7,3.0/
&DEVC ID='MFCO_3_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,20.7,3.0/
&DEVC ID='MFCO_3_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,20.7,3.0/
&DEVC ID='MFCO_3_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,20.7,3.0/
&DEVC ID='MFHCl_3_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='HYDROGEN CHLORIDE', XYZ=5.7,20.7,3.0/
&DEVC ID='MFHCl_3_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='HYDROGEN CHLORIDE', XYZ=2.1,20.7,3.0/
&DEVC ID='MFHCl_3_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='HYDROGEN CHLORIDE', XYZ=9.3,20.7,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_3_A', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=5.7,20.7,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_3_A_L', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=2.1,20.7,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_3_A_R', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=9.3,20.7,3.0/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_3_B', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=5.7,20.7,5.1/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_3_B_L', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=2.1,20.7,5.1/

File FDS di input per la Simulazione 5 – Incendio domino con autovetture

```
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_3_B_R', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=9.3,20.7,5.1/
&DEVC ID='MFCO2_3_B', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,20.7,5.1/
&DEVC ID='MFCO2_3_B_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,20.7,5.1/
&DEVC ID='MFCO2_3_B_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,20.7,5.1/
&DEVC ID='MFCO_3_B', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,20.7,5.1/
&DEVC ID='MFCO_3_B_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,20.7,5.1/
&DEVC ID='MFCO_3_B_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,20.7,5.1/
&DEVC ID='FED_3_A', QUANTITY='FED', XYZ=5.7,20.7,2.7/
&DEVC ID='FED_3_A_L', QUANTITY='FED', XYZ=2.1,20.7,2.7/
&DEVC ID='FED_3_A_R', QUANTITY='FED', XYZ=9.3,20.7,2.7/
&DEVC ID='RADI_3_A_R', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=9.3,20.7,2.7/
&DEVC ID='RADI_3_A_L', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=2.1,20.7,2.7/
&DEVC ID='THC_4_B', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,5.7,5.1/
&DEVC ID='THC_4_B_L', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2.1,5.7,5.1/
&DEVC ID='THC_4_B_R', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=9.3,5.7,5.1/
&DEVC ID='THC_4_A', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,5.7,3.0/
&DEVC ID='THC_4_A_L', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2.1,5.7,3.0/
&DEVC ID='THC_4_A_R', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=9.3,5.7,3.0/
&DEVC ID='THC_4_C', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,5.7,6.9/
&DEVC ID='PRES_4_B', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=5.7,5.7,5.1/
&DEVC ID='PRES_4_B_L', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=2.1,5.7,5.1/
&DEVC ID='PRES_4_B_R', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=9.3,5.7,5.1/
&DEVC ID='PRES_4_C', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=5.7,5.7,6.9/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_4_A', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=5.7,5.7,3.0/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_4_A_L', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=2.1,5.7,3.0/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_4_A_R', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=9.3,5.7,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_4_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,5.7,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_4_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,5.7,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_4_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,5.7,3.0/
&DEVC ID='MFCO_4_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,5.7,3.0/
&DEVC ID='MFCO_4_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,5.7,3.0/
&DEVC ID='MFCO_4_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,5.7,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_4_A', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=5.7,5.7,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_4_A_L', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=2.1,5.7,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_4_A_R', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=9.3,5.7,3.0/
&DEVC ID='MFHCl_4_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='HYDROGEN CHLORIDE', XYZ=5.7,5.7,3.0/
&DEVC ID='MFHCl_4_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='HYDROGEN CHLORIDE', XYZ=2.1,5.7,3.0/
&DEVC ID='MFHCl_4_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='HYDROGEN CHLORIDE', XYZ=9.3,5.7,3.0/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_4_B', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=5.7,5.7,5.1/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_4_B_L', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=2.1,5.7,5.1/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_4_B_R', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=9.3,5.7,5.1/
&DEVC ID='MFCO2_4_B', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,5.7,5.1/
&DEVC ID='MFCO2_4_B_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,5.7,5.1/
&DEVC ID='MFCO2_4_B_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,5.7,5.1/
&DEVC ID='MFCO_4_B', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,5.7,5.1/
&DEVC ID='MFCO_4_B_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,5.7,5.1/
&DEVC ID='MFCO_4_B_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,5.7,5.1/
&DEVC ID='FED_4_A', QUANTITY='FED', XYZ=5.7,5.7,2.7/
&DEVC ID='FED_4_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,5.7,2.7/
&DEVC ID='FED_4_A_R', QUANTITY='FED', XYZ=9.3,5.7,2.7/
&DEVC ID='RADI_4_A_R', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=9.3,5.7,2.7/
&DEVC ID='RADI_4_A_L', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=2.1,5.7,2.7/
```

Appendice E

&DEVC ID='THC_5_B', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,-14.3,5.1/
&DEVC ID='THC_5_B_L', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2.1,-14.3,5.1/
&DEVC ID='THC_5_B_R', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=9.3,-14.3,5.1/
&DEVC ID='THC_5_A', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,-14.3,3.0/
&DEVC ID='THC_5_A_L', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2.1,-14.3,3.0/
&DEVC ID='THC_5_A_R', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=9.3,-14.3,3.0/
&DEVC ID='THC_5_C', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,-14.3,6.9/
&DEVC ID='PRES_5_B', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=5.7,-14.3,5.1/
&DEVC ID='PRES_5_B_L', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=2.1,-14.3,5.1/
&DEVC ID='PRES_5_B_R', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=9.3,-14.3,5.1/
&DEVC ID='PRES_5_C', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=5.7,-14.3,6.9/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_5_A', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=5.7,-14.3,3.0/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_5_A_L', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=2.1,-14.3,3.0/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_5_A_R', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=9.3,-14.3,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_5_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,-14.3,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_5_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,-14.3,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_5_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,-14.3,3.0/
&DEVC ID='MFCO_5_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,-14.3,3.0/
&DEVC ID='MFCO_5_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,-14.3,3.0/
&DEVC ID='MFCO_5_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,-14.3,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_5_A', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=5.7,-14.3,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_5_A_L', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=2.1,-14.3,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_5_A_R', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=9.3,-14.3,3.0/
&DEVC ID='MFHCl_5_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='HYDROGEN CHLORIDE', XYZ=5.7,-14.3,3.0/
&DEVC ID='MFHCl_5_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='HYDROGEN CHLORIDE', XYZ=2.1,-14.3,3.0/
&DEVC ID='MFHCl_5_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='HYDROGEN CHLORIDE', XYZ=9.3,-14.3,3.0/
&DEVC ID='FED_5_A', QUANTITY='FED', XYZ=5.7,-14.3,2.7/
&DEVC ID='FED_5_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,-14.3,2.7/
&DEVC ID='FED_5_A_R', QUANTITY='FED', XYZ=9.3,-14.3,2.7/
&DEVC ID='RADI_5_A_R', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=9.3,-14.3,2.7/
&DEVC ID='RADI_5_A_L', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=2.1,-14.3,2.7/
&DEVC ID='THC_6_B', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,-34.3,5.1/
&DEVC ID='THC_6_B_L', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2.1,-34.3,5.1/
&DEVC ID='THC_6_B_R', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=9.3,-34.3,5.1/
&DEVC ID='THC_6_A', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,-34.3,3.0/
&DEVC ID='THC_6_A_L', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2.1,-34.3,3.0/
&DEVC ID='THC_6_A_R', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=9.3,-34.3,3.0/
&DEVC ID='THC_6_C', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,-34.3,6.9/
&DEVC ID='PRES_6_B', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=5.7,-34.3,5.1/
&DEVC ID='PRES_6_B_L', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=2.1,-34.3,5.1/
&DEVC ID='PRES_6_B_R', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=9.3,-34.3,5.1/
&DEVC ID='PRES_6_C', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=5.7,-34.3,6.9/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_6_A', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=5.7,-34.3,3.0/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_6_A_L', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=2.1,-34.3,3.0/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_6_A_R', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=9.3,-34.3,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_6_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,-34.3,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_6_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,-34.3,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_6_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,-34.3,3.0/
&DEVC ID='MFCO_6_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,-34.3,3.0/
&DEVC ID='MFCO_6_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,-34.3,3.0/
&DEVC ID='MFCO_6_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,-34.3,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_6_A', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=5.7,-34.3,3.0/

File FDS di input per la Simulazione 5 – Incendio domino con autovetture

```
&DEVC ID='VISIBILITY_6_A_L', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=2.1,-34.3,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_6_A_R', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=9.3,-34.3,3.0/
&DEVC ID='MFHCl_6_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='HYDROGEN CHLORIDE', XYZ=5.7,-34.3,3.0/
&DEVC ID='MFHCl_6_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='HYDROGEN CHLORIDE', XYZ=2.1,-34.3,3.0/
&DEVC ID='MFGCl_6_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='HYDROGEN CHLORIDE', XYZ=9.3,-34.3,3.0/
&DEVC ID='FED_6_A', QUANTITY='FED', XYZ=5.7,-34.3,2.7/
&DEVC ID='FED_6_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,-34.3,2.7/
&DEVC ID='FED_6_A_R', QUANTITY='FED', XYZ=9.3,-34.3,2.7/
&DEVC ID='RADI_6_A_R', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=9.3,-34.3,2.7/
&DEVC ID='RADI_6_A_L', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=2.1,-34.3,2.7/
&DEVC ID='THC_7_B', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,-44.3,5.1/
&DEVC ID='THC_7_B_L', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2.1,-44.3,5.1/
&DEVC ID='THC_7_B_R', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=9.3,-44.3,5.1/
&DEVC ID='THC_7_A', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,-44.3,3.0/
&DEVC ID='THC_7_A_L', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2.1,-44.3,3.0/
&DEVC ID='THC_7_A_R', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=9.3,-44.3,3.0/
&DEVC ID='THC_7_C', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,-44.3,6.9/
&DEVC ID='PRES_7_B', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=5.7,-44.3,5.1/
&DEVC ID='PRES_7_B_L', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=2.1,-44.3,5.1/
&DEVC ID='PRES_7_B_R', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=9.3,-44.3,5.1/
&DEVC ID='PRES_7_C', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=5.7,-44.3,6.9/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_7_A', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=5.7,-44.3,3.0/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_7_A_L', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=2.1,-44.3,3.0/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_7_A_R', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=9.3,-44.3,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_7_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,-44.3,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_7_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,-44.3,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_7_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,-44.3,3.0/
&DEVC ID='MFCO_7_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,-44.3,3.0/
&DEVC ID='MFCO_7_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,-44.3,3.0/
&DEVC ID='MFCO_7_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,-44.3,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_7_A', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=5.7,-44.3,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_7_A_L', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=2.1,-44.3,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_7_A_R', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=9.3,-44.3,3.0/
&DEVC ID='MFHCl_7_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='HYDROGEN CHLORIDE', XYZ=5.7,-44.3,3.0/
&DEVC ID='MFHCl_7_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='HYDROGEN CHLORIDE', XYZ=2.1,-44.3,3.0/
&DEVC ID='MFHCl_7_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='HYDROGEN CHLORIDE', XYZ=9.3,-44.3,3.0/
&DEVC ID='FED_7_A', QUANTITY='FED', XYZ=5.7,-44.3,2.7/
&DEVC ID='FED_7_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,-44.3,2.7/
&DEVC ID='FED_7_A_R', QUANTITY='FED', XYZ=9.3,-44.3,2.7/
&DEVC ID='RADI_7_A_R', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=9.3,-44.3,2.7/
&DEVC ID='RADI_7_A_L', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=2.1,-44.3,2.7/
&DEVC ID='TIMER->OUT', QUANTITY='TIME', XYZ=-0.3,-52.2,0.0, SETPOINT=720.0/
&DEVC ID='TIMER->OUT2', QUANTITY='TIME', XYZ=-0.3,-52.2,0.0, SETPOINT=1440.0/

&MATL ID='CONCRETE',
    SPECIFIC_HEAT=1.04,
    CONDUCTIVITY=1.8,
    DENSITY=2280.0/
&MATL ID='CAR',
    FYI='materiale_macchina_ottenuto_con_medie_pesate_componenti',
    SPECIFIC_HEAT=0.77908,
    CONDUCTIVITY=38.29167,
```

Appendice E

```
DENSITY=5915.39,
EMISSION=0.69882/
&MATL ID='ASFALTO',
SPECIFIC_HEAT=0.8,
CONDUCTIVITY=0.75,
DENSITY=2100.0,
EMISSION=0.93/

&SURF ID='calcestruzzo',
COLOR='GRAY 60',
BACKING='VOID',
MATL_ID(1,1)='CONCRETE',
MATL_MASS_FRACTION(1,1)=1.0,
THICKNESS(1)=2.0/

&SURF ID='FIRE',
COLOR='RED',
MASS_FLUX=2.24E-3,5.0E-3,4.285E-3,4.716E-3,
SPEC_ID='POLIETILENE','POLIPROPILENE','POLIURETANO','PVC',
RAMP_MF='FIRE_RAMP_MF','FIRE_RAMP_MF2','FIRE_RAMP_MF3','FIRE_RAMP_MF4'/

&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF', T=153.0, F=0.086/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF', T=194.0, F=0.094/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF', T=399.0, F=0.155/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF', T=500.0, F=0.297/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF', T=567.0, F=0.491/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF', T=644.0, F=0.715/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF', T=812.0, F=0.934/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF', T=838.0, F=1.0/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF', T=1053.0, F=0.976/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF', T=1129.0, F=0.861/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF', T=1203.0, F=0.775/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF', T=1283.0, F=0.69/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF', T=1362.0, F=0.636/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF', T=1596.0, F=0.46/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF', T=1842.0, F=0.331/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF', T=2000.0, F=0.247/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF2', T=153.0, F=0.086/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF2', T=194.0, F=0.094/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF2', T=399.0, F=0.155/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF2', T=500.0, F=0.297/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF2', T=567.0, F=0.491/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF2', T=644.0, F=0.715/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF2', T=812.0, F=0.934/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF2', T=838.0, F=1.0/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF2', T=1053.0, F=0.976/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF2', T=1129.0, F=0.861/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF2', T=1203.0, F=0.775/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF2', T=1283.0, F=0.69/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF2', T=1362.0, F=0.636/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF2', T=1596.0, F=0.46/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF2', T=1842.0, F=0.331/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF2', T=2000.0, F=0.247/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF3', T=153.0, F=0.086/
```

File FDS di input per la Simulazione 5 – Incendio domino con autovetture

```
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF3', T=194.0, F=0.094/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF3', T=399.0, F=0.155/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF3', T=500.0, F=0.297/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF3', T=567.0, F=0.491/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF3', T=644.0, F=0.715/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF3', T=812.0, F=0.934/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF3', T=838.0, F=1.0/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF3', T=1053.0, F=0.976/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF3', T=1129.0, F=0.861/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF3', T=1203.0, F=0.775/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF3', T=1283.0, F=0.69/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF3', T=1362.0, F=0.636/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF3', T=1596.0, F=0.46/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF3', T=1842.0, F=0.331/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF3', T=2000.0, F=0.247/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF4', T=153.0, F=0.086/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF4', T=194.0, F=0.094/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF4', T=399.0, F=0.155/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF4', T=500.0, F=0.297/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF4', T=567.0, F=0.491/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF4', T=644.0, F=0.715/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF4', T=812.0, F=0.934/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF4', T=838.0, F=1.0/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF4', T=1053.0, F=0.976/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF4', T=1129.0, F=0.861/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF4', T=1203.0, F=0.775/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF4', T=1283.0, F=0.69/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF4', T=1362.0, F=0.636/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF4', T=1596.0, F=0.46/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF4', T=1842.0, F=0.331/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF4', T=2000.0, F=0.247/
&SURF ID='componenti_macchina',
  COLOR='GREEN',
  MATL_ID(1,1)='CAR',
  MATL_MASS_FRACTION(1,1)=1.0,
  THICKNESS(1)=8.14E-3/
&SURF ID='pavimentazione',
  COLOR='GRAY 20',
  BACKING='VOID',
  MATL_ID(1,1)='ASFALTO',
  MATL_MASS_FRACTION(1,1)=1.0,
  THICKNESS(1)=0.3/

&OBST ID='Obstruction', XB=0.0,0.3,-50.0,149.0,0.0,0.3, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.3,0.6,-50.0,149.0,0.0,0.3, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.6,0.9,-50.0,149.0,0.0,0.3, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.6,0.9,-50.0,149.0,0.3,0.6, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.0,0.3,-50.0,149.0,0.3,0.6, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.3,0.6,-50.0,149.0,0.3,0.6, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.3,0.6,-50.0,149.0,0.6,0.9, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.6,0.9,-50.0,149.0,0.6,0.9, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.0,0.3,-50.0,149.0,0.6,0.9, SURF_ID='calcestruzzo'/
```


Appendice E

```
&OBST ID='Obstruction', XB=10.2,10.5,-50.0,149.0,4.2,4.5, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=10.5,10.8,-50.0,149.0,4.2,4.5, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=9.9,10.2,-50.0,149.0,4.8,5.1, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=10.2,10.5,-50.0,149.0,4.8,5.1, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=9.6,9.9,-50.0,149.0,5.1,5.4, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=9.9,10.2,-50.0,149.0,5.1,5.4, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=9.3,9.6,-50.0,149.0,5.4,5.7, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=9.6,9.9,-50.0,149.0,5.4,5.7, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=10.5,10.8,-50.0,149.0,2.7,3.0, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=10.5,10.8,-50.0,149.0,2.4,2.7, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=10.5,10.8,-50.0,149.0,2.1,2.4, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=10.5,10.8,-50.0,149.0,1.8,2.1, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=10.5,10.8,-50.0,149.0,1.5,1.8, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=10.5,10.8,-50.0,149.0,1.2,1.5, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=10.8,11.1,-50.0,149.0,1.2,1.5, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=10.8,11.1,-50.0,149.0,0.9,1.2, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=10.5,10.8,-50.0,149.0,0.9,1.2, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=10.5,10.8,-50.0,149.0,0.6,0.9, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=10.5,10.8,-50.0,149.0,0.3,0.6, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=10.5,10.8,-50.0,149.0,0.0,0.3, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=10.8,11.1,-50.0,149.0,2.7,3.0, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=11.1,11.4,-50.0,149.0,2.4,2.7, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=11.1,11.4,-50.0,149.0,2.1,2.4, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=11.1,11.4,-50.0,149.0,1.8,2.1, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=10.8,11.1,-50.0,149.0,1.8,2.1, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=10.8,11.1,-50.0,149.0,1.5,1.8, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=5.7,6.0,-50.0,149.0,7.2,7.5, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=6.0,6.3,-50.0,149.0,7.2,7.5, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=11.1,11.4,-50.0,149.0,0.0,0.3, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=11.1,11.4,-50.0,149.0,0.3,0.6, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=11.1,11.4,-50.0,149.0,0.6,0.9, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=11.1,11.4,-50.0,149.0,0.9,1.2, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=11.1,11.4,-50.0,149.0,1.2,1.5, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=10.8,11.1,-50.0,149.0,0.0,0.3, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=10.8,11.1,-50.0,149.0,0.3,0.6, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=10.8,11.1,-50.0,149.0,0.6,0.9, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=11.1,11.4,-50.0,149.0,1.5,1.8, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=11.1,11.4,-50.0,149.0,0.6,0.9, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='macchina_1', XB=6.6,8.4,47.75,52.25,0.9,2.4,
SURF_IDS='componenti_macchina','componenti_macchina','INERT'/
&OBST ID='macchina_2', XB=6.6,8.4,40.25,44.75,0.9,2.4,
SURF_IDS='componenti_macchina','componenti_macchina','INERT'/
&OBST ID='macchina_3', XB=3.1,4.9,47.75,52.25,0.9,2.4,
SURF_IDS='componenti_macchina','componenti_macchina','INERT'/
&OBST ID='macchina_4', XB=3.1,4.9,54.25,58.75,0.9,2.4,
SURF_IDS='componenti_macchina','componenti_macchina','INERT'/
&OBST ID='marciapiede', XB=0.9,1.75,-50.0,149.0,0.3,0.9, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='marciapiede', XB=9.5,10.5,-50.0,149.0,0.3,0.9, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='pavimentazione_stradale', XB=1.75,9.5,-50.0,149.0,0.3,0.9,
SURF_IDS='pavimentazione','INERT','INERT'/
&OBST ID='sottofondo_stradale', XB=0.9,10.5,-50.0,149.0,0.0,0.3, SURF_ID='INERT'/

&VENT ID='BURNER_FRONT', SURF_ID='FIRE', XB=6.6,8.4,47.75,47.75,0.9,2.4, RGB=240,0,0/
&VENT ID='BURNER_LEFT', SURF_ID='FIRE', XB=6.6,6.6,47.75,52.25,0.9,2.4, RGB=240,0,0/
```

File FDS di input per la Simulazione 5 – Incendio domino con autovetture

```
&VENT ID='BURNER_RIGHT', SURF_ID='FIRE', XB=8.4,8.4,47.75,52.25,0.9,2.4, RGB=240,0,0/  
&VENT ID='BURNER_BACK', SURF_ID='FIRE', XB=6.6,8.4,52.25,52.25,0.9,2.4, RGB=240,0,0/  
&VENT ID='BURNER_TOP', SURF_ID='FIRE', XB=6.6,8.4,47.75,52.25,2.4,2.4, RGB=240,0,0/  
&VENT ID='BURNER_FRONT2', SURF_ID='FIRE', XB=6.6,8.4,40.25,40.25,0.9,2.4, RGB=240,0,0,  
DEVC_ID='TIMER->OUT'/  
&VENT ID='BURNER_LEFT2', SURF_ID='FIRE', XB=6.6,6.6,40.25,44.75,0.9,2.4, RGB=240,0,0,  
DEVC_ID='TIMER->OUT'/  
&VENT ID='BURNER_RIGHT2', SURF_ID='FIRE', XB=8.4,8.4,40.25,44.75,0.9,2.4, RGB=240,0,0,  
DEVC_ID='TIMER->OUT'/  
&VENT ID='BURNER_BACK2', SURF_ID='FIRE', XB=6.6,8.4,44.75,44.75,0.9,2.4, RGB=240,0,0,  
DEVC_ID='TIMER->OUT'/  
&VENT ID='BURNER_TOP2', SURF_ID='FIRE', XB=6.6,8.4,40.25,44.75,2.4,2.4, RGB=240,0,0,  
DEVC_ID='TIMER->OUT'/  
&VENT ID='BURNER_FRONT3', SURF_ID='FIRE', XB=3.1,4.9,47.75,47.75,0.9,2.4, RGB=240,0,0,  
DEVC_ID='TIMER->OUT'/  
&VENT ID='BURNER_LEFT3', SURF_ID='FIRE', XB=3.1,3.1,47.75,52.25,0.9,2.4, RGB=240,0,0,  
DEVC_ID='TIMER->OUT'/  
&VENT ID='BURNER_RIGHT3', SURF_ID='FIRE', XB=4.9,4.9,47.75,52.25,0.9,2.4, RGB=240,0,0,  
DEVC_ID='TIMER->OUT'/  
&VENT ID='BURNER_BACK3', SURF_ID='FIRE', XB=3.1,4.9,52.25,52.25,0.9,2.4, RGB=240,0,0,  
DEVC_ID='TIMER->OUT'/  
&VENT ID='BURNER_TOP3', SURF_ID='FIRE', XB=3.1,4.9,47.75,52.25,2.4,2.4, RGB=240,0,0,  
DEVC_ID='TIMER->OUT'/  
&VENT ID='BURNER_FRONT4', SURF_ID='FIRE', XB=3.1,4.9,54.25,54.25,0.9,2.4, RGB=240,0,0,  
DEVC_ID='TIMER->OUT2'/  
&VENT ID='BURNER_LEFT4', SURF_ID='FIRE', XB=3.1,3.1,54.25,58.75,0.9,2.4, RGB=240,0,0,  
DEVC_ID='TIMER->OUT2'/  
&VENT ID='BURNER_RIGHT4', SURF_ID='FIRE', XB=4.9,4.9,54.25,58.75,0.9,2.4, RGB=240,0,0,  
DEVC_ID='TIMER->OUT2'/  
&VENT ID='BURNER_BACK4', SURF_ID='FIRE', XB=3.1,4.9,58.75,58.75,0.9,2.4, RGB=240,0,0,  
DEVC_ID='TIMER->OUT2'/  
&VENT ID='BURNER_TOP4', SURF_ID='FIRE', XB=3.1,4.9,54.25,58.75,2.4,2.4, RGB=240,0,0,  
DEVC_ID='TIMER->OUT2'/  
&VENT ID='VentINLET', SURF_ID='OPEN', XB=-0.3,11.7,-52.2,-52.2,0.0,8.4/ poertale_ingresso  
&VENT ID='VentOUTLET', SURF_ID='OPEN', XB=-0.3,11.7,152.4,152.4,0.0,8.4/ portale_uscita  
&VENT ID='TOP', SURF_ID='OPEN', XB=-0.3,11.7,-52.2,152.4,8.4,8.4/  
&VENT ID='BOTTOM', SURF_ID='OPEN', XB=-0.3,11.7,-52.2,152.4,0.0,0.0/  
&VENT ID='LEFT', SURF_ID='OPEN', XB=-0.3,-0.3,-52.2,152.4,0.0,8.4/  
&VENT ID='RIGHT', SURF_ID='OPEN', XB=11.7,11.7,-52.2,152.4,0.0,8.4/  
  
&BNDF QUANTITY='GAS TEMPERATURE'/  
&BNDF QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX'/  
&BNDF QUANTITY='WALL TEMPERATURE'/  
  
&ISOF QUANTITY='FED', VALUE=0.1,0.3/  
&ISOF QUANTITY='TEMPERATURE', VALUE=60.0/  
&ISOF QUANTITY='VISIBILITY', VALUE=30.0/  
  
&SLCF QUANTITY='PRESSURE', PBX=5.7/  
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBX=5.7/  
&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBZ=2.7/  
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBZ=2.7/  
&SLCF QUANTITY='RADIATION LOSS', PBZ=2.7/  
  
&DEVC ID='Temperature_MEAN', QUANTITY='TEMPERATURE', SPATIAL_STATISTIC='MEAN', XB=0.9,10.5,-  
50.0,149.0,0.9,7.2/
```

Appendice E

&DEVC ID='Temperature_1,8m_MEAN', QUANTITY='TEMPERATURE', SPATIAL_STATISTIC='MEAN', XB=0.9,10.5,-50.0,149.0,0.9,2.7/

&DEVC ID='Visibility_MEAN', QUANTITY='VISIBILITY', SPATIAL_STATISTIC='MEAN', XB=0.9,10.5,-50.0,149.0,0.9,2.7/

&DEVC ID='[Species: SOOT] Mass Fraction_MEAN', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='SOOT', SPATIAL_STATISTIC='MEAN', XB=0.9,10.5,-50.0,149.0,0.9,7.2/

&TAIL /

Appendice F

File FDS di input per la Simulazione 6 – Incendio domino con mezzo pesante

```

&HEAD CHID='SIMULAZIONE_DOMINO_HGV+CAR'/
&TIME T_END=1800.0/
&DUMP DT_PL3D=10.0, DT_RESTART=300.0, DT_SL3D=0.25, WRITE_XYZ=.TRUE.,
PLOT3D_QUANTITY(1)='TEMPERATURE'/
&COMB SUPPRESSION=.FALSE./

&MESH ID='Mesh', RGB=51,255,255, IJK=20,341,14, XB=-0.3,11.7,-52.2,152.4,0.0,8.4/

&SPEC ID='CARBON DIOXIDE', LUMPED_COMPONENT_ONLY=.TRUE./
&SPEC ID='WATER VAPOR', LUMPED_COMPONENT_ONLY=.TRUE./
&SPEC ID='OXYGEN', LUMPED_COMPONENT_ONLY=.TRUE./
&SPEC ID='HYDROGEN CHLORIDE', LUMPED_COMPONENT_ONLY=.TRUE./
&SPEC ID='CARBON MONOXIDE', LUMPED_COMPONENT_ONLY=.TRUE./
&SPEC ID='NITROGEN', LUMPED_COMPONENT_ONLY=.TRUE./
&SPEC ID='POLIURETANO', FORMULA='C25H42O6N2'/
&SPEC ID='SOOT', FORMULA='C', LUMPED_COMPONENT_ONLY=.TRUE./
&SPEC ID='WOOD', FORMULA='C1H1.700.74N0.002'/
&SPEC ID='POLIETILENE', FORMULA='C2H4'/
&SPEC ID='PVC', FORMULA='C2H3Cl'/
&SPEC ID='POLIPROPILENE', FORMULA='C3H6'/
&SPEC ID='AIR', BACKGROUND=.TRUE.,
    SPEC_ID(1)='NITROGEN',
    SPEC_ID(2)='OXYGEN',
    VOLUME_FRACTION(1)=3.76,
    VOLUME_FRACTION(2)=1.0/
&SPEC ID='PROD_WOOD',
    SPEC_ID(1)='NITROGEN',
    SPEC_ID(2)='CARBON DIOXIDE',
    SPEC_ID(3)='CARBON MONOXIDE',
    SPEC_ID(4)='SOOT',
    SPEC_ID(5)='WATER VAPOR',
    VOLUME_FRACTION(1)=3.8408,
    VOLUME_FRACTION(2)=0.9644,
    VOLUME_FRACTION(3)=3.7E-3,
    VOLUME_FRACTION(4)=0.032,
    VOLUME_FRACTION(5)=0.85/
&SPEC ID='PROD_POLIPROPILENE',
    SPEC_ID(1)='CARBON DIOXIDE',
    SPEC_ID(2)='CARBON MONOXIDE',
    SPEC_ID(3)='NITROGEN',
    SPEC_ID(4)='SOOT',
    SPEC_ID(5)='WATER VAPOR',
    VOLUME_FRACTION(1)=2.7572331,
    VOLUME_FRACTION(2)=0.0360484668,
    VOLUME_FRACTION(3)=16.07498928,
    VOLUME_FRACTION(4)=0.2067102535,
    VOLUME_FRACTION(5)=2.999991821/

```

Appendice F

```
&SPEC ID='PROD_PVC',
  SPEC_ID(1)='CARBON DIOXIDE',
  SPEC_ID(2)='CARBON MONOXIDE',
  SPEC_ID(3)='HYDROGEN CHLORIDE',
  SPEC_ID(4)='NITROGEN',
  SPEC_ID(5)='SOOT',
  SPEC_ID(6)='WATER VAPOR',
  VOLUME_FRACTION(1)=0.96,
  VOLUME_FRACTION(2)=0.14,
  VOLUME_FRACTION(3)=1.0,
  VOLUME_FRACTION(4)=5.7528,
  VOLUME_FRACTION(5)=0.9,
  VOLUME_FRACTION(6)=1.0/
&SPEC ID='PROD_POLIETILENE',
  SPEC_ID(1)='CARBON DIOXIDE',
  SPEC_ID(2)='CARBON MONOXIDE',
  SPEC_ID(3)='NITROGEN',
  SPEC_ID(4)='WATER VAPOR',
  SPEC_ID(5)='SOOT',
  VOLUME_FRACTION(1)=1.835823,
  VOLUME_FRACTION(2)=0.024033,
  VOLUME_FRACTION(3)=10.707882,
  VOLUME_FRACTION(4)=2.000007,
  VOLUME_FRACTION(5)=0.140137/
&SPEC ID='PROD_POLIURETANO',
  SPEC_ID(1)='CARBON DIOXIDE',
  SPEC_ID(2)='CARBON MONOXIDE',
  SPEC_ID(3)='NITROGEN',
  SPEC_ID(4)='SOOT',
  SPEC_ID(5)='WATER VAPOR',
  VOLUME_FRACTION(1)=19.74407865,
  VOLUME_FRACTION(2)=0.166523,
  VOLUME_FRACTION(3)=103.7511305,
  VOLUME_FRACTION(4)=5.08928976,
  VOLUME_FRACTION(5)=21.00004082/

&REAC ID='REAC_POLIETILENE',
  HEAT_OF_COMBUSTION=4.12E4,
  FUEL='POLIETILENE',
  SPEC_ID_NU='AIR', 'POLIETILENE', 'PROD_POLIETILENE',
  NU=-2.847843, -1.0, 1.0/
&REAC ID='REAC_POLIURETANO',
  HEAT_OF_COMBUSTION=2.62E4,
  FUEL='POLIURETANO',
  SPEC_ID_NU='AIR', 'POLIURETANO', 'PROD_POLIURETANO',
  NU=-27.327406, -1.0, 1.0,
  CHECK_ATOM_BALANCE=.FALSE./
&REAC ID='REAC_POLIPROPILENE',
  HEAT_OF_COMBUSTION=4.34E4,
  FUEL='POLIPROPILENE',
  SPEC_ID_NU='AIR', 'POLIPROPILENE', 'PROD_POLIPROPILENE',
  NU=-4.275263812, -1.0, 1.0/
```

File FDS di input per la Simulazione 6 – Incendio domino con mezzo pesante

```
&REAC ID='REAC_PVC',
      HEAT_OF_COMBUSTION=1.64E4,
      FUEL='PVC',
      SPEC_ID_NU='AIR', 'PVC', 'PROD_PVC',
      NU=-1.53, -1.0, 1.0/
&REAC ID='REAC_WOOD',
      HEAT_OF_COMBUSTION=1.64E4,
      FUEL='WOOD',
      SPEC_ID_NU='AIR', 'WOOD', 'PROD_WOOD',
      NU=-1.0212, -1.0, 1.0,
      CHECK_ATOM_BALANCE=.FALSE./

&CTRL ID='Control_DOMINO_CAR2', FUNCTION_TYPE='ALL', LATCH=.TRUE., INPUT_ID='Device_CONTROL_2'/
&CTRL ID='Control_DOMINO_CAR3', FUNCTION_TYPE='ALL', LATCH=.TRUE., INPUT_ID='Device_CONTROL_3'/
&CTRL ID='Control_DOMINO_CAR4', FUNCTION_TYPE='ALL', LATCH=.TRUE., INPUT_ID='Device_CONTROL_4'/
&DEVC ID='Device_CONTROL_4', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=4.2,56.0,2.4, SETPOINT=320.0/
&DEVC ID='Device_CONTROL_3', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=3.9,50.1,2.4, SETPOINT=320.0/
&DEVC ID='Device_CONTROL_2', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=7.5,42.6,2.4, SETPOINT=320.0/
&DEVC ID='THC_1_C', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,50.1,6.9/
&DEVC ID='THC_1_B', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,50.1,5.1/
&DEVC ID='THC_1_B_L', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2.1,50.1,5.1/
&DEVC ID='THC_1_B_R', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=9.3,50.1,5.1/
&DEVC ID='THC_1_A', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,50.1,3.0/
&DEVC ID='THC_1_A_L', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2.1,50.1,3.0/
&DEVC ID='THC_1_A_R', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=9.3,50.1,3.0/
&DEVC ID='PRES_1_C', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=5.7,50.1,6.9/
&DEVC ID='PRES_1_B', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,50.1,5.1/
&DEVC ID='PRES_1_B_L', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=2.1,50.1,5.1/
&DEVC ID='PRES_1_B_R', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=9.3,50.1,5.1/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_1_A', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=5.7,50.1,3.0/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_1_A_L', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=2.1,50.1,3.0/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_1_A_R', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=9.3,50.1,3.0/
&DEVC ID='MFCO_1_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE', XYZ=5.7,50.1,3.0/
&DEVC ID='MFCO_1_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE', XYZ=2.1,50.1,3.0/
&DEVC ID='MFCO_1_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE', XYZ=9.3,50.1,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_1_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,50.1,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_1_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,50.1,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_1_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,50.1,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_1_A', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=5.7,50.1,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_1_A_L', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=2.1,50.1,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_1_A_R', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=9.3,50.1,3.0/
&DEVC ID='MFHCl_1_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='HYDROGEN CHLORIDE', XYZ=5.7,50.1,3.0/
&DEVC ID='MFHCl_1_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE', XYZ=9.3,50.1,3.0/
&DEVC ID='MFHCl_1_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='HYDROGEN CHLORIDE', XYZ=2.1,50.1,3.0/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_1_B', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=5.7,50.1,5.1/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_1_B_L', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=2.1,50.1,5.1/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_1_B_R', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=9.3,50.1,5.1/
&DEVC ID='MFCO_1_B', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE', XYZ=5.7,50.1,5.1/
&DEVC ID='MFCO_1_B_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE', XYZ=2.1,50.1,5.1/
&DEVC ID='MFCO_1_B_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE', XYZ=9.3,50.1,5.1/
&DEVC ID='MFCO2_1_B', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,50.1,5.1/
&DEVC ID='MFCO2_1_B_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,50.1,5.1/
```

Appendice F

&DEVC ID='MFCO2_1_B_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,50.1,5.1/
&DEVC ID='FED_1_A', QUANTITY='FED', XYZ=5.7,50.1,2.7/
&DEVC ID='FED_1_A_R', QUANTITY='FED', XYZ=9.3,50.1,2.7/
&DEVC ID='FED_1_A_L', QUANTITY='FED', XYZ=2.1,50.1,2.7/
&DEVC ID='RADI_1_A_R', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=9.3,50.1,2.7/
&DEVC ID='RADI_1_A_L', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=2.1,50.1,2.7/
&DEVC ID='THC_2_B', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,35.4,5.1/
&DEVC ID='THC_2_B_L', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2.1,35.4,5.1/
&DEVC ID='THC_2_B_R', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=9.3,35.4,5.1/
&DEVC ID='THC_2_A', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,35.4,3.0/
&DEVC ID='THC_2_A_L', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2.1,35.4,3.0/
&DEVC ID='THC_2_A_R', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=9.3,35.4,3.0/
&DEVC ID='THC_2_C', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,35.4,6.9/
&DEVC ID='PRES_2_B', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=5.7,35.4,5.1/
&DEVC ID='PRES_2_B_L', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=2.1,35.4,5.1/
&DEVC ID='PRES_2_B_R', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=9.3,35.4,5.1/
&DEVC ID='PRES_2_C', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,35.4,6.9/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_2_A', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=5.7,35.4,3.0/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_2_A_L', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=2.1,35.4,3.0/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_2_A_R', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=9.3,35.4,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_2_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,35.4,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_2_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,35.4,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_2_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,35.4,3.0/
&DEVC ID='MFCO_2_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,35.4,3.0/
&DEVC ID='MFCO_2_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,35.4,3.0/
&DEVC ID='MFCO_2_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,35.4,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_2_A', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=5.7,35.4,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_2_A_L', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=2.1,35.4,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_2_A_R', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=9.3,35.4,3.0/
&DEVC ID='MFHCl_2_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='HYDROGEN CHLORIDE', XYZ=5.7,35.4,3.0/
&DEVC ID='MFHCl_2_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='HYDROGEN CHLORIDE', XYZ=2.1,35.4,3.0/
&DEVC ID='MFHCl_2_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='HYDROGEN CHLORIDE', XYZ=9.3,35.4,3.0/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_2_B', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=5.7,35.4,5.1/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_2_B_L', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=2.1,35.4,5.1/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_2_B_R', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=9.3,35.4,5.1/
&DEVC ID='MFCO2_2_B', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,35.4,5.1/
&DEVC ID='MFCO2_2_B_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,35.4,5.1/
&DEVC ID='MFCO2_2_B_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,35.4,5.1/
&DEVC ID='MFCO_2_B', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,35.4,5.1/
&DEVC ID='MFCO_2_B_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,35.4,5.1/
&DEVC ID='MFCO_2_B_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,35.4,5.1/
&DEVC ID='FED_2_A', QUANTITY='FED', XYZ=5.7,35.4,2.7/
&DEVC ID='FED_2_A_L', QUANTITY='FED', XYZ=2.1,35.4,2.7/
&DEVC ID='FED_2_A_R', QUANTITY='FED', XYZ=9.3,35.4,2.7/
&DEVC ID='RADI_2_A_R', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=9.3,35.4,2.7/
&DEVC ID='RADI_2_A_L', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=2.1,35.4,2.7/
&DEVC ID='THC_3_B', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,20.7,5.1/
&DEVC ID='THC_3_B_L', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2.1,20.7,5.1/
&DEVC ID='THC_3_B_R', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=9.3,20.7,5.1/
&DEVC ID='THC_3_A', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,20.7,3.0/
&DEVC ID='THC_3_A_L', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2.1,20.7,3.0/
&DEVC ID='THC_3_A_R', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=9.3,20.7,3.0/

File FDS di input per la Simulazione 6 – Incendio domino con mezzo pesante

```
&DEVC ID='THC_3_C', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,20.7,6.9/
&DEVC ID='PRES_3_B', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=5.7,20.7,5.1/
&DEVC ID='PRES_3_B_L', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=2.1,20.7,5.1/
&DEVC ID='PRES_3_B_R', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=9.3,20.7,5.1/
&DEVC ID='PRES_3_C', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=5.7,20.7,6.9/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_3_A', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=5.7,20.7,3.0/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_3_A_L', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=2.1,20.7,3.0/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_3_A_R', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=9.3,20.7,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_3_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,20.7,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_3_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,20.7,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_3_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,20.7,3.0/
&DEVC ID='MFCO_3_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,20.7,3.0/
&DEVC ID='MFCO_3_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,20.7,3.0/
&DEVC ID='MFCO_3_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,20.7,3.0/
&DEVC ID='MFHCl_3_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='HYDROGEN CHLORIDE', XYZ=5.7,20.7,3.0/
&DEVC ID='MFHCl_3_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='HYDROGEN CHLORIDE', XYZ=2.1,20.7,3.0/
&DEVC ID='MFHCl_3_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='HYDROGEN CHLORIDE', XYZ=9.3,20.7,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_3_A', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=5.7,20.7,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_3_A_L', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=2.1,20.7,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_3_A_R', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=9.3,20.7,3.0/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_3_B', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=5.7,20.7,5.1/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_3_B_L', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=2.1,20.7,5.1/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_3_B_R', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=9.3,20.7,5.1/
&DEVC ID='MFCO2_3_B', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,20.7,5.1/
&DEVC ID='MFCO2_3_B_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,20.7,5.1/
&DEVC ID='MFCO2_3_B_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,20.7,5.1/
&DEVC ID='MFCO_3_B', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,20.7,5.1/
&DEVC ID='MFCO_3_B_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,20.7,5.1/
&DEVC ID='MFCO_3_B_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,20.7,5.1/
&DEVC ID='FED_3_A', QUANTITY='FED', XYZ=5.7,20.7,2.7/
&DEVC ID='FED_3_A_L', QUANTITY='FED', XYZ=2.1,20.7,2.7/
&DEVC ID='FED_3_A_R', QUANTITY='FED', XYZ=9.3,20.7,2.7/
&DEVC ID='RADI_3_A_R', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=9.3,20.7,2.7/
&DEVC ID='RADI_3_A_L', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=2.1,20.7,2.7/
&DEVC ID='THC_4_B', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,5.7,5.1/
&DEVC ID='THC_4_B_L', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2.1,5.7,5.1/
&DEVC ID='THC_4_B_R', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=9.3,5.7,5.1/
&DEVC ID='THC_4_A', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,5.7,3.0/
&DEVC ID='THC_4_A_L', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2.1,5.7,3.0/
&DEVC ID='THC_4_A_R', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=9.3,5.7,3.0/
&DEVC ID='THC_4_C', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,5.7,6.9/
&DEVC ID='PRES_4_B', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=5.7,5.7,5.1/
&DEVC ID='PRES_4_B_L', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=2.1,5.7,5.1/
&DEVC ID='PRES_4_B_R', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=9.3,5.7,5.1/
&DEVC ID='PRES_4_C', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=5.7,5.7,6.9/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_4_A', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=5.7,5.7,3.0/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_4_A_L', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=2.1,5.7,3.0/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_4_A_R', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=9.3,5.7,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_4_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,5.7,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_4_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,5.7,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_4_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,5.7,3.0/
&DEVC ID='MFCO_4_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,5.7,3.0/
```

Appendice F

&DEVC ID='MFCO_4_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,5.7,3.0/
&DEVC ID='MFCO_4_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,5.7,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_4_A', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=5.7,5.7,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_4_A_L', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=2.1,5.7,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_4_A_R', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=9.3,5.7,3.0/
&DEVC ID='MFHCl_4_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='HYDROGEN CHLORIDE', XYZ=5.7,5.7,3.0/
&DEVC ID='MFHCl_4_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='HYDROGEN CHLORIDE', XYZ=2.1,5.7,3.0/
&DEVC ID='MFHCl_4_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='HYDROGEN CHLORIDE', XYZ=9.3,5.7,3.0/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_4_B', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=5.7,5.7,5.1/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_4_B_L', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=2.1,5.7,5.1/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_4_B_R', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=9.3,5.7,5.1/
&DEVC ID='MFCO2_4_B', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,5.7,5.1/
&DEVC ID='MFCO2_4_B_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,5.7,5.1/
&DEVC ID='MFCO2_4_B_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,5.7,5.1/
&DEVC ID='MFCO_4_B', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,5.7,5.1/
&DEVC ID='MFCO_4_B_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,5.7,5.1/
&DEVC ID='MFCO_4_B_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,5.7,5.1/
&DEVC ID='FED_4_A', QUANTITY='FED', XYZ=5.7,5.7,2.7/
&DEVC ID='FED_4_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,5.7,2.7/
&DEVC ID='FED_4_A_R', QUANTITY='FED', XYZ=9.3,5.7,2.7/
&DEVC ID='RADI_4_A_R', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=9.3,5.7,2.7/
&DEVC ID='RADI_4_A_L', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=2.1,5.7,2.7/
&DEVC ID='THC_5_B', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,-14.3,5.1/
&DEVC ID='THC_5_B_L', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2.1,-14.3,5.1/
&DEVC ID='THC_5_B_R', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=9.3,-14.3,5.1/
&DEVC ID='THC_5_A', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,-14.3,3.0/
&DEVC ID='THC_5_A_L', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2.1,-14.3,3.0/
&DEVC ID='THC_5_A_R', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=9.3,-14.3,3.0/
&DEVC ID='THC_5_C', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,-14.3,6.9/
&DEVC ID='PRES_5_B', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=5.7,-14.3,5.1/
&DEVC ID='PRES_5_B_L', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=2.1,-14.3,5.1/
&DEVC ID='PRES_5_B_R', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=9.3,-14.3,5.1/
&DEVC ID='PRES_5_C', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=5.7,-14.3,6.9/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_5_A', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=5.7,-14.3,3.0/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_5_A_L', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=2.1,-14.3,3.0/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_5_A_R', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=9.3,-14.3,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_5_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,-14.3,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_5_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,-14.3,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_5_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,-14.3,3.0/
&DEVC ID='MFCO_5_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,-14.3,3.0/
&DEVC ID='MFCO_5_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,-14.3,3.0/
&DEVC ID='MFCO_5_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,-14.3,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_5_A', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=5.7,-14.3,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_5_A_L', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=2.1,-14.3,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_5_A_R', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=9.3,-14.3,3.0/
&DEVC ID='MFHCl_5_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='HYDROGEN CHLORIDE', XYZ=5.7,-14.3,3.0/
&DEVC ID='MFHCl_5_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='HYDROGEN CHLORIDE', XYZ=2.1,-14.3,3.0/
&DEVC ID='MFHCl_5_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='HYDROGEN CHLORIDE', XYZ=9.3,-14.3,3.0/
&DEVC ID='FED_5_A', QUANTITY='FED', XYZ=5.7,-14.3,2.7/
&DEVC ID='FED_5_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,-14.3,2.7/
&DEVC ID='FED_5_A_R', QUANTITY='FED', XYZ=9.3,-14.3,2.7/
&DEVC ID='RADI_5_A_R', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=9.3,-14.3,2.7/

File FDS di input per la Simulazione 6 – Incendio domino con mezzo pesante

```
&DEVC ID='RADI_5_A_L', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=2.1,-14.3,2.7/
&DEVC ID='THC_6_B', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,-34.3,5.1/
&DEVC ID='THC_6_B_L', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2.1,-34.3,5.1/
&DEVC ID='THC_6_B_R', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=9.3,-34.3,5.1/
&DEVC ID='THC_6_A', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,-34.3,3.0/
&DEVC ID='THC_6_A_L', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2.1,-34.3,3.0/
&DEVC ID='THC_6_A_R', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=9.3,-34.3,3.0/
&DEVC ID='THC_6_C', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,-34.3,6.9/
&DEVC ID='PRES_6_B', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=5.7,-34.3,5.1/
&DEVC ID='PRES_6_B_L', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=2.1,-34.3,5.1/
&DEVC ID='PRES_6_B_R', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=9.3,-34.3,5.1/
&DEVC ID='PRES_6_C', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=5.7,-34.3,6.9/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_6_A', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=5.7,-34.3,3.0/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_6_A_L', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=2.1,-34.3,3.0/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_6_A_R', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=9.3,-34.3,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_6_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,-34.3,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_6_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,-34.3,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_6_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,-34.3,3.0/
&DEVC ID='MFCO_6_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,-34.3,3.0/
&DEVC ID='MFCO_6_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,-34.3,3.0/
&DEVC ID='MFCO_6_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,-34.3,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_6_A', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=5.7,-34.3,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_6_A_L', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=2.1,-34.3,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_6_A_R', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=9.3,-34.3,3.0/
&DEVC ID='MFHCl_6_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='HYDROGEN CHLORIDE', XYZ=5.7,-34.3,3.0/
&DEVC ID='MFHCl_6_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='HYDROGEN CHLORIDE', XYZ=2.1,-34.3,3.0/
&DEVC ID='MFGCl_6_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='HYDROGEN CHLORIDE', XYZ=9.3,-34.3,3.0/
&DEVC ID='FED_6_A', QUANTITY='FED', XYZ=5.7,-34.3,2.7/
&DEVC ID='FED_6_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,-34.3,2.7/
&DEVC ID='FED_6_A_R', QUANTITY='FED', XYZ=9.3,-34.3,2.7/
&DEVC ID='RADI_6_A_R', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=9.3,-34.3,2.7/
&DEVC ID='RADI_6_A_L', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=2.1,-34.3,2.7/
&DEVC ID='THC_7_B', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,-44.3,5.1/
&DEVC ID='THC_7_B_L', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2.1,-44.3,5.1/
&DEVC ID='THC_7_B_R', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=9.3,-44.3,5.1/
&DEVC ID='THC_7_A', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,-44.3,3.0/
&DEVC ID='THC_7_A_L', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2.1,-44.3,3.0/
&DEVC ID='THC_7_A_R', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=9.3,-44.3,3.0/
&DEVC ID='THC_7_C', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,-44.3,6.9/
&DEVC ID='PRES_7_B', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=5.7,-44.3,5.1/
&DEVC ID='PRES_7_B_L', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=2.1,-44.3,5.1/
&DEVC ID='PRES_7_B_R', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=9.3,-44.3,5.1/
&DEVC ID='PRES_7_C', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=5.7,-44.3,6.9/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_7_A', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=5.7,-44.3,3.0/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_7_A_L', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=2.1,-44.3,3.0/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_7_A_R', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=9.3,-44.3,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_7_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,-44.3,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_7_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,-44.3,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_7_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,-44.3,3.0/
&DEVC ID='MFCO_7_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,-44.3,3.0/
&DEVC ID='MFCO_7_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,-44.3,3.0/
&DEVC ID='MFCO_7_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,-44.3,3.0/
```

Appendice F

```
&DEVC ID='VISIBILITY_7_A', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=5.7,-44.3,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_7_A_L', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=2.1,-44.3,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_7_A_R', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=9.3,-44.3,3.0/
&DEVC ID='MFHCl_7_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='HYDROGEN CHLORIDE', XYZ=5.7,-44.3,3.0/
&DEVC ID='MFHCl_7_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='HYDROGEN CHLORIDE', XYZ=2.1,-44.3,3.0/
&DEVC ID='MFHCl_7_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='HYDROGEN CHLORIDE', XYZ=9.3,-44.3,3.0/
&DEVC ID='FED_7_A', QUANTITY='FED', XYZ=5.7,-44.3,2.7/
&DEVC ID='FED_7_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,-44.3,2.7/
&DEVC ID='FED_7_A_R', QUANTITY='FED', XYZ=9.3,-44.3,2.7/
&DEVC ID='RADI_7_A_R', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=9.3,-44.3,2.7/
&DEVC ID='RADI_7_A_L', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=2.1,-44.3,2.7/

&MATL ID='CONCRETE',
    SPECIFIC_HEAT=1.04,
    CONDUCTIVITY=1.8,
    DENSITY=2280.0/
&MATL ID='CAR',
    FYI='materiale_macchina_ottenuto_con_medie_pesate_componenti',
    SPECIFIC_HEAT=0.77908,
    CONDUCTIVITY=38.29167,
    DENSITY=5915.39,
    EMISSIVITY=0.69882/
&MATL ID='HGV'
    SPECIFIC_HEAT=1.499425,
    CONDUCTIVITY=23.981044,
    DENSITY=3884.61875,
    EMISSIVITY=0.804262/
&MATL ID='ASFALTO',
    SPECIFIC_HEAT=0.8,
    CONDUCTIVITY=0.75,
    DENSITY=2100.0,
    EMISSIVITY=0.93/

&SURF ID='calcestruzzo',
    COLOR='GRAY 60',
    BACKING='VOID',
    MATL_ID(1,1)='CONCRETE',
    MATL_MASS_FRACTION(1,1)=1.0,
    THICKNESS(1)=2.0/
&SURF ID='componenti_macchina',
    COLOR='GREEN',
    MATL_ID(1,1)='CAR',
    MATL_MASS_FRACTION(1,1)=1.0,
    THICKNESS(1)=8.14E-3/
&SURF ID='FIRE',
    COLOR='RED',
    MASS_FLUX=2.24E-3,5.0E-3,4.285E-3,4.716E-3,
    SPEC_ID='POLIETILENE','POLIPROPILENE','POLIURETANO','PVC',
    RAMP_MF='FIRE_RAMP_MF','FIRE_RAMP_MF2','FIRE_RAMP_MF3','FIRE_RAMP_MF4'/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF', T=153.0, F=0.086/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF', T=194.0, F=0.094/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF', T=399.0, F=0.155/
```

File FDS di input per la Simulazione 6 – Incendio domino con mezzo pesante

```
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF', T=500.0, F=0.297/  
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF', T=567.0, F=0.491/  
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF', T=644.0, F=0.715/  
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF', T=812.0, F=0.934/  
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF', T=838.0, F=1.0/  
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF', T=1053.0, F=0.976/  
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF', T=1129.0, F=0.861/  
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF', T=1203.0, F=0.775/  
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF', T=1283.0, F=0.69/  
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF', T=1362.0, F=0.636/  
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF', T=1596.0, F=0.46/  
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF', T=1842.0, F=0.331/  
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF', T=2000.0, F=0.247/  
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF2', T=153.0, F=0.086/  
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF2', T=194.0, F=0.094/  
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF2', T=399.0, F=0.155/  
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF2', T=500.0, F=0.297/  
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF2', T=567.0, F=0.491/  
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF2', T=644.0, F=0.715/  
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF2', T=812.0, F=0.934/  
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF2', T=838.0, F=1.0/  
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF2', T=1053.0, F=0.976/  
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF2', T=1129.0, F=0.861/  
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF2', T=1203.0, F=0.775/  
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF2', T=1283.0, F=0.69/  
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF2', T=1362.0, F=0.636/  
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF2', T=1596.0, F=0.46/  
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF2', T=1842.0, F=0.331/  
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF2', T=2000.0, F=0.247/  
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF3', T=153.0, F=0.086/  
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF3', T=194.0, F=0.094/  
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF3', T=399.0, F=0.155/  
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF3', T=500.0, F=0.297/  
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF3', T=567.0, F=0.491/  
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF3', T=644.0, F=0.715/  
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF3', T=812.0, F=0.934/  
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF3', T=838.0, F=1.0/  
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF3', T=1053.0, F=0.976/  
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF3', T=1129.0, F=0.861/  
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF3', T=1203.0, F=0.775/  
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF3', T=1283.0, F=0.69/  
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF3', T=1362.0, F=0.636/  
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF3', T=1596.0, F=0.46/  
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF3', T=1842.0, F=0.331/  
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF3', T=2000.0, F=0.247/  
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF4', T=153.0, F=0.086/  
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF4', T=194.0, F=0.094/  
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF4', T=399.0, F=0.155/  
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF4', T=500.0, F=0.297/  
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF4', T=567.0, F=0.491/  
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF4', T=644.0, F=0.715/  
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF4', T=812.0, F=0.934/
```

Appendice F

```
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF4', T=838.0, F=1.0/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF4', T=1053.0, F=0.976/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF4', T=1129.0, F=0.861/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF4', T=1203.0, F=0.775/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF4', T=1283.0, F=0.69/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF4', T=1362.0, F=0.636/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF4', T=1596.0, F=0.46/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF4', T=1842.0, F=0.331/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_MF4', T=2000.0, F=0.247/
&SURF ID='componenti_HGV_carico',
  RGB=255,255,51,
  BACKING='VOID',
  MATL_ID(1,1)='HGV',
  MATL_MASS_FRACTION(1,1)=1.0,
  THICKNESS(1)=0.0806/
&SURF ID='FIRE_HGV',
  COLOR='RED',
  TMP_FRONT=0.0,
  MASS_FLUX=8.125E-3,0.018136,0.015539,0.017102,0.017892,
  SPEC_ID='POLIETILENE','POLIPROPILENE','POLIURETANO','PVC','WOOD',
  TAU_MF=-840.0,-840.0,-840.0,-840.0,-840.0/
&SURF ID='pavimentazione',
  COLOR='GRAY 20',
  BACKING='VOID',
  MATL_ID(1,1)='ASFALTO',
  MATL_MASS_FRACTION(1,1)=1.0,
  THICKNESS(1)=0.3/

&OBST ID='Obstruction', XB=0.0,0.3,-50.0,149.0,0.0,0.3, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.3,0.6,-50.0,149.0,0.0,0.3, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.6,0.9,-50.0,149.0,0.0,0.3, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.6,0.9,-50.0,149.0,0.3,0.6, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.0,0.3,-50.0,149.0,0.3,0.6, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.3,0.6,-50.0,149.0,0.3,0.6, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.3,0.6,-50.0,149.0,0.6,0.9, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.6,0.9,-50.0,149.0,0.6,0.9, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.0,0.3,-50.0,149.0,0.6,0.9, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.6,0.9,-50.0,149.0,0.9,1.2, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.6,0.9,-50.0,149.0,1.2,1.5, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.6,0.9,-50.0,149.0,1.5,1.8, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.6,0.9,-50.0,149.0,3.3,3.6, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.9,1.2,-50.0,149.0,3.9,4.2, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.6,0.9,-50.0,149.0,3.9,4.2, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.6,0.9,-50.0,149.0,4.2,4.5, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.9,1.2,-50.0,149.0,4.2,4.5, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.9,1.2,-50.0,149.0,4.5,4.8, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.6,0.9,-50.0,149.0,4.5,4.8, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.9,1.2,-50.0,149.0,4.8,5.1, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=1.2,1.5,-50.0,149.0,4.8,5.1, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=1.2,1.5,-50.0,149.0,5.1,5.4, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=1.5,1.8,-50.0,149.0,5.1,5.4, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=1.5,1.8,-50.0,149.0,5.4,5.7, SURF_ID='calcestruzzo'/
```


File FDS di input per la Simulazione 6 – Incendio domino con mezzo pesante

```
&OBST ID='Obstruction', XB=10.8,11.1,-50.0,149.0,0.9,1.2, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=10.5,10.8,-50.0,149.0,0.9,1.2, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=10.5,10.8,-50.0,149.0,0.6,0.9, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=10.5,10.8,-50.0,149.0,0.3,0.6, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=10.5,10.8,-50.0,149.0,0.0,0.3, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=10.8,11.1,-50.0,149.0,2.7,3.0, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=11.1,11.4,-50.0,149.0,2.4,2.7, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=11.1,11.4,-50.0,149.0,2.1,2.4, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=11.1,11.4,-50.0,149.0,1.8,2.1, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=10.8,11.1,-50.0,149.0,1.8,2.1, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=10.8,11.1,-50.0,149.0,1.5,1.8, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=5.7,6.0,-50.0,149.0,7.2,7.5, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=6.0,6.3,-50.0,149.0,7.2,7.5, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=11.1,11.4,-50.0,149.0,0.0,0.3, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=11.1,11.4,-50.0,149.0,0.3,0.6, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=11.1,11.4,-50.0,149.0,0.6,0.9, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=11.1,11.4,-50.0,149.0,0.9,1.2, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=11.1,11.4,-50.0,149.0,1.2,1.5, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=10.8,11.1,-50.0,149.0,0.0,0.3, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=10.8,11.1,-50.0,149.0,0.3,0.6, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=10.8,11.1,-50.0,149.0,0.6,0.9, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=11.1,11.4,-50.0,149.0,1.5,1.8, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=11.1,11.4,-50.0,149.0,0.6,0.9, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='macchina_2', XB=6.6,8.4,40.25,44.75,0.9,2.4,
SURF_IDS='componenti_macchina','componenti_macchina','INERT'/
&OBST ID='macchina_3', XB=3.1,4.9,47.75,52.25,0.9,2.4,
SURF_IDS='componenti_macchina','componenti_macchina','INERT'/
&OBST ID='macchina_4', XB=3.1,4.9,54.25,58.75,0.9,2.4,
SURF_IDS='componenti_macchina','componenti_macchina','INERT'/
&OBST ID='HGV', XB=6.2961400869,8.6961400869,46.2555633412,59.7555633412,0.9,3.9,
SURF_IDS='componenti_HGV_carico','componenti_HGV_carico','INERT'/
&OBST ID='marciapiede', XB=0.9,1.75,-50.0,149.0,0.3,0.9, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='marciapiede', XB=9.5,10.5,-50.0,149.0,0.3,0.9, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='pavimentazione_stradale', XB=1.75,9.5,-50.0,149.0,0.3,0.9,
SURF_IDS='pavimentazione','INERT','INERT'/
&OBST ID='sottofondo_stradale', XB=0.9,10.5,-50.0,149.0,0.0,0.3, SURF_ID='INERT'/

&HOLE ID='Hole', XB=5.4,6.0,49.4,50.0,7.2,7.8/
&HOLE ID='Hole', XB=5.4,6.0,39.4,40.0,7.2,7.8/
&HOLE ID='Hole', XB=5.4,6.0,19.4,20.0,7.2,7.8/
&HOLE ID='Hole', XB=5.4,6.0,9.4,10.0,7.2,7.8/
&HOLE ID='Hole', XB=5.4,6.0,-0.6,0.0,7.2,7.8/
&HOLE ID='Hole', XB=5.4,6.0,-10.6,-10.0,7.2,7.8/
&HOLE ID='Hole', XB=5.4,6.0,-20.6,-20.0,7.2,7.8/
&HOLE ID='Hole', XB=5.4,6.0,-30.6,-30.0,7.2,7.8/
&HOLE ID='Hole', XB=5.4,6.0,28.0,28.6,7.2,7.8/

&VENT ID='BURNER_FRONT2', SURF_ID='FIRE', XB=6.6,8.4,40.25,40.25,0.9,2.4, RGB=240,0,0,
CTRL_ID='Control_DOMINO_CAR2'/
&VENT ID='BURNER_LEFT2', SURF_ID='FIRE', XB=6.6,6.6,40.25,44.75,0.9,2.4, RGB=240,0,0,
CTRL_ID='Control_DOMINO_CAR2'/
&VENT ID='BURNER_RIGHT2', SURF_ID='FIRE', XB=8.4,8.4,40.25,44.75,0.9,2.4, RGB=240,0,0,
CTRL_ID='Control_DOMINO_CAR2'/
```

Appendice F

```
&VENT ID='BURNER_BACK2', SURF_ID='FIRE', XB=6.6,8.4,44.75,44.75,0.9,2.4, RGB=240,0,0,
CTRL_ID='Control_DOMINO_CAR2'/
&VENT ID='BURNER_TOP2', SURF_ID='FIRE', XB=6.6,8.4,40.25,44.75,2.4,2.4, RGB=240,0,0,
CTRL_ID='Control_DOMINO_CAR2'/
&VENT ID='BURNER_FRONT3', SURF_ID='FIRE', XB=3.1,4.9,47.75,47.75,0.9,2.4, RGB=240,0,0,
CTRL_ID='Control_DOMINO_CAR3'/
&VENT ID='BURNER_LEFT3', SURF_ID='FIRE', XB=3.1,3.1,47.75,52.25,0.9,2.4, RGB=240,0,0,
CTRL_ID='Control_DOMINO_CAR3'/
&VENT ID='BURNER_RIGHT3', SURF_ID='FIRE', XB=4.9,4.9,47.75,52.25,0.9,2.4, RGB=240,0,0,
CTRL_ID='Control_DOMINO_CAR3'/
&VENT ID='BURNER_BACK3', SURF_ID='FIRE', XB=3.1,4.9,52.25,52.25,0.9,2.4, RGB=240,0,0,
CTRL_ID='Control_DOMINO_CAR3'/
&VENT ID='BURNER_TOP3', SURF_ID='FIRE', XB=3.1,4.9,47.75,52.25,2.4,2.4, RGB=240,0,0,
CTRL_ID='Control_DOMINO_CAR3'/
&VENT ID='BURNER_FRONT4', SURF_ID='FIRE', XB=3.1,4.9,54.25,54.25,0.9,2.4, RGB=240,0,0,
CTRL_ID='Control_DOMINO_CAR4'/
&VENT ID='BURNER_LEFT4', SURF_ID='FIRE', XB=3.1,3.1,54.25,58.75,0.9,2.4, RGB=240,0,0,
CTRL_ID='Control_DOMINO_CAR4'/
&VENT ID='BURNER_RIGHT4', SURF_ID='FIRE', XB=4.9,4.9,54.25,58.75,0.9,2.4, RGB=240,0,0,
CTRL_ID='Control_DOMINO_CAR4'/
&VENT ID='BURNER_BACK4', SURF_ID='FIRE', XB=3.1,4.9,58.75,58.75,0.9,2.4, RGB=240,0,0,
CTRL_ID='Control_DOMINO_CAR4'/
&VENT ID='BURNER_TOP4', SURF_ID='FIRE', XB=3.1,4.9,54.25,58.75,2.4,2.4, RGB=240,0,0,
CTRL_ID='Control_DOMINO_CAR4'/
&VENT ID='burnerBACK', SURF_ID='FIRE_HGV',
XB=6.2961400869,8.6961400869,59.7555633412,59.7555633412,0.9,3.9, COLOR='RED'/
&VENT ID='burnerRIGHT', SURF_ID='FIRE_HGV',
XB=8.6961400869,8.6961400869,46.2555633412,59.7555633412,0.9,3.9, COLOR='RED'/
&VENT ID='burnerLEFT', SURF_ID='FIRE_HGV',
XB=6.2961400869,6.2961400869,46.2555633412,59.7555633412,0.9,3.9, COLOR='RED'/
&VENT ID='burnerTOP', SURF_ID='FIRE_HGV',
XB=6.2961400869,8.6961400869,46.2555633412,59.7555633412,3.9,3.9, COLOR='RED'/
&VENT ID='burnerFRONT', SURF_ID='FIRE_HGV',
XB=6.2961400869,8.6961400869,46.2555633412,46.2555633412,0.9,3.9, COLOR='RED'/
&VENT ID='VentINLET', SURF_ID='OPEN', XB=-0.3,11.7,-52.2,-52.2,0.0,8.4/ poertale_ingresso
&VENT ID='VentOUTLET', SURF_ID='OPEN', XB=-0.3,11.7,152.4,152.4,0.0,8.4/ portale_uscita
&VENT ID='TOP', SURF_ID='OPEN', XB=-0.3,11.7,-52.2,152.4,8.4,8.4/
&VENT ID='BOTTOM', SURF_ID='OPEN', XB=-0.3,11.7,-52.2,152.4,0.0,0.0/
&VENT ID='LEFT', SURF_ID='OPEN', XB=-0.3,-0.3,-52.2,152.4,0.0,8.4/
&VENT ID='RIGHT', SURF_ID='OPEN', XB=11.7,11.7,-52.2,152.4,0.0,8.4/

&BNDF QUANTITY='GAS TEMPERATURE'/
&BNDF QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX'/
&BNDF QUANTITY='WALL TEMPERATURE'/

&ISOF QUANTITY='FED', VALUE=0.1,0.3/
&ISOF QUANTITY='TEMPERATURE', VALUE=60.0/
&ISOF QUANTITY='VISIBILITY', VALUE=30.0/

&SLCF QUANTITY='PRESSURE', PBX=5.7/
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBX=5.7/
&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBZ=2.7/
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBZ=2.7/
&SLCF QUANTITY='RADIATION LOSS', PBZ=2.7/
```

File FDS di input per la Simulazione 6 – Incendio domino con mezzo pesante

```
&DEVC ID='Temperature_MEAN', QUANTITY='TEMPERATURE', SPATIAL_STATISTIC='MEAN', XB=-0.3,11.7,-  
52.2,152.4,0.0,8.4/  
&DEVC ID='Temperature_1,8m_MEAN', QUANTITY='TEMPERATURE', SPATIAL_STATISTIC='MEAN', XB=0.9,10.5,-  
50.0,149.0,0.9,2.7/  
&DEVC ID='Visibility_MEAN', QUANTITY='VISIBILITY', SPATIAL_STATISTIC='MEAN', XB=0.9,10.5,-  
50.0,149.0,0.9,2.7/  
&DEVC ID='[Species: SOOT] Mass Fraction_MEAN', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='SOOT',  
SPATIAL_STATISTIC='MEAN', XB=-0.3,11.7,-52.2,152.4,0.0,8.4/
```

```
&TAIL /
```


Appendice G

File FDS di input per la Simulazione 7 – Incendio di un mezzo pesante con ventilazione longitudinale

```
&HEAD CHID='SIMULAZIONE_HGV_FAN'/
&TIME T_END=1200.0/
&DUMP DT_PL3D=10.0, DT_RESTART=300.0, DT_SL3D=0.25, WRITE_XYZ=.TRUE.,
PLOT3D_QUANTITY='TEMPERATURE',,,, 'VISIBILITY'/
&PRES PRESSURE_TOLERANCE=15/
&COMB SUPPRESSION=.FALSE./

&MESH ID='MeshIN', RGB=51,255,255, IJK=20,137,14, XB=-0.3,11.7,-52.2,30.0,0.0,8.4/
&MESH ID='MeshFIRE', RGB=240,0,255, IJK=40,134,28, XB=-0.3,11.7,30.0,70.2,0.0,8.4/
&MESH ID='MeshOUT', RGB=240,253,2, IJK=20,137,14, XB=-0.3,11.7,70.2,152.4,0.0,8.4/

&SPEC ID='WATER VAPOR', LUMPED_COMPONENT_ONLY=.TRUE./
&SPEC ID='CARBON DIOXIDE', LUMPED_COMPONENT_ONLY=.TRUE./
&SPEC ID='CARBON MONOXIDE', LUMPED_COMPONENT_ONLY=.TRUE./
&SPEC ID='HYDROGEN CHLORIDE', LUMPED_COMPONENT_ONLY=.TRUE./
&SPEC ID='NITROGEN', LUMPED_COMPONENT_ONLY=.TRUE./
&SPEC ID='OXYGEN', LUMPED_COMPONENT_ONLY=.TRUE./
&SPEC ID='PVC', FORMULA='C2H3Cl'/
&SPEC ID='POLIPROPILENE', FORMULA='C3H6'/
&SPEC ID='POLIETILENE', FORMULA='C2H4'/
&SPEC ID='SOOT', FORMULA='C', LUMPED_COMPONENT_ONLY=.TRUE./
&SPEC ID='POLIURETANO', FORMULA='C25H42O6N2'/
&SPEC ID='WOOD', FORMULA='C1H1.700.74N0.002'/
&SPEC ID='AIR', BACKGROUND=.TRUE.,
  SPEC_ID(1)='NITROGEN',
  SPEC_ID(2)='OXYGEN',
  VOLUME_FRACTION(1)=3.76,
  VOLUME_FRACTION(2)=1.0/
&SPEC ID='PROD_POLIURETANO',
  SPEC_ID(1)='CARBON DIOXIDE',
  SPEC_ID(2)='CARBON MONOXIDE',
  SPEC_ID(3)='NITROGEN',
  SPEC_ID(4)='SOOT',
  SPEC_ID(5)='WATER VAPOR',
  VOLUME_FRACTION(1)=19.74407865,
  VOLUME_FRACTION(2)=0.166523,
  VOLUME_FRACTION(3)=103.7511305,
  VOLUME_FRACTION(4)=5.08928976,
  VOLUME_FRACTION(5)=21.00004082/
&SPEC ID='PROD_PVC',
  SPEC_ID(1)='CARBON DIOXIDE',
  SPEC_ID(2)='CARBON MONOXIDE',
  SPEC_ID(3)='HYDROGEN CHLORIDE',
  SPEC_ID(4)='NITROGEN',
  SPEC_ID(5)='SOOT',
  SPEC_ID(6)='WATER VAPOR',
```

Appendice G

```
VOLUME_FRACTION(1)=0.96,  
VOLUME_FRACTION(2)=0.14,  
VOLUME_FRACTION(3)=1.0,  
VOLUME_FRACTION(4)=5.7528,  
VOLUME_FRACTION(5)=0.9,  
VOLUME_FRACTION(6)=1.0/  
&SPEC ID='PROD_POLIPROPILENE',  
  SPEC_ID(1)='CARBON DIOXIDE',  
  SPEC_ID(2)='CARBON MONOXIDE',  
  SPEC_ID(3)='NITROGEN',  
  SPEC_ID(4)='SOOT',  
  SPEC_ID(5)='WATER VAPOR',  
  VOLUME_FRACTION(1)=2.7572331,  
  VOLUME_FRACTION(2)=0.0360484668,  
  VOLUME_FRACTION(3)=16.07498928,  
  VOLUME_FRACTION(4)=0.2067102535,  
  VOLUME_FRACTION(5)=2.999991821/  
&SPEC ID='PROD_POLIETILENE',  
  SPEC_ID(1)='CARBON DIOXIDE',  
  SPEC_ID(2)='CARBON MONOXIDE',  
  SPEC_ID(3)='NITROGEN',  
  SPEC_ID(4)='WATER VAPOR',  
  SPEC_ID(5)='SOOT',  
  VOLUME_FRACTION(1)=1.835823,  
  VOLUME_FRACTION(2)=0.024033,  
  VOLUME_FRACTION(3)=10.707882,  
  VOLUME_FRACTION(4)=2.000007,  
  VOLUME_FRACTION(5)=0.140137/  
&SPEC ID='PROD_WOOD',  
  SPEC_ID(1)='CARBON DIOXIDE',  
  SPEC_ID(2)='CARBON MONOXIDE',  
  SPEC_ID(3)='NITROGEN',  
  SPEC_ID(4)='SOOT',  
  SPEC_ID(5)='WATER VAPOR',  
  VOLUME_FRACTION(1)=0.9644,  
  VOLUME_FRACTION(2)=3.7E-3,  
  VOLUME_FRACTION(3)=3.8408,  
  VOLUME_FRACTION(4)=0.032,  
  VOLUME_FRACTION(5)=0.85/  
  
&PART ID='Tracer',  
  MASSLESS=.TRUE.,  
  MONODISPERSE=.TRUE.,  
  AGE=60.0/  
  
&REAC ID='REAC_POLIETILENE',  
  HEAT_OF_COMBUSTION=4.12E4,  
  FUEL='POLIETILENE',  
  SPEC_ID_NU='AIR','POLIETILENE','PROD_POLIETILENE',  
  NU=-2.847843,-1.0,1.0/  
&REAC ID='REAC_POLIPROPILENE',  
  HEAT_OF_COMBUSTION=4.34E4,
```

File FDS di input per la Simulazione 7 – Incendio di un mezzo pesante con ventilazione longitudinale

```
FUEL='POLIPROPILENE',
SPEC_ID_NU='AIR','POLIPROPILENE','PROD_POLIPROPILENE',
NU=-4.275263812,-1.0,1.0/
&REAC ID='REAC_POLIURETANO',
HEAT_OF_COMBUSTION=2.62E4,
FUEL='POLIURETANO',
SPEC_ID_NU='AIR','POLIURETANO','PROD_POLIURETANO',
NU=-27.327406,-1.0,1.0,
CHECK_ATOM_BALANCE=.FALSE./
&REAC ID='REAC_PVC',
HEAT_OF_COMBUSTION=1.64E4,
FUEL='PVC',
SPEC_ID_NU='AIR','PVC','PROD_PVC',
NU=-1.53,-1.0,1.0/
&REAC ID='REAC_WOOD',
HEAT_OF_COMBUSTION=1.64E4,
FUEL='WOOD',
SPEC_ID_NU='AIR','WOOD','PROD_WOOD',
NU=-1.0212,-1.0,1.0,
CHECK_ATOM_BALANCE=.FALSE./

&DEVC ID='THC_1_C', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,50.1,6.9/
&DEVC ID='THC_1_B', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,50.1,5.1/
&DEVC ID='THC_1_B_L', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2.1,50.1,5.1/
&DEVC ID='THC_1_B_R', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=9.3,50.1,5.1/
&DEVC ID='THC_1_A', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,50.1,3.0/
&DEVC ID='THC_1_A_L', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2.1,50.1,3.0/
&DEVC ID='THC_1_A_R', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=9.3,50.1,3.0/
&DEVC ID='PRES_1_C', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=5.7,50.1,6.9/
&DEVC ID='PRES_1_B', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,50.1,5.1/
&DEVC ID='PRES_1_B_L', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=2.1,50.1,5.1/
&DEVC ID='PRES_1_B_R', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=9.3,50.1,5.1/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_1_A', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=5.7,50.1,3.0/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_1_A_L', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=2.1,50.1,3.0/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_1_A_R', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=9.3,50.1,3.0/
&DEVC ID='MFCO_1_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE', XYZ=5.7,50.1,3.0/
&DEVC ID='MFCO_1_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE', XYZ=2.1,50.1,3.0/
&DEVC ID='MFCO_1_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE', XYZ=9.3,50.1,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_1_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,50.1,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_1_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,50.1,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_1_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,50.1,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_1_A', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=5.7,50.1,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_1_A_L', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=2.1,50.1,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_1_A_R', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=9.3,50.1,3.0/
&DEVC ID='MFHCl_1_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='HYDROGEN CHLORIDE', XYZ=5.7,50.1,3.0/
&DEVC ID='MFHCl_1_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE', XYZ=9.3,50.1,3.0/
&DEVC ID='MFHCl_1_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='HYDROGEN CHLORIDE', XYZ=2.1,50.1,3.0/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_1_B', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=5.7,50.1,5.1/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_1_B_L', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=2.1,50.1,5.1/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_1_B_R', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=9.3,50.1,5.1/
&DEVC ID='MFCO_1_B', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE', XYZ=5.7,50.1,5.1/
&DEVC ID='MFCO_1_B_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE', XYZ=2.1,50.1,5.1/
```

Appendice G

&DEVC ID='MFCO_1_B_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE', XYZ=9.3,50.1,5.1/
&DEVC ID='MFCO2_1_B', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,50.1,5.1/
&DEVC ID='MFCO2_1_B_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,50.1,5.1/
&DEVC ID='MFCO2_1_B_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,50.1,5.1/
&DEVC ID='FED_1_A', QUANTITY='FED', XYZ=5.7,50.1,2.7/
&DEVC ID='FED_1_A_R', QUANTITY='FED', XYZ=9.3,50.1,2.7/
&DEVC ID='FED_1_A_L', QUANTITY='FED', XYZ=2.1,50.1,2.7/
&DEVC ID='RADI_1_A_R', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=9.3,50.1,2.7/
&DEVC ID='RADI_1_A_L', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=2.1,50.1,2.7/
&DEVC ID='THC_2_B', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,35.4,5.1/
&DEVC ID='THC_2_B_L', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2.1,35.4,5.1/
&DEVC ID='THC_2_B_R', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=9.3,35.4,5.1/
&DEVC ID='THC_2_A', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,35.4,3.0/
&DEVC ID='THC_2_A_L', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2.1,35.4,3.0/
&DEVC ID='THC_2_A_R', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=9.3,35.4,3.0/
&DEVC ID='THC_2_C', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,35.4,6.9/
&DEVC ID='PRES_2_B', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=5.7,35.4,5.1/
&DEVC ID='PRES_2_B_L', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=2.1,35.4,5.1/
&DEVC ID='PRES_2_B_R', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=9.3,35.4,5.1/
&DEVC ID='PRES_2_C', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,35.4,6.9/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_2_A', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=5.7,35.4,3.0/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_2_A_L', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=2.1,35.4,3.0/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_2_A_R', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=9.3,35.4,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_2_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,35.4,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_2_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,35.4,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_2_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,35.4,3.0/
&DEVC ID='MFCO_2_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,35.4,3.0/
&DEVC ID='MFCO_2_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,35.4,3.0/
&DEVC ID='MFCO_2_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,35.4,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_2_A', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=5.7,35.4,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_2_A_L', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=2.1,35.4,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_2_A_R', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=9.3,35.4,3.0/
&DEVC ID='MFHCl_2_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='HYDROGEN CHLORIDE', XYZ=5.7,35.4,3.0/
&DEVC ID='MFHCl_2_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='HYDROGEN CHLORIDE', XYZ=2.1,35.4,3.0/
&DEVC ID='MFHCl_2_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='HYDROGEN CHLORIDE', XYZ=9.3,35.4,3.0/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_2_B', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=5.7,35.4,5.1/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_2_B_L', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=2.1,35.4,5.1/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_2_B_R', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=9.3,35.4,5.1/
&DEVC ID='MFCO2_2_B', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,35.4,5.1/
&DEVC ID='MFCO2_2_B_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,35.4,5.1/
&DEVC ID='MFCO2_2_B_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,35.4,5.1/
&DEVC ID='MFCO_2_B', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,35.4,5.1/
&DEVC ID='MFCO_2_B_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,35.4,5.1/
&DEVC ID='MFCO_2_B_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,35.4,5.1/
&DEVC ID='FED_2_A', QUANTITY='FED', XYZ=5.7,35.4,2.7/
&DEVC ID='FED_2_A_L', QUANTITY='FED', XYZ=2.1,35.4,2.7/
&DEVC ID='FED_2_A_R', QUANTITY='FED', XYZ=9.3,35.4,2.7/
&DEVC ID='RADI_2_A_R', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=9.3,35.4,2.7/
&DEVC ID='RADI_2_A_L', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=2.1,35.4,2.7/
&DEVC ID='THC_3_B', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,20.7,5.1/
&DEVC ID='THC_3_B_L', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2.1,20.7,5.1/
&DEVC ID='THC_3_B_R', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=9.3,20.7,5.1/

File FDS di input per la Simulazione 7 – Incendio di un mezzo pesante con ventilazione longitudinale

```
&DEVC ID='THC_3_A', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,20.7,3.0/
&DEVC ID='THC_3_A_L', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2.1,20.7,3.0/
&DEVC ID='THC_3_A_R', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=9.3,20.7,3.0/
&DEVC ID='THC_3_C', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,20.7,6.9/
&DEVC ID='PRES_3_B', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=5.7,20.7,5.1/
&DEVC ID='PRES_3_B_L', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=2.1,20.7,5.1/
&DEVC ID='PRES_3_B_R', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=9.3,20.7,5.1/
&DEVC ID='PRES_3_C', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=5.7,20.7,6.9/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_3_A', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=5.7,20.7,3.0/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_3_A_L', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=2.1,20.7,3.0/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_3_A_R', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=9.3,20.7,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_3_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,20.7,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_3_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,20.7,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_3_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,20.7,3.0/
&DEVC ID='MFCO_3_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,20.7,3.0/
&DEVC ID='MFCO_3_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,20.7,3.0/
&DEVC ID='MFCO_3_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,20.7,3.0/
&DEVC ID='MFHCl_3_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='HYDROGEN CHLORIDE', XYZ=5.7,20.7,3.0/
&DEVC ID='MFHCl_3_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='HYDROGEN CHLORIDE', XYZ=2.1,20.7,3.0/
&DEVC ID='MFHCl_3_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='HYDROGEN CHLORIDE', XYZ=9.3,20.7,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_3_A', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=5.7,20.7,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_3_A_L', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=2.1,20.7,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_3_A_R', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=9.3,20.7,3.0/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_3_B', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=5.7,20.7,5.1/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_3_B_L', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=2.1,20.7,5.1/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_3_B_R', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=9.3,20.7,5.1/
&DEVC ID='MFCO2_3_B', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,20.7,5.1/
&DEVC ID='MFCO2_3_B_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,20.7,5.1/
&DEVC ID='MFCO2_3_B_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,20.7,5.1/
&DEVC ID='MFCO_3_B', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,20.7,5.1/
&DEVC ID='MFCO_3_B_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,20.7,5.1/
&DEVC ID='MFCO_3_B_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,20.7,5.1/
&DEVC ID='FED_3_A', QUANTITY='FED', XYZ=5.7,20.7,2.7/
&DEVC ID='FED_3_A_L', QUANTITY='FED', XYZ=2.1,20.7,2.7/
&DEVC ID='FED_3_A_R', QUANTITY='FED', XYZ=9.3,20.7,2.7/
&DEVC ID='RADI_3_A_R', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=9.3,20.7,2.7/
&DEVC ID='RADI_3_A_L', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=2.1,20.7,2.7/
&DEVC ID='THC_4_B', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,5.7,5.1/
&DEVC ID='THC_4_B_L', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2.1,5.7,5.1/
&DEVC ID='THC_4_B_R', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=9.3,5.7,5.1/
&DEVC ID='THC_4_A', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,5.7,3.0/
&DEVC ID='THC_4_A_L', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2.1,5.7,3.0/
&DEVC ID='THC_4_A_R', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=9.3,5.7,3.0/
&DEVC ID='THC_4_C', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,5.7,6.9/
&DEVC ID='PRES_4_B', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=5.7,5.7,5.1/
&DEVC ID='PRES_4_B_L', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=2.1,5.7,5.1/
&DEVC ID='PRES_4_B_R', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=9.3,5.7,5.1/
&DEVC ID='PRES_4_C', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=5.7,5.7,6.9/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_4_A', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=5.7,5.7,3.0/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_4_A_L', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=2.1,5.7,3.0/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_4_A_R', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=9.3,5.7,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_4_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,5.7,3.0/
```

Appendice G

&DEVC ID='MFCO2_4_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,5.7,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_4_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,5.7,3.0/
&DEVC ID='MFCO_4_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,5.7,3.0/
&DEVC ID='MFCO_4_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,5.7,3.0/
&DEVC ID='MFCO_4_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,5.7,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_4_A', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=5.7,5.7,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_4_A_L', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=2.1,5.7,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_4_A_R', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=9.3,5.7,3.0/
&DEVC ID='MFHCl_4_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='HYDROGEN CHLORIDE', XYZ=5.7,5.7,3.0/
&DEVC ID='MFHCl_4_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='HYDROGEN CHLORIDE', XYZ=2.1,5.7,3.0/
&DEVC ID='MFHCl_4_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='HYDROGEN CHLORIDE', XYZ=9.3,5.7,3.0/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_4_B', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=5.7,5.7,5.1/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_4_B_L', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=2.1,5.7,5.1/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_4_B_R', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=9.3,5.7,5.1/
&DEVC ID='MFCO2_4_B', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,5.7,5.1/
&DEVC ID='MFCO2_4_B_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,5.7,5.1/
&DEVC ID='MFCO2_4_B_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,5.7,5.1/
&DEVC ID='MFCO_4_B', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,5.7,5.1/
&DEVC ID='MFCO_4_B_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,5.7,5.1/
&DEVC ID='MFCO_4_B_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,5.7,5.1/
&DEVC ID='FED_4_A', QUANTITY='FED', XYZ=5.7,5.7,2.7/
&DEVC ID='FED_4_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,5.7,2.7/
&DEVC ID='FED_4_A_R', QUANTITY='FED', XYZ=9.3,5.7,2.7/
&DEVC ID='RADI_4_A_R', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=9.3,5.7,2.7/
&DEVC ID='RADI_4_A_L', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=2.1,5.7,2.7/
&DEVC ID='THC_5_B', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,-14.3,5.1/
&DEVC ID='THC_5_B_L', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2.1,-14.3,5.1/
&DEVC ID='THC_5_B_R', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=9.3,-14.3,5.1/
&DEVC ID='THC_5_A', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,-14.3,3.0/
&DEVC ID='THC_5_A_L', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2.1,-14.3,3.0/
&DEVC ID='THC_5_A_R', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=9.3,-14.3,3.0/
&DEVC ID='THC_5_C', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,-14.3,6.9/
&DEVC ID='PRES_5_B', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=5.7,-14.3,5.1/
&DEVC ID='PRES_5_B_L', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=2.1,-14.3,5.1/
&DEVC ID='PRES_5_B_R', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=9.3,-14.3,5.1/
&DEVC ID='PRES_5_C', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=5.7,-14.3,6.9/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_5_A', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=5.7,-14.3,3.0/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_5_A_L', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=2.1,-14.3,3.0/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_5_A_R', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=9.3,-14.3,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_5_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,-14.3,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_5_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,-14.3,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_5_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,-14.3,3.0/
&DEVC ID='MFCO_5_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,-14.3,3.0/
&DEVC ID='MFCO_5_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,-14.3,3.0/
&DEVC ID='MFCO_5_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,-14.3,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_5_A', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=5.7,-14.3,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_5_A_L', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=2.1,-14.3,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_5_A_R', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=9.3,-14.3,3.0/
&DEVC ID='MFHCl_5_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='HYDROGEN CHLORIDE', XYZ=5.7,-14.3,3.0/
&DEVC ID='MFHCl_5_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='HYDROGEN CHLORIDE', XYZ=2.1,-14.3,3.0/
&DEVC ID='MFHCl_5_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='HYDROGEN CHLORIDE', XYZ=9.3,-14.3,3.0/
&DEVC ID='FED_5_A', QUANTITY='FED', XYZ=5.7,-14.3,2.7/

File FDS di input per la Simulazione 7 – Incendio di un mezzo pesante con ventilazione longitudinale

```
&DEVC ID='FED_5_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,-14.3,2.7/
&DEVC ID='FED_5_A_R', QUANTITY='FED', XYZ=9.3,-14.3,2.7/
&DEVC ID='RADI_5_A_R', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=9.3,-14.3,2.7/
&DEVC ID='RADI_5_A_L', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=2.1,-14.3,2.7/
&DEVC ID='THC_6_B', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,-34.3,5.1/
&DEVC ID='THC_6_B_L', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2.1,-34.3,5.1/
&DEVC ID='THC_6_B_R', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=9.3,-34.3,5.1/
&DEVC ID='THC_6_A', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,-34.3,3.0/
&DEVC ID='THC_6_A_L', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2.1,-34.3,3.0/
&DEVC ID='THC_6_A_R', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=9.3,-34.3,3.0/
&DEVC ID='THC_6_C', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,-34.3,6.9/
&DEVC ID='PRES_6_B', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=5.7,-34.3,5.1/
&DEVC ID='PRES_6_B_L', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=2.1,-34.3,5.1/
&DEVC ID='PRES_6_B_R', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=9.3,-34.3,5.1/
&DEVC ID='PRES_6_C', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=5.7,-34.3,6.9/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_6_A', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=5.7,-34.3,3.0/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_6_A_L', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=2.1,-34.3,3.0/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_6_A_R', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=9.3,-34.3,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_6_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,-34.3,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_6_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,-34.3,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_6_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,-34.3,3.0/
&DEVC ID='MFCO_6_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,-34.3,3.0/
&DEVC ID='MFCO_6_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,-34.3,3.0/
&DEVC ID='MFCO_6_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,-34.3,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_6_A', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=5.7,-34.3,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_6_A_L', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=2.1,-34.3,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_6_A_R', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=9.3,-34.3,3.0/
&DEVC ID='MFHCl_6_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='HYDROGEN CHLORIDE', XYZ=5.7,-34.3,3.0/
&DEVC ID='MFHCl_6_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='HYDROGEN CHLORIDE', XYZ=2.1,-34.3,3.0/
&DEVC ID='MFGCl_6_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='HYDROGEN CHLORIDE', XYZ=9.3,-34.3,3.0/
&DEVC ID='FED_6_A', QUANTITY='FED', XYZ=5.7,-34.3,2.7/
&DEVC ID='FED_6_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,-34.3,2.7/
&DEVC ID='FED_6_A_R', QUANTITY='FED', XYZ=9.3,-34.3,2.7/
&DEVC ID='RADI_6_A_R', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=9.3,-34.3,2.7/
&DEVC ID='RADI_6_A_L', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=2.1,-34.3,2.7/
&DEVC ID='THC_7_B', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,-44.3,5.1/
&DEVC ID='THC_7_B_L', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2.1,-44.3,5.1/
&DEVC ID='THC_7_B_R', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=9.3,-44.3,5.1/
&DEVC ID='THC_7_A', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,-44.3,3.0/
&DEVC ID='THC_7_A_L', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2.1,-44.3,3.0/
&DEVC ID='THC_7_A_R', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=9.3,-44.3,3.0/
&DEVC ID='THC_7_C', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.7,-44.3,6.9/
&DEVC ID='PRES_7_B', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=5.7,-44.3,5.1/
&DEVC ID='PRES_7_B_L', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=2.1,-44.3,5.1/
&DEVC ID='PRES_7_B_R', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=9.3,-44.3,5.1/
&DEVC ID='PRES_7_C', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=5.7,-44.3,6.9/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_7_A', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=5.7,-44.3,3.0/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_7_A_L', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=2.1,-44.3,3.0/
&DEVC ID='MISURATORE_SOOT_7_A_R', QUANTITY='DENSITY', SPEC_ID='SOOT', XYZ=9.3,-44.3,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_7_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,-44.3,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_7_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,-44.3,3.0/
&DEVC ID='MFCO2_7_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,-44.3,3.0/
```

Appendice G

```
&DEVC ID='MFCO_7_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=5.7,-44.3,3.0/
&DEVC ID='MFCO_7_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,-44.3,3.0/
&DEVC ID='MFCO_7_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=9.3,-44.3,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_7_A', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=5.7,-44.3,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_7_A_L', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=2.1,-44.3,3.0/
&DEVC ID='VISIBILITY_7_A_R', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=9.3,-44.3,3.0/
&DEVC ID='MFHCl_7_A', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='HYDROGEN CHLORIDE', XYZ=5.7,-44.3,3.0/
&DEVC ID='MFHCl_7_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='HYDROGEN CHLORIDE', XYZ=2.1,-44.3,3.0/
&DEVC ID='MFHCl_7_A_R', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='HYDROGEN CHLORIDE', XYZ=9.3,-44.3,3.0/
&DEVC ID='FED_7_A', QUANTITY='FED', XYZ=5.7,-44.3,2.7/
&DEVC ID='FED_7_A_L', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ=2.1,-44.3,2.7/
&DEVC ID='FED_7_A_R', QUANTITY='FED', XYZ=9.3,-44.3,2.7/
&DEVC ID='RADI_7_A_R', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=9.3,-44.3,2.7/
&DEVC ID='RADI_7_A_L', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=2.1,-44.3,2.7/
&DEVC ID='TIMER->OUT', QUANTITY='TIME', XYZ=-0.3,-52.2,0.0, SETPOINT=240.0/

&MATL ID='CONCRETE',
    SPECIFIC_HEAT=1.04,
    CONDUCTIVITY=1.8,
    DENSITY=2280.0/
&MATL ID='HGV',
    FYI='materiale_macchina_ottenuto_con_medie_pesate_componenti',
    SPECIFIC_HEAT=1.499425,
    CONDUCTIVITY=23.981044,
    DENSITY=3884.61875,
    EMISSIVITY=0.804262/
&MATL ID='ASFALTO',
    SPECIFIC_HEAT=0.8,
    CONDUCTIVITY=0.75,
    DENSITY=2100.0,
    EMISSIVITY=0.93/
&MATL ID='STEEL',
    FYI='Drysedale, Intro to Fire Dynamics - ATF NIST Multi-Floor Validation',
    SPECIFIC_HEAT=0.46,
    CONDUCTIVITY=45.8,
    DENSITY=7850.0,
    EMISSIVITY=0.95/

&SURF ID='calcestruzzo',
    COLOR='GRAY 60',
    BACKING='VOID',
    MATL_ID(1,1)='CONCRETE',
    MATL_MASS_FRACTION(1,1)=1.0,
    THICKNESS(1)=2.0/
&SURF ID='componenti_HGV_carico',
    COLOR='GREEN',
    BACKING='VOID',
    MATL_ID(1,1)='HGV',
    MATL_MASS_FRACTION(1,1)=1.0,
    THICKNESS(1)=0.0806/
&SURF ID='FIRE',
    COLOR='RED',
```

File FDS di input per la Simulazione 7 – Incendio di un mezzo pesante con ventilazione longitudinale

```
TMP_FRONT=0.0,
MASS_FLUX=8.125E-3,0.018136,0.015539,0.017102,0.017892,
SPEC_ID='POLIETILENE', 'POLIPROPILENE', 'POLIURETANO', 'PVC', 'WOOD',
TAU_MF=-840.0,-840.0,-840.0,-840.0,-840.0/
&SURF ID='pavimentazione',
COLOR='GRAY 20',
BACKING='VOID',
MATL_ID(1,1)='ASFALTO',
MATL_MASS_FRACTION(1,1)=1.0,
THICKNESS(1)=0.3/
&SURF ID='FAN',
RGB=26,204,26,
VOLUME_FLOW=-23.4,
PART_ID='Tracer',
DT_INSERT=1.0/
&SURF ID='acciaio',
RGB=204,0,204,
BACKING='VOID',
MATL_ID(1,1)='STEEL',
MATL_MASS_FRACTION(1,1)=1.0,
THICKNESS(1)=0.02/

&OBST ID='Obstruction', XB=0.0,0.3,-50.0,149.0,0.0,0.3, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.3,0.6,-50.0,149.0,0.0,0.3, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.6,0.9,-50.0,149.0,0.0,0.3, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.6,0.9,-50.0,149.0,0.3,0.6, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.0,0.3,-50.0,149.0,0.3,0.6, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.3,0.6,-50.0,149.0,0.3,0.6, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.3,0.6,-50.0,149.0,0.6,0.9, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.6,0.9,-50.0,149.0,0.6,0.9, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.0,0.3,-50.0,149.0,0.6,0.9, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.6,0.9,-50.0,149.0,0.9,1.2, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.6,0.9,-50.0,149.0,1.2,1.5, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.6,0.9,-50.0,149.0,1.5,1.8, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.6,0.9,-50.0,149.0,3.3,3.6, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.9,1.2,-50.0,149.0,3.9,4.2, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.6,0.9,-50.0,149.0,3.9,4.2, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.6,0.9,-50.0,149.0,4.2,4.5, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.9,1.2,-50.0,149.0,4.2,4.5, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.9,1.2,-50.0,149.0,4.5,4.8, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.6,0.9,-50.0,149.0,4.5,4.8, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.9,1.2,-50.0,149.0,4.8,5.1, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=1.2,1.5,-50.0,149.0,4.8,5.1, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=1.2,1.5,-50.0,149.0,5.1,5.4, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=1.5,1.8,-50.0,149.0,5.1,5.4, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=1.5,1.8,-50.0,149.0,5.4,5.7, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=1.8,2.1,-50.0,149.0,5.4,5.7, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=1.5,1.8,-50.0,149.0,5.7,6.0, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=1.8,2.1,-50.0,149.0,5.7,6.0, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=2.1,2.4,-50.0,149.0,5.7,6.0, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=1.8,2.1,-50.0,149.0,6.0,6.3, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=2.1,2.4,-50.0,149.0,6.0,6.3, SURF_ID='calcestruzzo'/
```


File FDS di input per la Simulazione 7 – Incendio di un mezzo pesante con ventilazione longitudinale

```
&OBST ID='Obstruction', XB=0.3,0.6,-50.0,149.0,2.1,2.4, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.3,0.6,-50.0,149.0,2.4,2.7, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.0,0.3,-50.0,149.0,2.1,2.4, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=0.3,0.6,-50.0,149.0,2.7,3.0, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=4.2,4.5,-50.0,149.0,7.2,7.5, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=4.5,4.8,-50.0,149.0,7.2,7.5, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=4.8,5.1,-50.0,149.0,7.2,7.5, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=5.1,5.4,-50.0,149.0,7.2,7.5, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=5.4,5.7,-50.0,149.0,7.2,7.5, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=5.7,6.0,-50.0,149.0,7.2,7.5, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=6.0,6.3,-50.0,149.0,7.2,7.5, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=6.3,6.6,-50.0,149.0,7.2,7.5, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=6.6,6.9,-50.0,149.0,7.2,7.5, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=6.9,7.2,-50.0,149.0,7.2,7.5, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=7.2,7.5,-50.0,149.0,6.9,7.2, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=7.5,7.8,-50.0,149.0,6.9,7.2, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=7.8,8.1,-50.0,149.0,6.9,7.2, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=7.8,8.1,-50.0,149.0,6.6,6.9, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=8.4,8.7,-50.0,149.0,6.6,6.9, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=8.1,8.4,-50.0,149.0,6.6,6.9, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=8.4,8.7,-50.0,149.0,6.3,6.6, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=8.7,9.0,-50.0,149.0,6.3,6.6, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=9.0,9.3,-50.0,149.0,6.3,6.6, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=8.7,9.0,-50.0,149.0,6.0,6.3, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=9.0,9.3,-50.0,149.0,6.0,6.3, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=9.3,9.6,-50.0,149.0,6.0,6.3, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=9.0,9.3,-50.0,149.0,5.7,6.0, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=9.3,9.6,-50.0,149.0,5.7,6.0, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=9.6,9.9,-50.0,149.0,5.7,6.0, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=10.2,10.5,-50.0,149.0,4.5,4.8, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=10.5,10.8,-50.0,149.0,4.5,4.8, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=10.2,10.5,-50.0,149.0,4.2,4.5, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=10.5,10.8,-50.0,149.0,4.2,4.5, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=9.9,10.2,-50.0,149.0,4.8,5.1, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=10.2,10.5,-50.0,149.0,4.8,5.1, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=9.6,9.9,-50.0,149.0,5.1,5.4, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=9.9,10.2,-50.0,149.0,5.1,5.4, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=9.3,9.6,-50.0,149.0,5.4,5.7, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=9.6,9.9,-50.0,149.0,5.4,5.7, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=10.5,10.8,-50.0,149.0,2.7,3.0, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=10.5,10.8,-50.0,149.0,2.4,2.7, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=10.5,10.8,-50.0,149.0,2.1,2.4, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=10.5,10.8,-50.0,149.0,1.8,2.1, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=10.5,10.8,-50.0,149.0,1.5,1.8, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=10.5,10.8,-50.0,149.0,1.2,1.5, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=10.8,11.1,-50.0,149.0,1.2,1.5, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=10.8,11.1,-50.0,149.0,0.9,1.2, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=10.5,10.8,-50.0,149.0,0.9,1.2, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=10.5,10.8,-50.0,149.0,0.6,0.9, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=10.5,10.8,-50.0,149.0,0.3,0.6, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=10.5,10.8,-50.0,149.0,0.0,0.3, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=10.8,11.1,-50.0,149.0,2.7,3.0, SURF_ID='calcestruzzo'/
```

Appendice G

&OBST ID='Obstruction', XB=11.1,11.4,-50.0,149.0,2.4,2.7, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=11.1,11.4,-50.0,149.0,2.1,2.4, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=11.1,11.4,-50.0,149.0,1.8,2.1, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=10.8,11.1,-50.0,149.0,1.8,2.1, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=10.8,11.1,-50.0,149.0,1.5,1.8, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=5.7,6.0,-50.0,149.0,7.2,7.5, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=6.0,6.3,-50.0,149.0,7.2,7.5, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=11.1,11.4,-50.0,149.0,0.0,0.3, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=11.1,11.4,-50.0,149.0,0.3,0.6, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=11.1,11.4,-50.0,149.0,0.6,0.9, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=11.1,11.4,-50.0,149.0,0.9,1.2, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=11.1,11.4,-50.0,149.0,1.2,1.5, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=10.8,11.1,-50.0,149.0,0.0,0.3, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=10.8,11.1,-50.0,149.0,0.3,0.6, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=10.8,11.1,-50.0,149.0,0.6,0.9, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=11.1,11.4,-50.0,149.0,1.5,1.8, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='Obstruction', XB=11.1,11.4,-50.0,149.0,0.6,0.9, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='HGV', XB=4.5,6.9,43.2,56.7,0.9,3.9,
SURF_IDS='componenti_HGV_carico','componenti_HGV_carico','INERT'/
&OBST ID='marciapiede', XB=0.9,1.75,-50.0,149.0,0.3,0.9, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='marciapiede', XB=9.5,10.5,-50.0,149.0,0.3,0.9, SURF_ID='calcestruzzo'/
&OBST ID='pavimentazione_stradale', XB=1.75,9.5,-50.0,149.0,0.3,0.9,
SURF_IDS='pavimentazione','INERT','INERT'/
&OBST ID='sottofondo_stradale', XB=0.9,10.5,-50.0,149.0,0.0,0.3, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='JET_FAN_1A', XB=4.61,5.5,-45.0,-40.0,6.21,7.1, COLOR='GREEN', SURF_ID='acciaio'/ JET
FAN PER GALLERIA DIAM CIRCOLARE 1 M
&OBST ID='JET_FAN_1B', XB=5.9,6.79,-45.0,-40.0,6.21,7.1, COLOR='GREEN', SURF_ID='acciaio'/ JET
FAN PER GALLERIA DIAM CIRCOLARE 1 M
&OBST ID='JET_FAN_3A', XB=4.61,5.5,-5.0,0.0,6.21,7.1, COLOR='GREEN', SURF_ID='acciaio'/ JET FAN
PER GALLERIA DIAM CIRCOLARE 1 M
&OBST ID='JET_FAN_3B', XB=5.9,6.79,-5.0,0.0,6.21,7.1, COLOR='GREEN', SURF_ID='acciaio'/ JET FAN
PER GALLERIA DIAM CIRCOLARE 1 M
&OBST ID='JET_FAN_5A', XB=4.61,5.5,35.0,40.0,6.21,7.1, COLOR='GREEN', SURF_ID='acciaio'/ JET FAN
PER GALLERIA DIAM CIRCOLARE 1 M
&OBST ID='JET_FAN_5B', XB=5.9,6.79,35.0,40.0,6.21,7.1, COLOR='GREEN', SURF_ID='acciaio'/ JET FAN
PER GALLERIA DIAM CIRCOLARE 1 M

&HOLE ID='Hole', XB=5.4,6.0,49.4,50.0,7.2,7.8/
&HOLE ID='Hole', XB=5.4,6.0,19.4,20.0,7.2,7.8/
&HOLE ID='Hole', XB=5.4,6.0,-0.6,0.0,7.2,7.8/
&HOLE ID='Hole', XB=5.4,6.0,-20.6,-20.0,7.2,7.8/

&VENT ID='burnerBACK', SURF_ID='FIRE', XB=4.5,6.9,56.7,56.7,0.9,3.9, COLOR='RED'/
&VENT ID='burnerRIGHT', SURF_ID='FIRE', XB=6.9,6.9,43.2,56.7,0.9,3.9, COLOR='RED'/
&VENT ID='burnerLEFT', SURF_ID='FIRE', XB=4.5,4.5,43.2,56.7,0.9,3.9, COLOR='RED'/
&VENT ID='burnerTOP', SURF_ID='FIRE', XB=4.5,6.9,43.2,56.7,3.9,3.9, COLOR='RED'/
&VENT ID='burnerFRONT', SURF_ID='FIRE', XB=4.5,6.9,43.2,43.2,0.9,3.9, COLOR='RED'/
&VENT ID='VentINLET', SURF_ID='OPEN', XB=-0.3,11.7,-52.2,-52.2,0.0,8.4/ poertale_ingresso
&VENT ID='VentOUTLET', SURF_ID='OPEN', XB=-0.3,11.7,152.4,152.4,0.0,8.4/ portale_uscita
&VENT ID='TOP', SURF_ID='OPEN', XB=-0.3,11.7,-52.2,152.4,8.4,8.4/
&VENT ID='BOTTOM', SURF_ID='OPEN', XB=-0.3,11.7,-52.2,152.4,0.0,0.0/
&VENT ID='LEFT', SURF_ID='OPEN', XB=-0.3,-0.3,-52.2,152.4,0.0,8.4/
&VENT ID='RIGHT', SURF_ID='OPEN', XB=11.7,11.7,-52.2,152.4,0.0,8.4/
&VENT ID='INLET1A', SURF_ID='FAN', XB=5.9,6.79,-40.0,-40.0,6.21,7.1, DEVC_ID='TIMER->OUT'/

File FDS di input per la Simulazione 7 – Incendio di un mezzo pesante con ventilazione longitudinale

```
&VENT ID='INLET1B', SURF_ID='FAN', XB=4.61,5.5,-40.0,-40.0,6.21,7.1, DEVC_ID='TIMER->OUT' /
&VENT ID='INLET3A', SURF_ID='FAN', XB=5.9,6.79,0.0,0.0,6.21,7.1, DEVC_ID='TIMER->OUT' /
&VENT ID='INLET3B', SURF_ID='FAN', XB=4.61,5.5,0.0,0.0,6.21,7.1, DEVC_ID='TIMER->OUT' /
&VENT ID='INLET5A', SURF_ID='FAN', XB=5.9,6.79,40.0,40.0,6.21,7.1, DEVC_ID='TIMER->OUT' /
&VENT ID='INLET5B', SURF_ID='FAN', XB=4.61,5.5,40.0,40.0,6.21,7.1, DEVC_ID='TIMER->OUT' /

&BNDF QUANTITY='GAS TEMPERATURE' /
&BNDF QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX' /
&BNDF QUANTITY='WALL TEMPERATURE' /

&ISOF QUANTITY='FED', VALUE=0.1,0.3 /
&ISOF QUANTITY='TEMPERATURE', VALUE=60.0 /
&ISOF QUANTITY='VISIBILITY', VALUE=10.0 /

&SLCF QUANTITY='PRESSURE', PBX=5.7 /
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBX=5.7 /
&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBZ=2.7 /
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBZ=2.7 /
&SLCF QUANTITY='RADIATION LOSS', PBZ=2.7 /

&DEVC ID='Temperature_MEAN', QUANTITY='TEMPERATURE', SPATIAL_STATISTIC='MEAN', XB=0.9,10.5,-
50.0,149.0,0.9,7.2 /
&DEVC ID='Temperature_1,8m_MEAN', QUANTITY='TEMPERATURE', SPATIAL_STATISTIC='MEAN', XB=0.9,10.5,-
50.0,149.0,0.9,2.7 /
&DEVC ID='Visibility_MEAN', QUANTITY='VISIBILITY', SPATIAL_STATISTIC='MEAN', XB=0.9,10.5,-
50.0,149.0,0.9,7.2 /
&DEVC ID='[Species: SOOT] Mass Fraction_MEAN', QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='SOOT',
SPATIAL_STATISTIC='MEAN', XB=0.9,10.5,-50.0,149.0,0.9,7.2 /

&TAIL /
```


Bibliografia

- [1] K. McGrattan, S. Hostikka, J. Floyd, R. McDermott, M. Vanella Fire Dynamics Simulator User's Guide, NIST Special Publication, 2019
- [2] PIARC World Road Association Road Tunnels Manual, Chapter 3 Lessons learned from recent fire
- Disponibile on-line al sito: <https://tunnels.piarc.org/sites/tunnels/files/public/wysiwyg/import/Chapters%20PIARC%20reports/2006%2005.16.B%20Chap%203.pdf>
- [3] Utilizzo di curve HRR con il Fire Dynamics Simulator, portale FSE-Italia [on-line].
<https://www.fse-italia.eu/hrr-cpi-win-fse/>
- [4] M. Pachera et al. Capabilities and Limitations of the Fire Dynamics Simulator in the Simulation of Tunnel Fires with a Multiscale Approach, 2018
- [5] Ministero dell'Interno Prova a fuoco in galleria stradale, 2000, Internal Report, Roma: Direzione generale della Protezione Civile e dei servizi Antincendi, Corpo Nazionale dei vigili del Fuoco.
- [6] Ing. A. Valente Caratteristiche geometriche e funzionali delle gallerie stradali e linee guida ANAS per la progettazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente, 2011
- [7] Istituto Superiore Antincendi Fire Safety Engineering: una applicazione, Roma
- [8] Validazione FDS – Incendio in galleria – Arup, portale FSE-Italia [on-line]
<https://www.fse-italia.eu/validazione-arup-tunnell-incendio-galleria/>
- [9] K. McGrattan, S. Hostikka, J. Floyd, R. McDermott, M. Vanella Fire Dynamics Simulator Technical Reference Guide Vol. 3: Validation, NIST Special Publication, 2020
- [10] G. Costingo, L. Zampollo Convalida di un modello CFD per l'analisi delle conseguenze di incendi in ambienti confinati, Politecnico di Milano, Scuola di Ingegneria Industriale e dell'Informazione [tesi magistrale]
- [11] G. Ascenzi, G. Villi, G. Vulpiani Ingegneria della sicurezza antincendio. Guida all'utilizzo di FDS, 2010, Flaccovio Dario Editore

Bibliografia

- [12] Ing. A.L. Di Nallo, Utilizzo sistematico di un programma di simulazione di incendio a casistiche proprie delle applicazioni nucleari, Istituto Superiore per la Prevenzione e la Ricerca Ambientale
- [13] Direzione Centrale Progettazione ANAS S.p.A. Linee Guida per la progettazione della sicurezza nelle Gallerie Stradali secondo la normativa vigente, 2009
- [14] Gabriele Marcon Analisi sperimentale degli effetti di incendi in galleria mediante modello in scala, Università degli Studi di Padova, Dipartimento di Ingegneria Industriale [tesi magistrale]
- [15] Philip J. DiNenno et al. SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, National Fire Protection Association NFPA, third edition, 2002
- [16] M. K. Cheong et al. Heat Release Rates of Heavy Goods Vehicle Fires in Tunnels, BHR International Symposium on Aerodynamics, Ventilation and Fire in Tunnels, Barcelona, Spain, 2013
- [17] Ingason H. Model Scale Tunnel Fire Tests - Longitudinal ventilation, SP Swedish National Testing and Research Institute, 2005
- [18] Gehandler, J Road tunnel fire safety and risk: a review, Fire Sci Rev 4, 2, 2015
- [19] Mastronardi I. Il fenomeno dello spalling del calcestruzzo esposto alle alte temperature, InConcreto
- [20] K. McGrattan, S. Hostikka, J. Floyd, R. McDermott, M. Vanella Fire Dynamics Simulator Validation Guide, NIST Special Publication, 2019
- [21] PIARC World Road Association Road Tunnels Manual, Chapter 4 Ventilation
- Disponibile on-line al sito: <https://tunnels.piarc.org/sites/tunnels/files/public/wysiwyg/import/Chapters%20PIARC%20reports/2006%2005.16.B%20Chap%204.pdf>

Giunto alla fine di questo lavoro di tesi e del mio ciclo di studi vorrei spendere un paio di parole per ringraziare coloro che hanno collaborato all'uno e all'altro.

Vorrei in primis ringraziare sentitamente l'ingegner Paolo Mocellin, prezioso correlatore per questa tesi, che in questi mesi mi ha seguito con pazienza e professionalità. Le sono infinitamente grato per la passione e la dedizione che tramite le mille chiamate Zoom e le centinaia di e-mail ha saputo trasmettermi.

Vorrei poi ringraziare mia mamma, per la seconda volta, per aver permesso che potessi vivere questo percorso di studi e perché, a modo suo, mi ha sempre spronato a non arrendermi di fronte alle difficoltà e alla sfide che la mia carriera universitaria mi ha presentato. Grazie di avermi trasmesso la forza per non arrendersi mai, la resilienza per sapersi rialzare sempre. Dedico anche a te parte delle mie fatiche, dei miei risultati con l'augurio che tu possa sentirti fiera ed orgogliosa di me.

Vorrei, infine, ringraziare me stesso, per le ore, le giornate passate seduto davanti al PC, ad un libro, a degli appunti a studiare, ad apprendere a migliorarmi senza accontentarmi mai e cercando insistentemente la miglior performance. Mi ringrazio per aver saputo affrontare tutte le fatiche, lo stress, le rinunce che questi anni di studi hanno comportato, per non aver mai mollato anche quando l'impegno richiesto era molto e per aver sempre messo al primo posto il "dovere".

Dedico a me questa tesi con l'auspicio che sia la prima di una lunga serie di soddisfazioni e vittorie.