ORDINE DEGLI INGEGNERI PROVINCIA DI MODENA

Ordine degli Ingegneri
della provincia di Modena

Fire Safety Engineering

CASI PRATICI

Mercoledì, 27.09.2023
14:30 – 18:30

Ing. Diego Cecchinato - Fire Engineer
C. +39 348 9823213
d.cecchinato@safety-fire.it

CAPITOLO M.1

Prima Fase: Analisi preliminare

Seconda Fase: Analisi quantitativa

Analisi preliminare

M.1.3 Prima fase: analisi preliminare

1. La fase di analisi preliminare si compone delle seguenti sotto-fasi necessarie per definire i rischi da contrastare e, di conseguenza, i criteri oggettivi di quantificazione degli stessi necessari per la successiva analisi numerica.

M.1.3.1 Definizione del progetto

Nota Nei riferimenti internazionali, *Define project scope*

1. In questa sotto-fase viene definito lo *scopo* della progettazione antincendio.
2. Il professionista antincendio identifica e documenta almeno i seguenti aspetti:
   a. destinazione d'uso dell'attività;
   b. finalità della progettazione antincendio prestazionale;
   c. eventuali vincoli progettuali derivanti da previsioni normative o da esigenze peculiari dell'attività;
   d. pericoli di incendio connessi con la destinazione d'uso prevista;
   e. condizioni al contorno per l'individuazione dei dati necessari per la valutazione degli effetti che si potrebbero produrre;
   f. caratteristiche degli occupanti in relazione alla tipologia di edificio ed alla destinazione d'uso prevista.

M.1.3.2 Identificazione degli obiettivi di sicurezza antincendio

Nota Nei riferimenti internazionali, *Identify goals, define objectives*

1. Dopo aver stabilito lo scopo del progetto, in particolare la destinazione e le modalità di impiego dell'attività, il professionista antincendio specifica gli *obiettivi di sicurezza antincendio*, tra quelli previsti nel presente documento, in relazione alle specifiche esigenze dell'attività in esame ed alle finalità della progettazione.
2. Con gli obiettivi di sicurezza antincendio si specificano qualitativamente, ad esempio, il livello di salvaguardia dell'incolumità degli occupanti, il massimo danno tollerabile all'attività ed al suo contenuto, la continuità d'esercizio a seguito di un evento incidentale.

Analisi preliminare

M.1.3.3 Definizione delle soglie di prestazione

Nota Nei riferimenti internazionali, *Develop performance criteria*

1. Il passo successivo consiste nella traduzione degli obiettivi antincendio in *soglie di prestazione (performance criteria)*. Si tratta di soglie di tipo quantitativo e qualitativo rispetto alle quali si può svolgere la valutazione oggettiva di sicurezza antincendio.
2. Con la scelta delle *soglie di prestazione* si rendono quindi *quantitativi* gli effetti termici sulle strutture, la propagazione dell'incendio, i danni agli occupanti, ai beni ed all'ambiente.
3. Tali *soglie di prestazione* devono poter essere utilizzate nella seconda fase della progettazione per discriminare in modo oggettivo le soluzioni progettuali che soddisfano gli obiettivi antincendio da quelle che invece non raggiungono le prestazioni richieste.
4. Ai fini della progettazione per la salvaguardia della vita si stabiliscono le *soglie di prestazione per la vita (life safety criteria)*. Si tratta delle soglie impiegate per definire l'*incapacitazione* degli occupanti esposti al fuoco ed ai suoi effetti. Nel capitolo M.3 sono riportati esempi di valori numerici utilizzabili per tali progettazioni.
5. Per definizione, gli occupanti raggiungono l'*incapacitazione* quando diventano inabili a mettersi al sicuro autonomamente. A tale condizione segue, in breve tempo, il decesso del soggetto.
6. Il capitolo S.2 definisce le *soglie di prestazione* per le progettazioni la cui finalità sia il mantenimento della capacità portante di tutta o parte di un'opera da costruzione.

Come garantisco quanto richiesto?

→ Con dei numeri chiamate soglie di prestazione

- Esodo
- Resistenza al fuoco
- Controllo fumo e calore
- Controllo dell'incendio
- Compartimentazione

Analisi preliminare

M.1.3.4 Individuazione degli scenari di incendio di progetto

Nota Nei riferimenti internazionali, *Develop fire scenarios*

1. Gli scenari di incendio rappresentano la schematizzazione dei più gravosi eventi che possono ragionevolmente verificarsi nell'attività (*credible worst-case scenarios*), in relazione alle caratteristiche del focolare, dell'edificio e degli occupanti.
2. La procedura di identificazione, selezione e quantificazione degli scenari di incendio di progetto è descritta nel capitolo M.2.

Ing. Diego Cecchinato 2023 ©

Analisi quantitativa

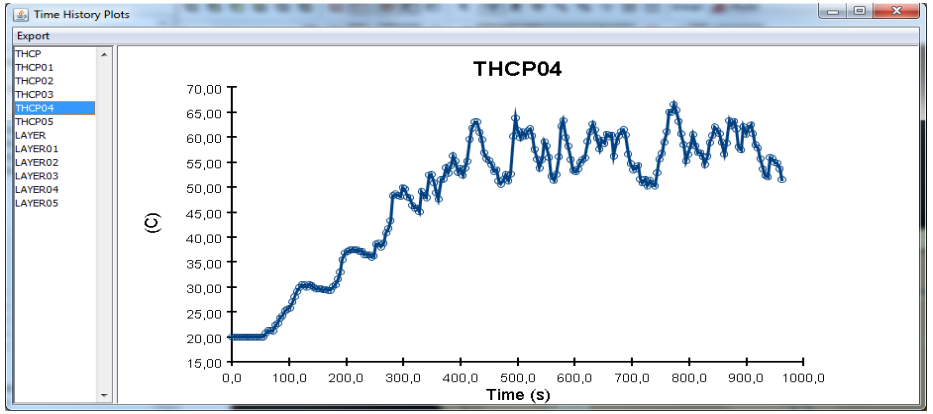
M.1.4 Seconda fase: analisi quantitativa

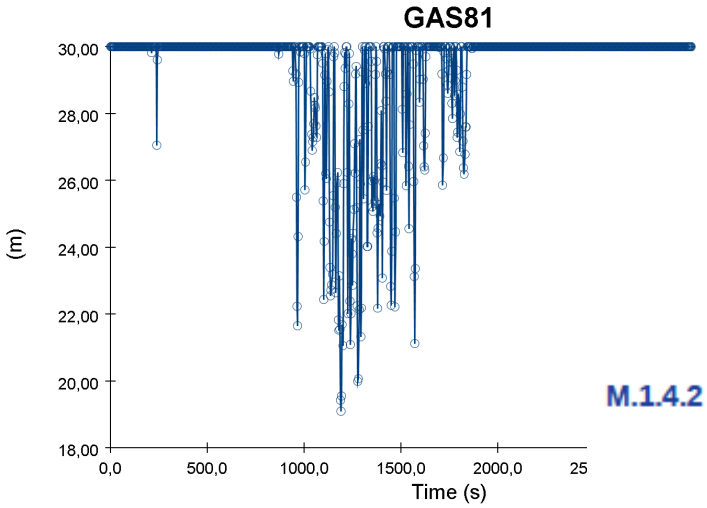
1. La fase di analisi quantitativa si compone di alcune sotto-fasi necessarie per effettuare le verifiche di sicurezza degli scenari individuati nella fase preliminare.

M.1.4.1 Elaborazione delle soluzioni progettuali

Nota Nei riferimenti internazionali, *Develop trial designs*

1. Il professionista antincendio elabora una o più soluzioni progettuali per l'attività, congruenti con le finalità già definite al paragrafo M.1.3.1, da sottoporre alla successiva verifica di soddisfacimento degli obiettivi di sicurezza antincendio.





M.1.4.2 **Valutazione delle soluzioni progettuali**

Nota Nei riferimenti internazionali, *Evaluate trial designs*

1. In questa fase il professionista antincendio calcola gli effetti che gli scenari d'incendio di progetto determinerebbero nell'attività per ciascuna soluzione progettuale elaborata nella fase precedente.
2. A tal fine il professionista antincendio impiega un modello di calcolo *analitico* o *numerico*: l'applicazione del modello fornisce i risultati quantitativi che consentono di descrivere l'evoluzione dell'incendio e dei suoi effetti sulle strutture, sugli occupanti o sull'ambiente, secondo le finalità della progettazione.
3. La modellazione degli effetti dell'incendio consente di calcolare gli effetti dei singoli scenari per ciascuna soluzione progettuale.
4. I risultati della modellazione sono utilizzati per la verifica del rispetto delle soglie di prestazione per le soluzioni progettuali per ciascuno scenario d'incendio di progetto.
5. Le soluzioni progettuali che non rispettano tutte le soglie di prestazione per ogni scenario di incendio di progetto devono essere scartate.

Ing. Diego Cecchinato 2023 ©

INDIVIDUAZIONE SCENARI

M.2.2 Identificazione dei possibili scenari d'incendio

1. Il primo passo della procedura consiste nell'*identificare tutti i possibili scenari d'incendio* che possono svilupparsi durante la vita utile dell'attività. In relazione a ciò si devono considerare *tutte le condizioni di esercizio* ragionevolmente prevedibili.

Nota Ad esempio: allestimenti temporanei, diverse configurazioni spaziali dei materiali combustibili, modifica delle vie d'esodo e dell'affollamento, …

2. Per individuare gli scenari d'incendio, il professionista antincendio può sviluppare uno specifico *albero degli eventi* a partire da ogni evento iniziatore pertinente e credibile. Il processo può essere svolto in maniera *qualitativa*, oppure in maniera *quantitativa* se sono disponibili dati statistici desunti da fonti autorevoli e condivise.

3. Ogni scenario d'incendio identificato deve essere compiutamente ed univocamente descritto in relazione ai suoi tre aspetti fondamentali: le caratteristiche dell'incendio, le caratteristiche dell'attività e le caratteristiche degli occupanti.

4. In ogni caso, il professionista antincendio deve specificare se lo scenario d'incendio ipotizzato sia relativo ad una condizione di *pre-flashover* oppure ad una condizione di *post-flashover*, a seconda dell'obiettivo da raggiungere.

Nota Ad esempio: salvaguardia degli occupanti, mantenimento della capacità portante delle strutture, …

INDIVIDUAZIONE SCENARI

5. Nella fase di identificazione degli scenari, il professionista antincendio deve tenere conto degli incendi che hanno interessato edifici o attività simili a quella in esame mediante analisi storica e deve descrivere:

   a. *evento iniziatore* caratterizzato da un focolaio di incendio e dalle condizioni dell'ambiente circostante;

   b. *propagazione* dell'incendio e dei prodotti della combustione;

   c. *azione degli impianti* tecnologici e di protezione attiva contro l'incendio;

   d. azioni eseguite dai componenti della *squadra aziendale* dedicata alla lotta antincendio presenti nell'ambiente;

   e. distribuzione e comportamento degli *occupanti*.

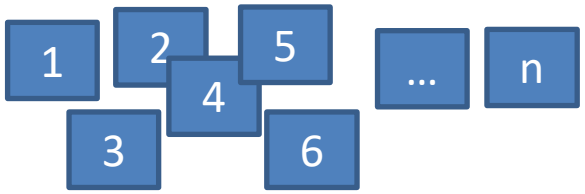
Ing. Diego Cecchinato 2023 ©

M.2.3 Selezione degli scenari d'incendio di progetto

1. Nel primo passo della procedura viene in genere identificato un elevato numero di scenari d'incendio possibili nell'attività. Lo scopo di questo secondo passo della procedura consiste nel ridurre il numero degli scenari d'incendio al minimo numero ragionevole, al fine di alleggerire il successivo lavoro di verifica delle soluzioni progettuali.
2. Il professionista antincendio seleziona gli *scenari di incendio* ed estrae il sottoinsieme degli *scenari d'incendio di progetto*, esplicitando nella documentazione progettuale i motivi che portano ad escluderne alcuni dalla successiva analisi quantitativa, facendo riferimento agli alberi degli eventi già sviluppati nel precedente passo o con altra modalità.
3. Il professionista antincendio seleziona i *più gravosi* tra gli scenari di incendio *credibili*.
4. Gli *scenari d'incendio di progetto* così selezionati rappresentano per l'attività un livello di rischio d'incendio non inferiore a quello compiutamente descritto dall'insieme di tutti gli *scenari d'incendio*. Le soluzioni progettuali, rispettose delle *soglie di prestazione* richieste nell'ambito degli *scenari d'incendio di progetto*, garantiscono quindi lo stesso grado di sicurezza anche nei confronti di tutti gli altri *scenari d'incendio*.

SCELTA SCENARI

Scenari Possibili



Scenari di progetto

….più gravosi per l'obiettivo di sicurezza e che garantiscono lo stesso livello di sicurezza

SCELTA SCENARI

5. La selezione degli scenari d'incendio è fortemente influenzata dall'obiettivo che il professionista antincendio intende raggiungere. Ad esempio, se si intende principalmente perseguire la salvaguardia degli occupanti durante la fase di esodo, possono essere selezionati scenari come quelli di seguito indicati:

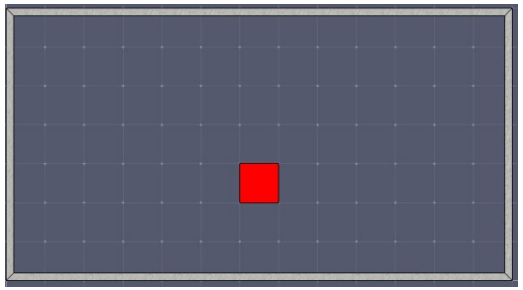
   a. un incendio di breve durata e con crescita veloce, che è accompagnato da elevata produzione di fumo e gas di combustione (ad esempio, l'incendio di un mobile imbottito), risulta più critico di uno che rilascia maggiore potenza termica, ma che ha una crescita lenta e dura più a lungo, anche se quest'ultimo sollecita termicamente in modo più severo gli elementi costruttivi presenti;

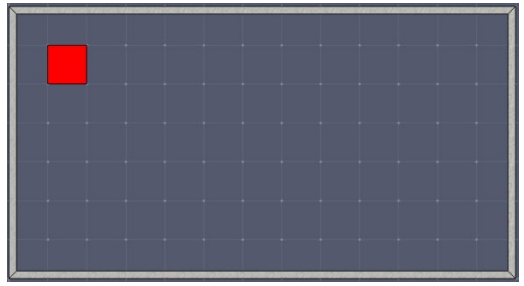
   b. un incendio di limitate dimensioni, che però si sviluppa in prossimità delle vie di esodo di un locale ad alta densità di affollamento, può risultare più pericoloso di uno che emette una maggiore potenza termica, ma che si origina in un ambiente confinato e che si trova lontano dalle zone dove è prevista la presenza di occupanti.

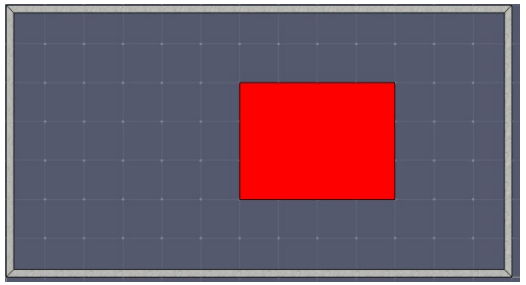
Ing. Diego Cecchinato 2023 ©

SCENARI

Incendio in punti differenti





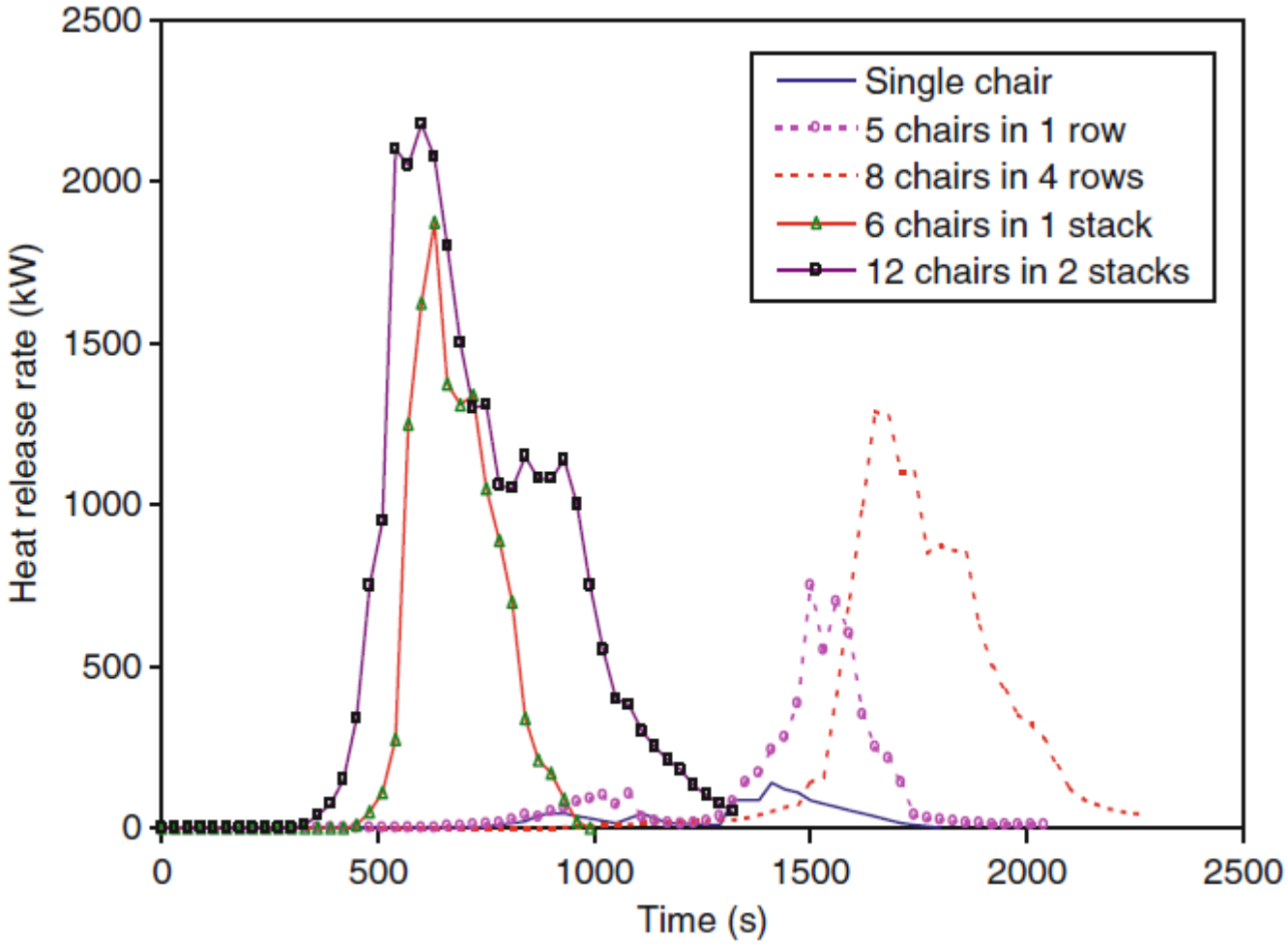


Ing. Diego Cecchinato 2023 ©

SONO INCENDI DIFFERENTI

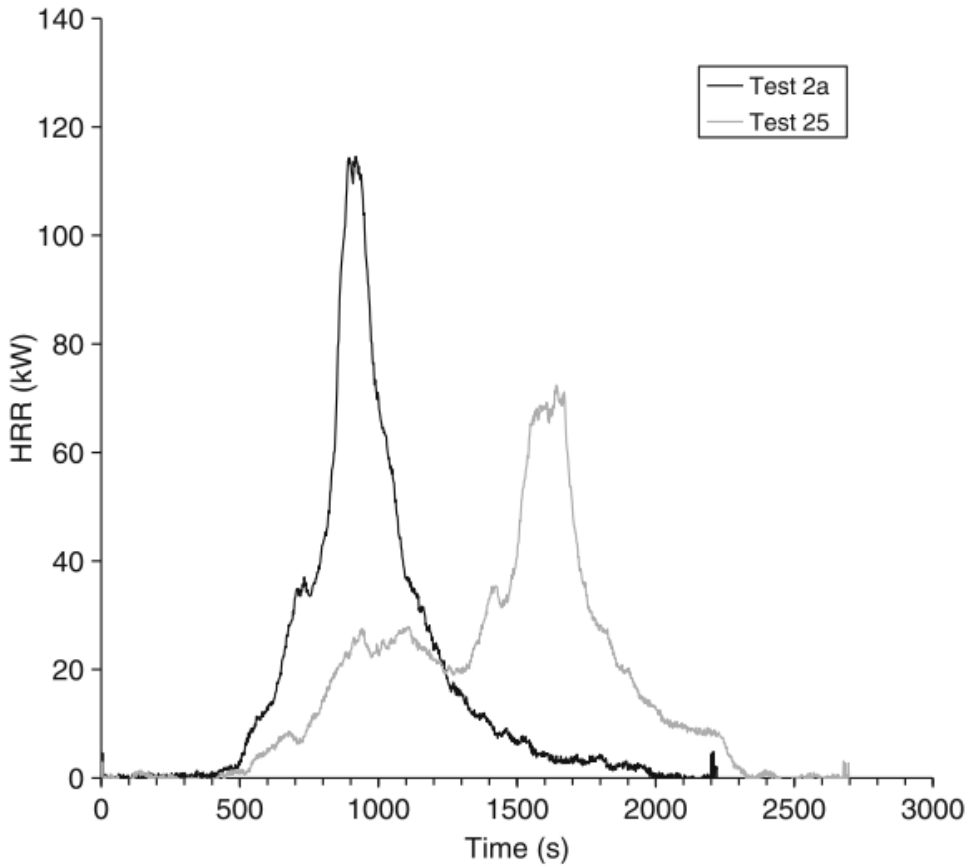
SONO INCENDI DIFFERENTI

Fig. 26.20 HRR of stackable chairs, polypropylene with steel frame, no padding



SCENARI

Differente sviluppo potenza



CARICO DI INCENDIO E CURVA RHR

Carico di incendio: **quantità di energia presente nel compartimento [J]**

Curva di potenza: **energia sprigionata nell'unità di tempo [kW]**

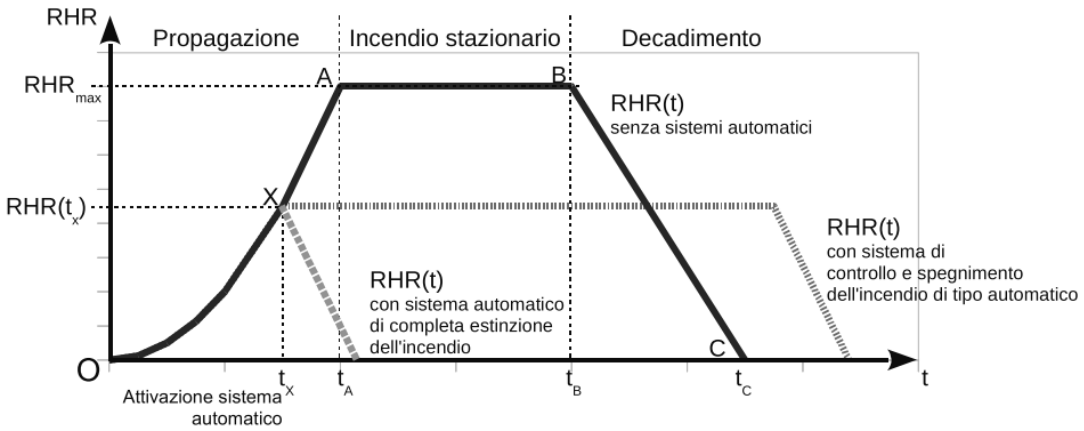
Nell'approccio ingegneristico, il Carico di Incendio "perde" di importanza. Se nell'approccio prescrittivo era il parametro fondamentale per "inquadrare" un incendio, nell'approccio prestazionale non lo è più.
Pur rimanendo un parametro importante, è evidente che è la potenza sprigionata che identifica inequivocabilmente il "comportamento" di un incendio.

Ing. Diego Cecchinato 2023 ©

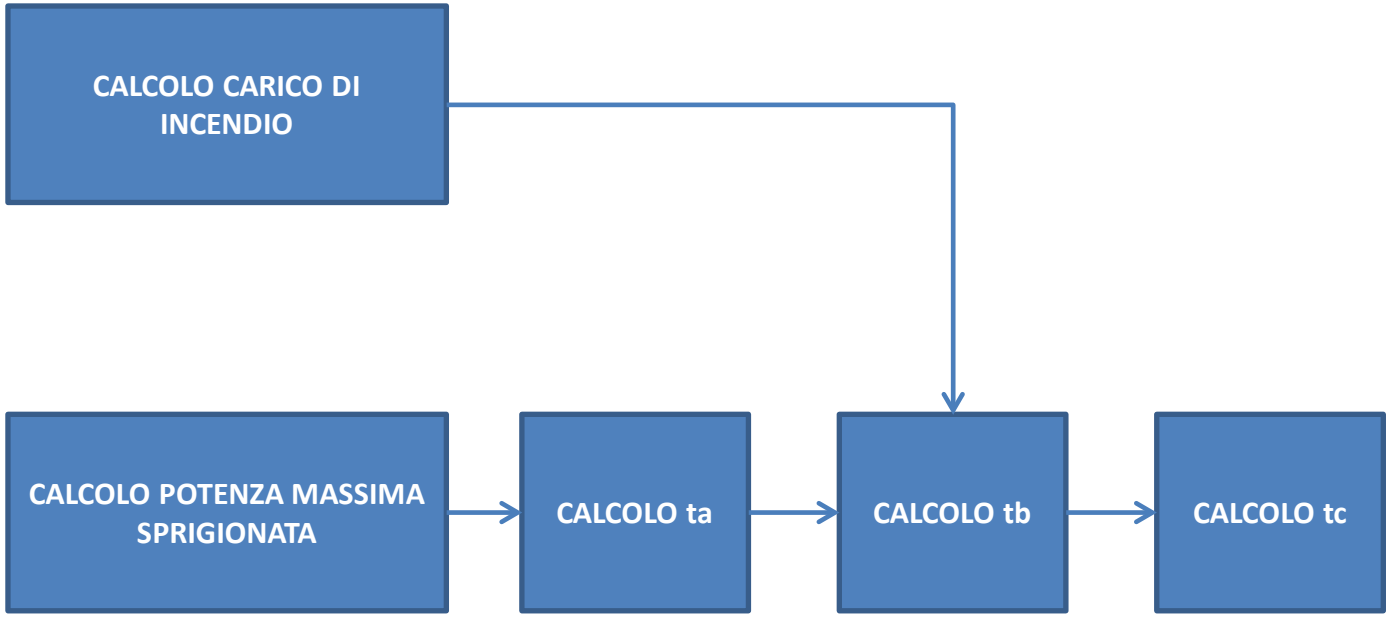
CARICO DI INCENDIO

$$q_f = \frac{\sum_{i=1}^{N} g_i \; H_i \; m_i \; \psi_i}{A}$$

CURVA RHR



SCHEMA CALCOLO CURVA RHR



CALCOLO CURVA RHR

POTENZA MASSIMA

$$RHR_{max} = RHR_f A_f$$

CRESCITA (t_a)

$$RHR(t) = 1000 \left(\frac{t}{t_\alpha}\right)^2$$

STAZIONARIA (t_b)

$$t_B = t_A + \frac{70\%\ q_f A_f - \frac{1}{3}\frac{1000}{t_\alpha^2} t_A^3}{RHR_{max}}$$

DECADIMENTO (t_c)

$$t_C = t_B + \frac{2 \cdot 30\%\ q_f A_f}{RHR_{max}}$$

M.2.7 Focolare predefinito

1. Qualora si intenda omettere le valutazioni in merito alla descrizione quantitativa del focolare di cui al paragrafo M.2.4, possono essere impiegati i *focolari predefiniti* descritti quantitativamente secondo il metodo indicato nel paragrafo M.2.6, impiegando i valori dei parametri di cui alla tabella M.2-2.
2. È escluso l'impiego dei focolari predefiniti nei casi in cui si valuti che i focolari attesi risultino più gravosi di quelli previsti in tabella M.2-2.

Parametro	Focolare predefinito	
	per attività civile	per altre attività
Velocità caratt. di crescita dell'incendio t_α	150 s (*fast*)	75 s (*ultra-fast*)
RHR_{max} totale RHR_{max} per m^2 di superficie del focolare	5 MW 250-500 kW/m^2 [1]	50 MW 500 -1000 kW/m^2 [1]
Resa in particolato Y_{soot}	Pre flashover: 0,07 kg/kg [2,3] Post flashover: 0,14 kg/kg [2,3]	Pre flashover: 0,18 kg/kg [4] Post flashover: 0,36 kg/kg [4]
Resa in monossido di carbonio Y_{CO}	Pre flashover: 0,10 kg/kg [5] Post flashover: 0,40 kg/kg [5]	
Calore di combustione effettivo ΔH_C	20 MJ/kg [3]	
Resa in biossido di carbonio Y_{CO2}	1,5 kg/kg [3,6]	
Resa in acqua Y_{H2O}	0,82 kg/kg [3,6]	
Frazione di RHR in irraggiamento (*Radiative fraction*)	35% [3]	

[1] Da impiegare in alternativa all'RHR_{max} totale, considerando la massima superficie del focolare, pari al compartimento antincendio nel caso di carico di incendio uniformemente distribuito, ma che può essere un valore inferiore nel caso d'incendio localizzato.

[2] Robbins A P, Wade C A, Study Report no 185 *"Soot Yield Values for Modelling Purposes - Residential Occupancies"*, BRANZ, 2008

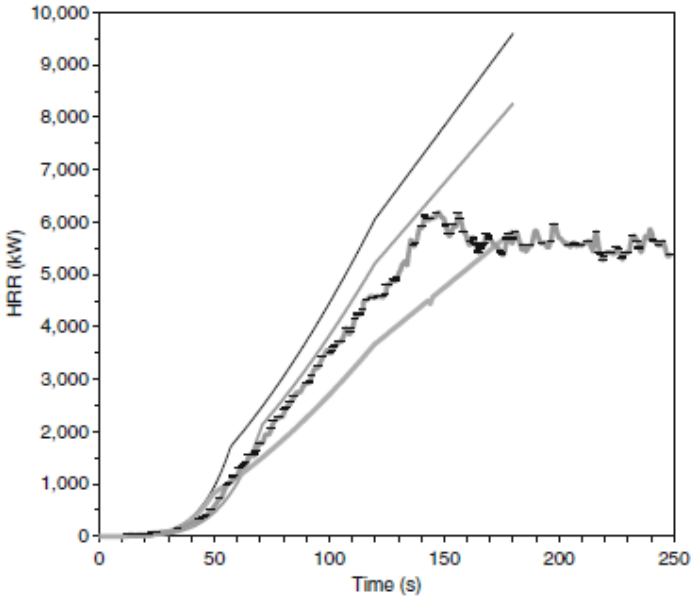
[3] *"C/VM2 Verification method: Framework for fire safety design"*, New Zealand Building Code

[4] *"SFPE handbook of fire protection engineering"*, NFPA, 4th ed., 2008. Tabella 3-4.16, pag. 3-142, da *polyurethane flexible foams*.

[5] Stec A A, Hull T R, *"Fire Toxicity"*, Woodhead Pub., 2010. § 2.4 con $\Phi = 1,25$ (*underventilated fire*)

[6] In alternativa alle rese Y_{CO2} e Y_{H2O}, si può imporre nel codice di calcolo il combustibile generico $CH_2O_{0,5}$.

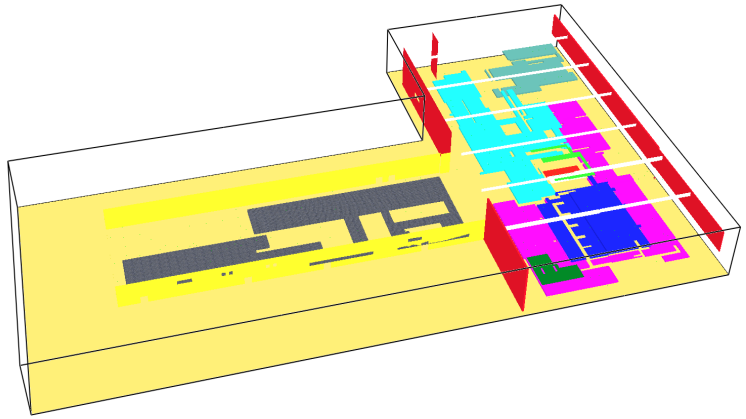
Tabella M.2-2: Focolari predefiniti

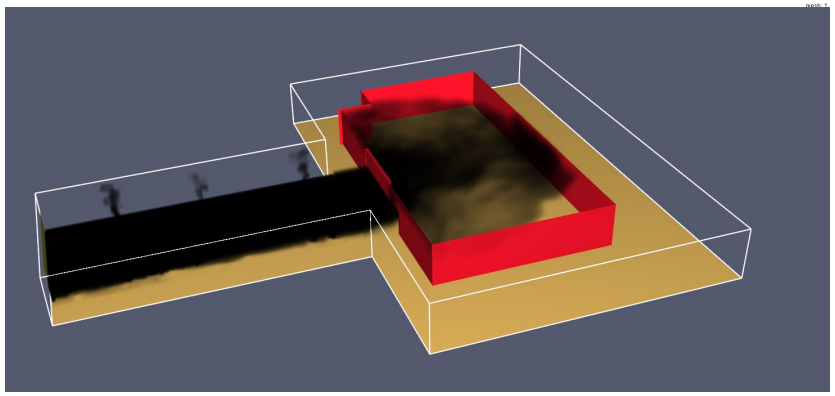


Molto più che crescita ultrafast

DEPOSITO LOGISTICO DHL MALPENSA

46000 m3 di deposito e smistamento logistico





S.8.2 Livelli di prestazione

1. La tabella S.8-1 riporta i livelli di prestazione attribuibili ai *compartimenti* dell'attività per la presente misura antincendio.

Livello di prestazione	Descrizione
I	Nessun requisito
II	Deve essere possibile smaltire fumi e calore dell'incendio dai compartimenti al fine di facilitare le operazioni delle squadre di soccorso.
III	Deve essere mantenuto nel compartimento uno strato libero dai fumi che permetta: • la salvaguardia degli occupanti e delle squadre di soccorso, • la protezione dei beni, se richiesta. Fumi e calore generati nel compartimento non devono propagarsi ai compartimenti limitrofi.

Tabella S.8-1: Livelli di prestazione

S.8.4.3 Soluzioni alternative

1. Sono ammesse *soluzioni alternative* per tutti i livelli di prestazione.
2. Al fine di dimostrare il raggiungimento del *livello di prestazione*, il progettista deve impiegare uno dei metodi del paragrafo G.2.7.
3. In tabella S.8-3 sono riportate alcune modalità *generalmente accettate* per la progettazione di soluzioni alternative. Il progettista può comunque impiegare modalità diverse da quelle elencate.

Oggetto della soluzione	Modalità progettuale
Aperture di smaltimento di fumo e calore d'emergenza (§ S.8.5)	Si dimostri, anche con metodi analitici, che i soccorritori possano smaltire fumo e calore dell'incendio nella configurazione considerata o grazie ad un impianto di smaltimento meccanico. Possono essere impiegati i metodi di progettazione descritti nell'Appendice G "*Smaltimento di fumo e calore di emergenza*" della norma UNI 9494-1 e nell'Appendice H "*Requisiti del sistemi meccanici per lo smaltimento del fumo e calore di emergenza*" della norma UNI 9494-2.
Distribuzione uniforme delle aperture di smaltimento (§ S.8.5.3)	Sia garantita l'accessibilità protetta per i soccorritori a tutti i piani dell'attività e la disponibilità in prossimità di attrezzature e dispositivi di protezione antincendio, oppure si dimostri il raggiungimento degli obiettivi di sicurezza per i soccorritori impiegando i metodi di cui al capitolo M.3.
Caratteristiche degli SVOF (§ S.8.6)	In assenza di norme, TS o TR adottati dall'ente nazionale di normazione, possono essere utilizzati i principi di progettazione e le modalità di installazione e gestione contenute in prCEN/TS 12101-11.
Tutti i casi	Si dimostri il raggiungimento degli obiettivi di sicurezza per gli occupanti ed i soccorritori impiegando i metodi di cui al capitolo M.3.

Tabella S.8-3: Modalità progettuali per soluzioni alternative

Impossibilità di aperture a soffitto
Problemi a realizzare superfici di espulsione e aspirazione

SOLUZIONI Prescrittiva
UNI9494-2 - Forzata

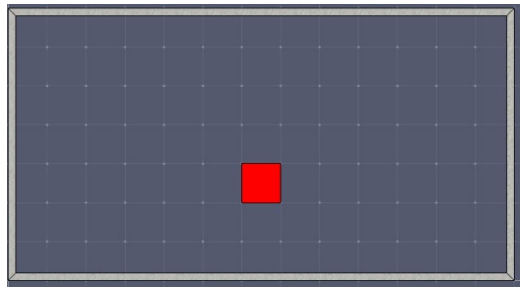
SOLUZIONI ALTERNATIVA
Approccio ingegneristico con soluzione FSE

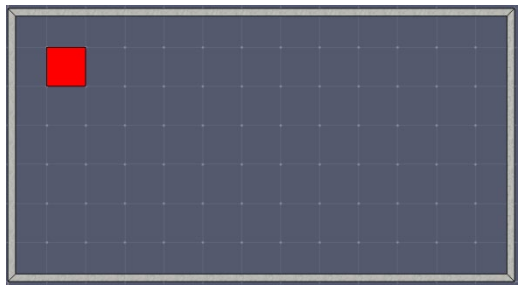
Ing. Diego Cecchinato 2023 ©

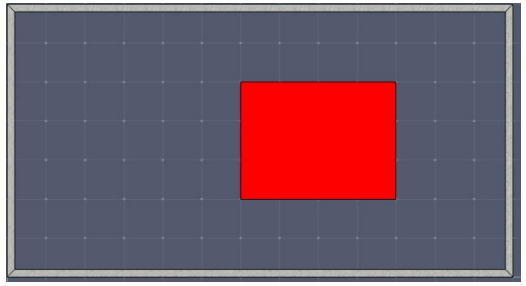
SOLUZIONE

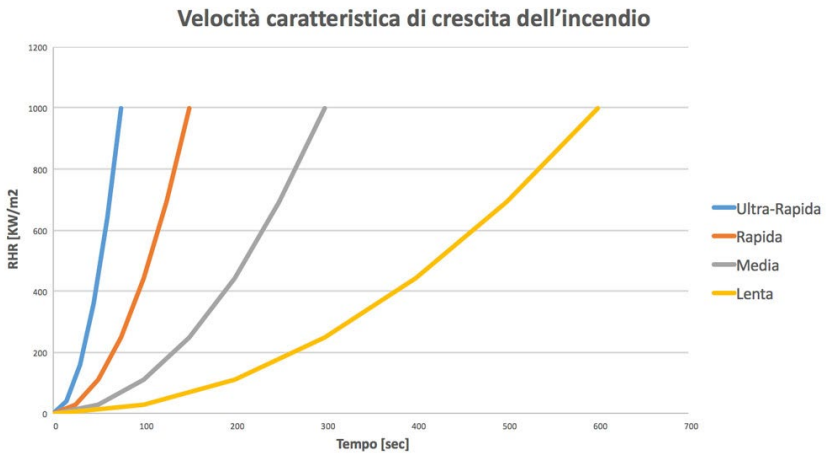
- Simulazione CFD Incendio
- Simulazione di Esodo

SCELTA DELLO SCENARIO







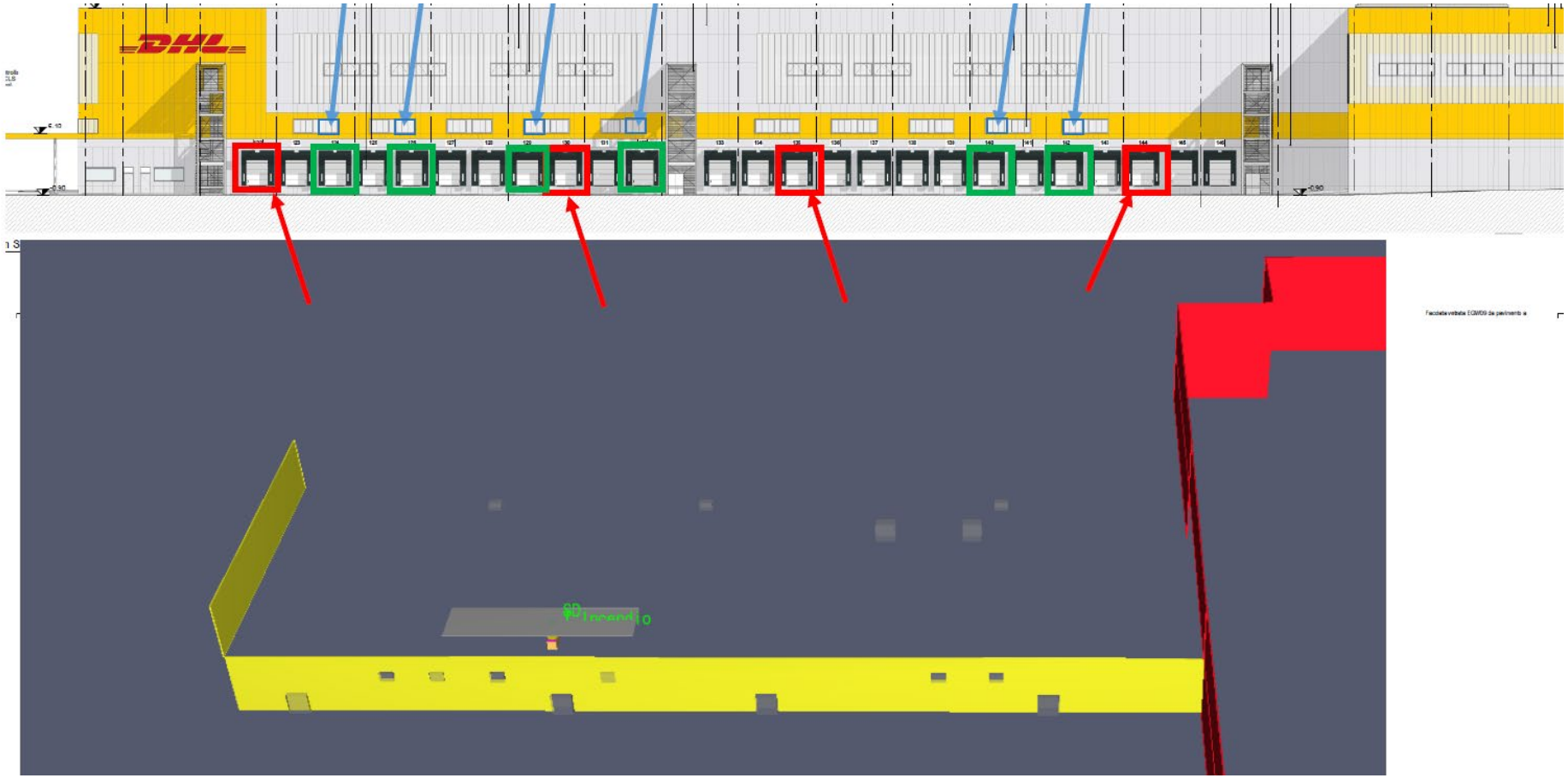


SOLUZIONI CONFORME

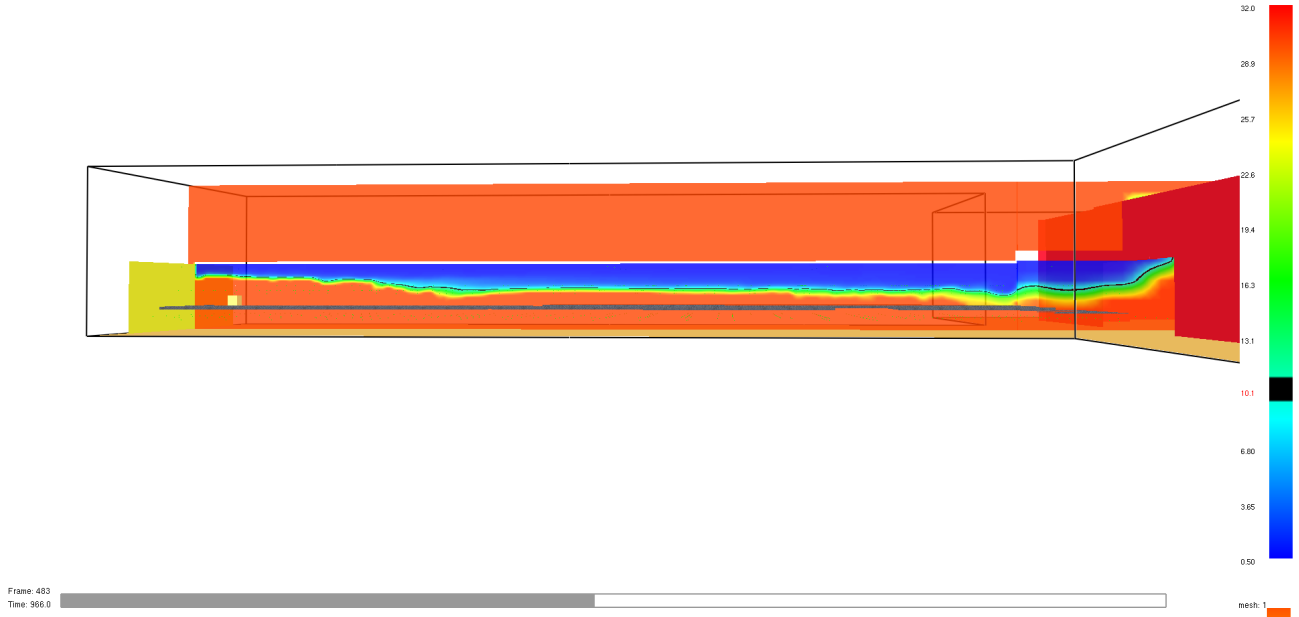
Estremamente invasiva

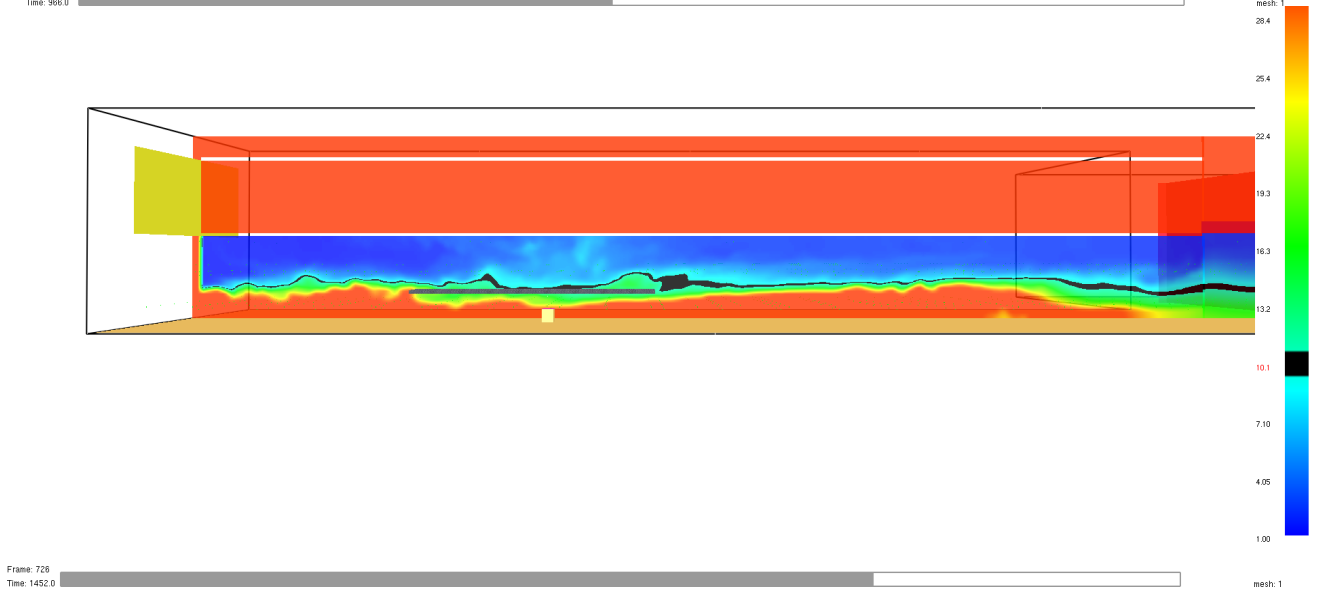
SOLUZIONI ALTERNATIVA

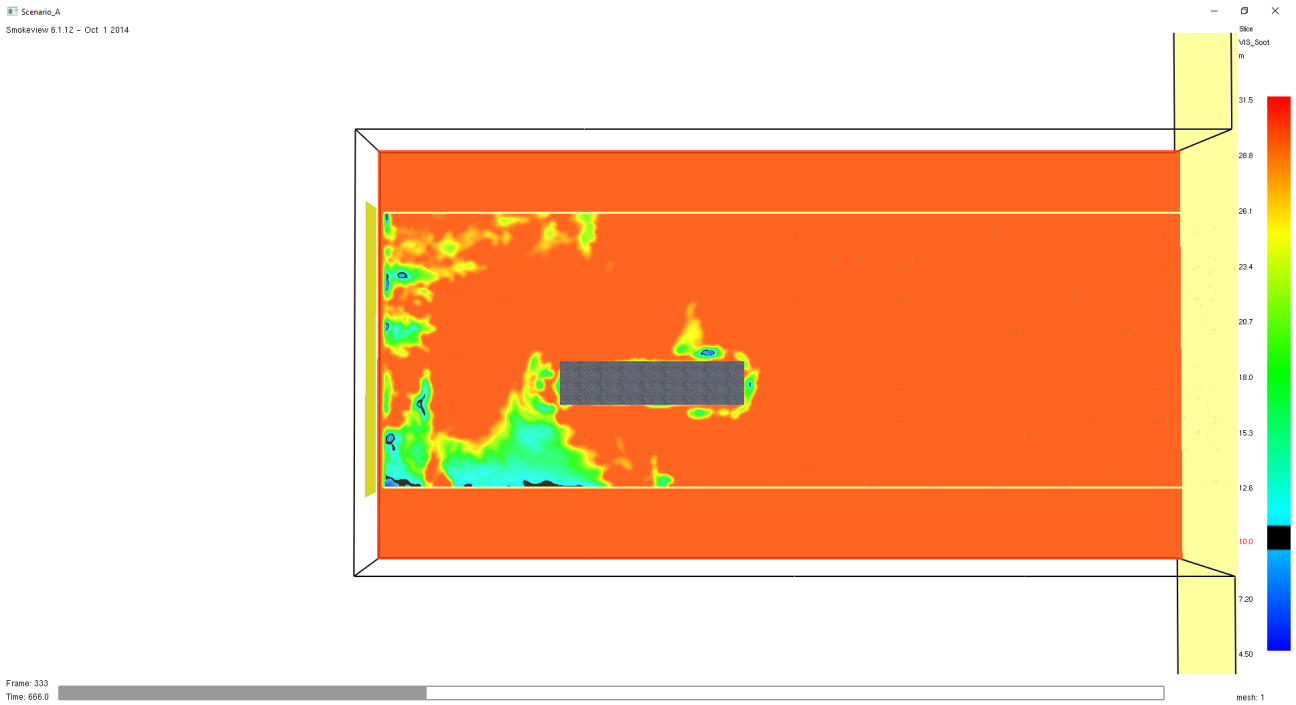
Approccio ingegneristico con soluzione FSE

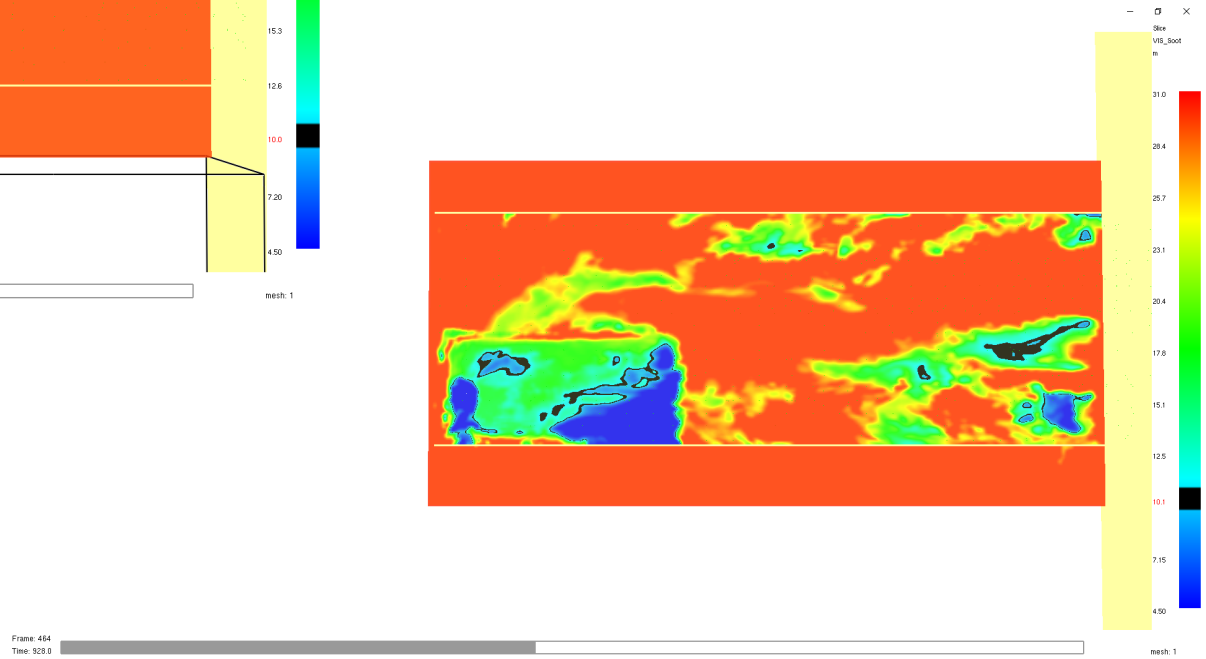


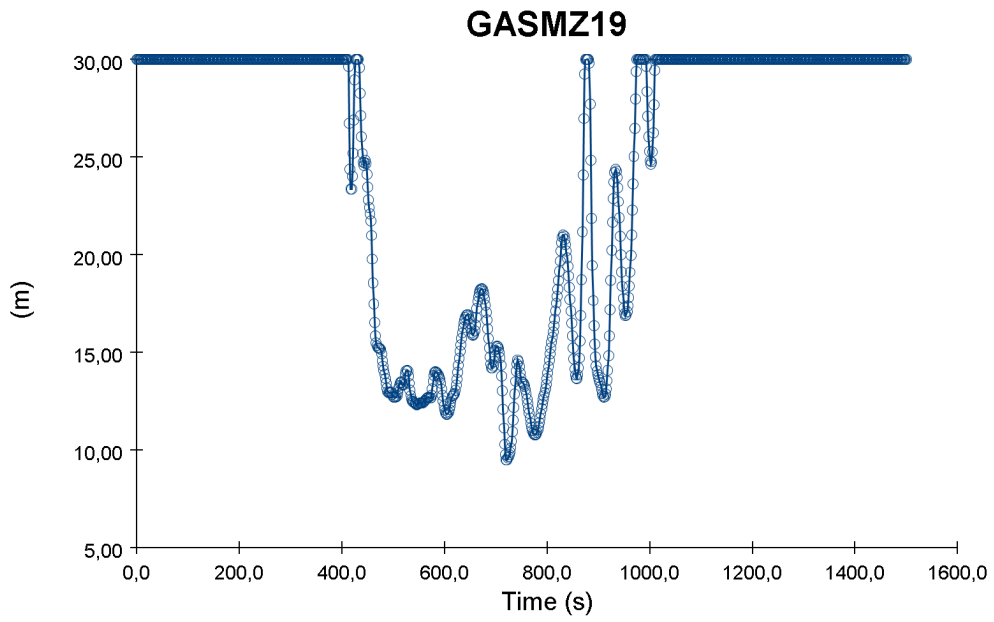
Scelta delle aperture

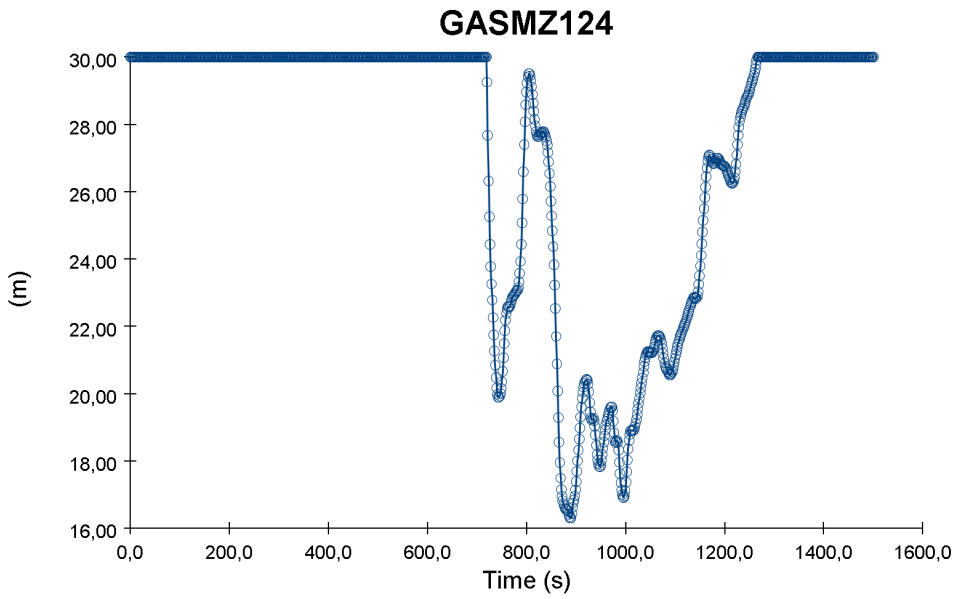

32.0
28.9
25.7
22.6
19.4
16.3
13.1
10.1
6.80
3.65
0.50
Frame: 483
Time: 966.0
mesh: 1


28.4
25.4
22.4
19.3
16.3
13.2
10.1
7.10
4.05
1.00
Frame: 726
Time: 1452.0
mesh: 1


Scenario_A
Smokeview 6.1.12 - Oct 1 2014
Slice
VIS_Soot
m
31.5
28.8
26.1
23.4
20.7
18.0
15.3
12.6
10.0
7.20
4.50
Frame: 333
Time: 666.0
mesh: 1

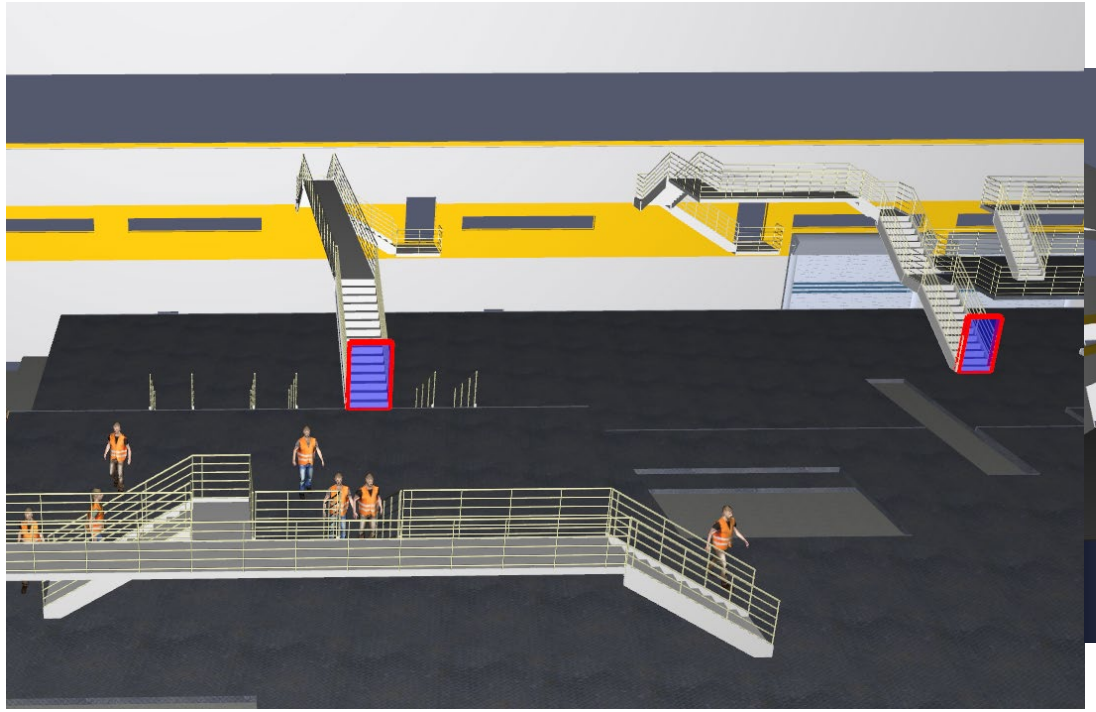

Slice
VIS_Soot
m
31.0
28.4
25.7
23.1
20.4
17.8
15.1
12.5
10.1
7.15
4.50
Frame: 464
Time: 928.0
mesh: 1

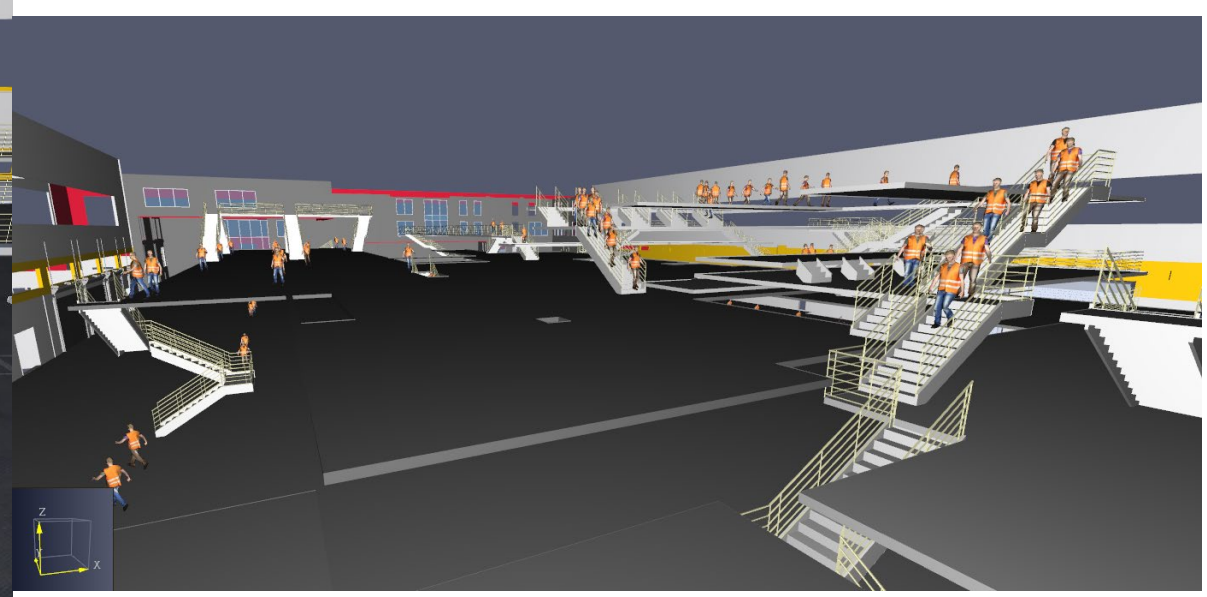




Modello	Prestazione	Soglia di prestazione	Riferimento
Oscuramento della visibilità da fumo	Visibilità minima di pannelli riflettenti, non retroilluminati, valutata ad altezza 1,80 m dal piano di calpestio	Occupanti: 10 m Occupanti in locali di superficie lorda < 100m²: 5 m	ISO 13571:2012
		Soccorritori: 5 m Soccorritori n locali di superficie lorda < 100m²: 2,5 m	[1]

STUDIO DELL'ESODO
RSET

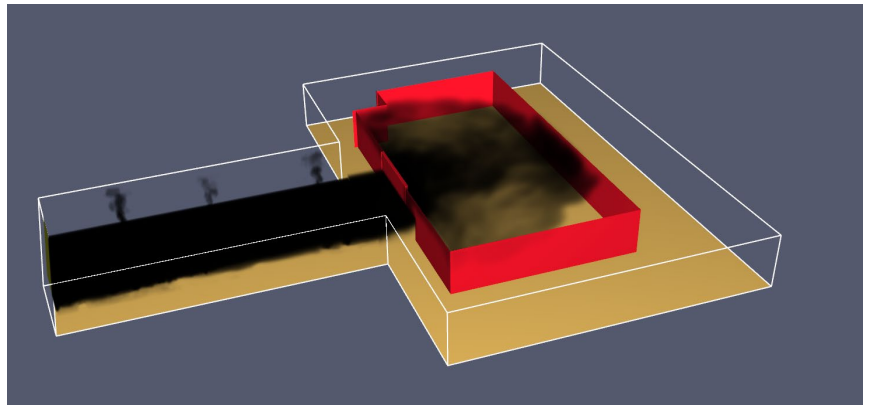




STUDIO DELL'ESODO
RSET

STUDIO DELL'ESODO

ASET



>100%

RSET

MONTAUTO CON PERSONA A BORDO

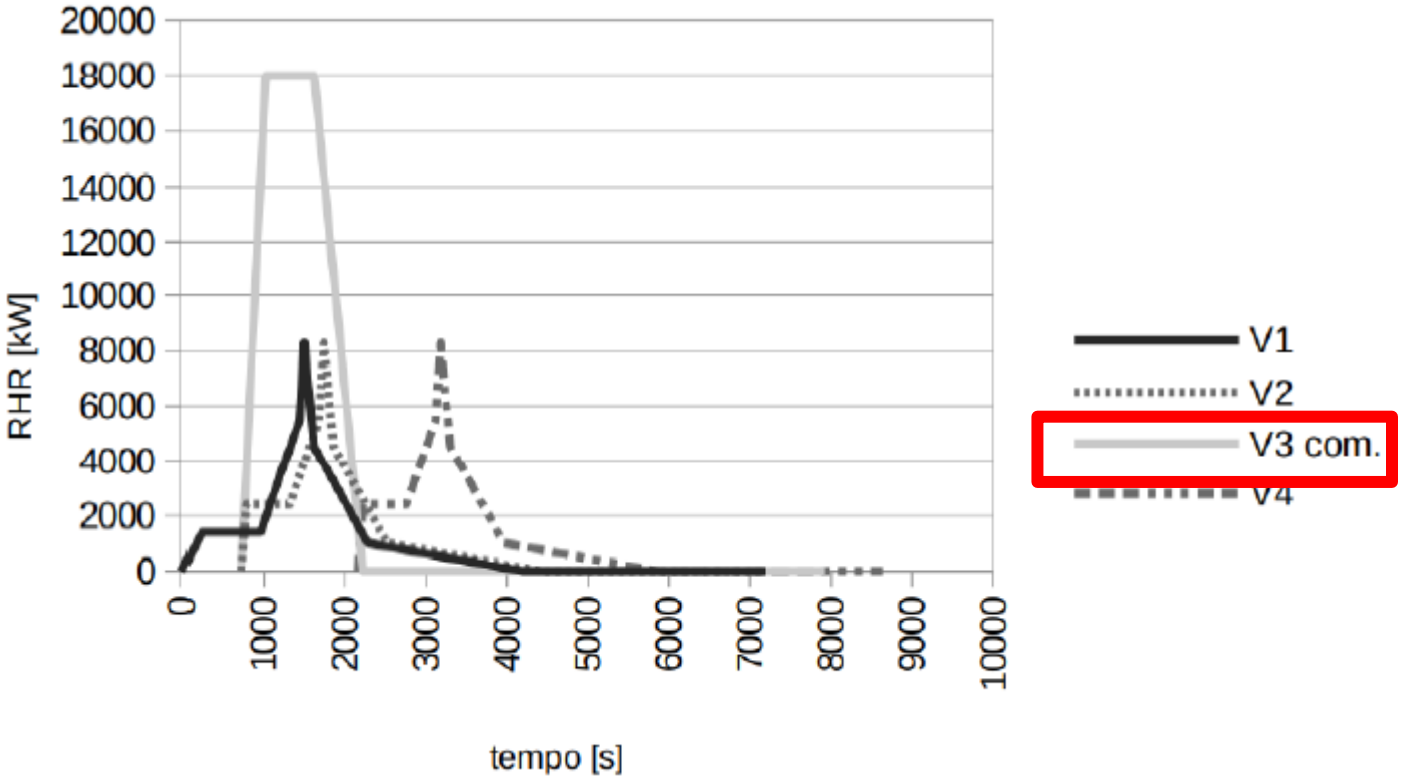
V.6.5.8 Sicurezza impianti tecnologici e di servizio

1. Se l'accesso avviene tramite montauto, l'autorimessa deve essere dotata di rivelazione ed allarme di livello di prestazione III. La funzione secondaria G dell'IRAI deve essere tale da comandare il riallineamento in sicurezza del montauto al piano.

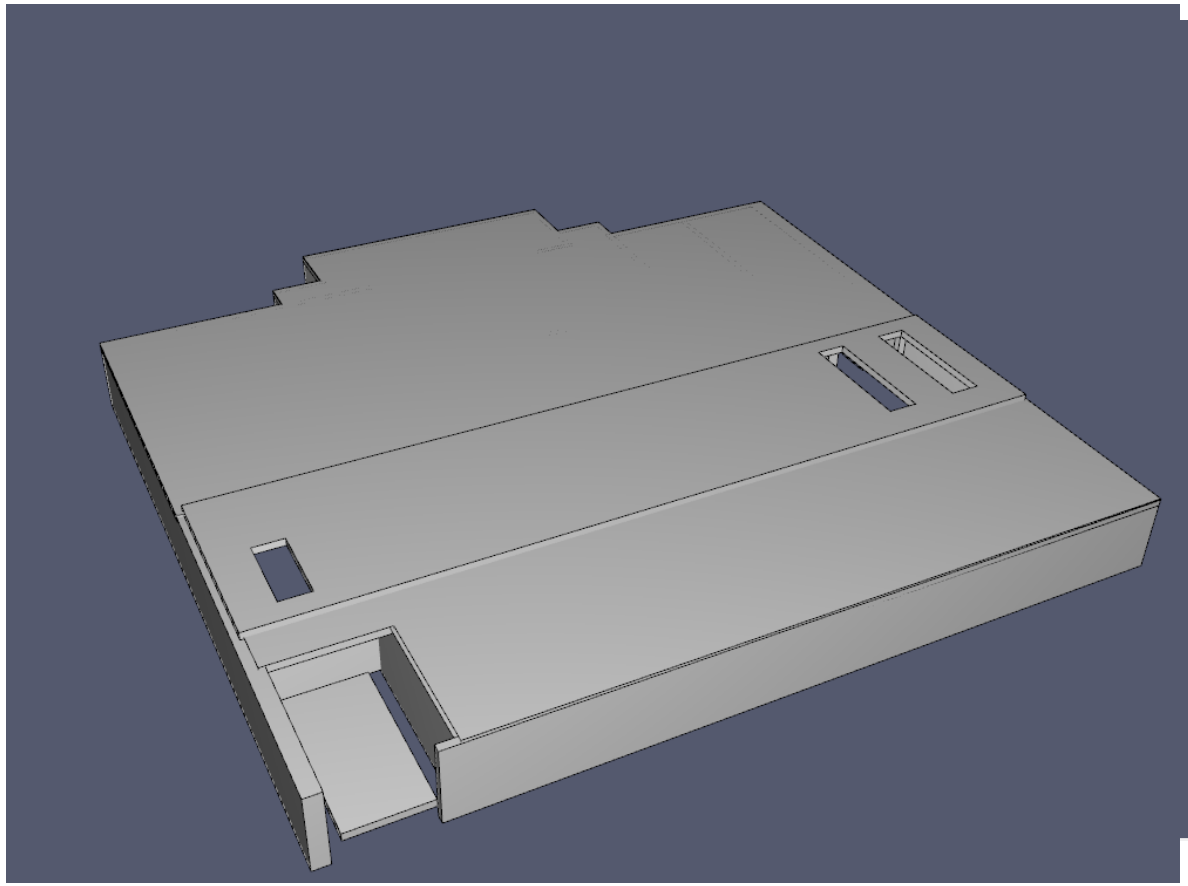
Nota I possibili piani di riallineamento in emergenza devono essere previsti in fase di progettazione in funzione degli scenari di incendio ipotizzabili.

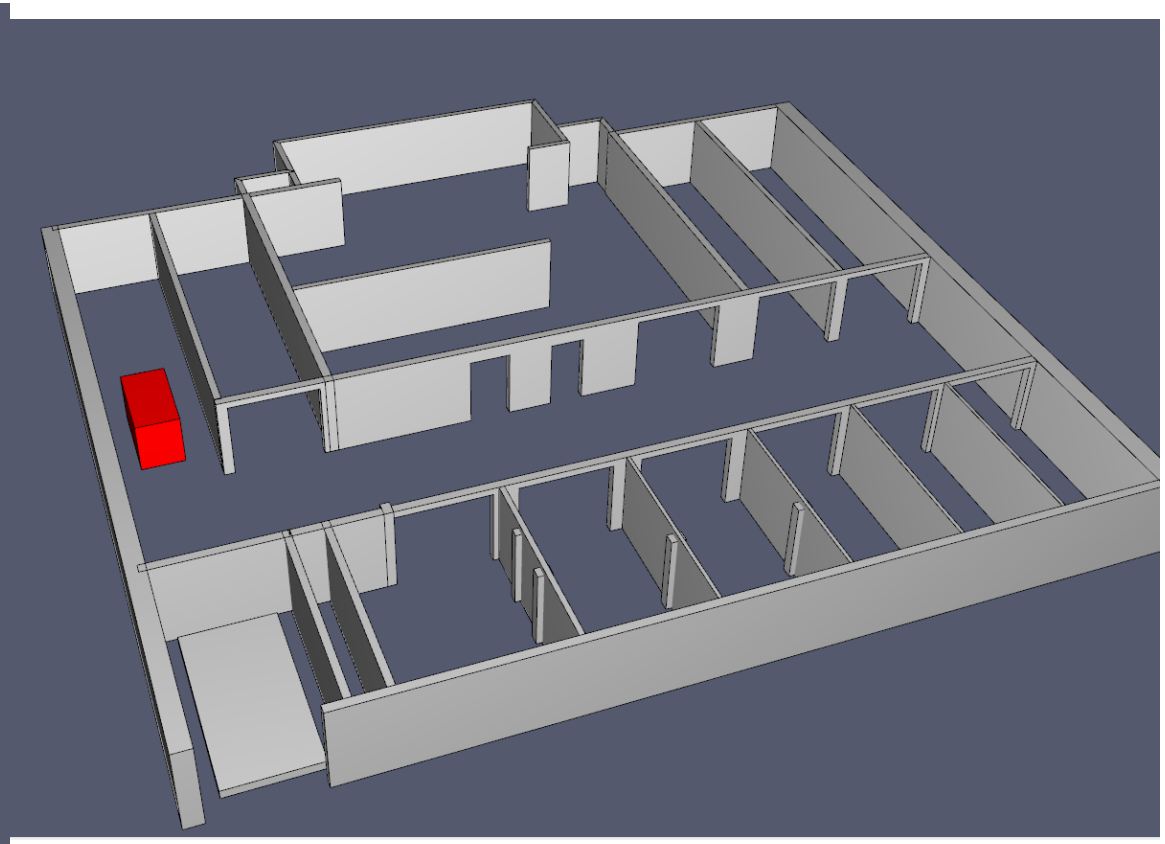
2. Se la movimentazione di veicoli con montauto avviene con occupanti a bordo, devono essere garantiti i seguenti requisiti minimi:
   a. la dimensione della cabina consenta l'apertura delle porte per l'abbandono del veicolo in caso necessità ed il movimento degli occupanti, anche in relazione alle specifiche necessità degli stessi;
   b. presenza di sistemi di apertura automatica delle porte di cabina e di piano, in caso di emergenza;
   c. rispondenza ai requisiti di sicurezza previsti per gli ascensori per il trasporto di persone (norme della serie EN 81 o equivalenti);
   d. installazione di sistema di comunicazione bidirezionale per permettere agli occupanti di segnalare la loro presenza e richiedere assistenza;
   e. il montauto costituisca compartimento distinto oppure sia inserito in aree TA provviste di misure di controllo dell'incendio con livello di prestazione IV;
   f. il montauto sia dotato di alimentazione di sicurezza ad interruzione breve (≤ 0,5 s) ed autonomia ≥ 30'.
3. La progettazione del sistema d'esodo in presenza di montauto con occupanti a bordo deve essere effettuata impiegando i metodi quantitativi di cui al capitolo M.3 della RTO.

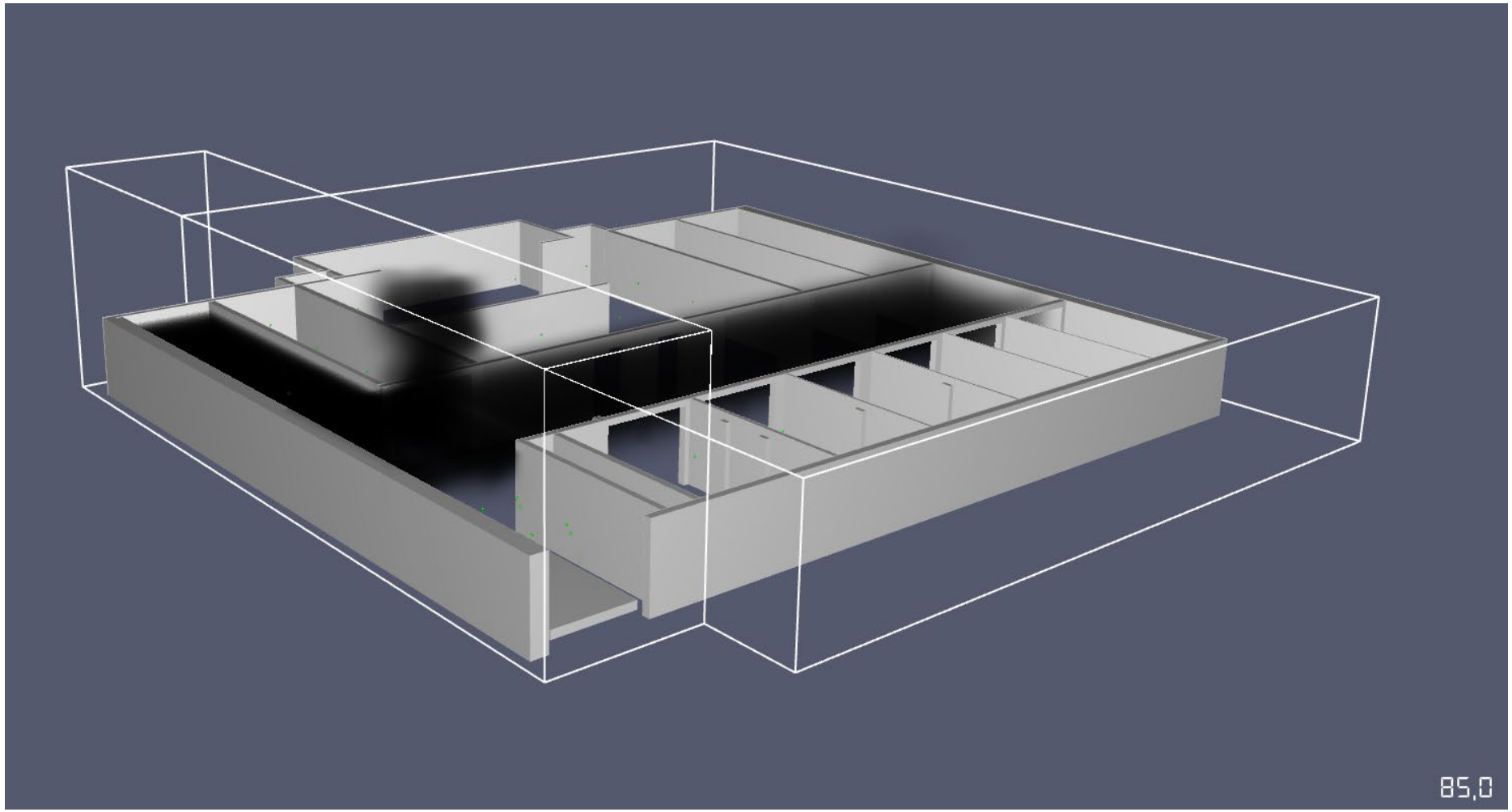
Nota Ad esempio il progettista tiene conto dei tempi aggiuntivi di allarme, pre-movimento e movimento degli occupanti in relazione almeno agli scenari di incendio interno o esterno al montauto.

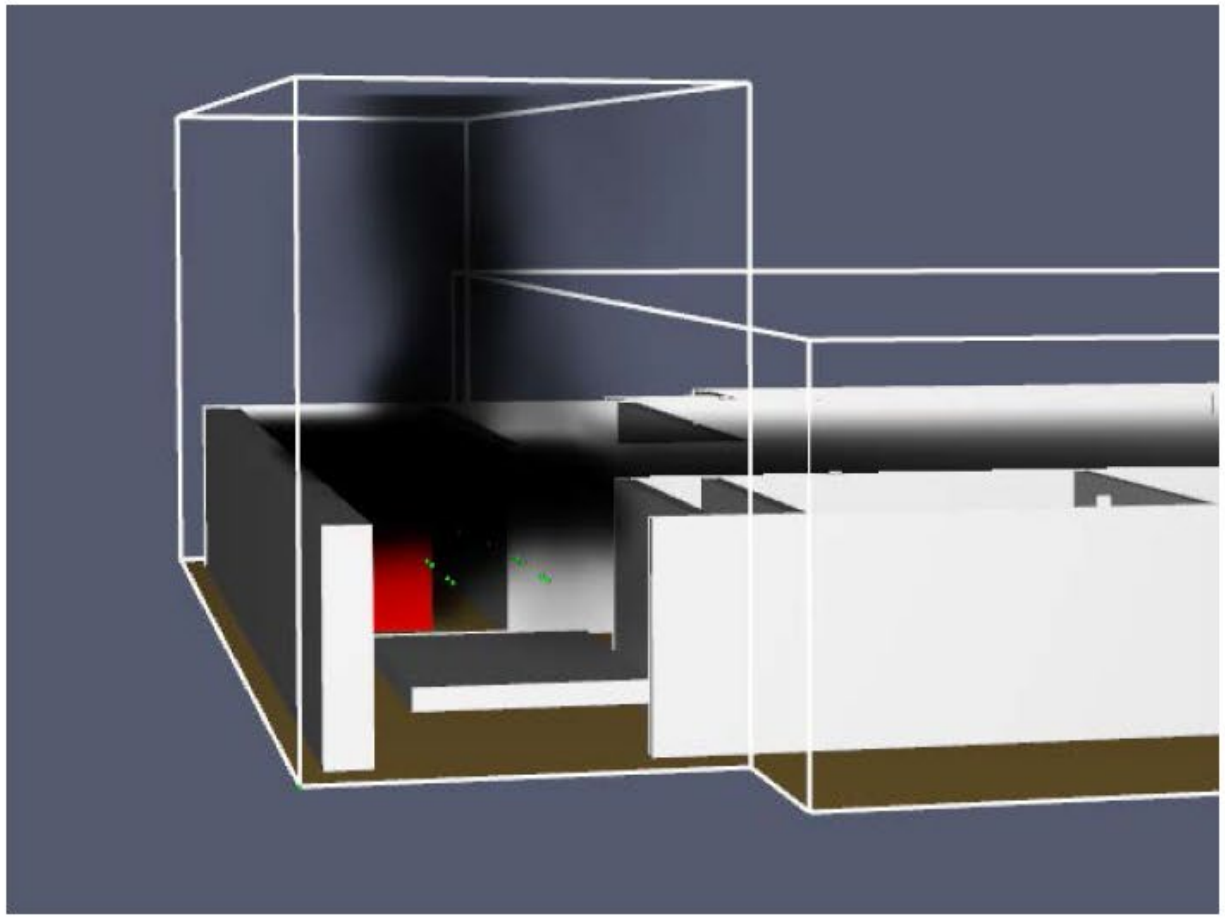

20000
18000
16000
14000
12000
10000
8000
6000
4000
2000
0
RHR [kW]
0
1000
2000
3000
4000
5000
6000
7000
8000
9000
10000
tempo [s]
V1
V2
V3 com.
V4

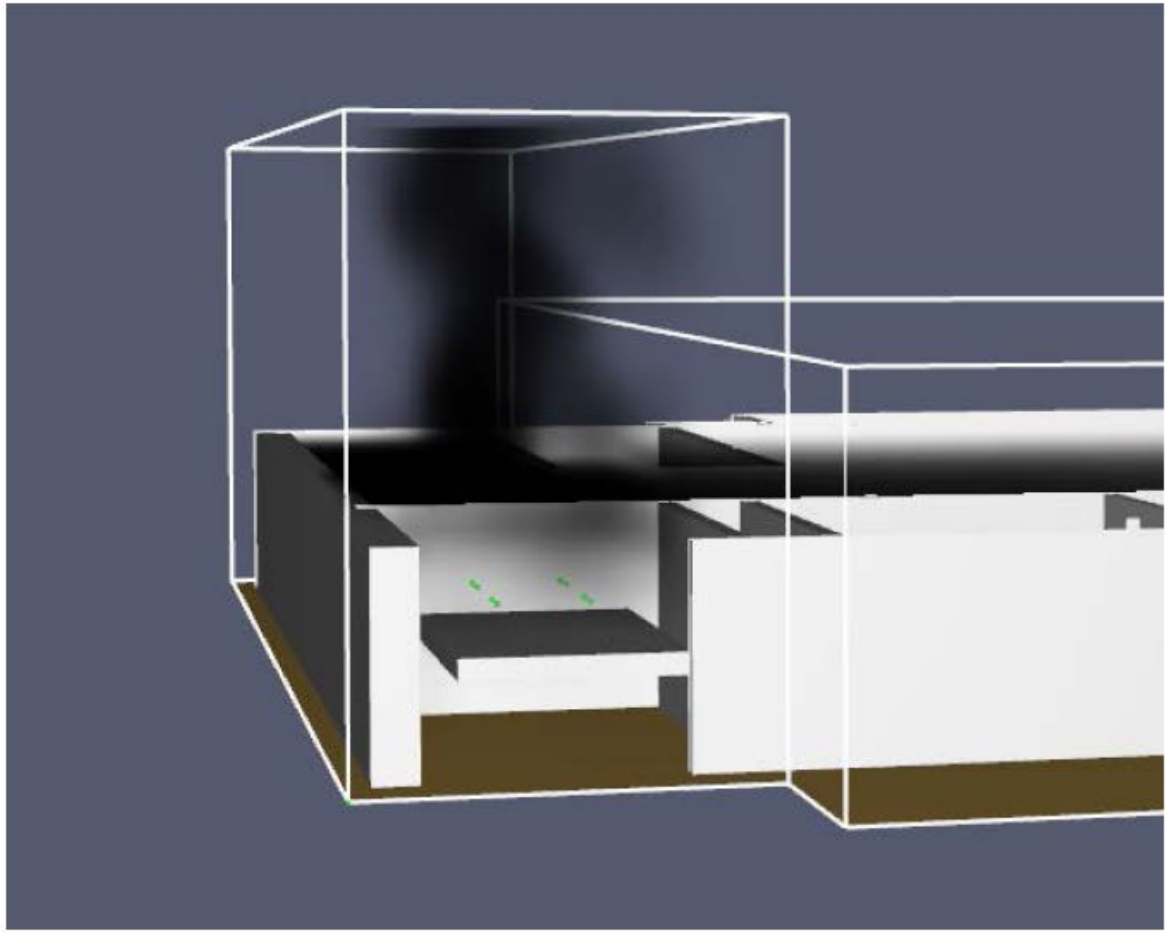
MONTAUTO CON PERSONA A BORDO

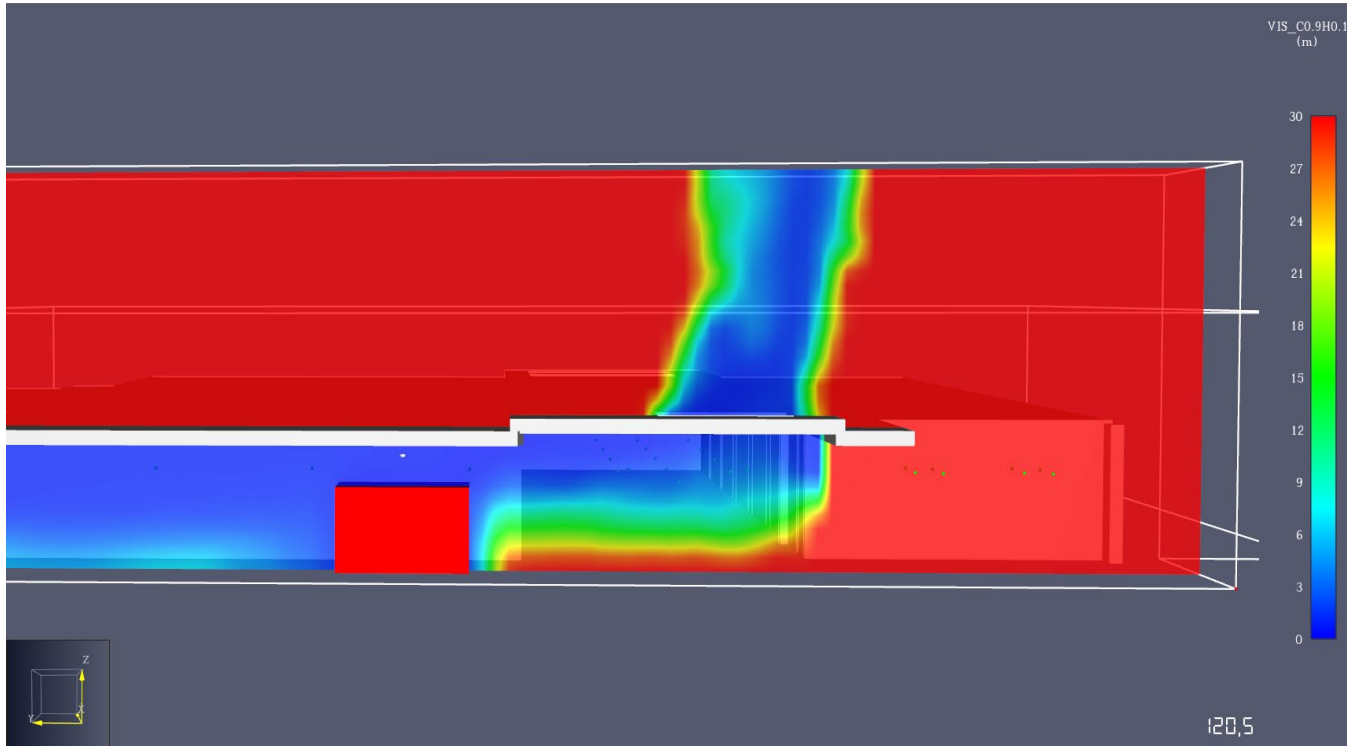




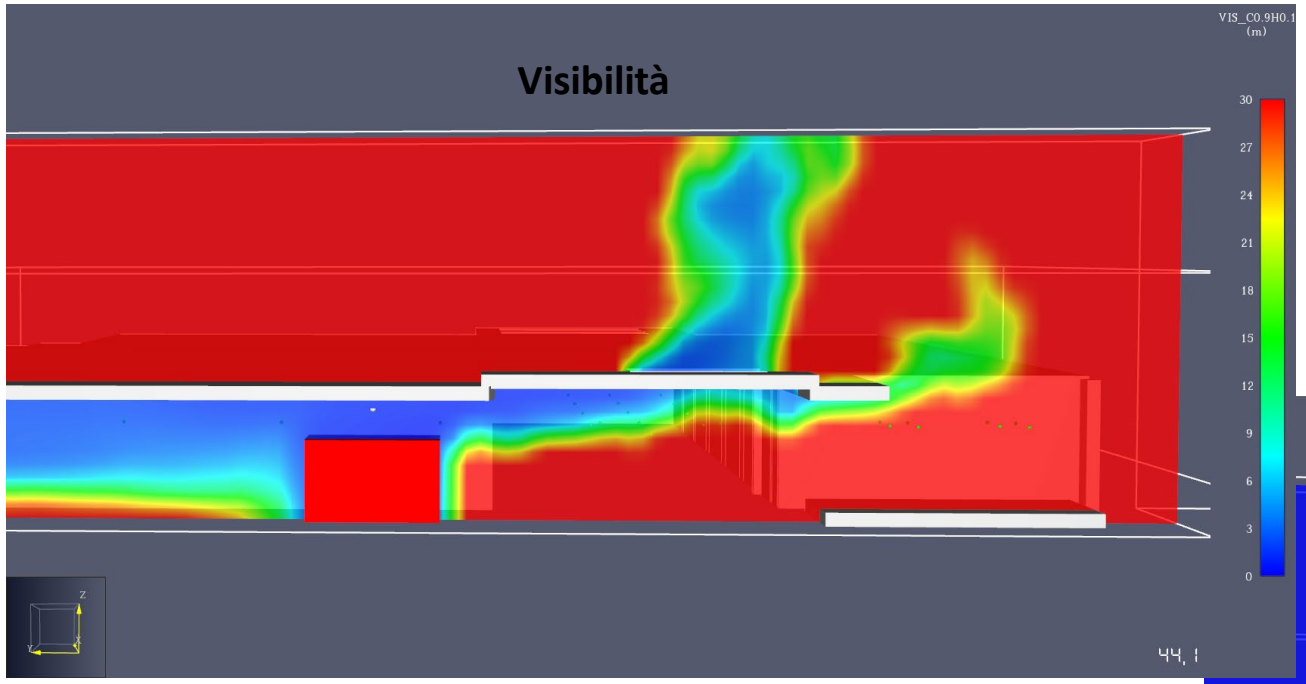

85,0

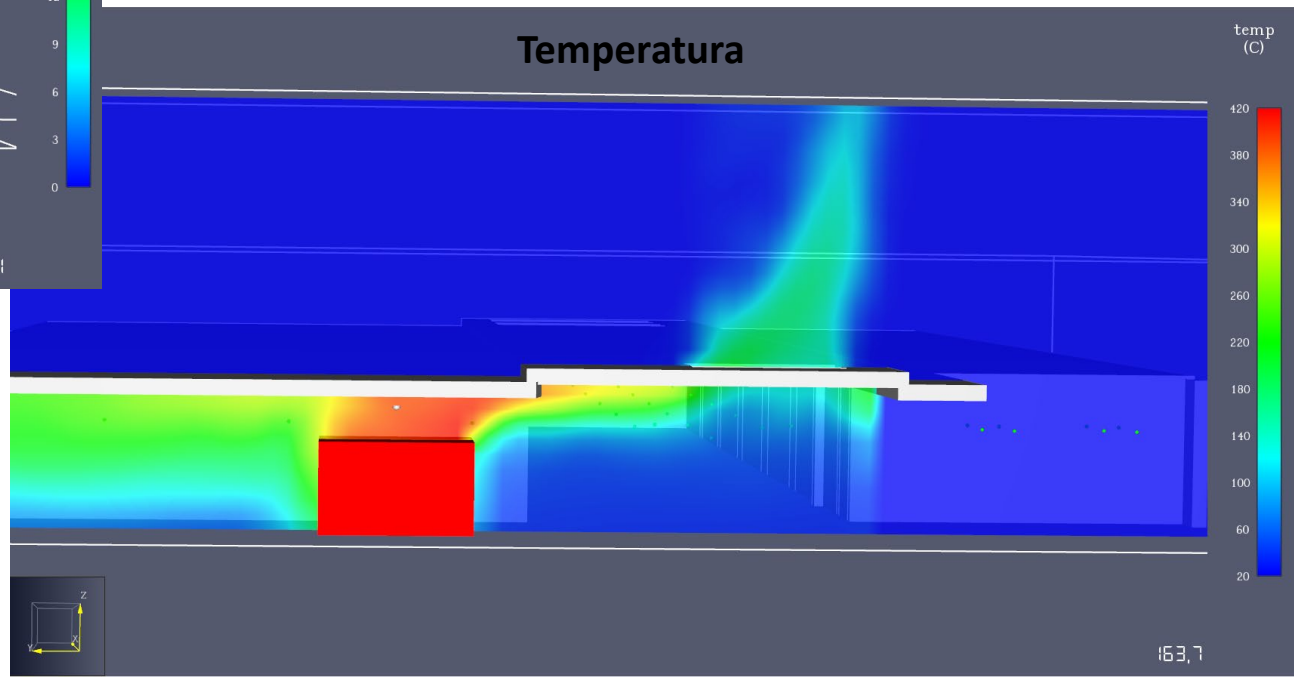




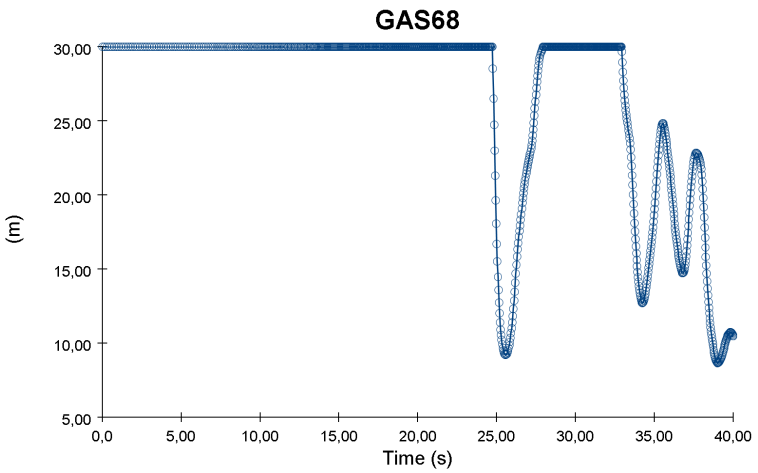

VIS_C0.9H0.1
(m)
30
27
24
21
18
15
12
9
6
3
0
120,5

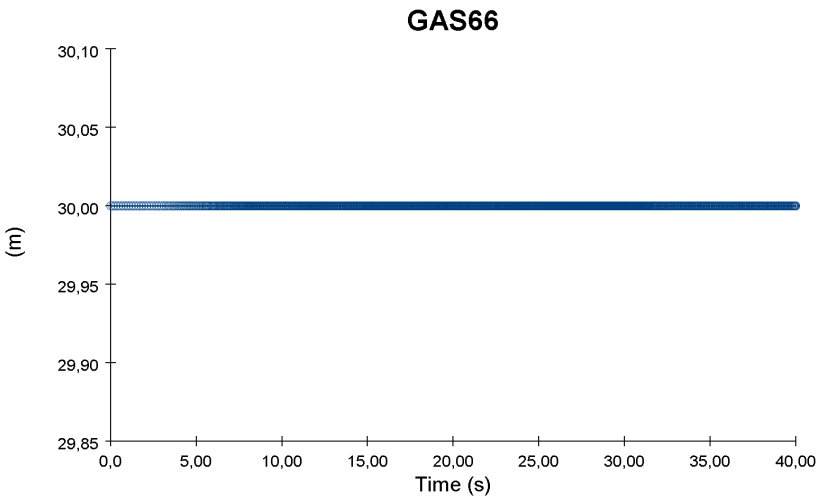
MONTAUTO CON PERSONA A BORDO

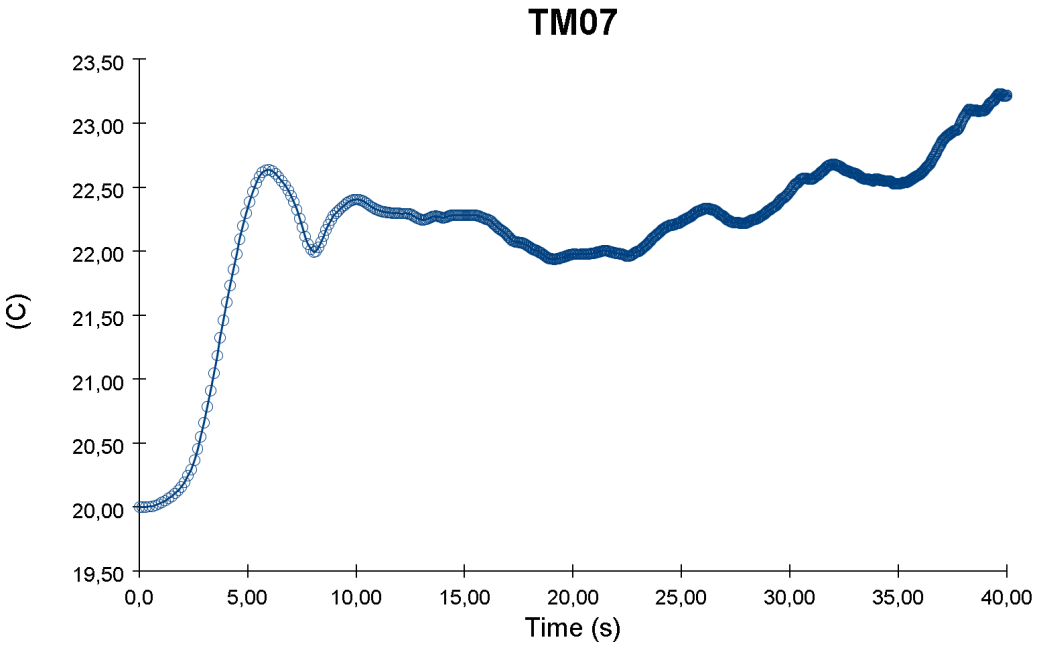




MONTAUTO CON PERSONA A BORDO

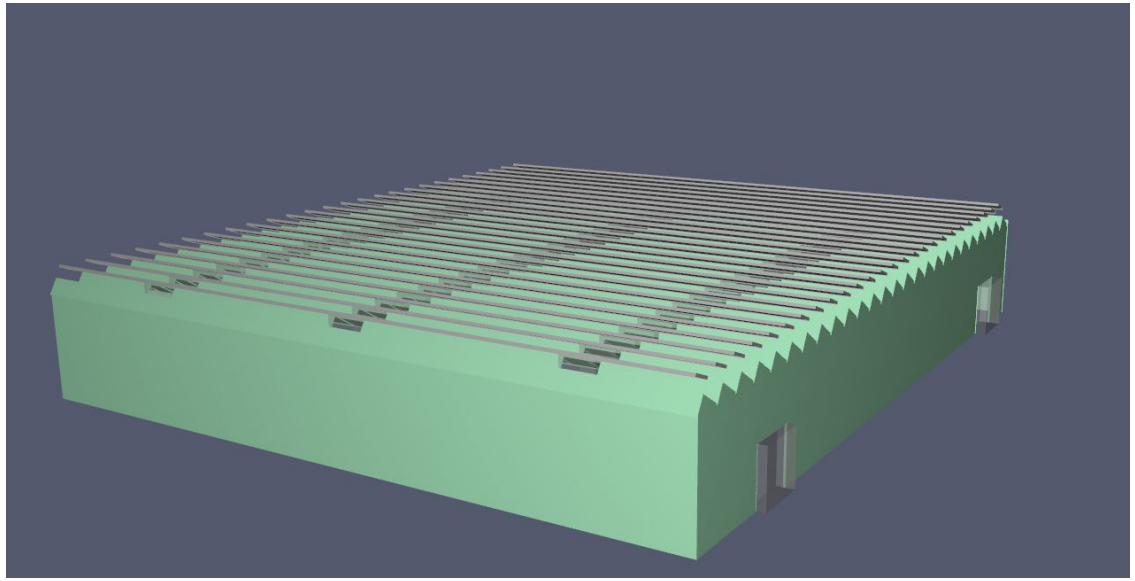




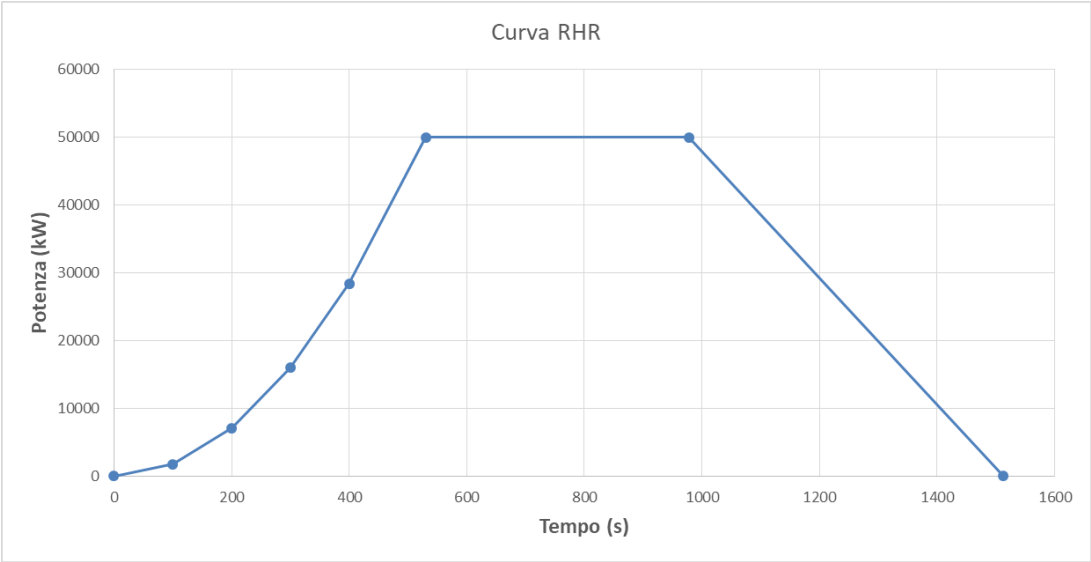


Verifica Impianto Fotovoltaico

L'ubicazione dei moduli e delle condutture elettriche dovrà inoltre sempre consentire il corretto funzionamento e la manutenzione di eventuali evacuatori di fumo e di calore (EFC) presenti, nonché tener conto, in base all'analisi del rischio incendio, dell'esistenza di possibili vie di veicolazione di incendi (lucernari, camini, ecc.). In ogni caso i moduli, le condutture, gli inverter, i quadri ed altri eventuali apparati non dovranno essere installati nel **raggio di 1 m dagli EFC**.



Scelta dello Scenario



Parametro	Focolare predefinito	
	per attività civile	per altre attività
Velocità caratt. di crescita dell'incendio t_α	150 s (*fast*)	75 s (*ultra-fast*)
RHR_{max} totale RHR_{max} per m² di superficie del focolare	5 MW 250-500 kW/m² [1]	50 MW 500 -1000 kW/m² [1]
Resa in particolato Y_{soot}	Pre flashover: 0,07 kg/kg [2,3] Post flashover: 0,14 kg/kg [2,3]	Pre flashover: 0,18 kg/kg [4] Post flashover: 0,36 kg/kg [4]
Resa in monossido di carbonio Y_{CO}	Pre flashover: 0,10 kg/kg [5] Post flashover: 0,40 kg/kg [5]	
Calore di combustione effettivo ΔH_c	20 MJ/kg [3]	
Resa in biossido di carbonio Y_{CO2}	1,5 kg/kg [3,6]	
Resa in acqua Y_{H2O}	0,82 kg/kg [3,6]	
Frazione di RHR in irraggiamento (*Radiative fraction*)	35% [3]	

[1] Da impiegare in alternativa all'RHR_{max} totale, considerando la massima superficie del focolare, pari al compartimento antincendio nel caso di carico di incendio uniformemente distribuito, ma che può essere un valore inferiore nel caso d'incendio localizzato.

[2] Robbins A P, Wade C A, Study Report no 185 *"Soot Yield Values for Modelling Purposes - Residential Occupancies"*, BRANZ, 2008

[3] *"C/VM2 Verification method: Framework for fire safety design"*, New Zealand Building Code

[4] *"SFPE handbook of fire protection engineering"*, NFPA, 4th ed., 2008. Tabella 3-4.16, pag. 3-142, da *polyurethane flexible foams*.

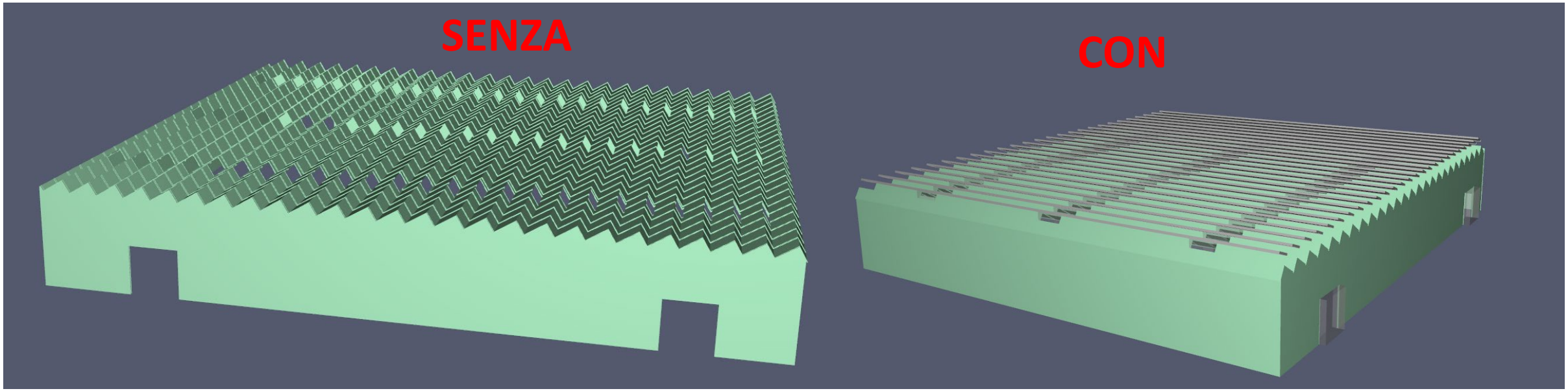
[5] Stec A A, Hull T R, *"Fire Toxicity"*, Woodhead Pub., 2010. § 2.4 con $\Phi = 1,25$ (*underventilated fire*)

[6] In alternativa alle rese Y_{CO2} e Y_{H2O}, si può imporre nel codice di calcolo il combustibile generico $CH_2O_{0,5}$.

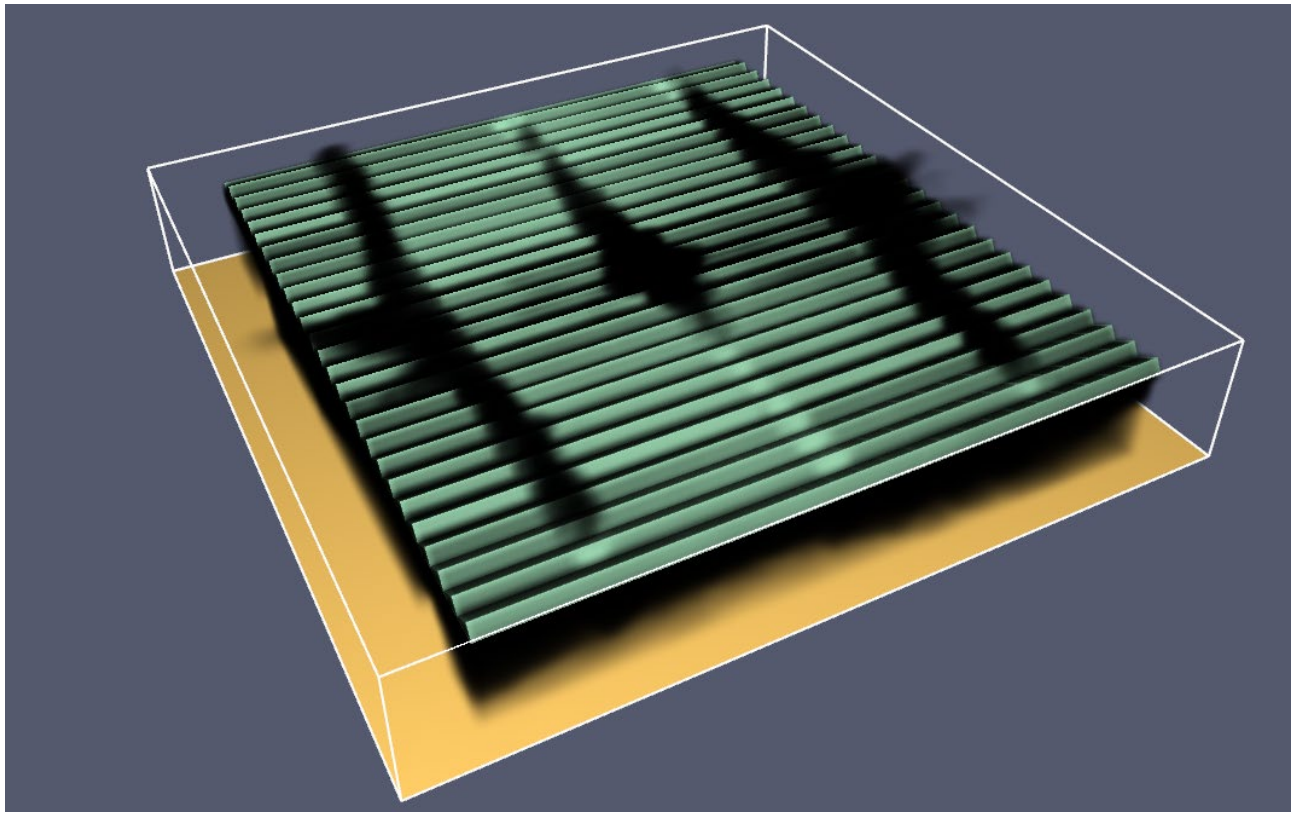
Tabella M.2-2: Focolari predefiniti

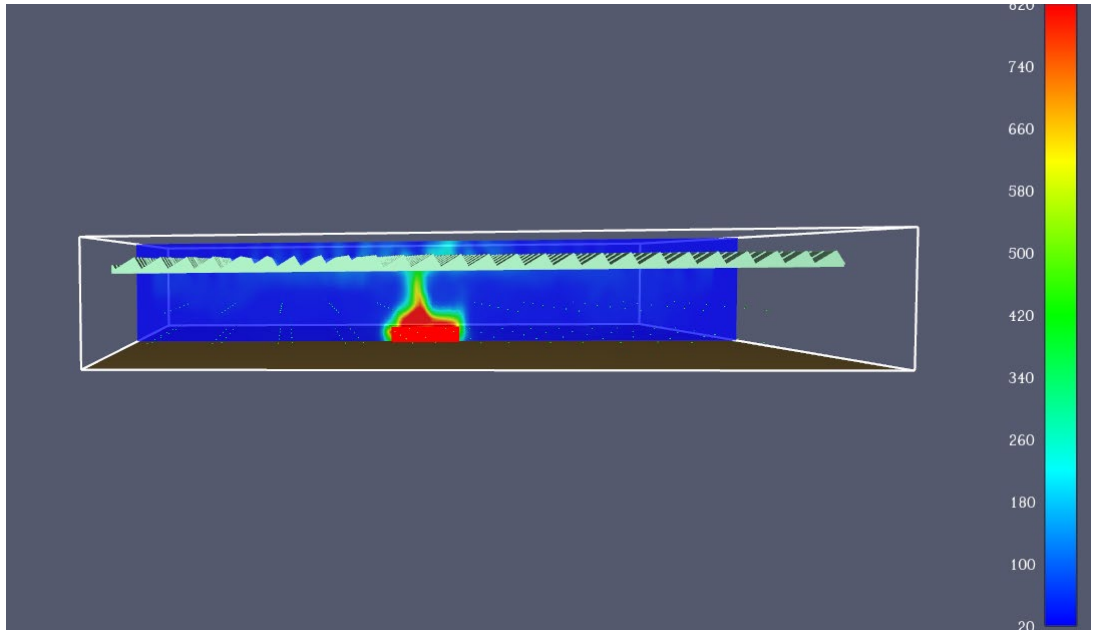
Obiettivo: Dimostrare i valori di soglia non cambiano tra due casi:

- **Copertura CON impianto fotovoltaico**
- **Copertura SENZA impianto fotovoltaico**

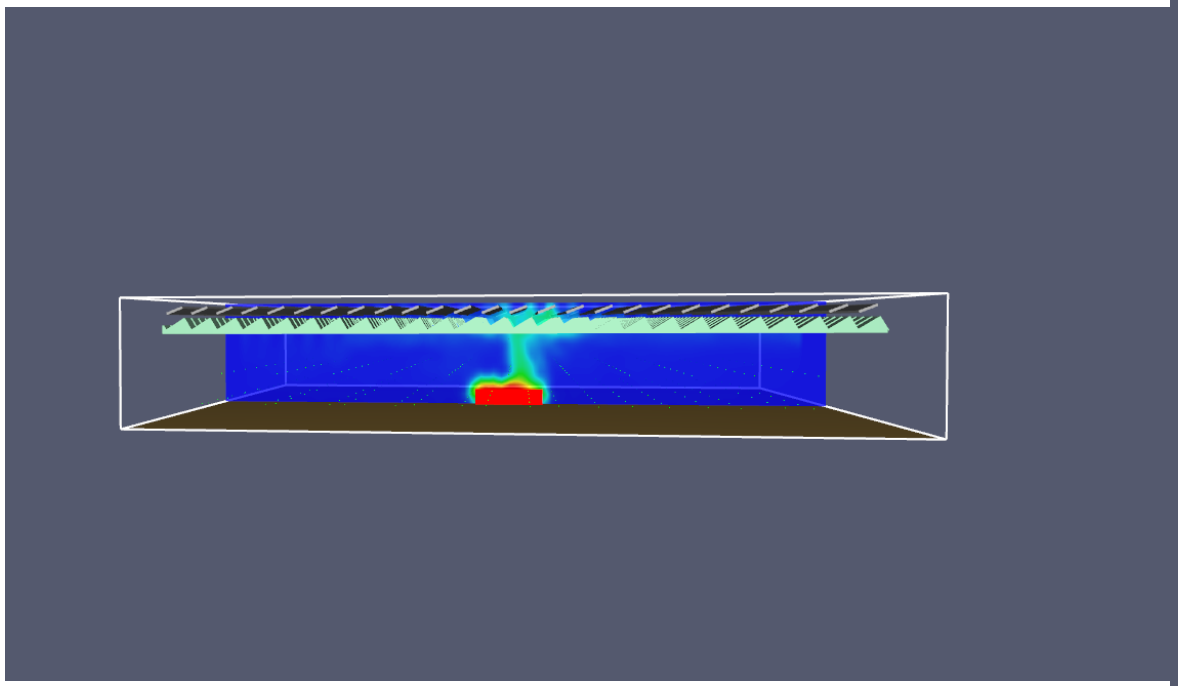


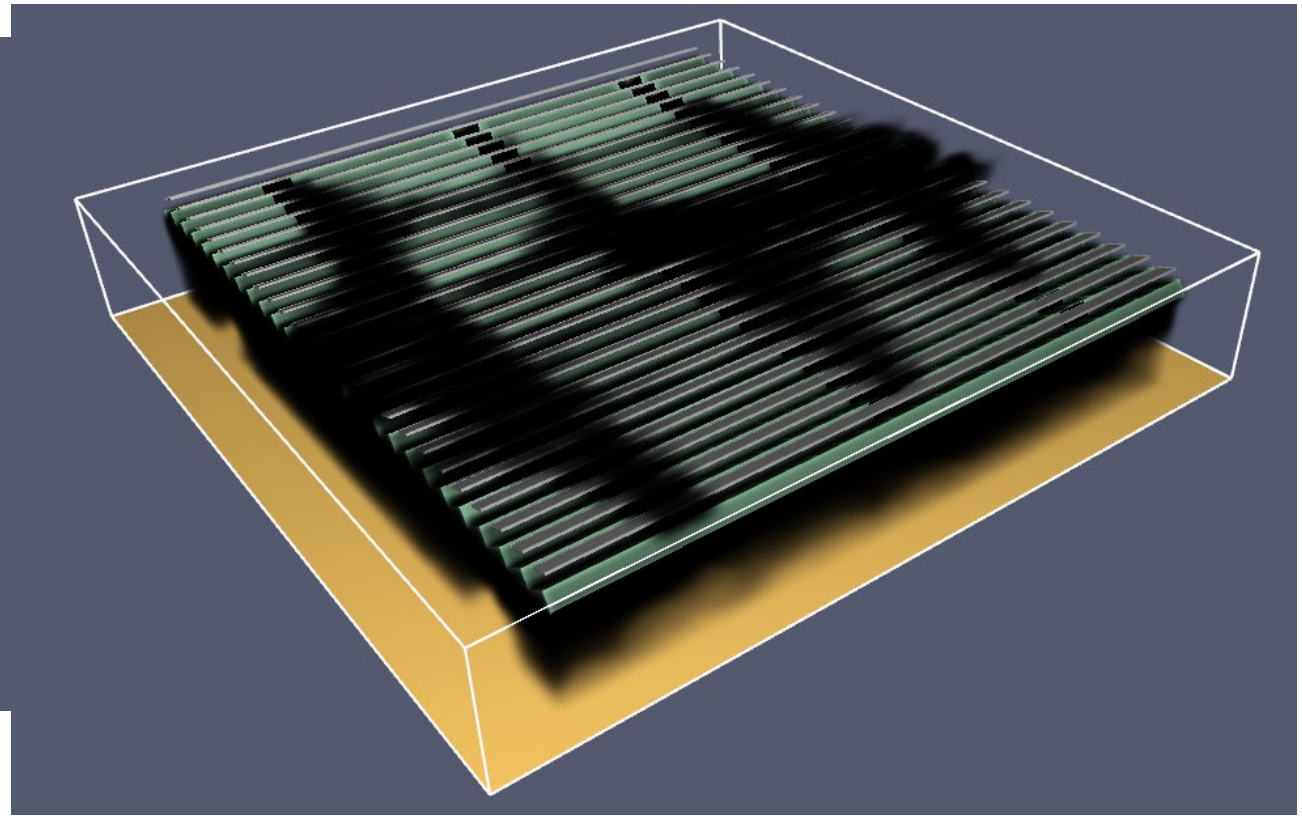
Copertura SENZA impianto fotovoltaico





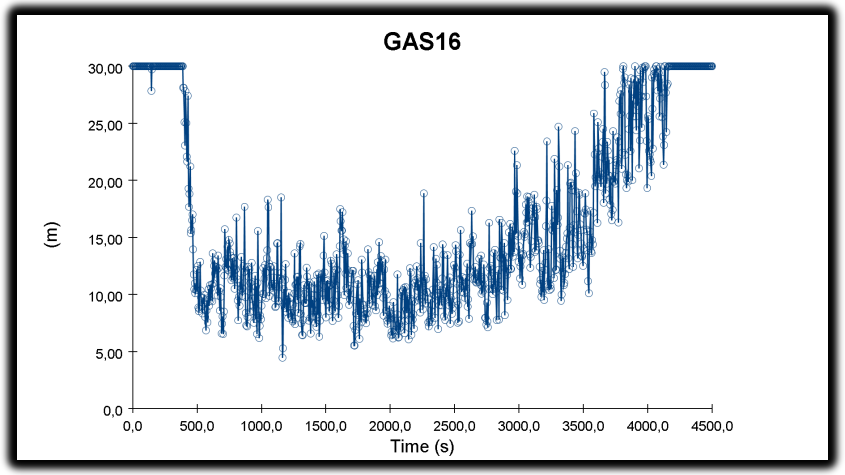
Copertura CON impianto fotovoltaico



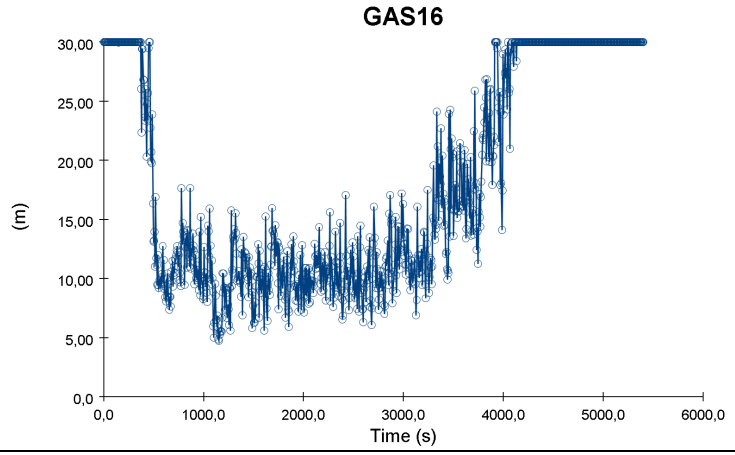


CONFRONTO

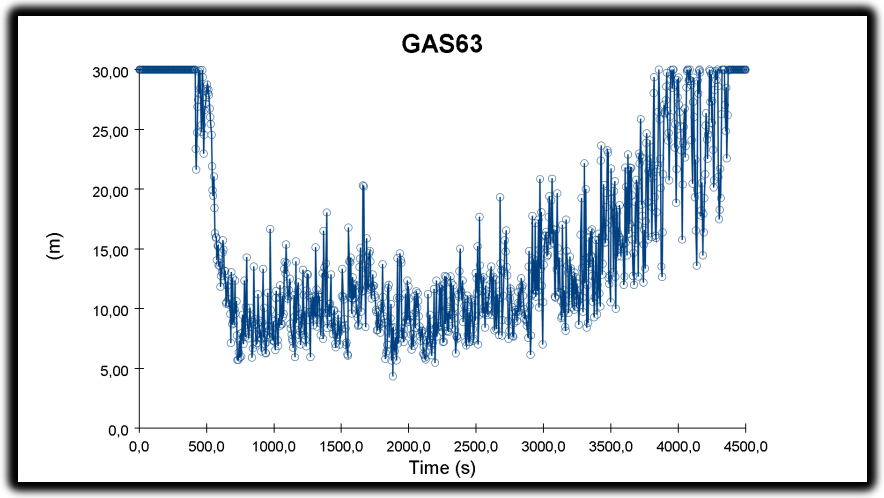
SENZA FOTOVOLTAICO



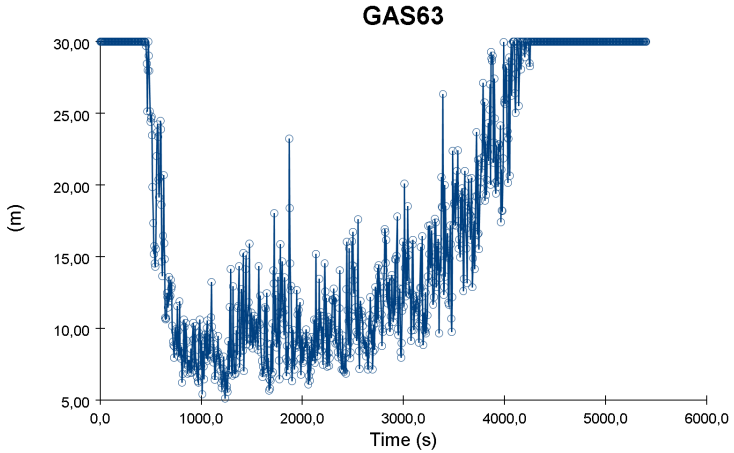
CON FOTOVOLTAICO



SENZA FOTOVOLTAICO



CON FOTOVOLTAICO



CONFRONTO

Un esempio di applicazione FSE per verificare l'efficacia **del sistema di controllo del fumo e del calore**

Diego Cecchinato, *Ingegnere libero professionista*

L'abstract
La diffusione degli impianti fotovoltaici in copertura ha avuto come conseguenza la necessità di studiarne e valutarne l'impatto sulla sicurezza antincendio. Come riportato nel D.M. 18/10/2019 e nella Nota DCPREV prot n. 1324 del 7/2/2012, occorre esaminare l'interferenza del sistema di controllo del fumo e calore con altri elementi dell'attività, con lo scopo di non comprometterne il funzionamento e di non propagare l'incendio ad eventuali attività vicine. A tal proposito l'ampia diffusione nel panorama nazionale di coperture con geometrie a shed o comunque di geometria complessa rende difficoltoso valutare l'impatto degli impianti fotovoltaici, installati su tali coperture, nei confronti del sistema di controllo del fumo e del calore. Questo articolo, dopo un inquadramento iniziale, attraverso l'utilizzo della fluidodinamica computazionale individua indicatori di pericolosità quantitativi a supporto della progettazione della sicurezza antincendio, analizzando l'influenza sul sistema di controllo del fumo e del calore dell'impianto fotovoltaico installato su una copertura a shed. In seconda battuta per lo stesso caso, viene poi analizzata anche l'influenza del vento sul sistema di controllo del fumo e del calore.

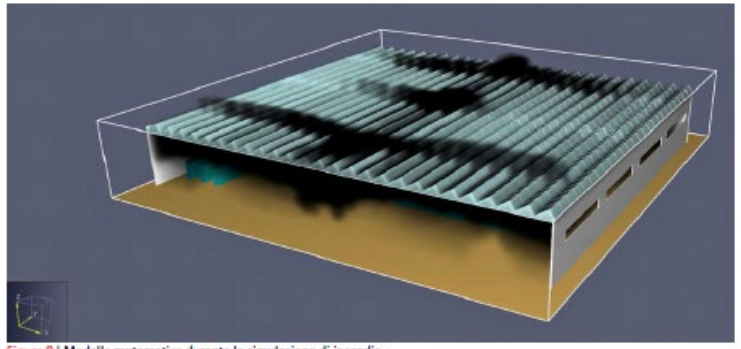


Figura 8 | Modello matematico durante la simulazione di incendio

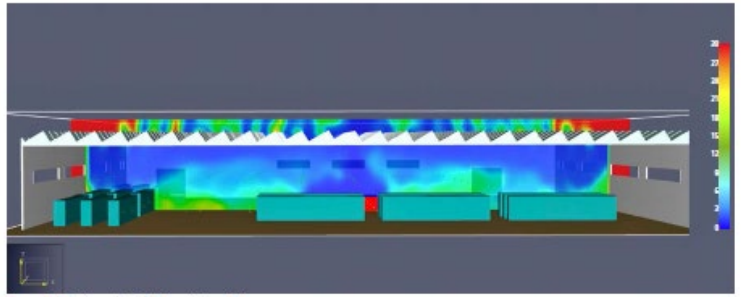
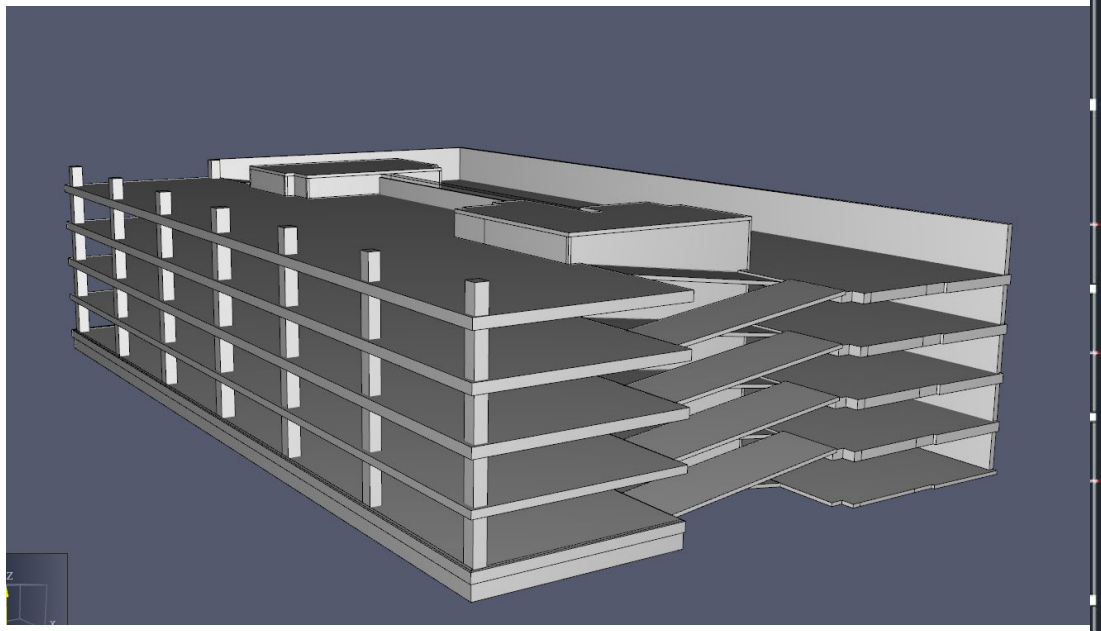
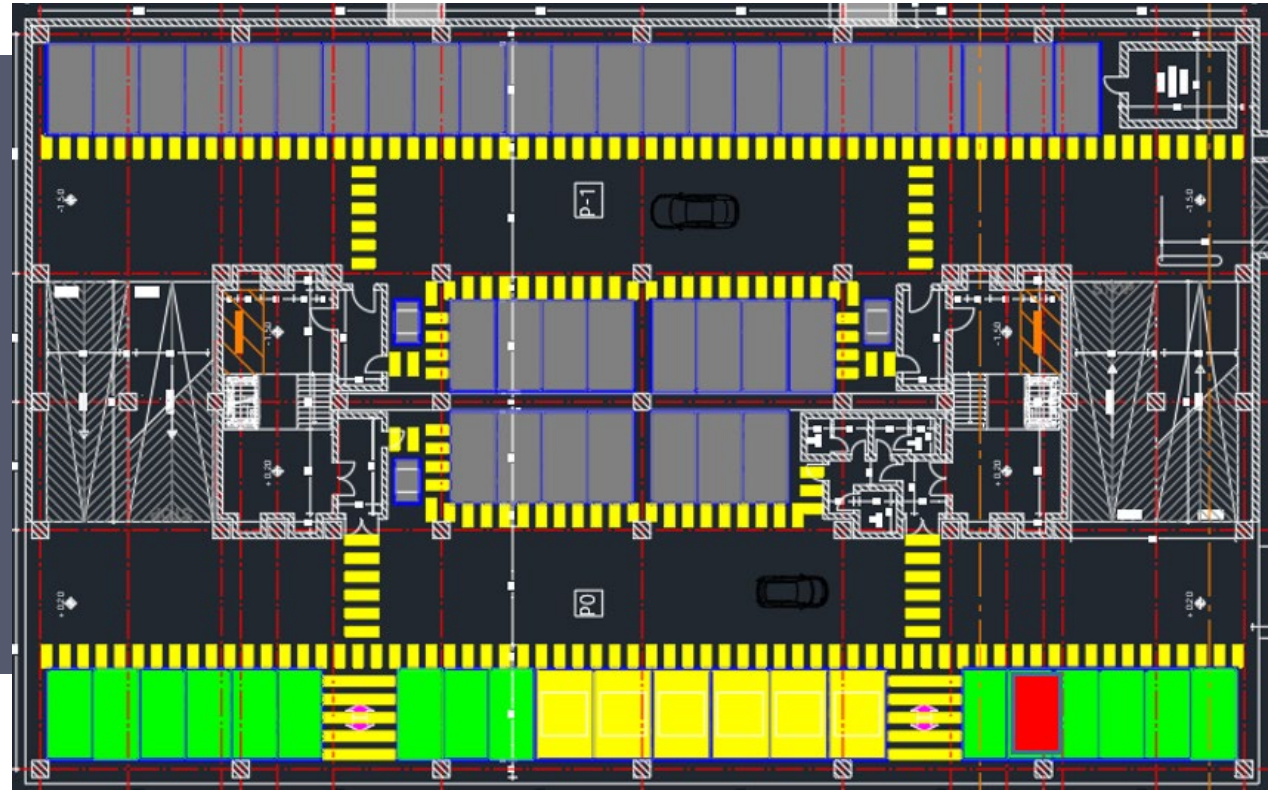


Figura 9 | Sezione di visibilità sul piano XZ

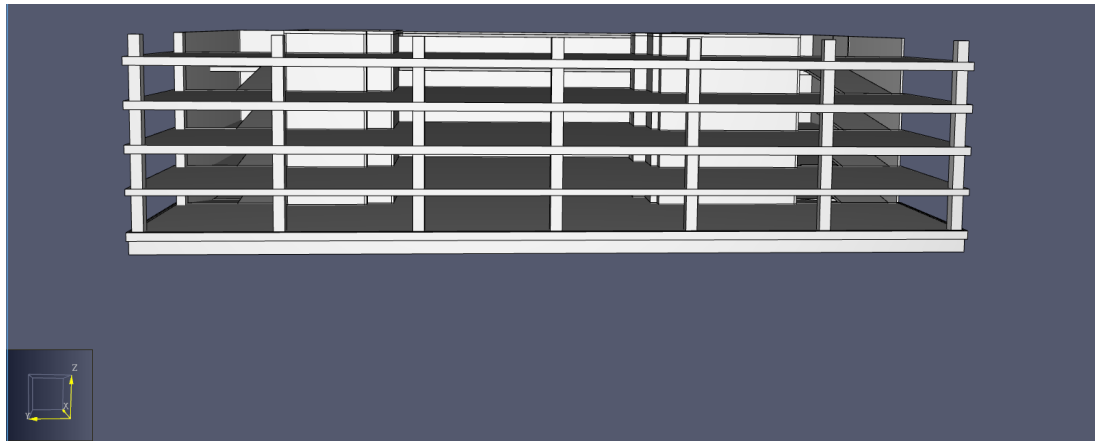
Autorimessa

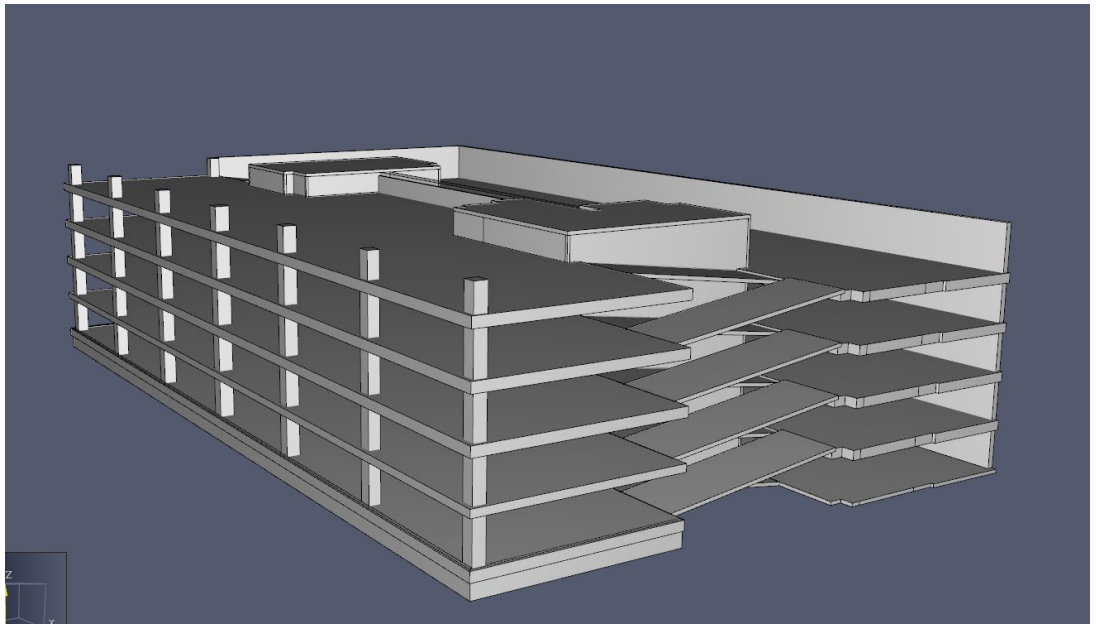
- Problema di esodo. Una volta entrati in un vano protetto occorre defluire in un luogo sicuro. Non in altro compartimento

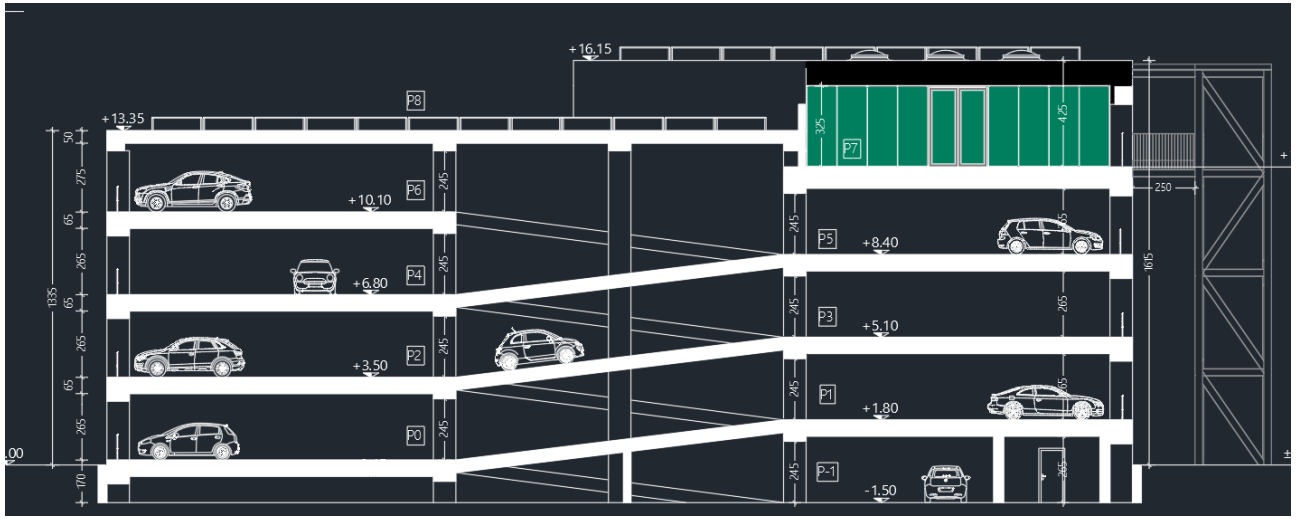




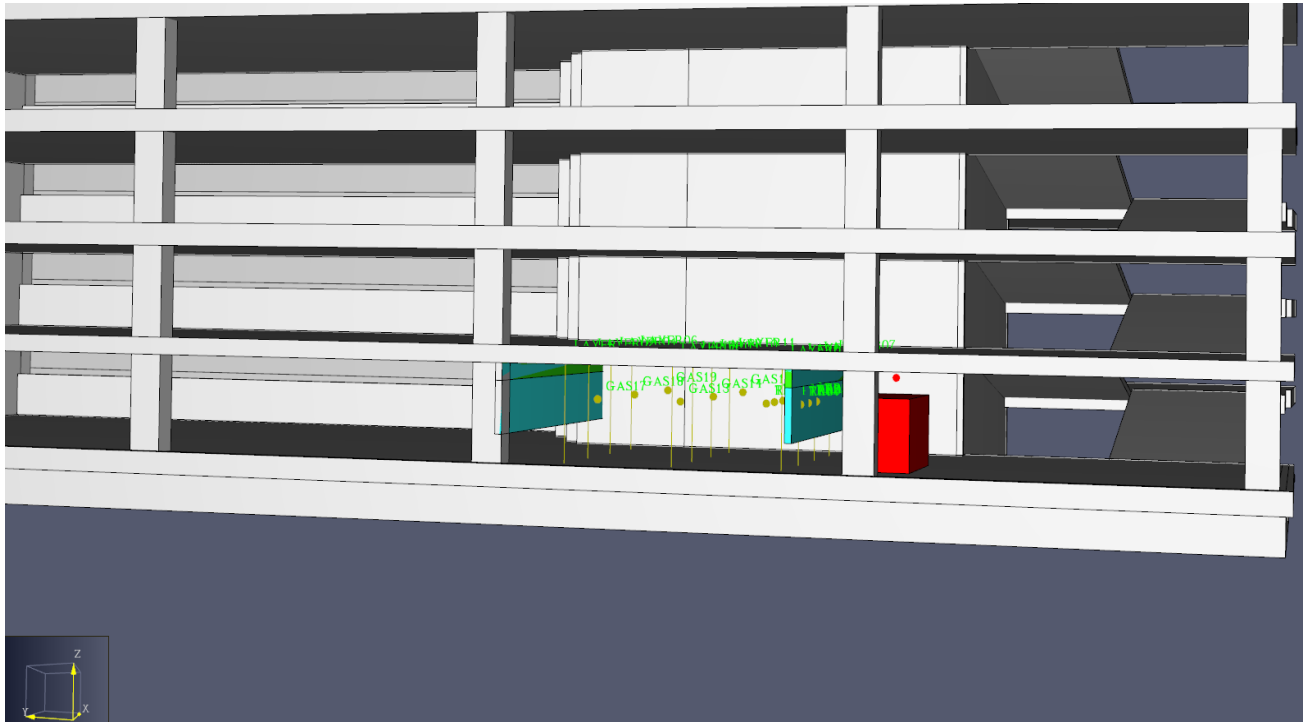
Autorimessa



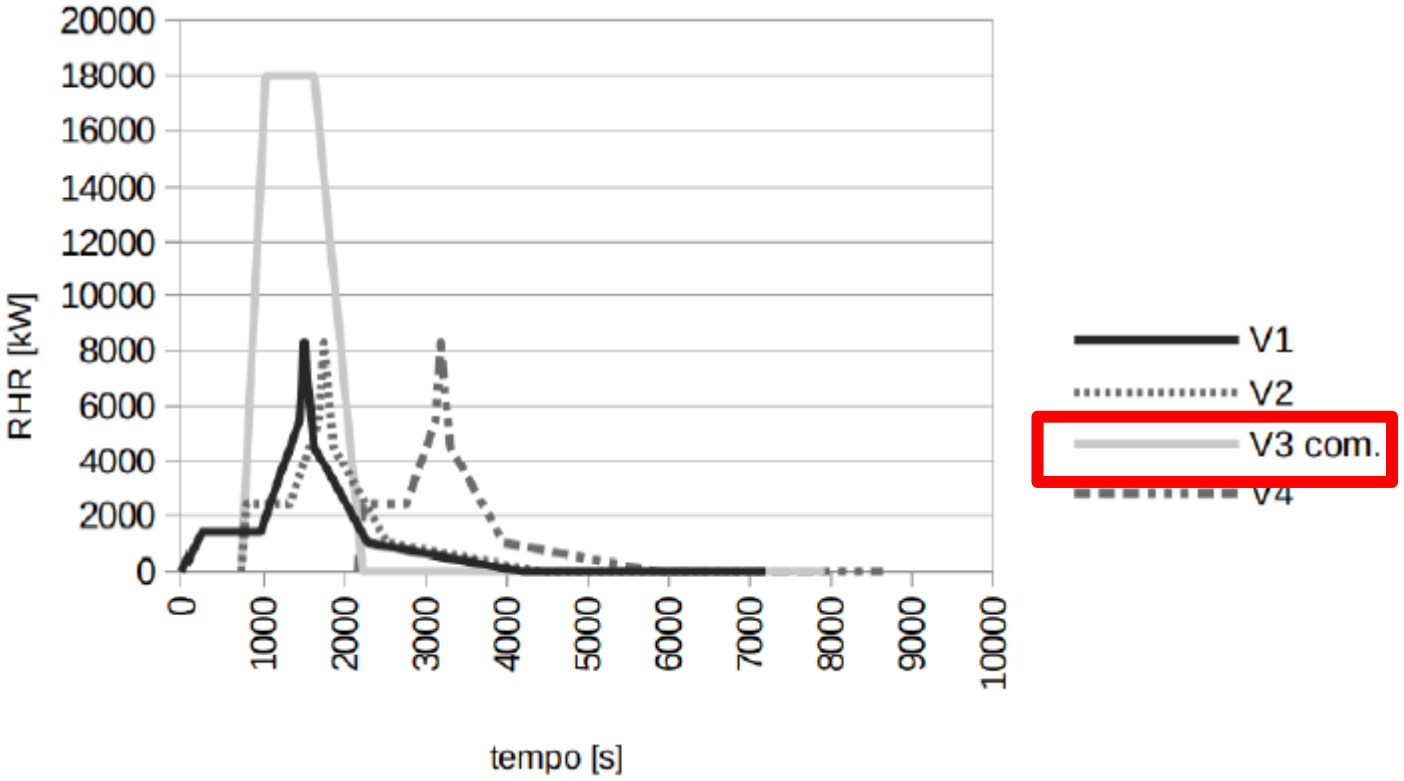




IPOTESI SOLUZIONE – LAME D'ACQUA



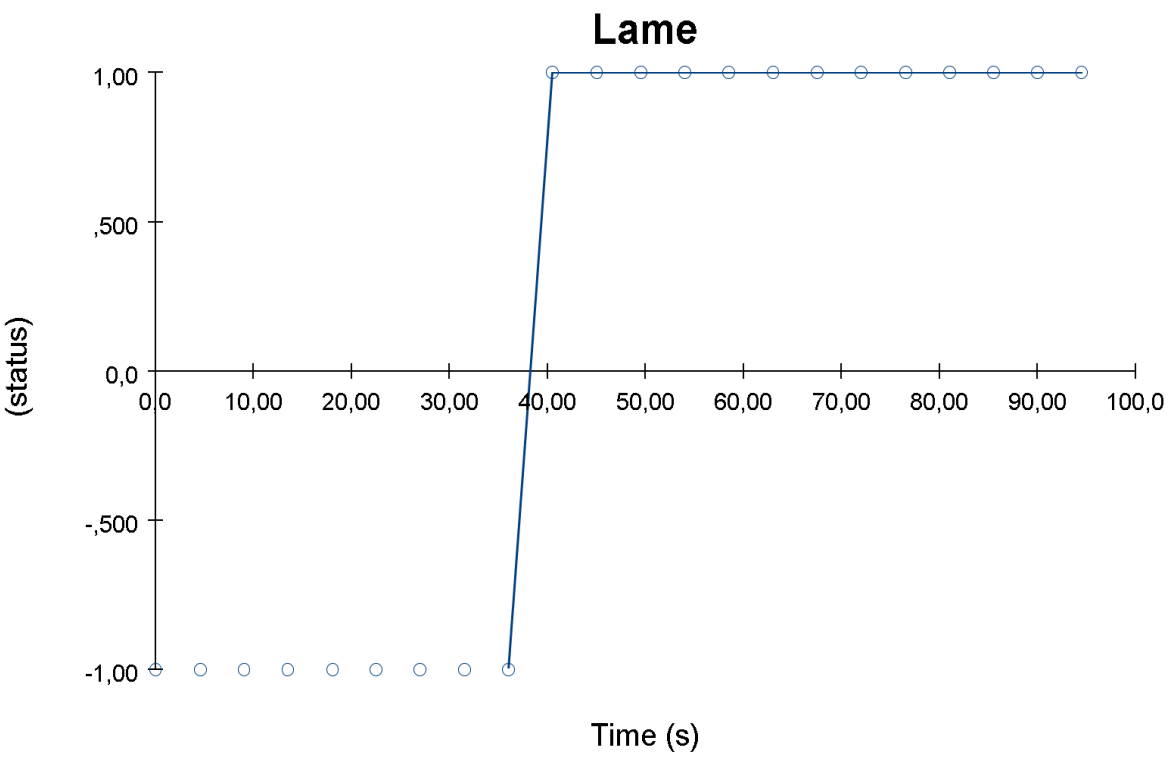
AUTORIMESSA



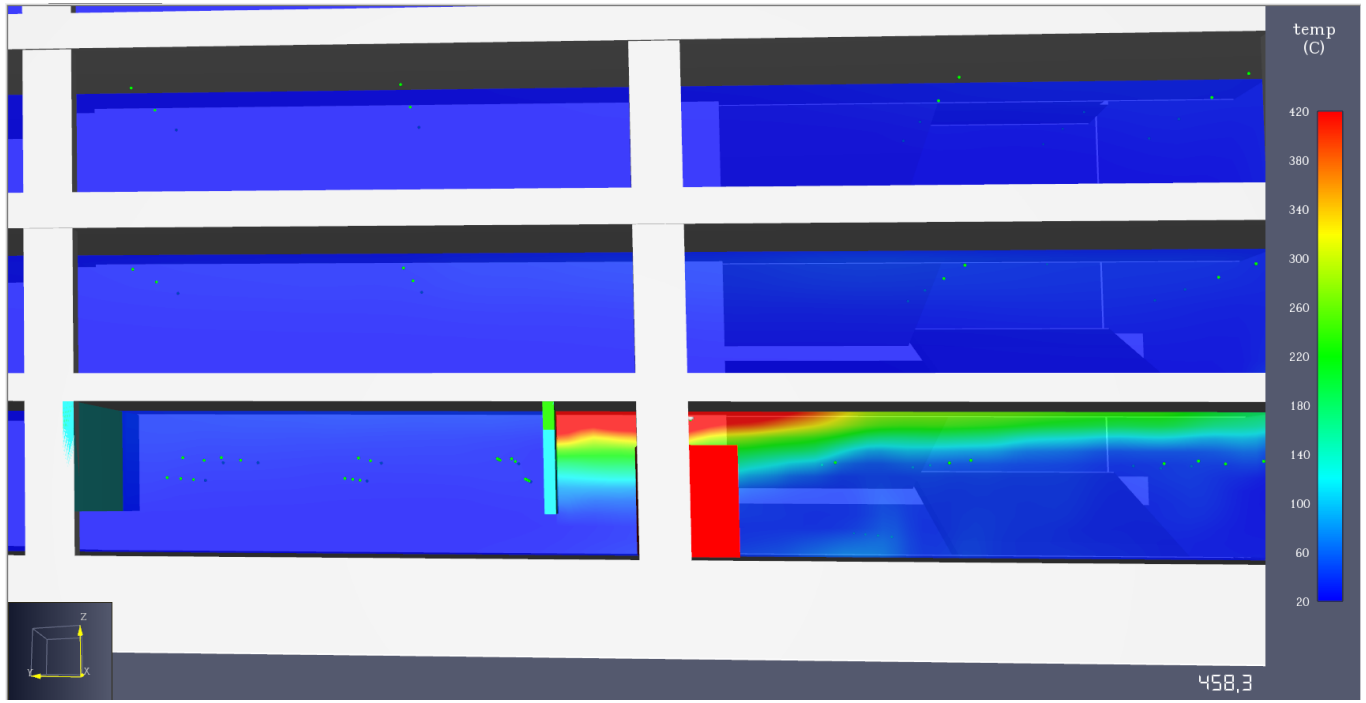
AUTORIMESSA

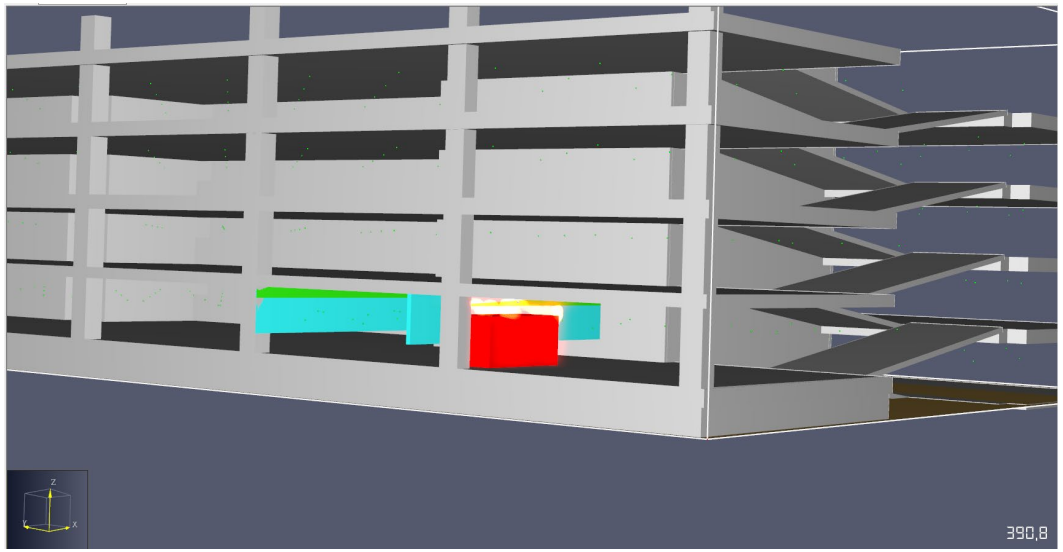
Modello	Prestazione	Soglia di prestazione	Riferimento
Oscuramento della visibilità da fumo	Visibilità minima di pannelli riflettenti, non retroilluminati, valutata ad altezza 1,80 m dal piano di calpestio	Occupanti: 10 m Occupanti in locali di superficie lorda < 100m²: 5 m	ISO 13571:2012
		Soccorritori: 5 m Soccorritori n locali di superficie lorda < 100m²: 2,5 m	[1]
Gas tossici	FED, *fractional effective dose* e FEC, *fractional effective concentration* 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/m²	ISO 13571:2012, per esposizioni inferiori a 30 minuti
		Soccorritori: 3 kW/m²	[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.			

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

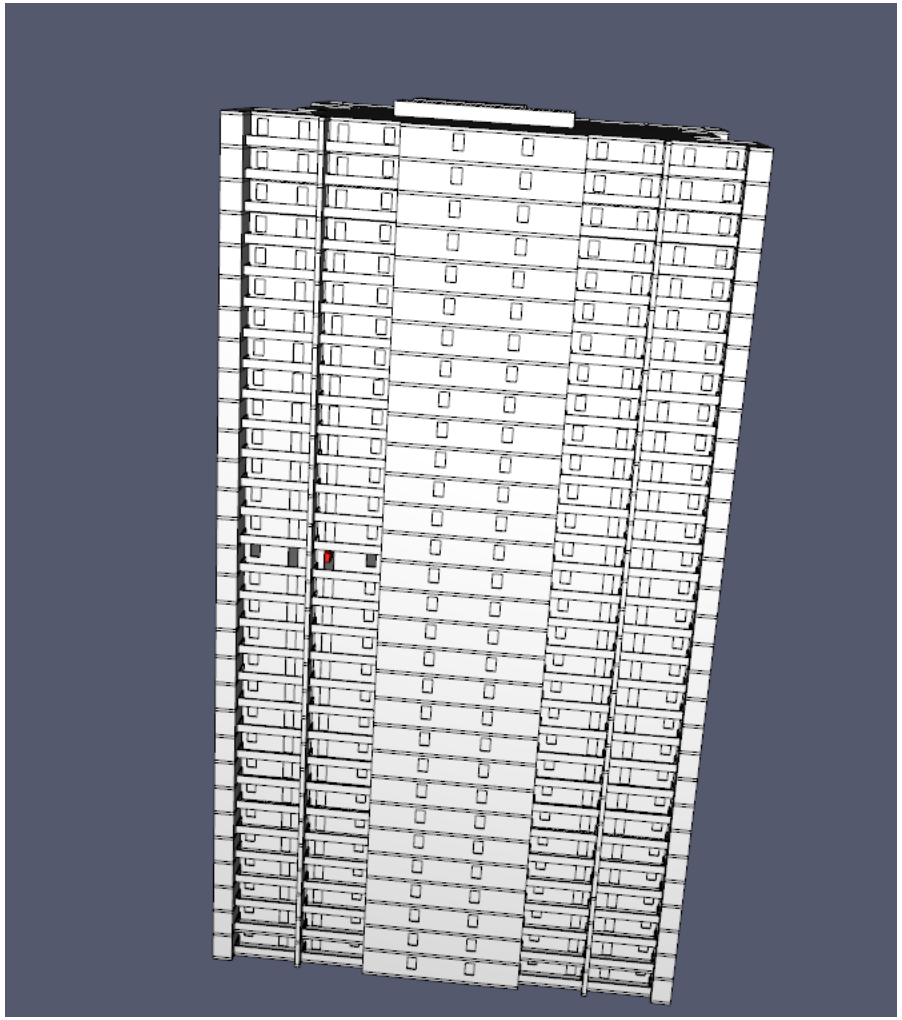


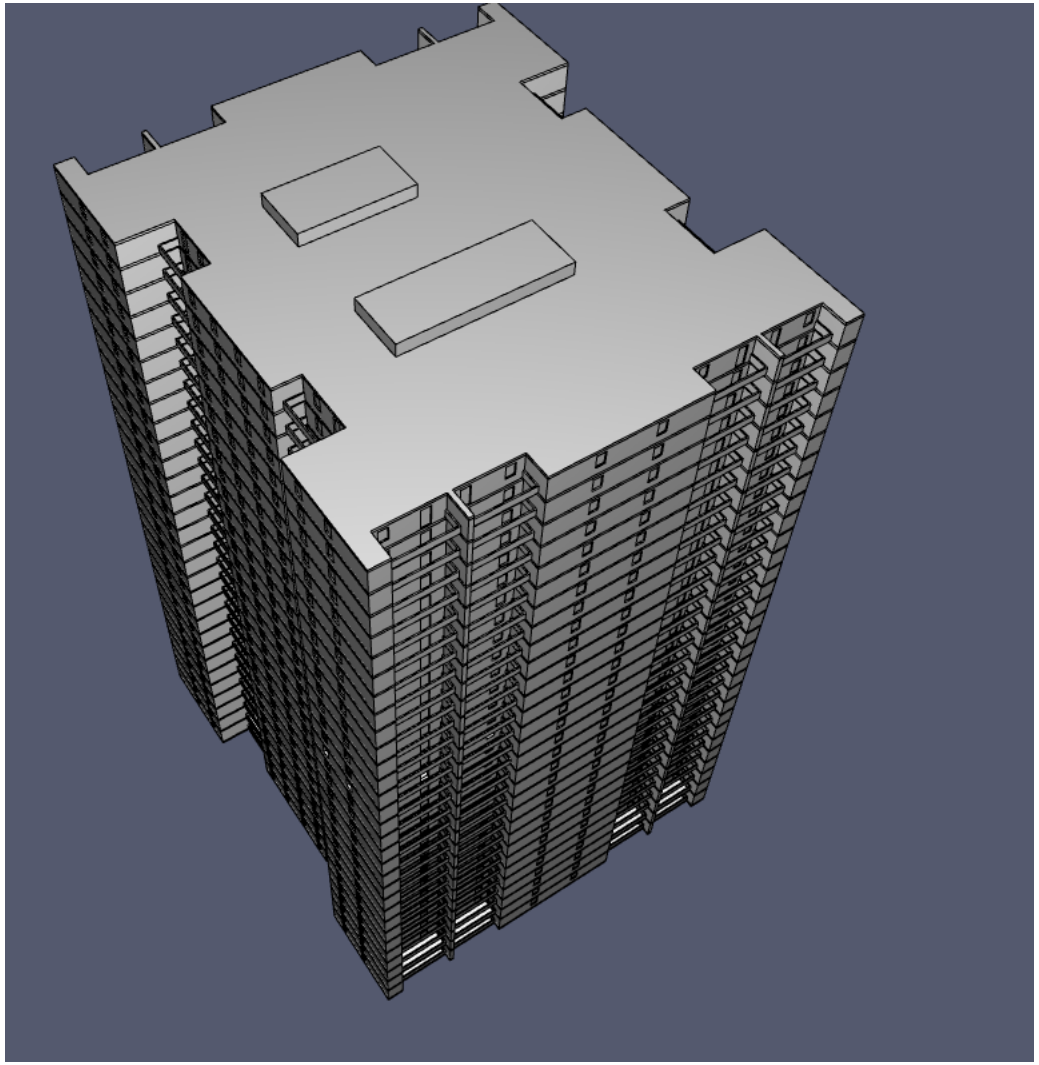
AUTORIMESSA



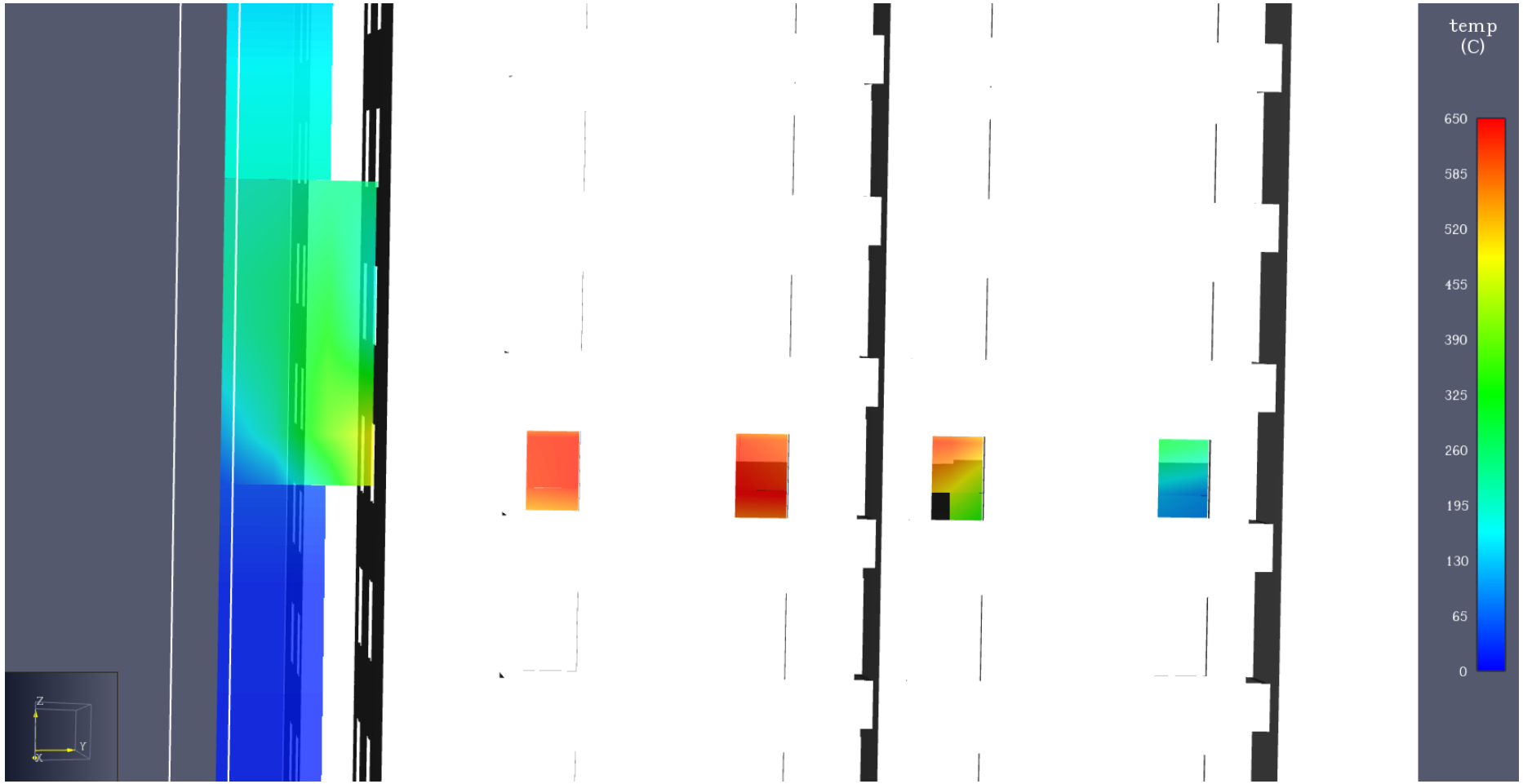


FSE FACCIATE?

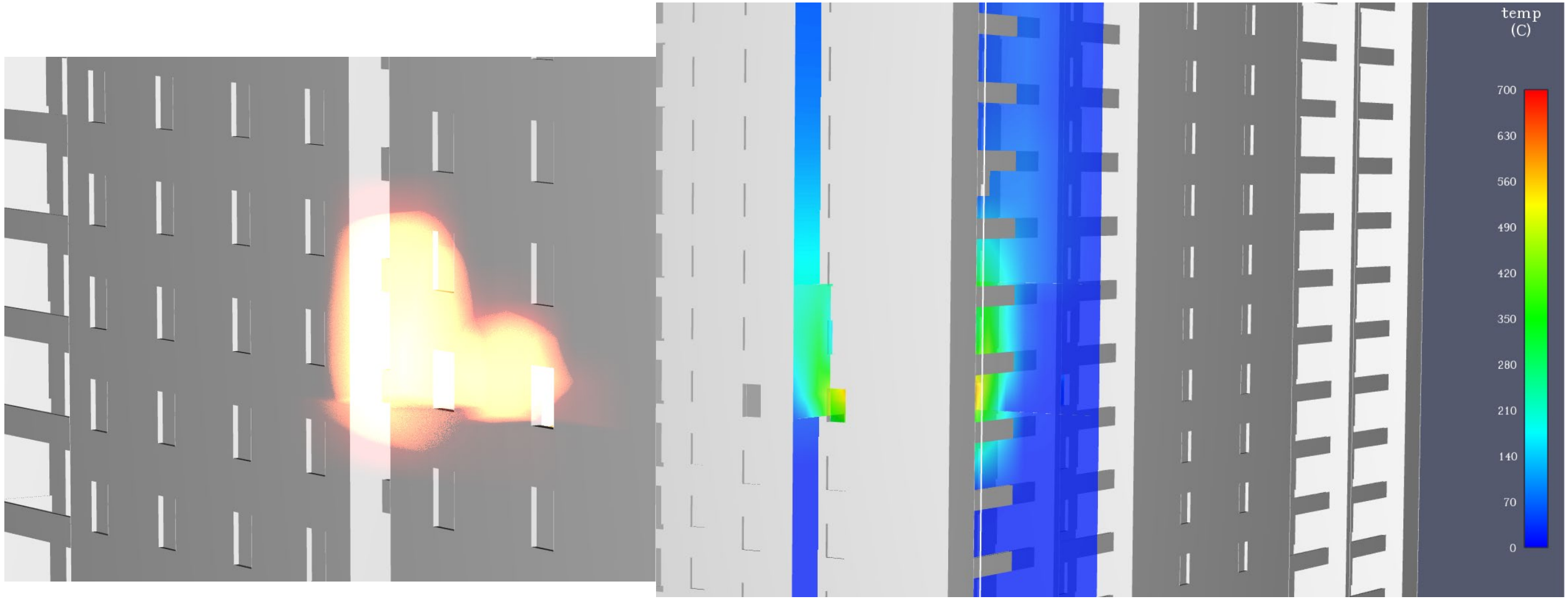




FSE FACCIATE?



FSE FACCIATE?



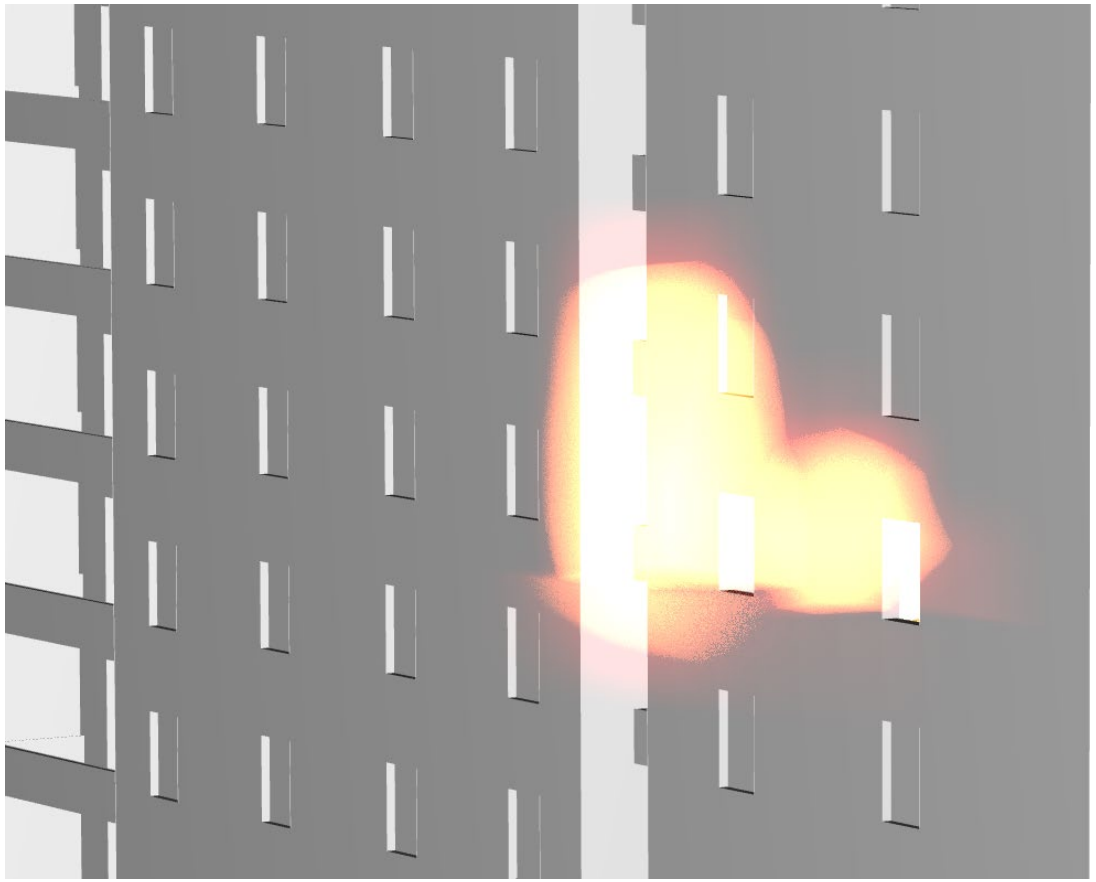
Cosa si può dimostrare in questo caso?

- **Che i vetri della finestre non si rompono. Ha senso dimostrarlo?**

- **Affidabilità del modello di calcolo. Che mesh devo fare per uno studio così dettagliato??**

- **Risultati simili al test sperimentali. Ha senso dimostrarlo?**

Ing. Diego Cecchinato 2023 ©



Essais LEPIR - Efectis France

CENTRO COMMERCIALE – Soluzione alternativa S.2

DESCRIZIONE

- Centro Commerciale con strutture in acciaio
- Richiesta strutture R60
- In fase di rinnovo CPI, si è riscontrato un grave ammaloramento del trattamento con vernici intumescenti. Il trattamento esterno, presentava evidenti distacchi.

CENTRO COMMERCIALE

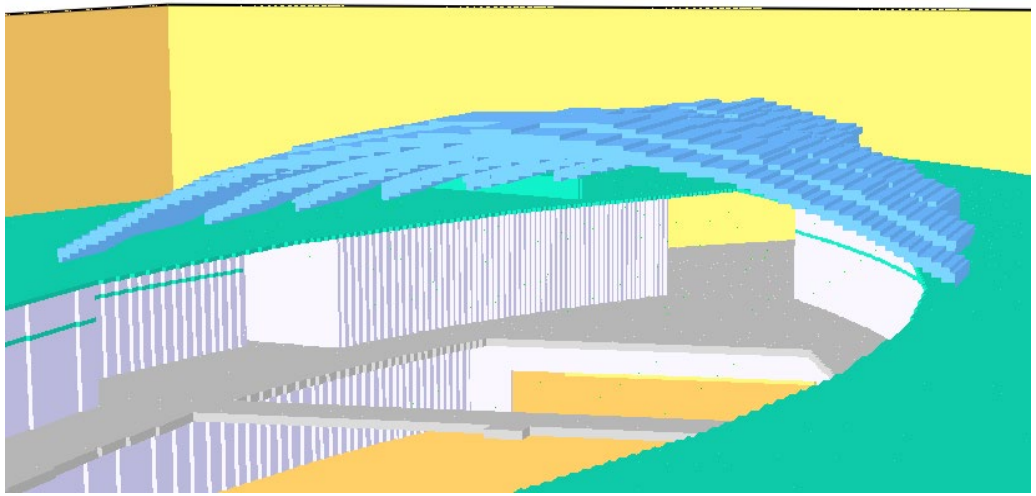
SOLUZIONI CONFORME

Sabbiare e Trattare nuovamente

SOLUZIONI ALTERNATIVA

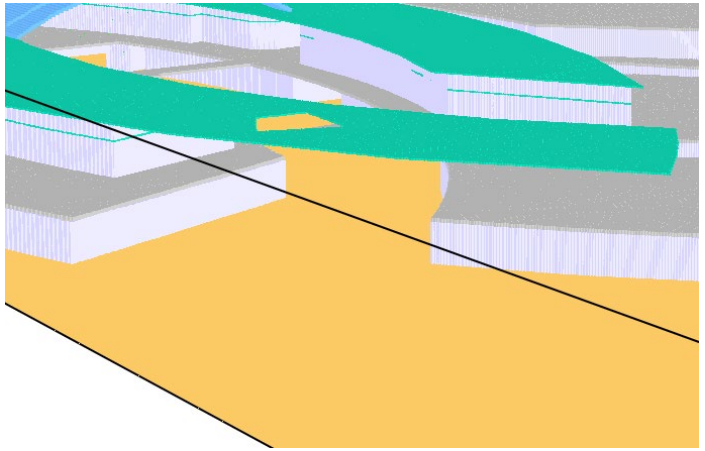
Approccio ingegneristico con soluzione FSE.

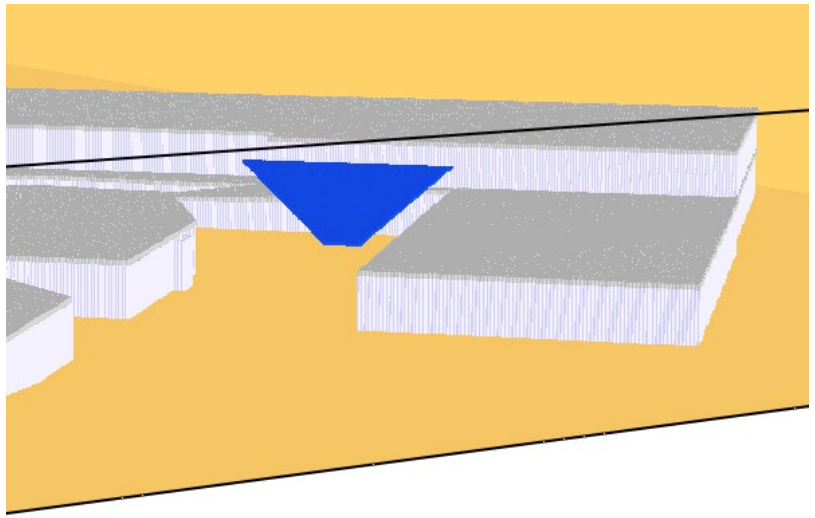
In Prima istanza si scelgono le posizioni e gli scenari

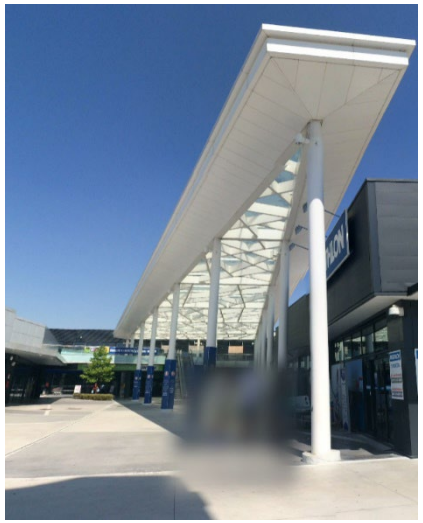


CENTRO COMMERCIALE

In Prima istanza si scelgono le posizioni e gli scenari







Parametro	Focolare predefinito	
	per attività civile	per altre attività
Velocità caratt. di crescita dell'incendio t_α	150 s (*fast*)	75 s (*ultra-fast*)
RHR_{max} totale RHR_{max} per m² di superficie del focolare	5 MW 250-500 kW/m² [1]	50 MW 500 -1000 kW/m² [1]
Resa in particolato Y_{soot}	Pre flashover: 0,07 kg/kg [2,3] Post flashover: 0,14 kg/kg [2,3]	Pre flashover: 0,18 kg/kg [4] Post flashover: 0,36 kg/kg [4]
Resa in monossido di carbonio Y_{CO}	Pre flashover: 0,10 kg/kg [5] Post flashover: 0,40 kg/kg [5]	
Calore di combustione effettivo ΔH_c	20 MJ/kg [3]	
Resa in biossido di carbonio Y_{CO2}	1,5 kg/kg [3,6]	
Resa in acqua Y_{H2O}	0,82 kg/kg [3,6]	
Frazione di RHR in irraggiamento (*Radiative fraction*)	35% [3]	

[1] Da impiegare in alternativa all'RHR_{max} totale, considerando la massima superficie del focolare, pari al compartimento antincendio nel caso di carico di incendio uniformemente distribuito, ma che può essere un valore inferiore nel caso d'incendio localizzato.

[2] Robbins A P, Wade C A, Study Report no 185 *"Soot Yield Values for Modelling Purposes - Residential Occupancies"*, BRANZ, 2008

[3] *"C/VM2 Verification method: Framework for fire safety design"*, New Zealand Building Code

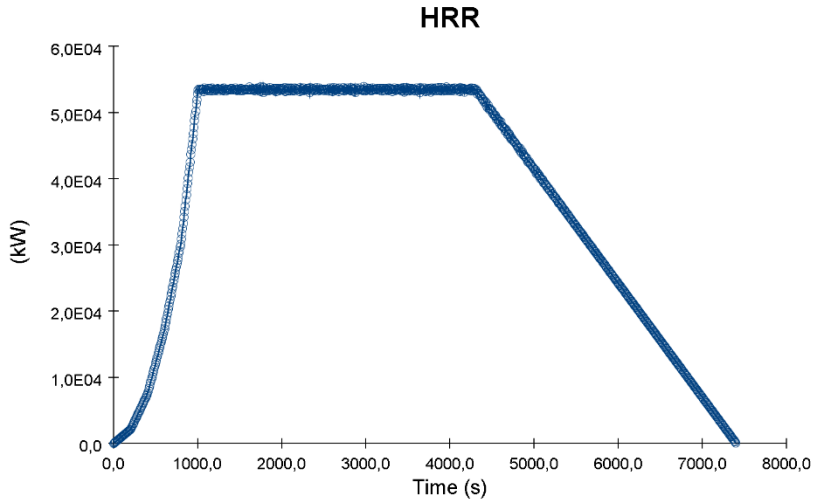
[4] *"SFPE handbook of fire protection engineering"*, NFPA, 4th ed., 2008. Tabella 3-4.16, pag. 3-142, da *polyurethane flexible foams*.

[5] Stec A A, Hull T R, *"Fire Toxicity"*, Woodhead Pub., 2010. § 2.4 con Φ = 1,25 (*underventilated fire*)

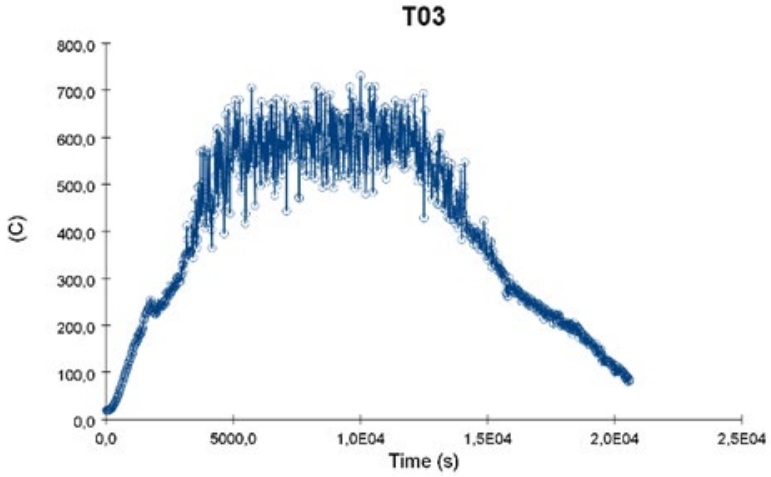
[6] In alternativa alle rese Y_{CO2} e Y_{H2O}, si può imporre nel codice di calcolo il combustibile generico $CH_2O_{0,5}$.

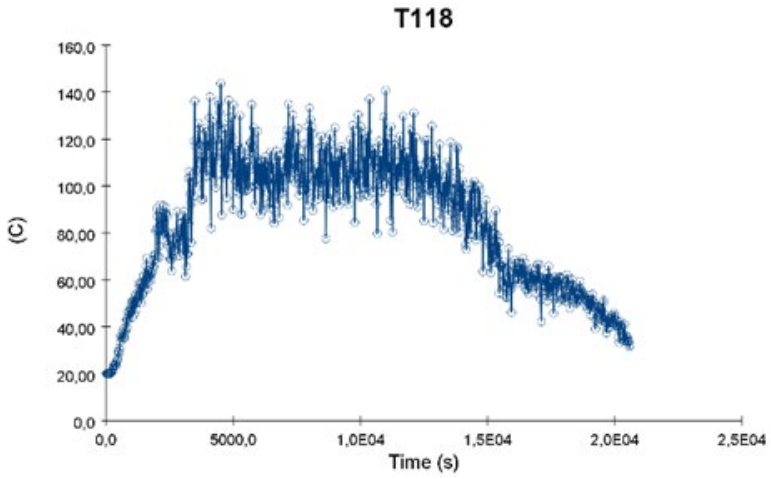
Tabella M.2-2: Focolari predefiniti

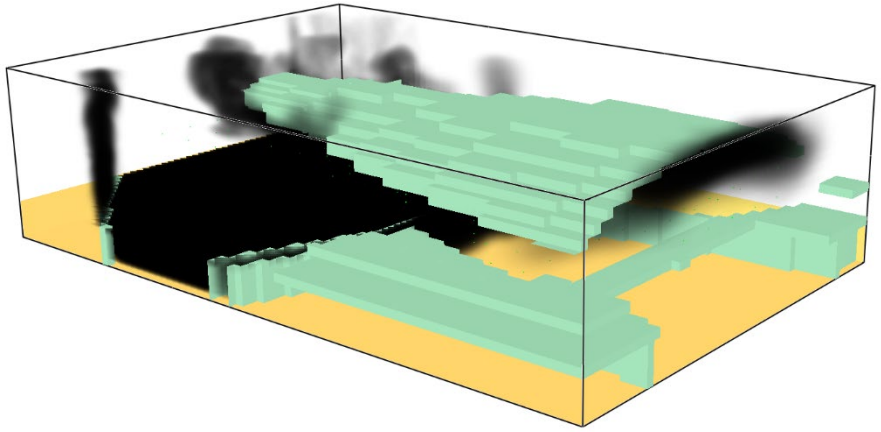
Scelta Curva RHR (Potenza dell'incendio)



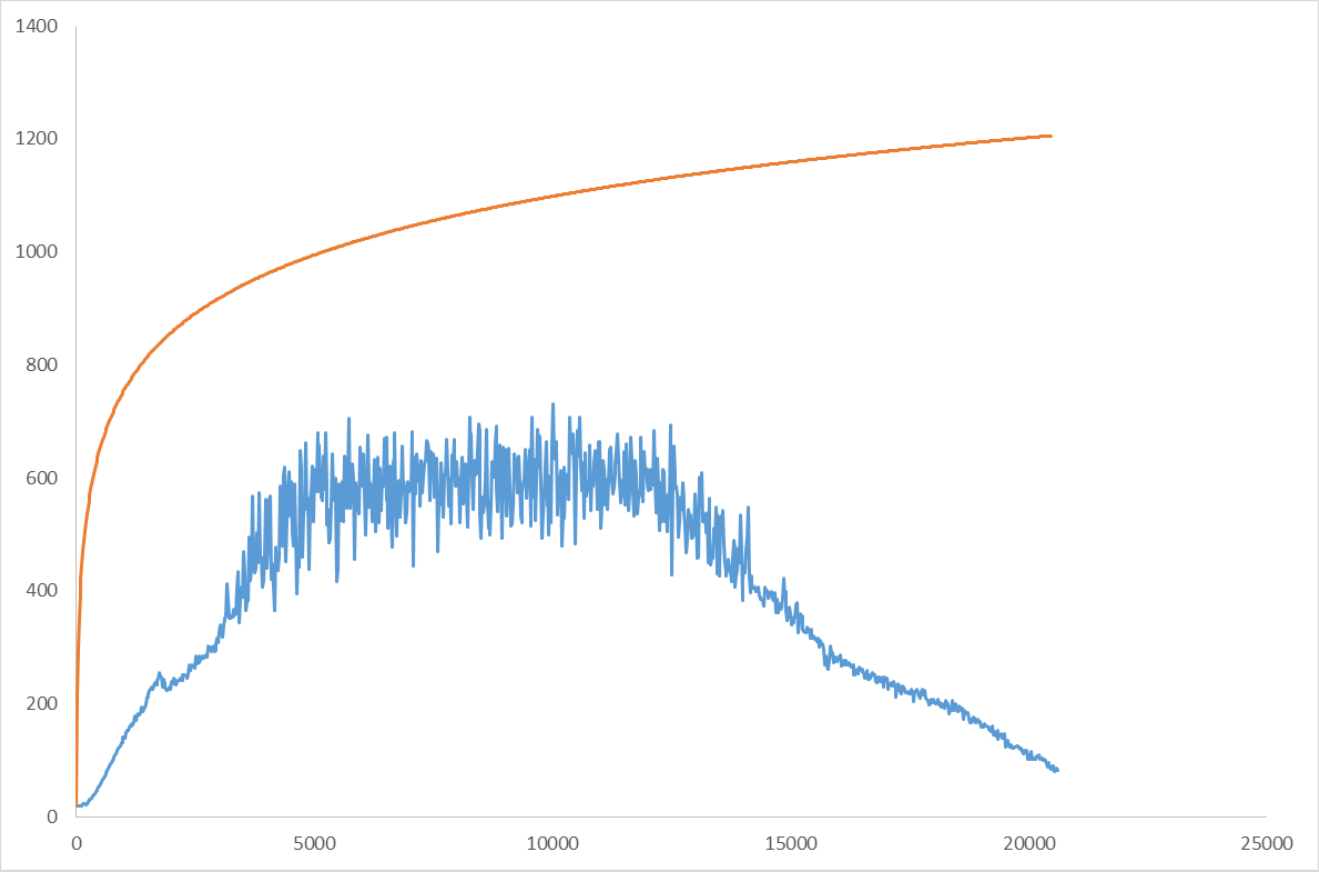
Risultati Simulazioni



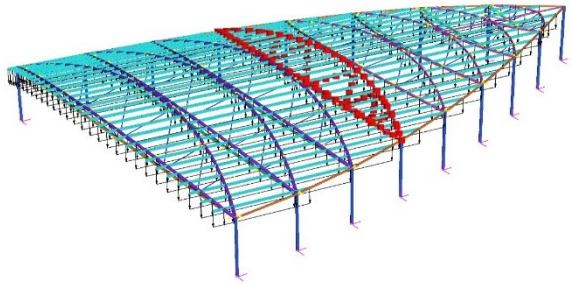


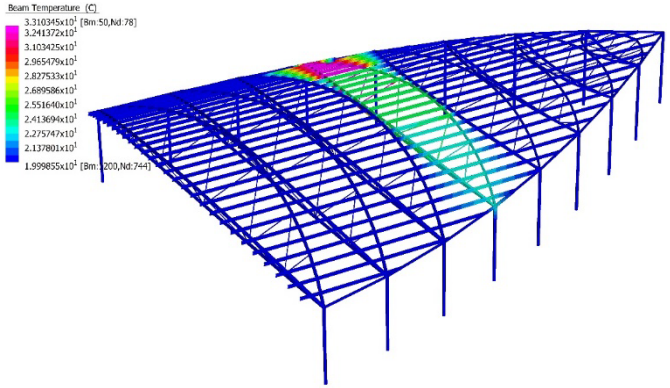


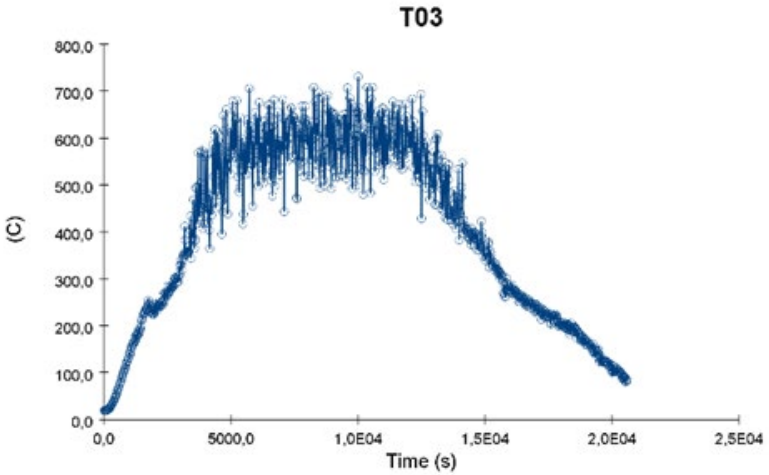
Risultati Simulazioni

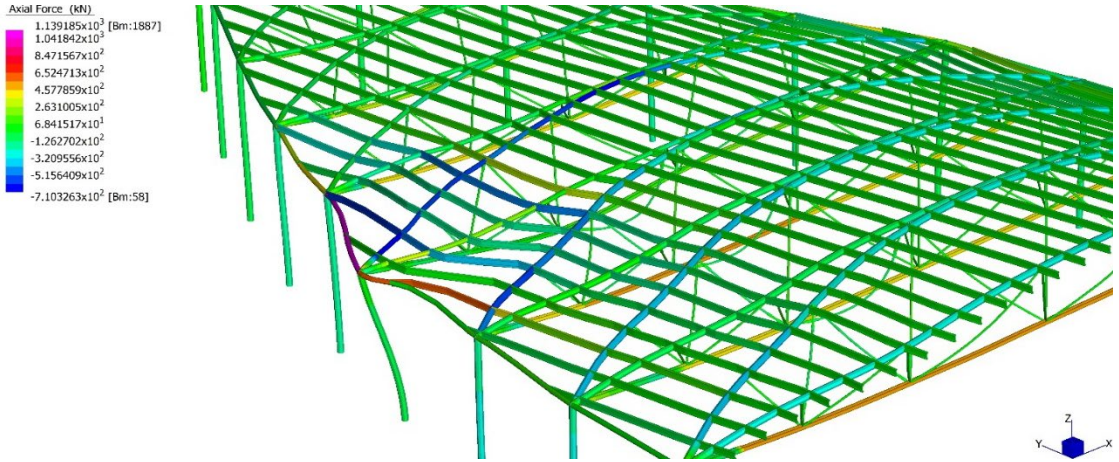


Analisi Strutturale in campo non lineare







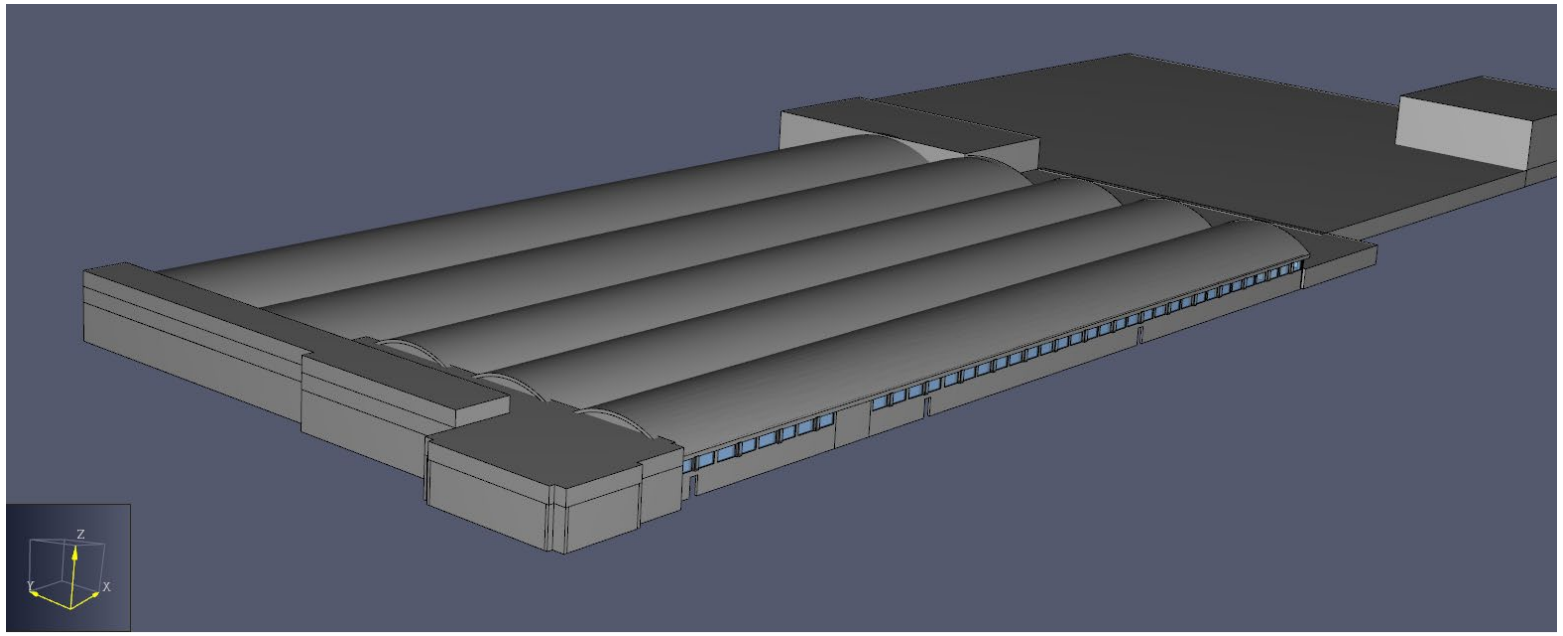


PROBLEMA
Vernici presentavano un'evidente degrado
Impresa esecutrice Fallita

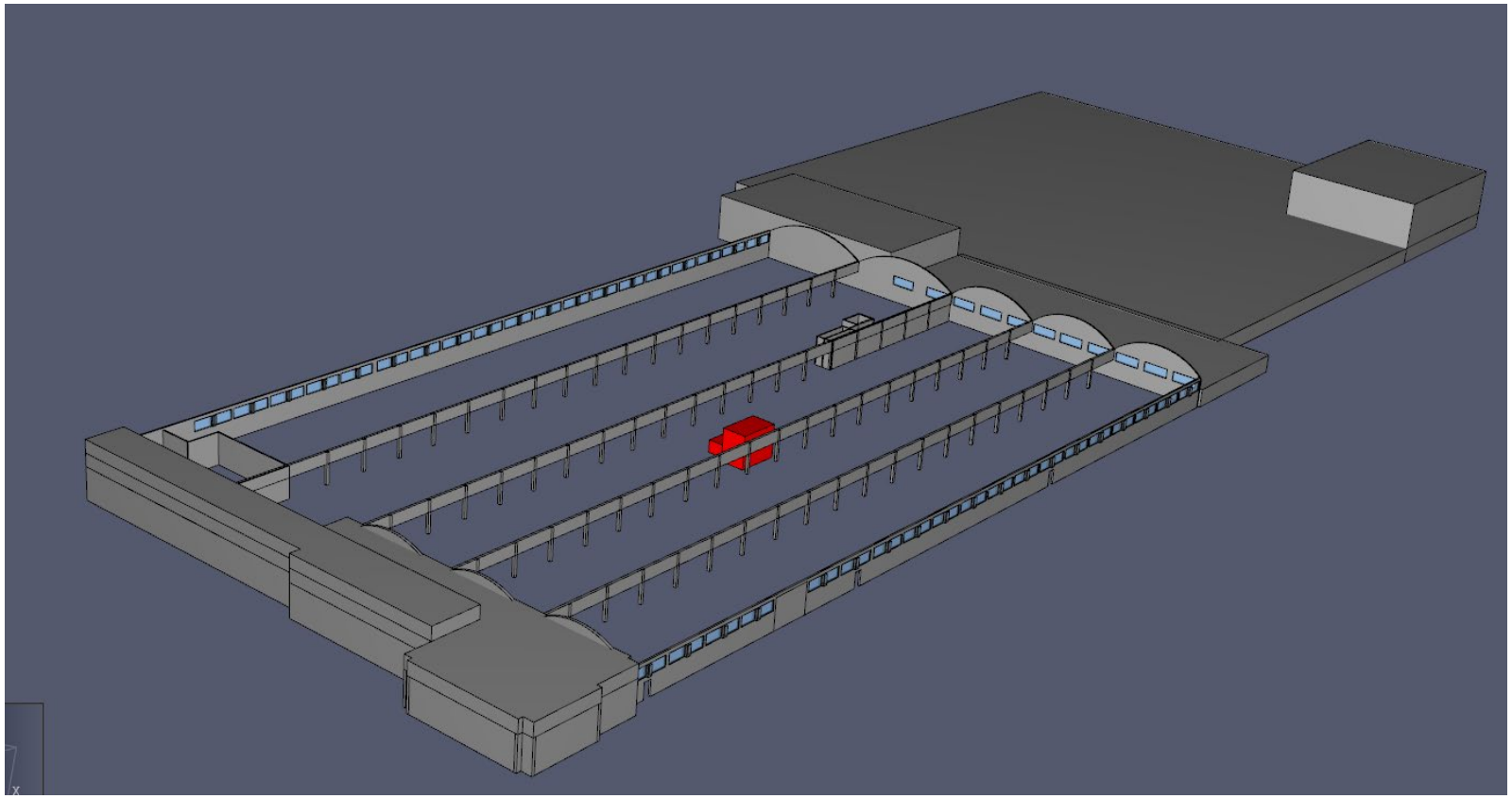
SOLUZIONE
Le coperture sono state certificate senza rifare le lavorazioni

MAGAZZINO

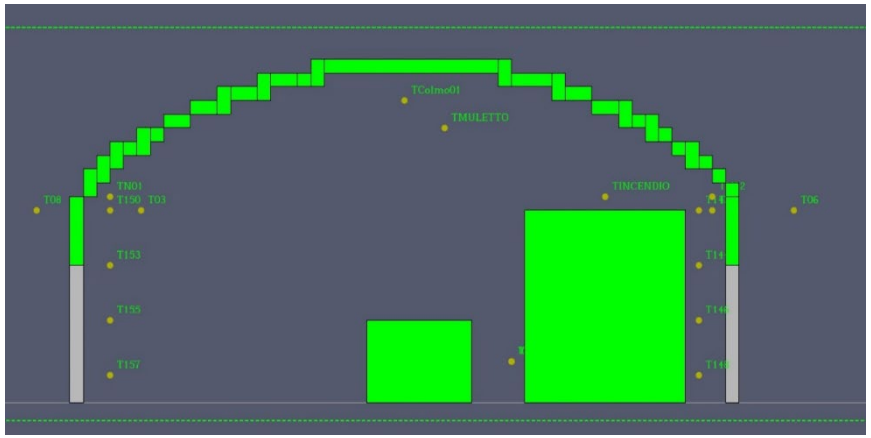
Smistamento logistico ceramiche

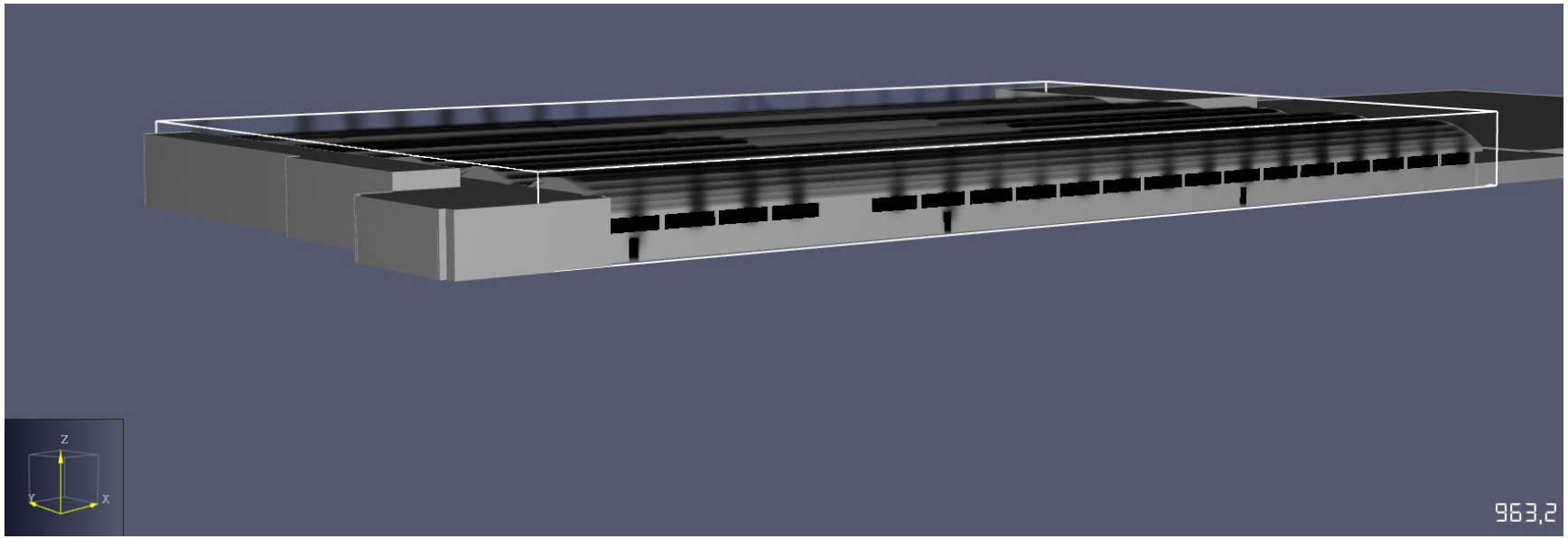


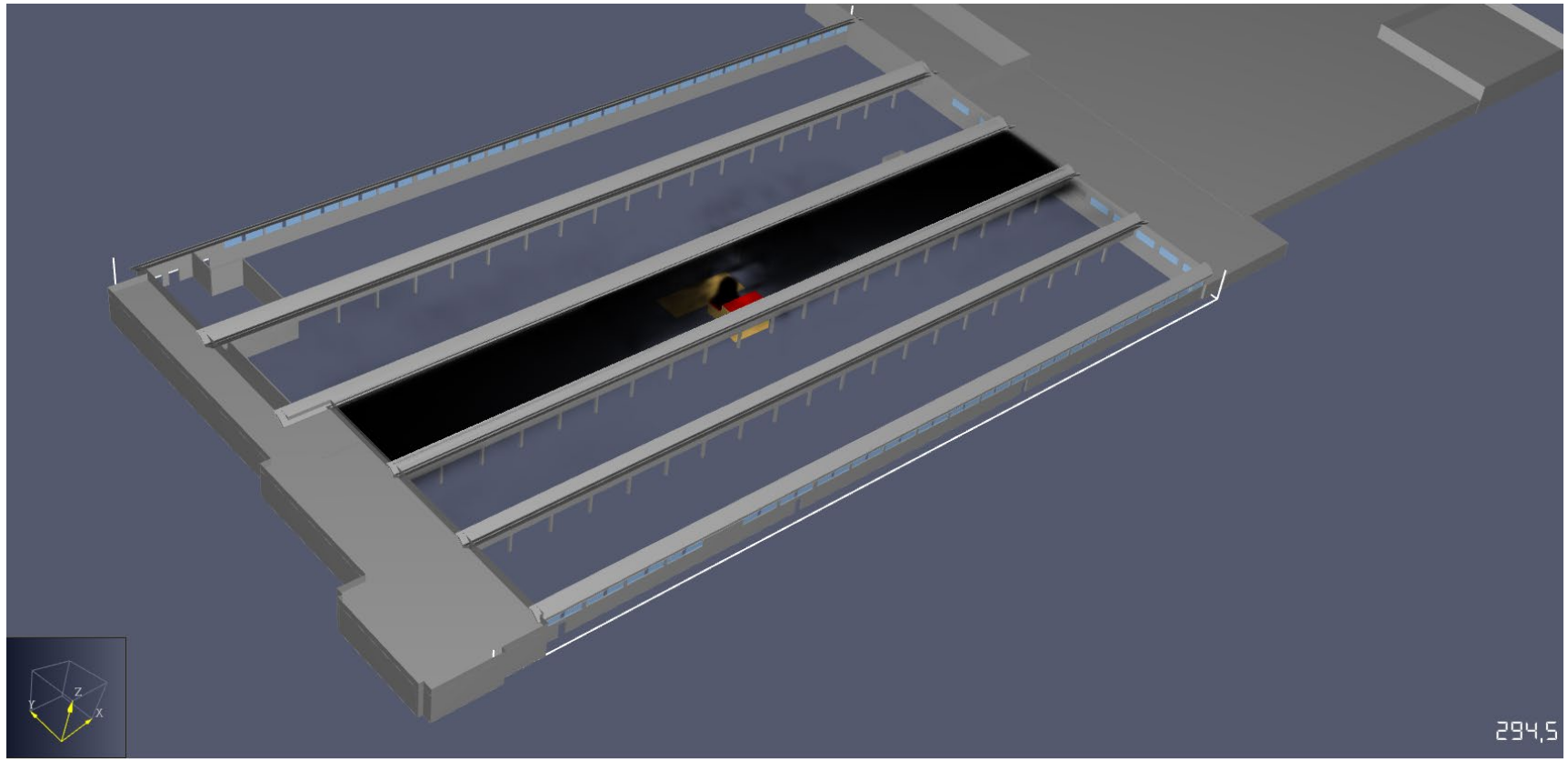
Smistamento logistico ceramiche

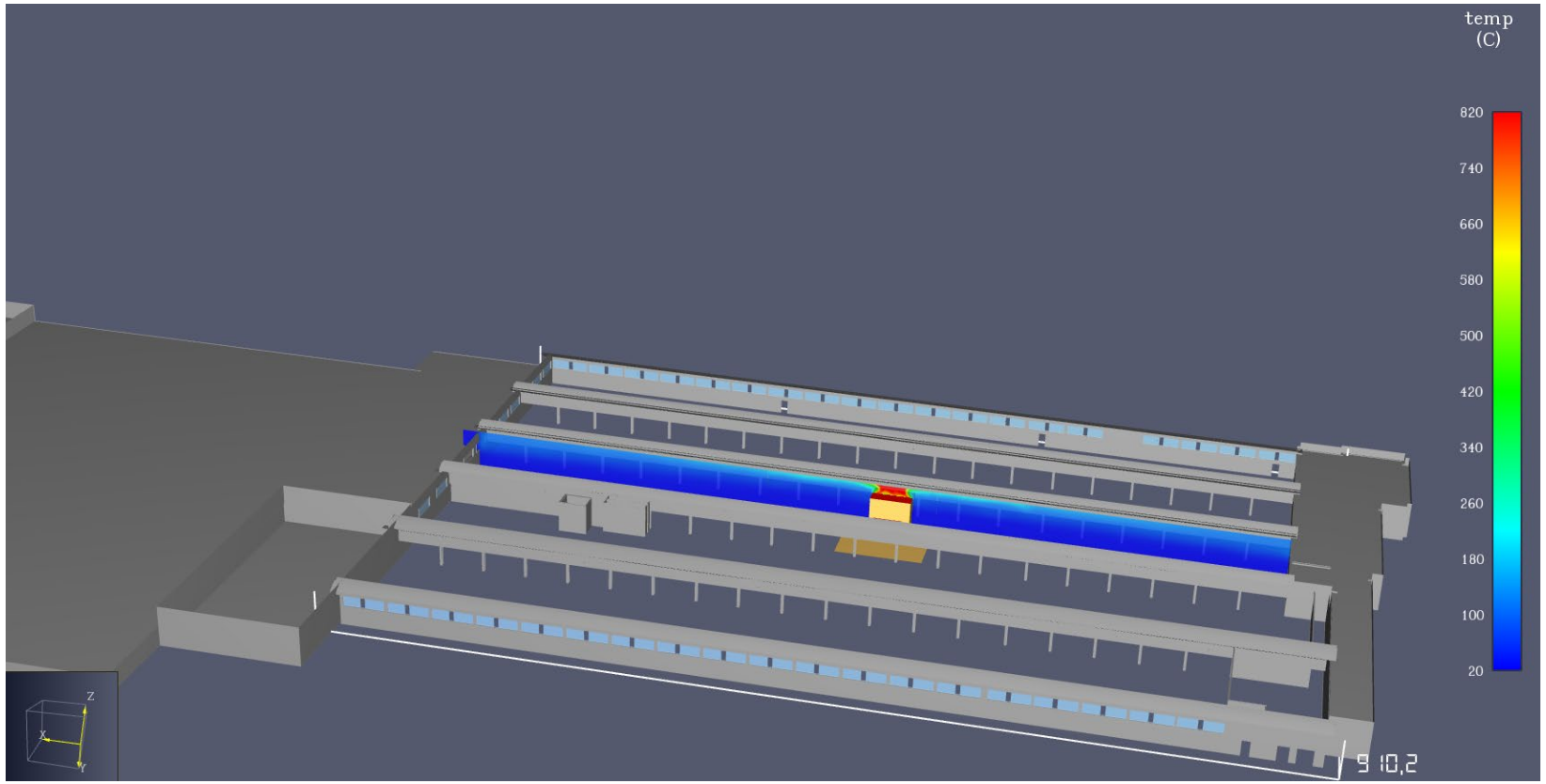


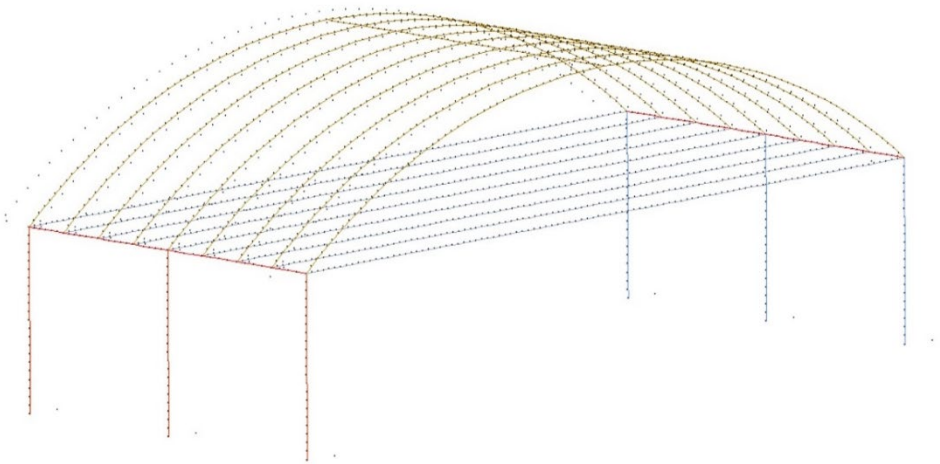
Smistamento logistico ceramiche

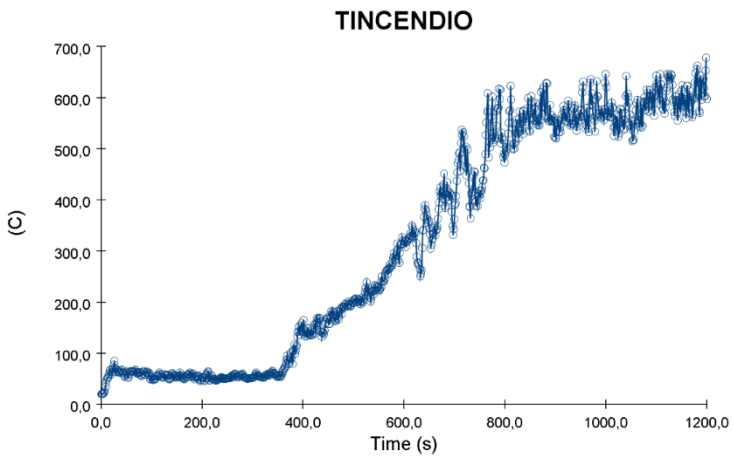


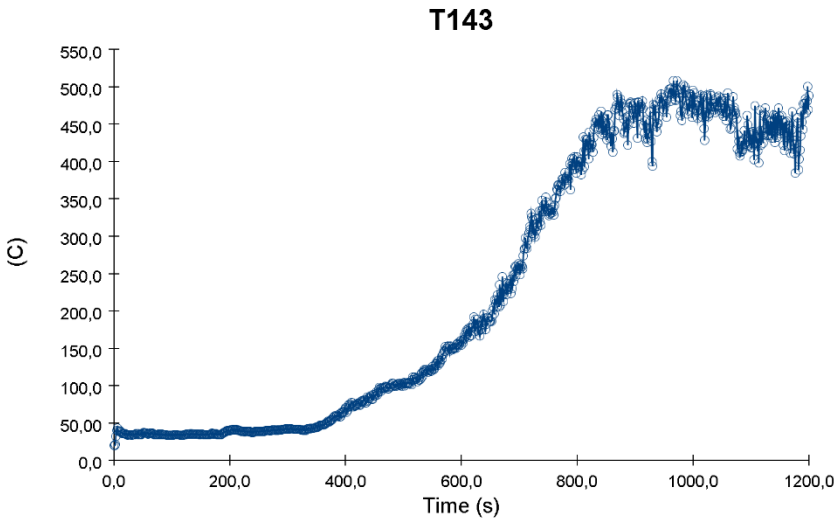

Z
Y
X
963,2


Z
Y
X
294,5


temp
(C)
820
740
660
580
500
420
340
260
180
100
20
9 10,2







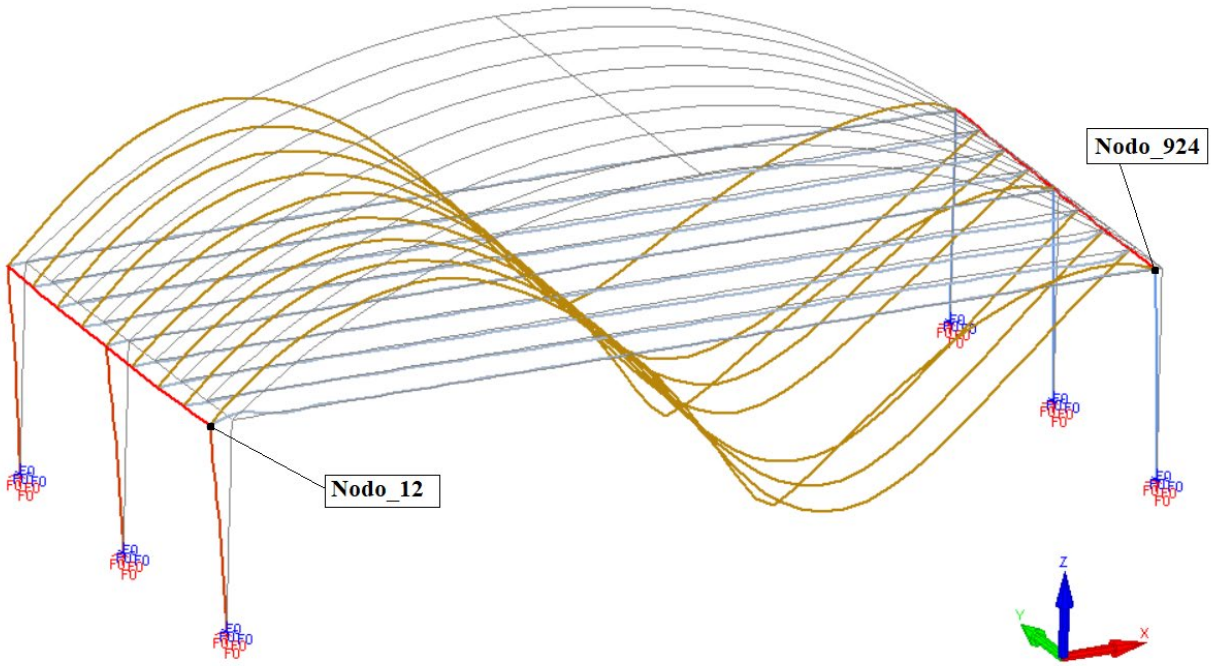
T travetto in cls

MAGAZZINO

Conclusioni:

- 15 minuti di curva naturale rispettata secondo il livello di prestazione scelto. La struttura cade dopo questo intervallo di tempo

- Nessun intervento



Seguiamo la strada FSE o no?

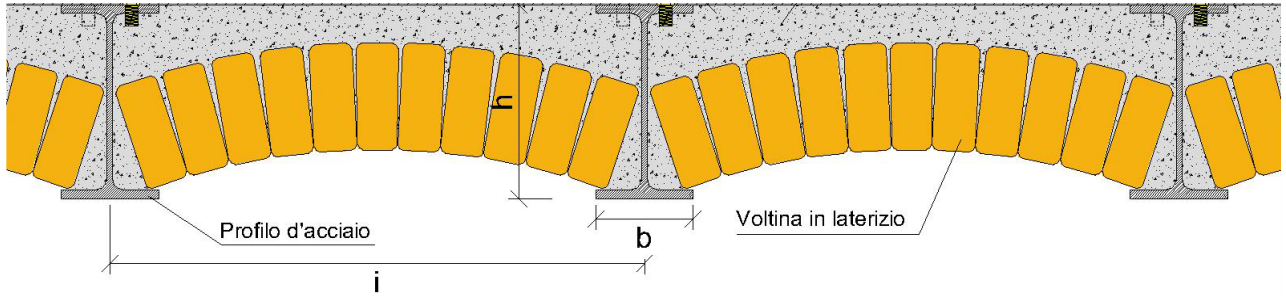
Può capitare di dovere affrontare questa scelta

SOLUZIONI CONFORME
Protezione Passiva

SOLUZIONI CONFORME

- **Approccio ingegneristico con soluzione FSE.**

Può capitare di dovere affrontare questa scelta

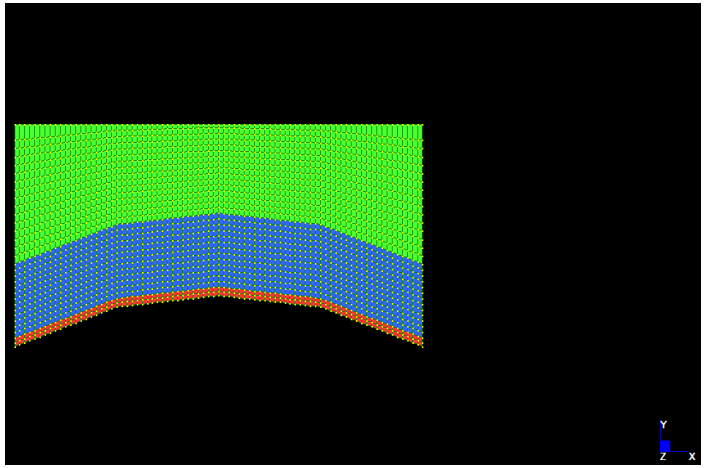


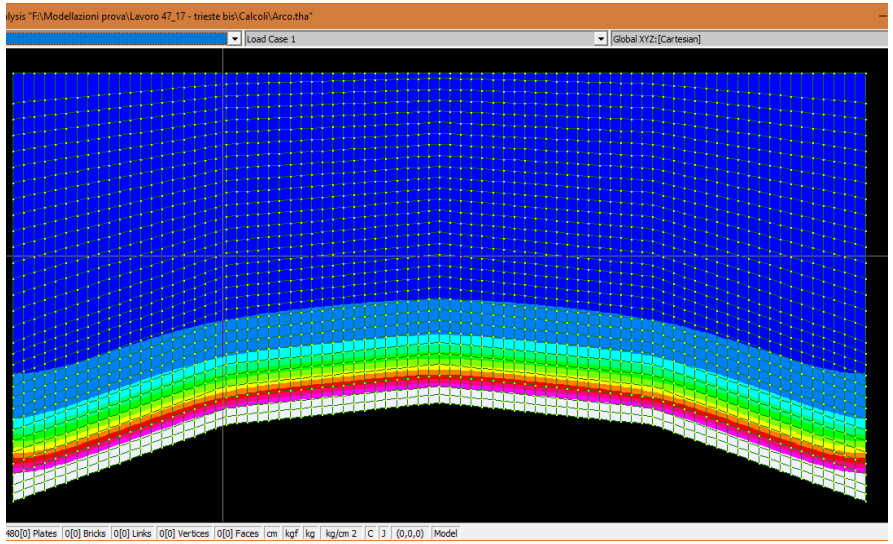
- Resistenza al fuoco richiesta 90 minuti
- Struttura vincolata dalla Belle Arti (almeno i travetti in acciaio dovevano essere dello steso colore

OPZIONI

- Simulazioni di incendio per ricavare la curva naturale di temperatura
- Certificazione di resistenza con curva ISO834

Strada Tradizionale – Trattamento Protherm Light di Edilteco





CONCLUSIONE

L’approccio con FSE era percorribile, ma avrebbe comportato costi elevati e vincoli per l’attività

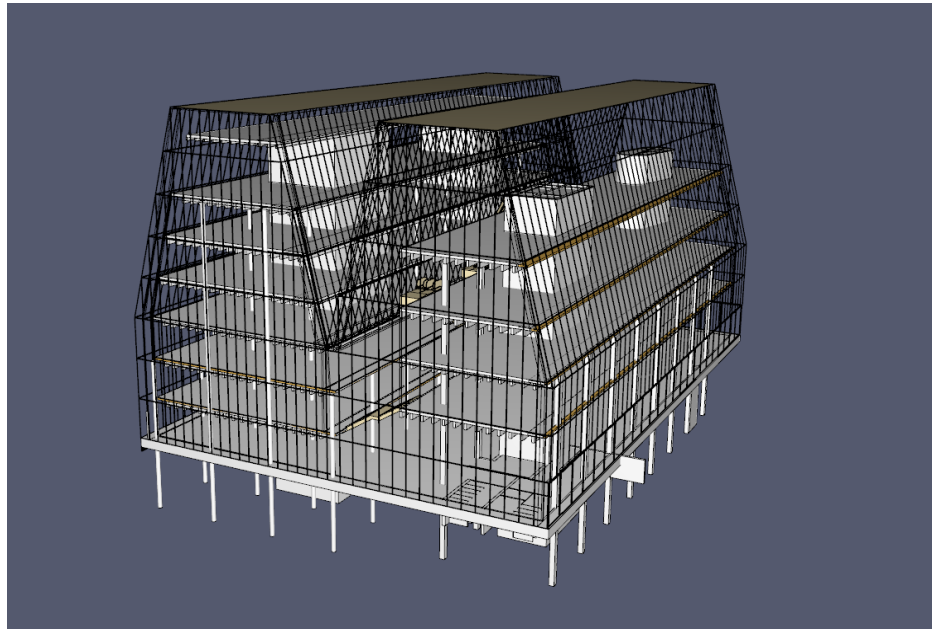
In questa particolare situazione un approccio tradizionale ha consentito di certificare la suturata

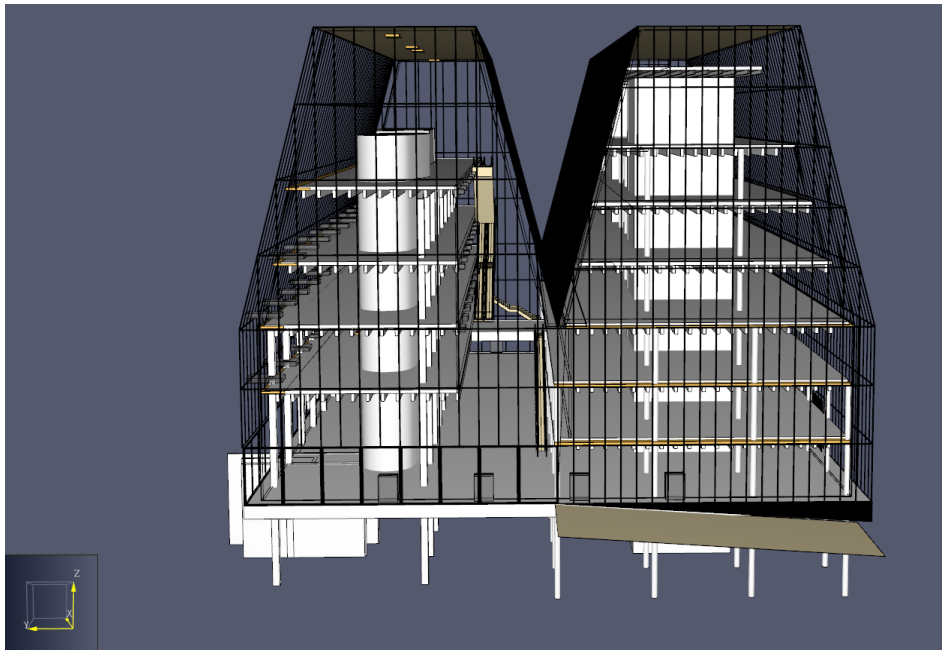
Oltretutto, con calcoli analitici è stato possibile certificare il solaio senza interventi invasivi, rispettando quanto richiesto dalle Belle Arti

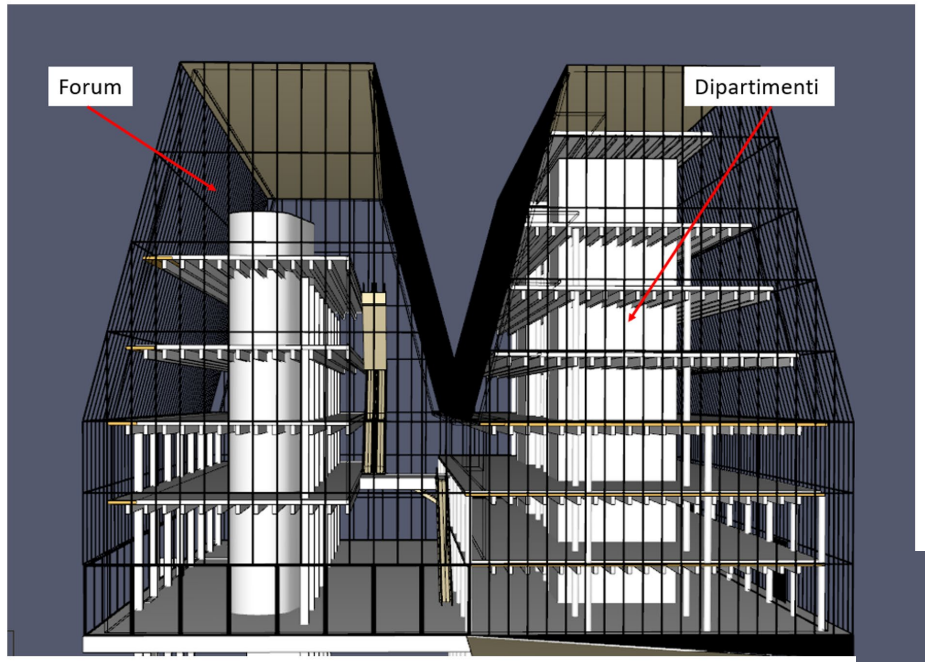
Solo le parti in acciaio hanno avito necessità di un trattamento di protezione passiva

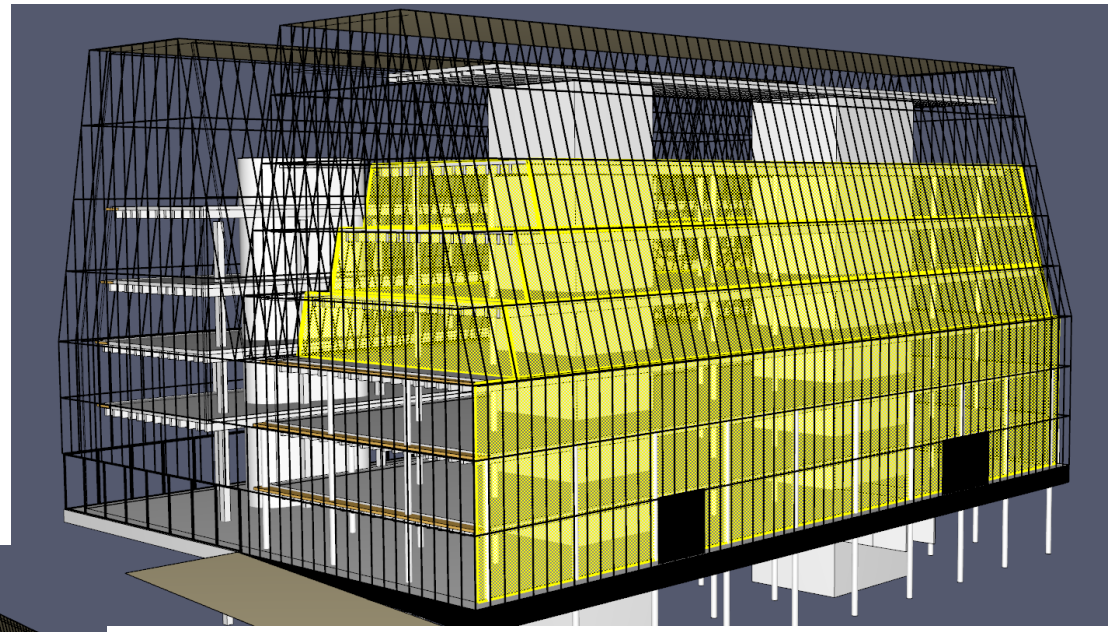
Ing. Diego Cecchinato 2023 ©

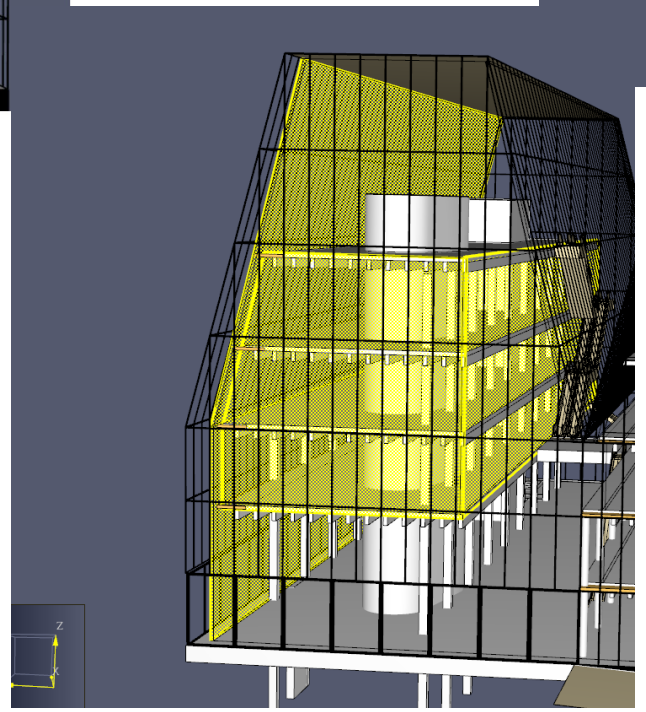
Biblioteca – Soluzione alternativa multicompartimento






Forum
Dipartimenti

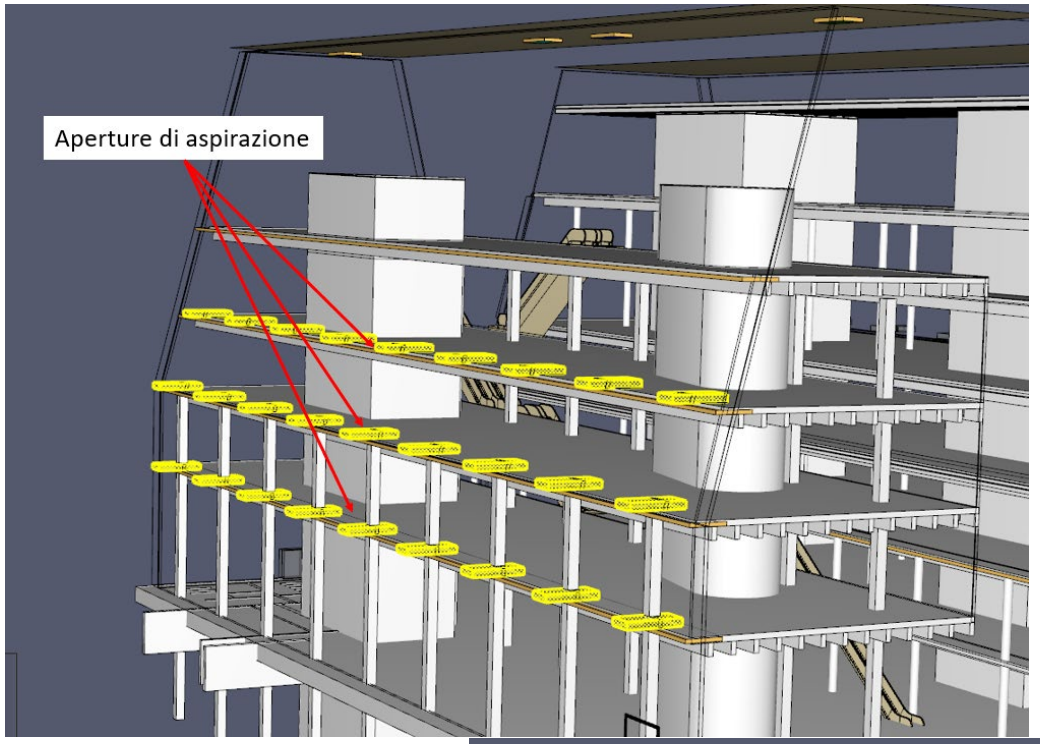


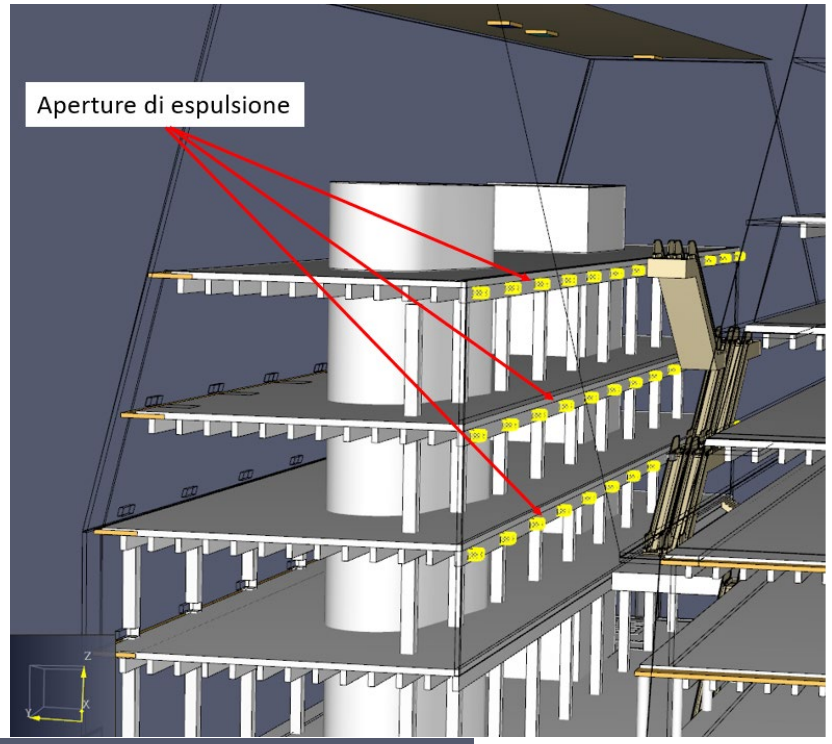


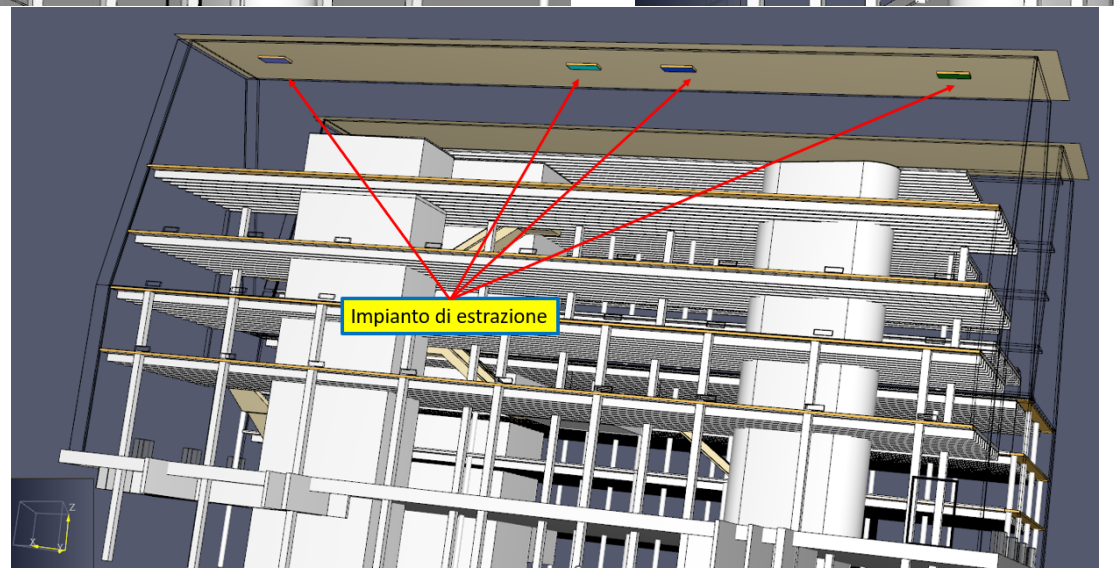
Soglie di prestazione?
ASET ≥ 100%RSET
oppure
ASET ≥ 10%RSET

Oggetto della soluzione	Modalità progettuale
Caratteristiche dello spazio scoperto (§ S.3.5.1), del compartimento, del filtro (§ S.3.5.4), dell'ubicazione (§ S.3.9)	Si dimostri, anche con modelli analitici, che non avviene propagazione dell'incendio e dei suoi effetti nella configurazione considerata.
Compartimento a prova di fumo (§ S.3.5.3), filtro a prova di fumo (§ S.3.5.5), compartimentazione multipiano (§ S.3.6.2), comunicazioni (§ S.3.10)	Si dimostri che è comunque garantita la salvaguardia della vita degli occupanti (capitolo M.3) e, se applicabile, la protezione dei beni.
Distanza di separazione (§ S.3.8) e suo calcolo (§ S.3.11)	Si dimostri che è limitata la propagazione dell'incendio e dei suoi effetti. Può essere applicata la stessa procedura analitica del paragrafo S.3.11.3, impiegando ad esempio il valore di E_{soglia} adeguato al bersaglio effettivamente esposto all'incendio, il fattore di vista F_{2-1} e la piastra radiante corrispondente alla reale configurazione geometrica, la potenza termica radiante E_1 riferita all'incendio naturale. Possono essere anche impiegati modelli numerici di simulazione dell'incendio, dei suoi effluenti e dell'irraggiamento.

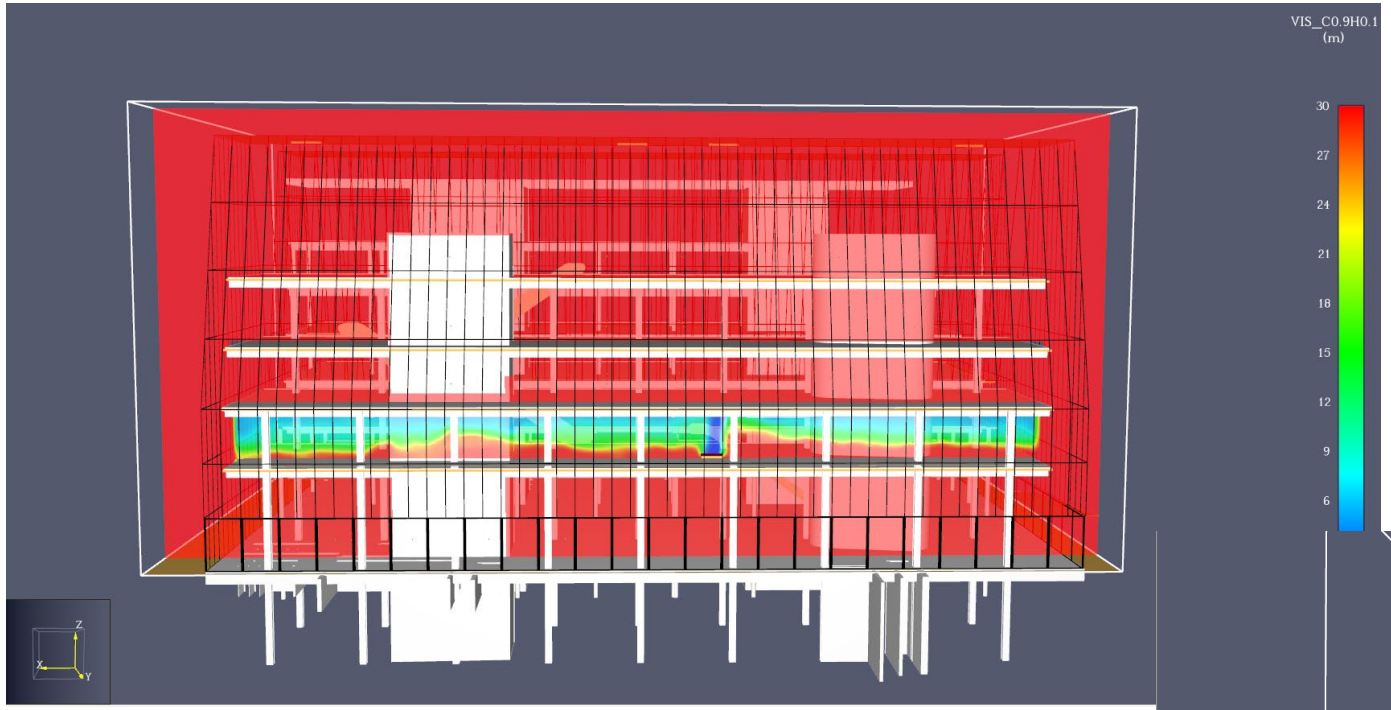
Tabella S.3-3: Modalità progettuali per soluzioni alternative

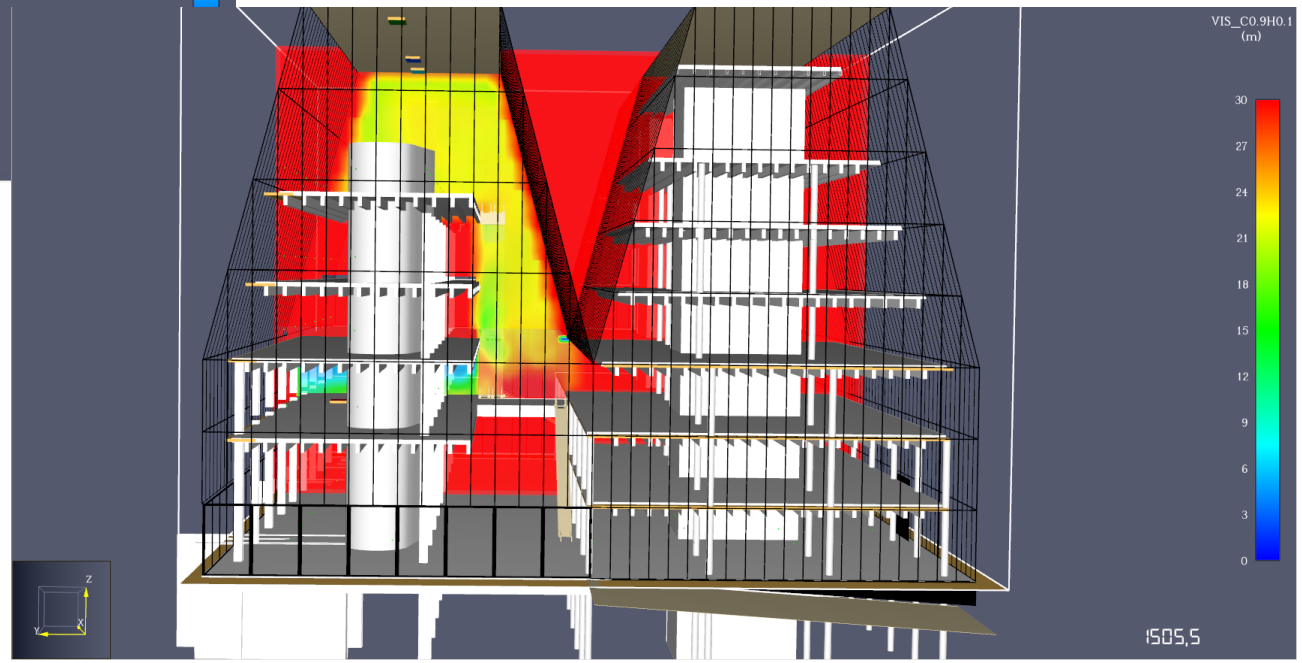

Aperture di aspirazione

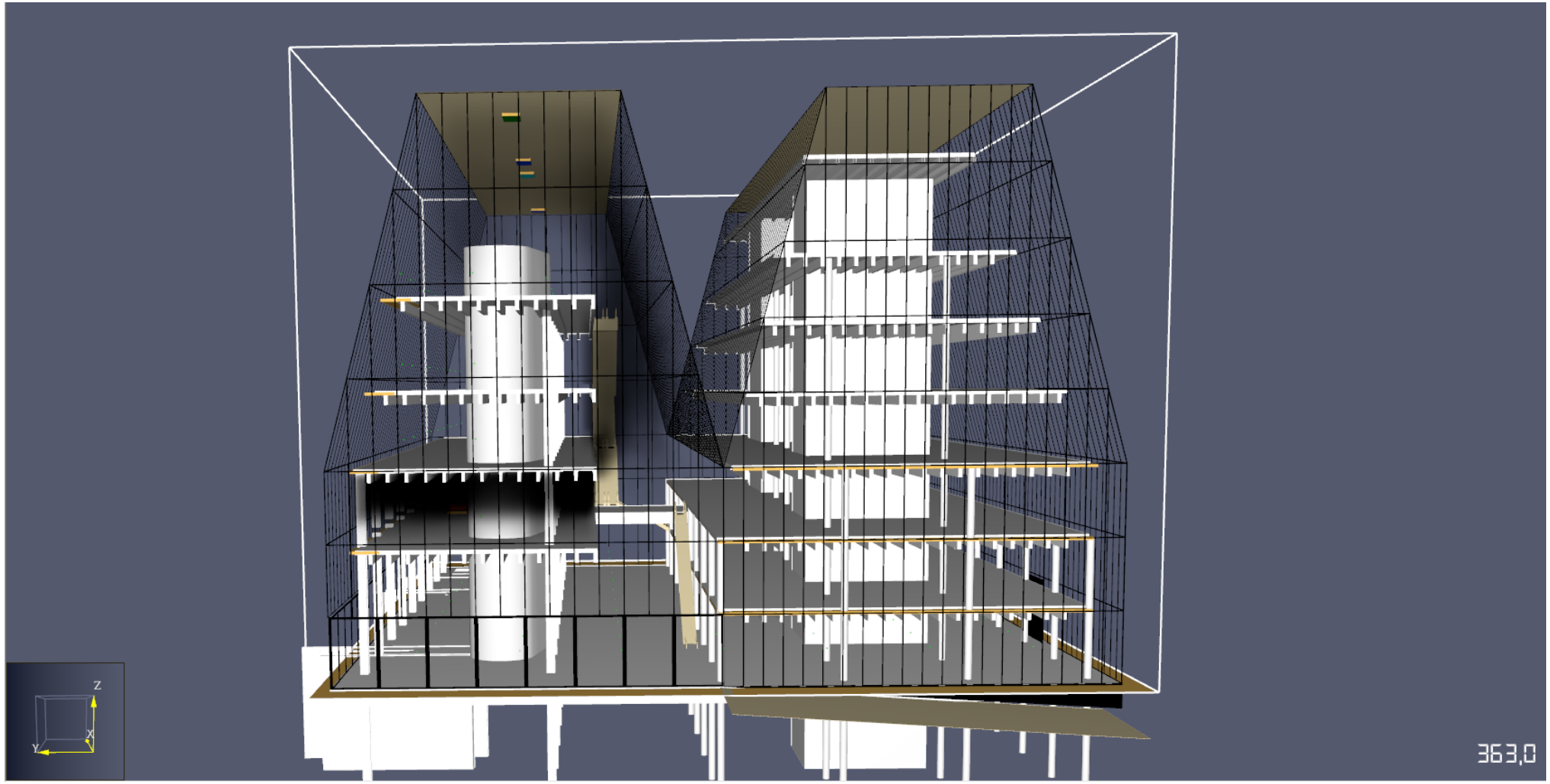

Aperture di espulsione

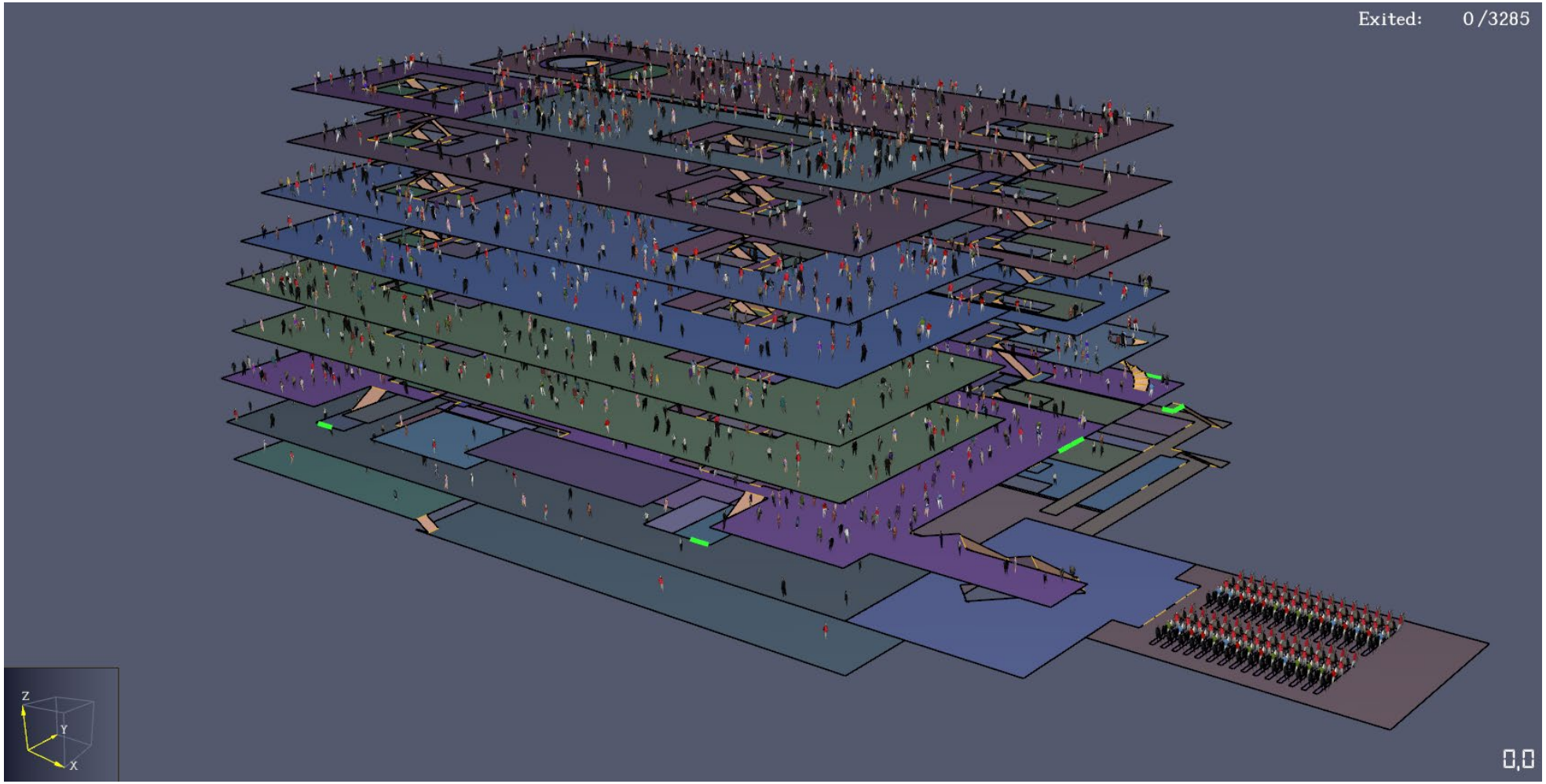

Impianto di estrazione

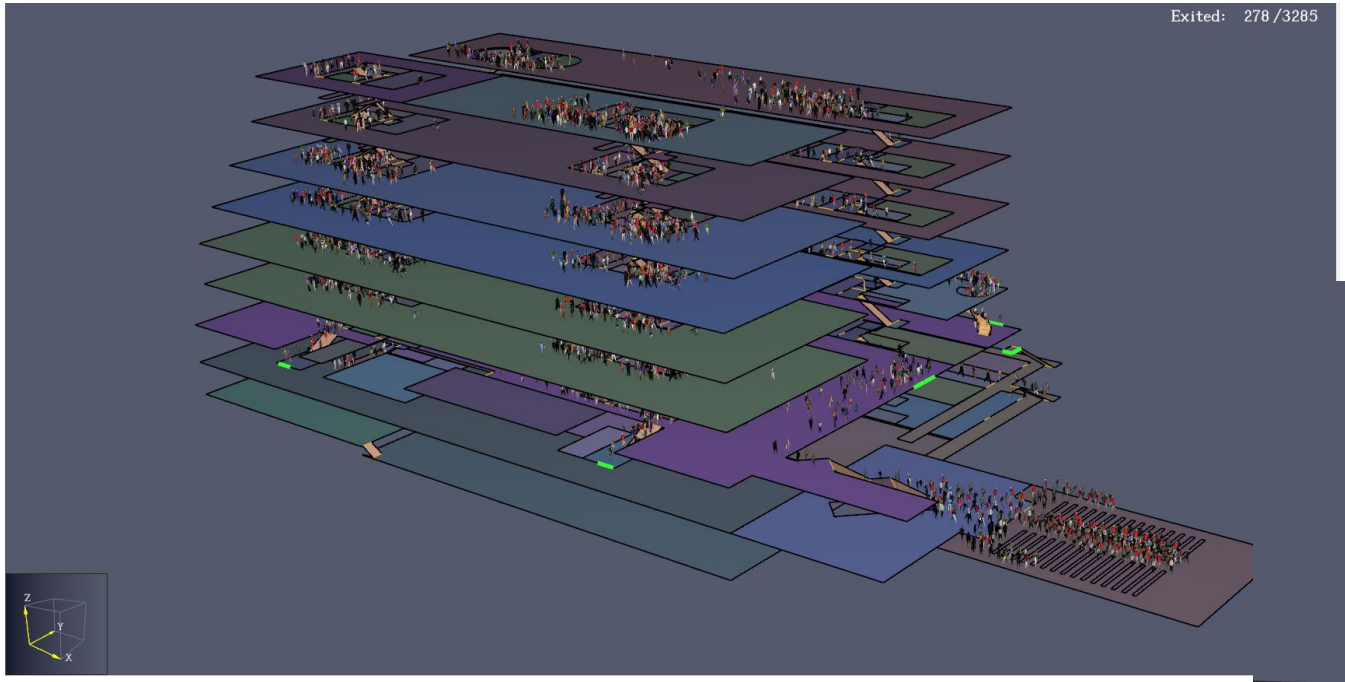
AREA	Tipo di estrazione	Caratteristiche principali	Principali logiche di attivazione
Navata Forum e Piano Terra, Piano Primo e Piano Secondo Navata Dipartimenti	Forzata	26 m3/s	L'impianto di evacuazione fumo si attiva quando i sensori rilevano l'incendio solo ed esclusivamente nella navata Forum e al Piano terra nella navata Dipartimenti. Per consentire l'attivazione dell'impianto dovrà essere verificata anche l'attivazione del gruppo pompo dell'impianto SPRK


VIS_C0.9H0.1
(m)
30
27
24
21
18
15
12
9
6
Z
X
Y

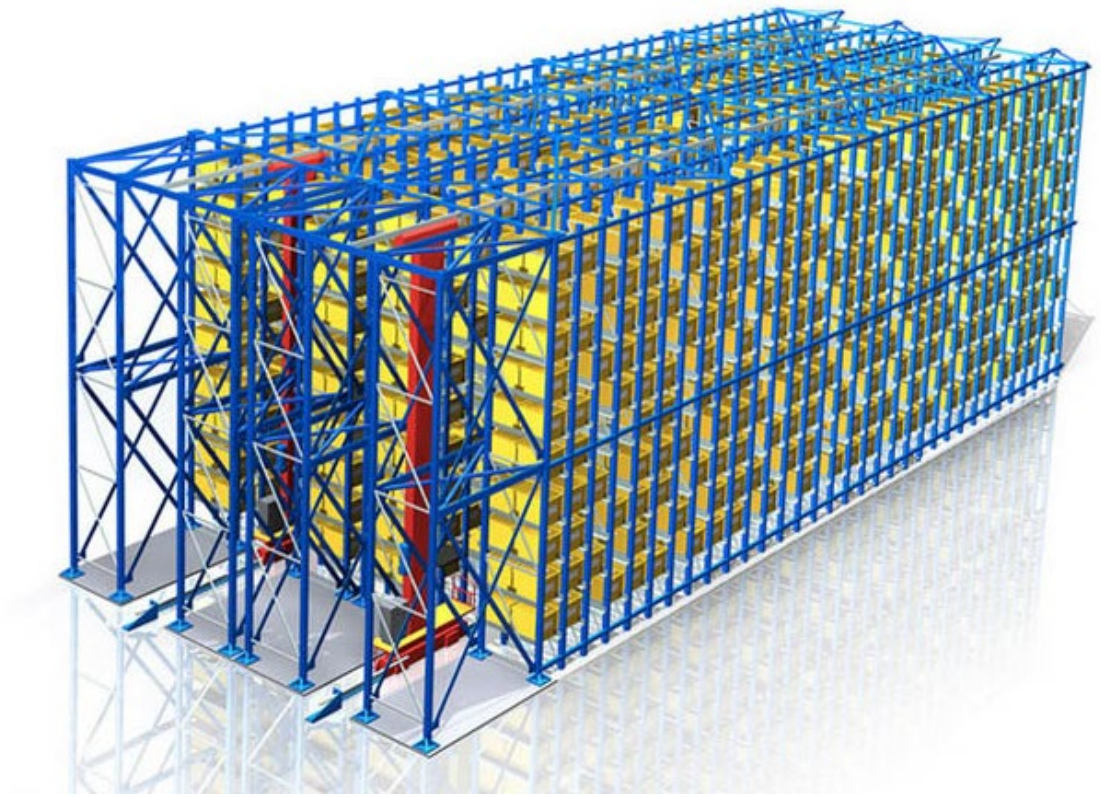

VIS_C0.9H0.1
(m)
30
27
24
21
18
15
12
9
6
3
0
Z
Y
X
1505,5

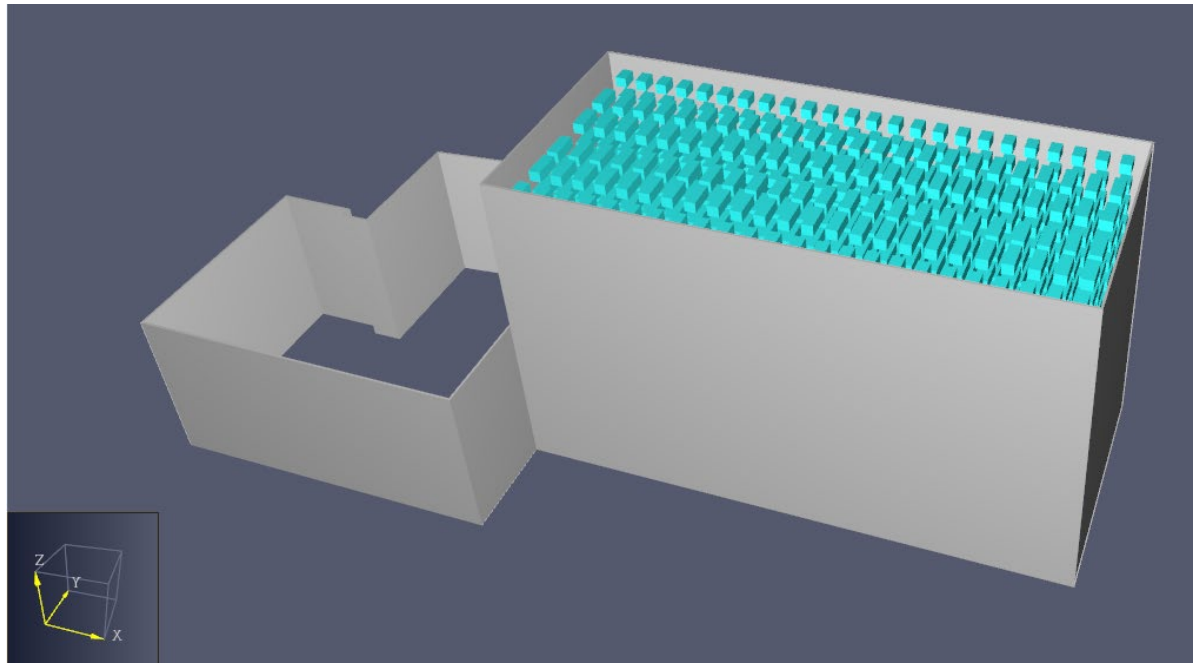

Z
X
Y
363,0

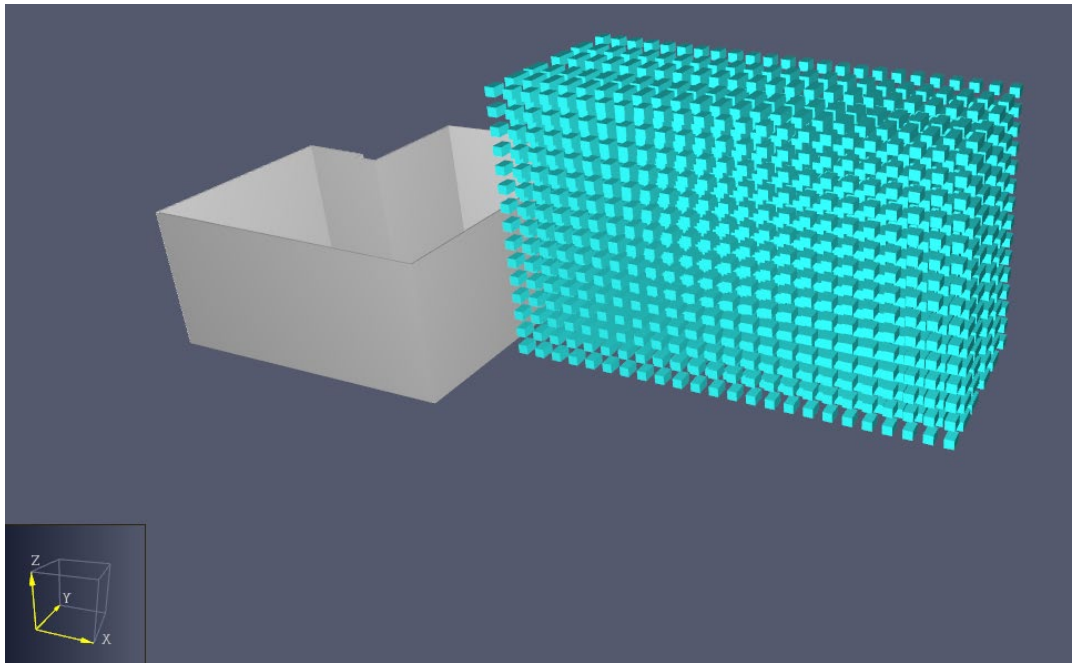

Exited: 0 /3285
Z
Y
X
0,0

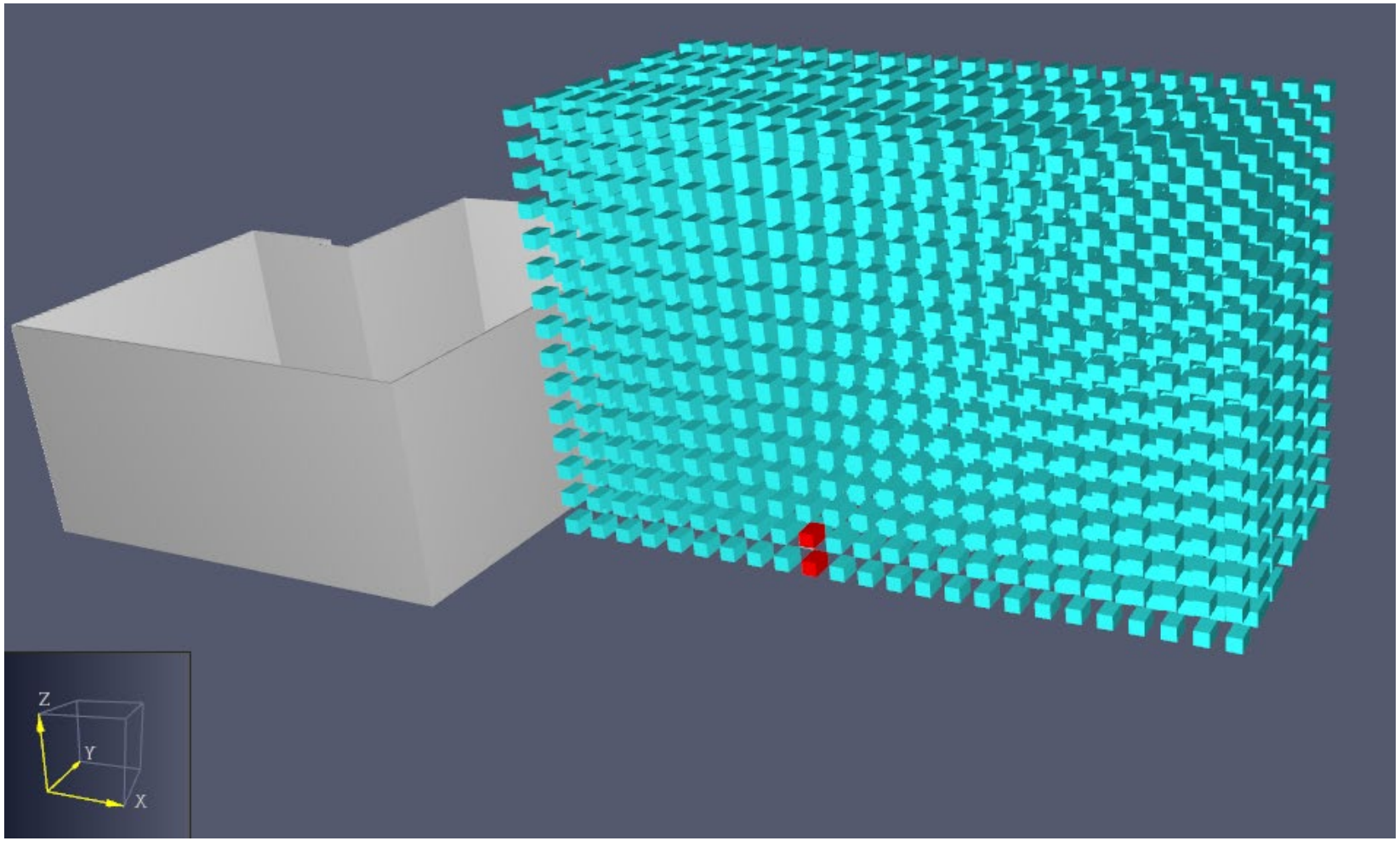

Exited: 278 /3285
Z
Y
X

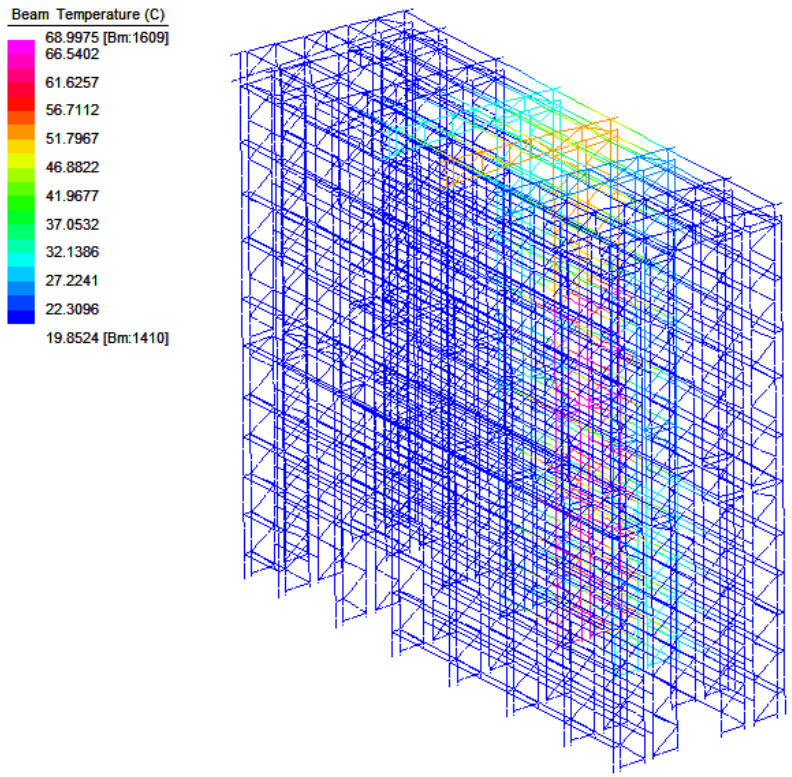
MAGAZZINO INTENSIVO AUTOMATICO AUTOPORTANTE
ANALISI FUMI E RESISTENZA AL FUOCO

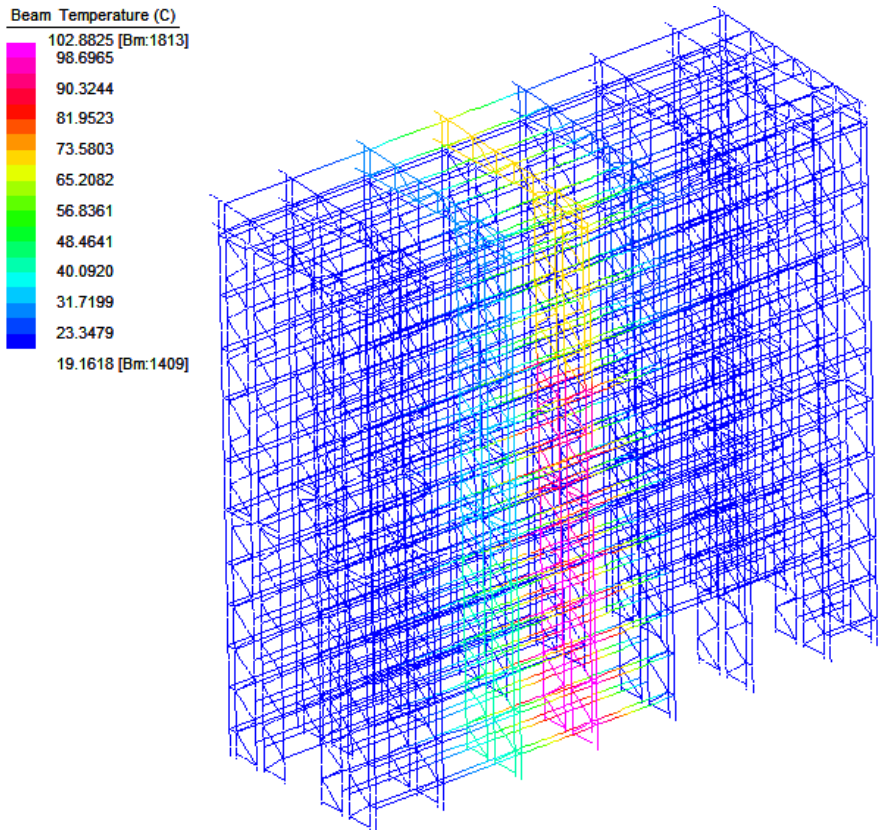



Z
Y
X


Z
Y
X

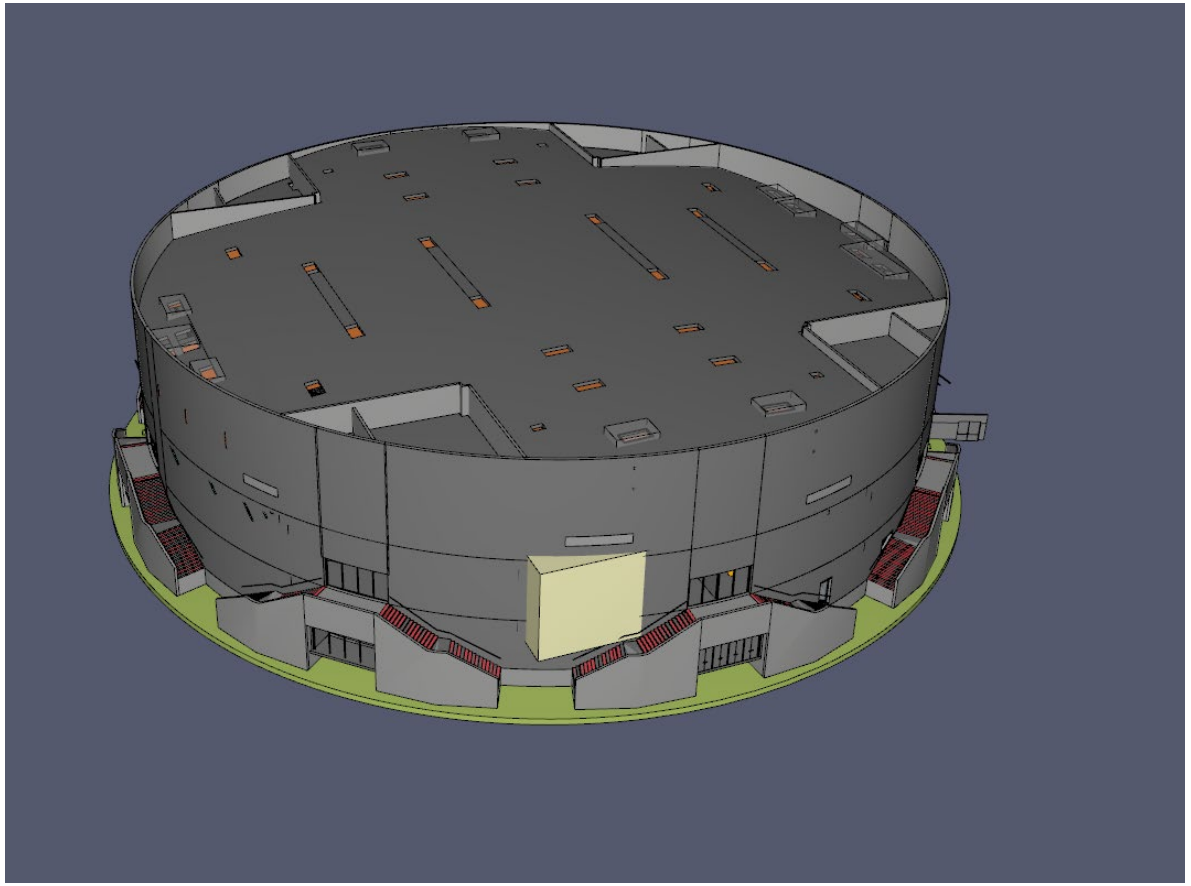

Z
Y
X

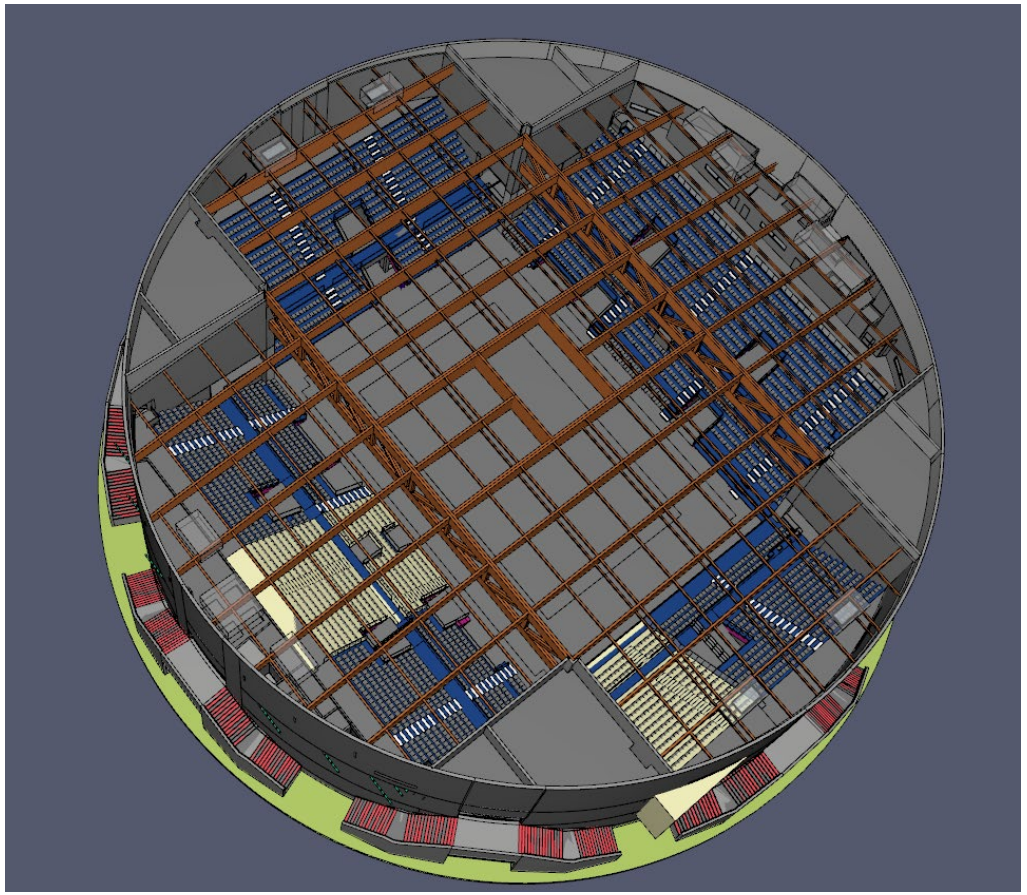

Beam Temperature (C)
68.9975 [Bm:1609]
66.5402
61.6257
56.7112
51.7967
46.8822
41.9677
37.0532
32.1386
27.2241
22.3096
19.8524 [Bm:1410]


Beam Temperature (C)
102.8825 [Bm:1813]
98.6965
90.3244
81.9523
73.5803
65.2082
56.8361
48.4641
40.0920
31.7199
23.3479
19.1618 [Bm:1409]

PALAZZETTO DELLO SPORT

Necessità di installare impianto di evacuazione fumi e calore secondo UNI9494-1
- Problemi con serbatoio di fumo max 1600 m2 (come lo realizzo?)
- Gruppi di dimensionamento prevedono grande superfici utili

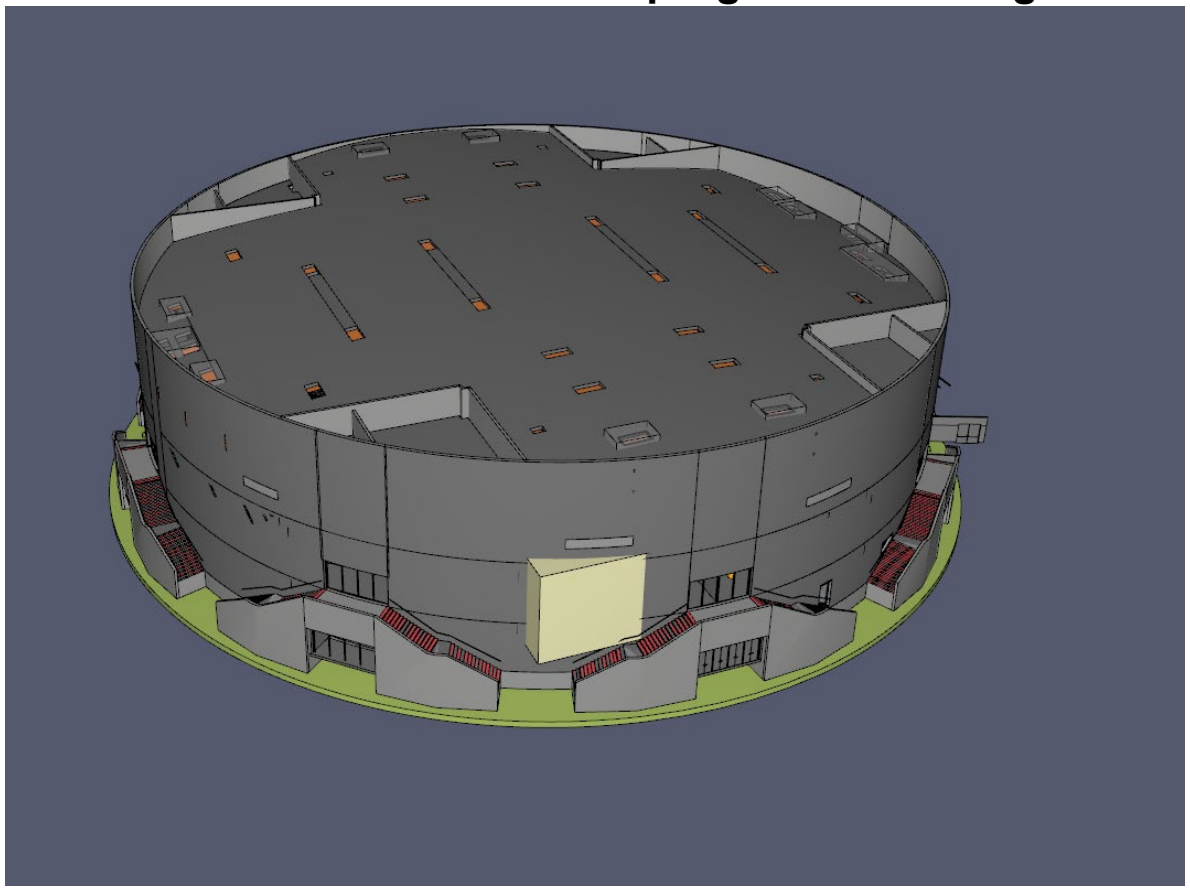




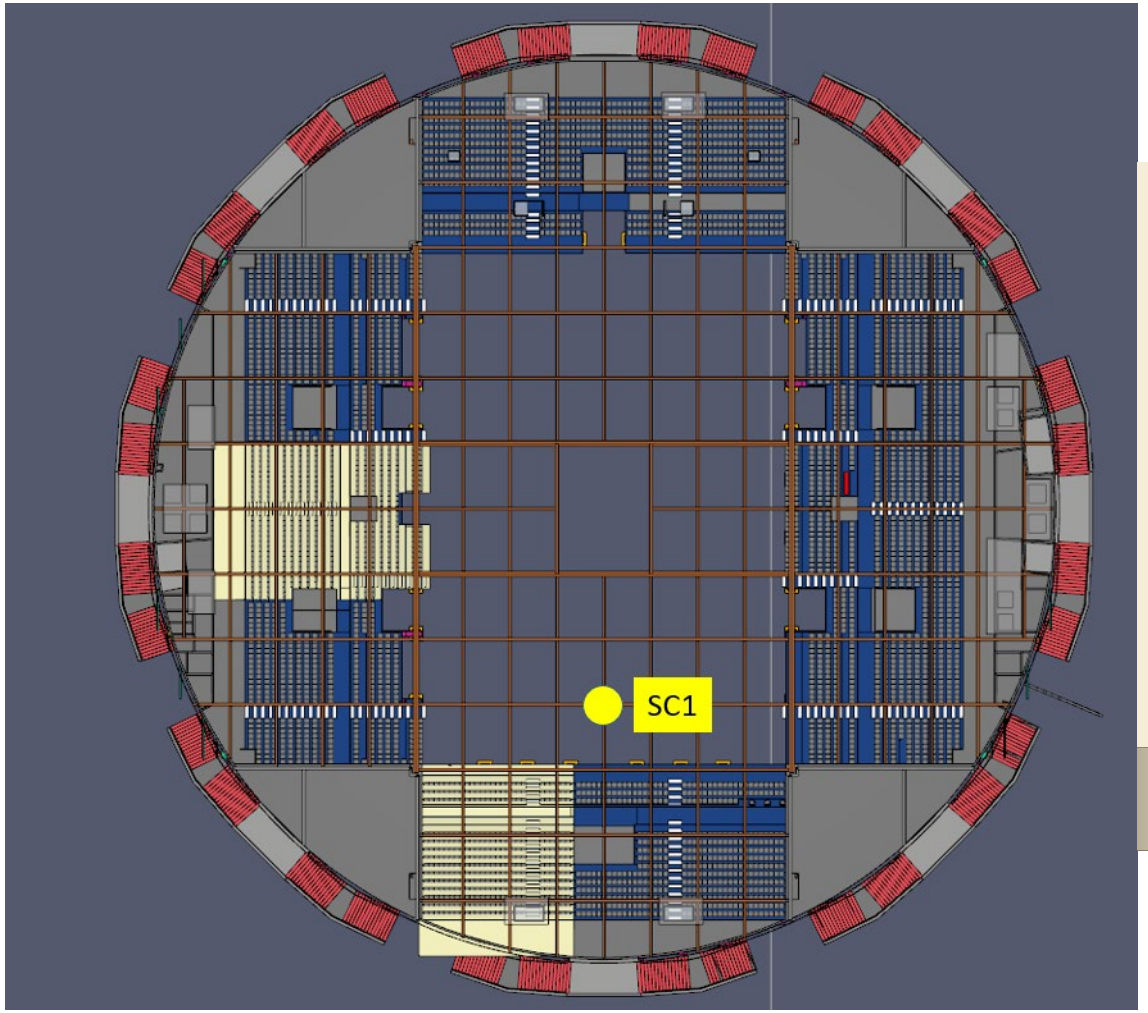
Ing. Diego Cecchinato 2023 ©

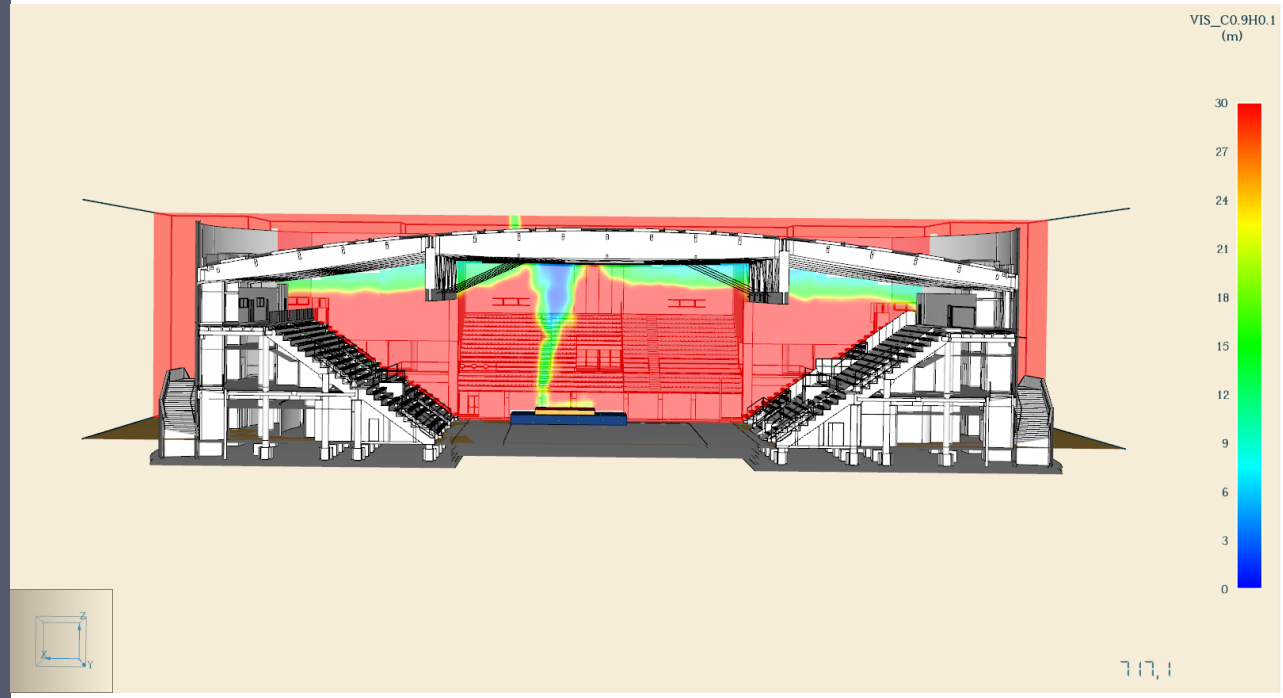
Problema - Soluzione

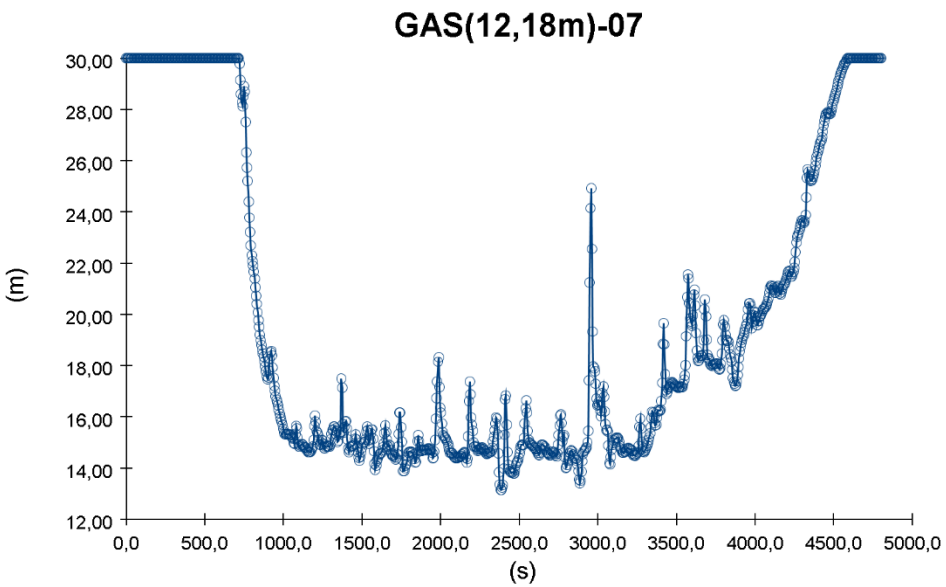
- Punti di ingresso aria del progetto definitivo errati
- Modifica punti di immissione e ottimizzazione numero di evacuatori (50%)
- Presentazione Variante al progetto con deroga

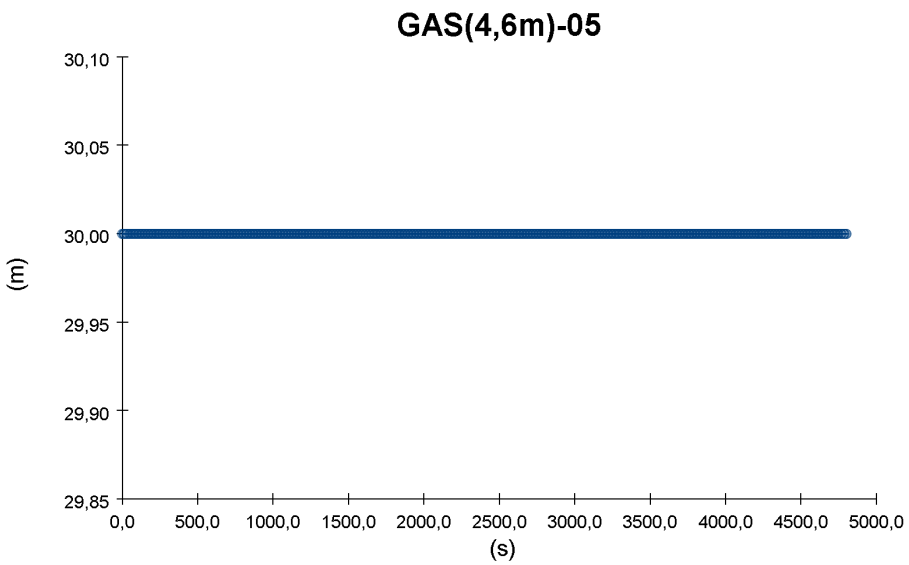


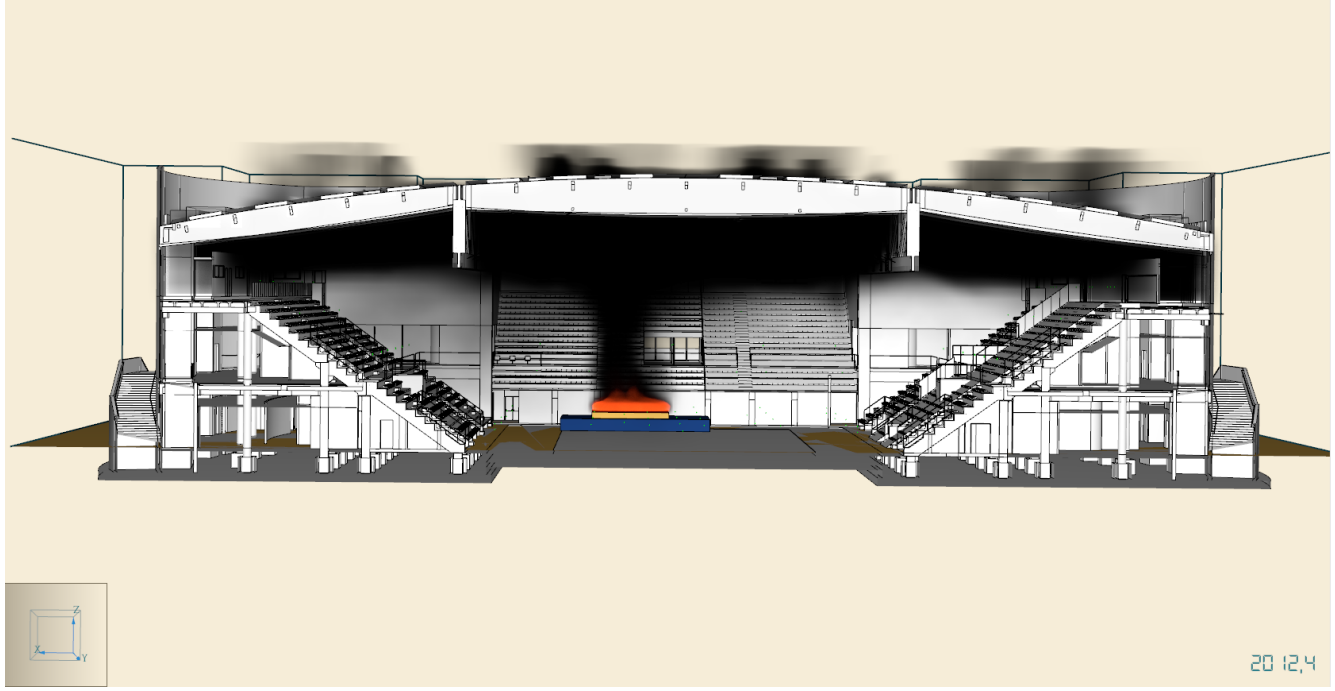
Ing. Diego Cecchinato 2023 ©

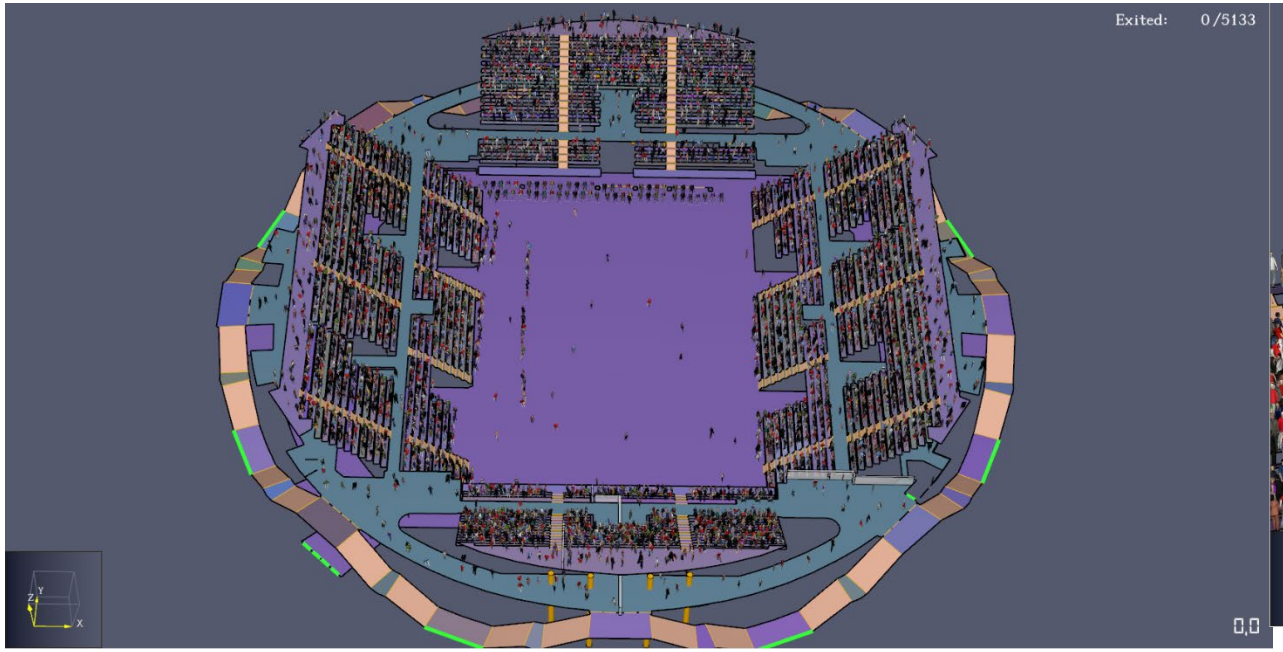

SC1


VIS_C0.9H0.1
(m)
30
27
24
21
18
15
12
9
6
3
0

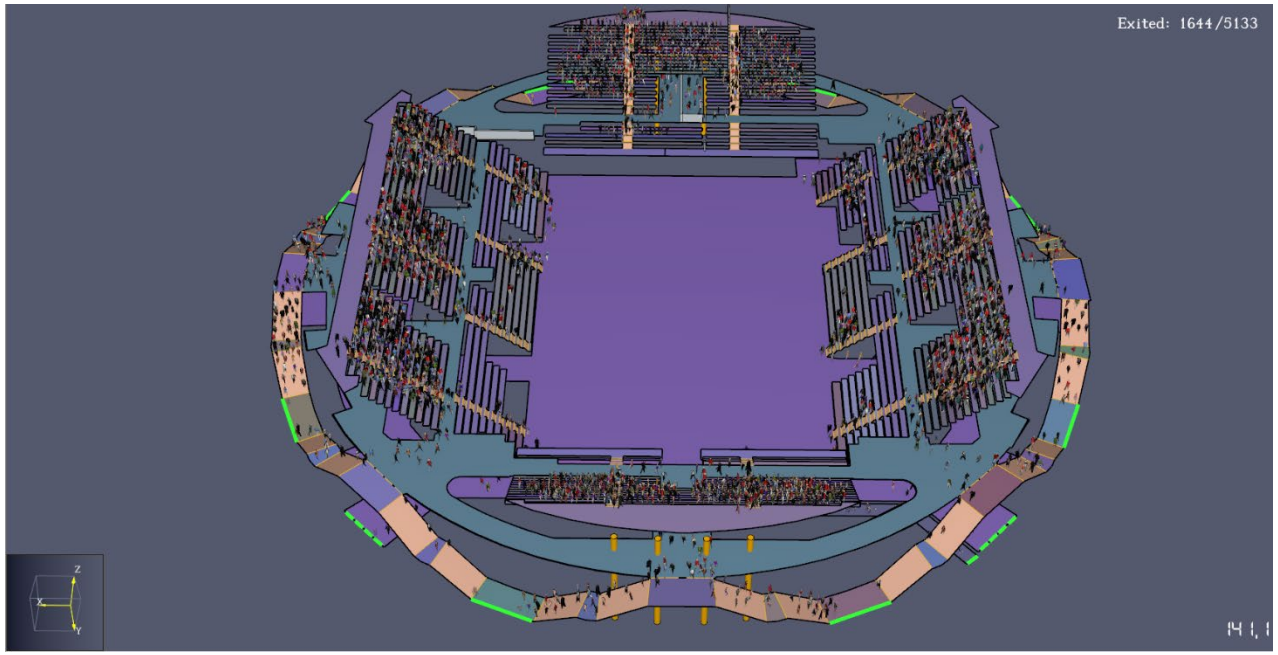

GAS(12,18m)-07
30,00
28,00
26,00
24,00
22,00
20,00
18,00
16,00
14,00
12,00
(m)
0,0
500,0
1000,0
1500,0
2000,0
2500,0
3000,0
3500,0
4000,0
4500,0
5000,0
(s)


GAS(4,6m)-05
30,10
30,05
30,00
29,95
29,90
29,85
(m)
0,0
500,0
1000,0
1500,0
2000,0
2500,0
3000,0
3500,0
4000,0
4500,0
5000,0
(s)


20 12,4


Exited: 0/5133
0,0

Exited: 0/5133
0,0


Exited: 1644/5133

Soluzione Alternativa - Distanza di separazione

S.3.4.2 Soluzioni conformi per il livello di prestazione III

1. Si applicano le soluzioni conformi per il livello di prestazione II, impiegando elementi a tenuta di fumo (S_a) per la realizzazione dei compartimenti antincendio.

S.3.4.3 Soluzioni alternative

1. Sono ammesse *soluzioni alternative* per tutti i livelli di prestazione.
2. Al fine di dimostrare il raggiungimento del *livello di prestazione*, il progettista deve impiegare uno dei metodi del paragrafo G.2.7.
3. In tabella S.3-3 sono riportate alcune modalità *generalmente accettate* per la progettazione di soluzioni alternative. Il progettista può comunque impiegare modalità diverse da quelle elencate.

Oggetto della soluzione	Modalità progettuale
Caratteristiche dello spazio scoperto (§ S.3.5.1), del compartimento, del filtro (§ S.3.5.4), dell'ubicazione (§ S.3.9)	Si dimostri, anche con modelli analitici, che non avviene propagazione dell'incendio e dei suoi effetti nella configurazione considerata.
Compartimento a prova di fumo (§ S.3.5.3), filtro a prova di fumo (§ S.3.5.5), compartimentazione multipiano (§ S.3.6.2), comunicazioni (§ S.3.10)	Si dimostri che è comunque garantita la salvaguardia della vita degli occupanti (capitolo M.3) e, se applicabile, la protezione dei beni.
Distanza di separazione (§ S.3.8) e suo calcolo (§ S.3.11)	Si dimostri che è limitata la propagazione dell'incendio e dei suoi effetti. Può essere applicata la stessa procedura analitica del paragrafo S.3.11.3, impiegando ad esempio il valore di E_{soglia} adeguato al bersaglio effettivamente esposto all'incendio, il fattore di vista $F_{2\text{-}1}$ e la piastra radiante corrispondente alla reale configurazione geometrica, la potenza termica radiante E_1 riferita all'incendio naturale. Possono essere anche impiegati modelli numerici di simulazione dell'incendio, dei suoi effluenti e dell'irraggiamento.

1. La presente *procedura tabellare* consente di determinare la distanza di separazione che limita ad un valore E_{soglia} pari a 12,6 kW/m^2 l'irraggiamento termico incidente sul *bersaglio*, prodotto dall'incendio della *sorgente* considerata.

La distanza di misurata tra l'i-esima piastra radiante ed il bersaglio garantisce adeguata *separazione* se è verificata la seguente relazione:

$$F_{2-1} \cdot E_1 \cdot \varepsilon_f < E_{soglia}$$

con:
F2-1 fattore di vista
E1 potenza termica radiante dovuta all'*incendio convenzionale* [kW/m2]
εf emissività della fiamma
Esoglia soglia di irraggiamento dell'incendio sul bersaglio [kW/m2]

Determinazione Analitica

3. La distanza d_i misurata tra l'i-esima piastra radiante ed il bersaglio garantisce adeguata *separazione* se è verificata la seguente relazione:

$$F_{2\text{-}1} \cdot E_1 \cdot \varepsilon_f < E_{soglia} \qquad \text{S.3-3}$$

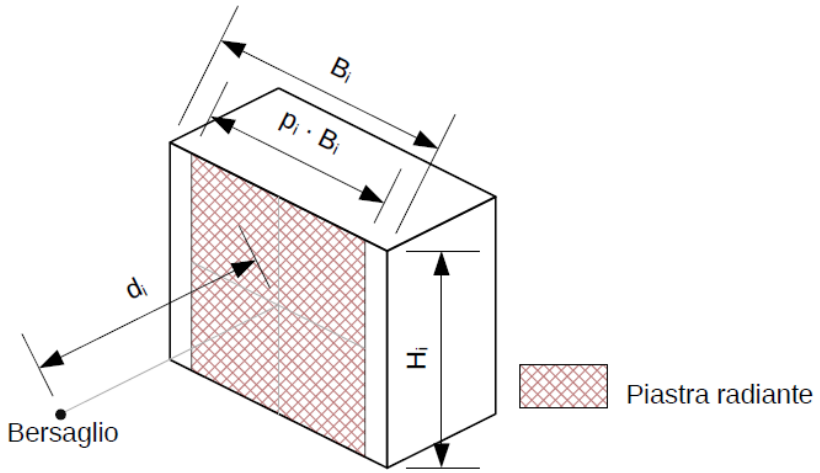
con:

$F_{2\text{-}1}$ fattore di vista

E_1 potenza termica radiante dovuta all'*incendio convenzionale* [kW/m²]

ε_f emissività della fiamma

E_{soglia} soglia di irraggiamento dell'incendio sul bersaglio [kW/m²]



4. Il *fattore di vista* $F_{2\text{-}1}$ relativo a piastra radiante rettangolare e bersaglio posizionato sull'asse di simmetria normale alla piastra è calcolato secondo la seguente relazione:

$$\boxed{F_{2-1}} = 2/\pi \left(\frac{X}{\sqrt{1+X^2}} \arctan \frac{Y}{\sqrt{1+X^2}} + \frac{Y}{\sqrt{1+Y^2}} \arctan \frac{X}{\sqrt{1+Y^2}} \right) \qquad \text{S.3-4}$$

$$X = \frac{B_i \cdot p_i}{2\,d_i}, \; Y = \frac{H_i}{2\,d_i} \qquad \text{S.3-5}$$

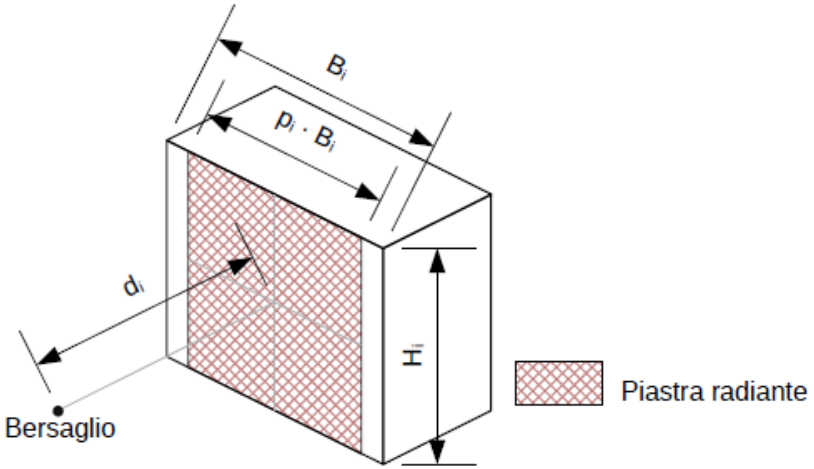
con:

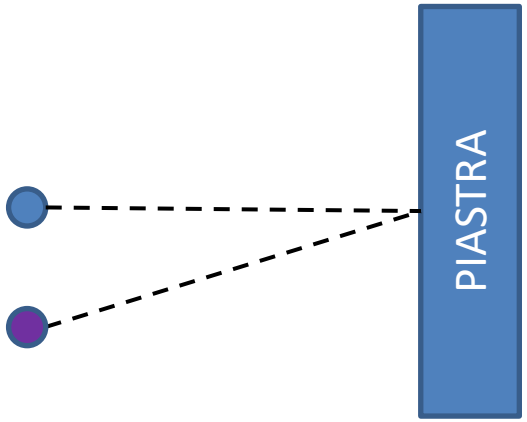
B_i larghezza i-esima piastra radiante [m]

H_i altezza i-esima piastra radiante [m]

p_i percentuale di foratura dell'i-esima piastra radiante

d_i distanza tra l'i-esima piastra radiante ed il bersaglio [m]





Fattori di vista diversi.
Nell'Eurocodice è riportato il caso di più fattori di vista. La piastra radiante viene divisa in più parti.

3. La distanza d_i misurata tra l'i-esima piastra radiante ed il bersaglio garantisce adeguata *separazione* se è verificata la seguente relazione:

$$F_{2\text{-}1} \cdot E_1 \cdot \varepsilon_f < E_{soglia} \qquad \text{S.3-3}$$

con:

$F_{2\text{-}1}$ fattore di vista

E_1 potenza termica radiante dovuta all'*incendio convenzionale* [kW/m²]

ε_f emissività della fiamma

E_{soglia} soglia di irraggiamento dell'incendio sul bersaglio [kW/m²]

5. La potenza termica radiante dell'incendio convenzionale E_1 è imposta come segue in funzione del carico di incendio specifico q_f del compartimento retrostante l'i-esima piastra radiante:

se $q_f > 1200$ MJ/m²:

$$E_1 = \sigma \cdot T^4 = 5{,}67 \cdot 10^{-8} \cdot (1000 + 273{,}16)^4 = 149 \text{ kW/m}^2 \qquad \text{S.3-6}$$

se $q_f \leq 1200$ MJ/m²:

$$E_1 = \sigma \cdot T^4 = 5{,}67 \cdot 10^{-8} \cdot (800 + 273{,}16)^4 = 75 \text{ kW/m}^2 \qquad \text{S.3-7}$$

Carico di Incendio «alto»
T alta

Carico di Incendio «basso»
T bassa

6. L'emissività della fiamma ε_f è ricavata dalla seguente relazione:

$$\varepsilon_f = 1 - e^{-0{,}3 \cdot d_f} \qquad \text{S.3-8}$$

3. La distanza d_i misurata tra l'i-esima piastra radiante ed il bersaglio garantisce adeguata *separazione* se è verificata la seguente relazione:

$$F_{2\text{-}1} \cdot E_1 \cdot \varepsilon_f < E_{soglia} \qquad \text{S.3-3}$$

con:

$F_{2\text{-}1}$ fattore di vista

E_1 potenza termica radiante dovuta all'*incendio convenzionale* [kW/m²]

ε_f emissività della fiamma

E_{soglia} soglia di irraggiamento dell'incendio sul bersaglio [kW/m²]

5. La potenza termica radiante dell'incendio convenzionale E_1 è imposta come segue in funzione del carico di incendio specifico q_f del compartimento retrostante l'i-esima piastra radiante:

se $q_f > 1200$ MJ/m²:

$$E_1 = \sigma \cdot T^4 = 5{,}67 \cdot 10^{-8} \cdot (1000 + 273{,}16)^4 = 149 \text{ kW/m}^2 \qquad \text{S.3-6}$$

se $q_f \leq 1200$ MJ/m²:

$$E_1 = \sigma \cdot T^4 = 5{,}67 \cdot 10^{-8} \cdot (800 + 273{,}16)^4 = 75 \text{ kW/m}^2 \qquad \text{S.3-7}$$

6. L'emissività della fiamma ε_f è ricavata dalla seguente relazione:

$$\varepsilon_f = 1 - e^{-0{,}3 \cdot d_f} \qquad \text{S.3-8}$$

con:

d_f spessore della fiamma, pari a 2/3 dell'altezza del varco da cui esce la fiamma [m]

Nota Si specifica che per ricavare i valori delle tabelle S.3-10 e S.3-11 riferite alla *procedura tabellare* si è posto d_f pari a 2 m.

3. La distanza d_i misurata tra l'i-esima piastra radiante ed il bersaglio garantisce adeguata *separazione* se è verificata la seguente relazione:

$$F_{2\text{-}1} \cdot E_1 \cdot \varepsilon_f < E_{soglia} \qquad \text{S.3-3}$$

con:

$F_{2\text{-}1}$ fattore di vista

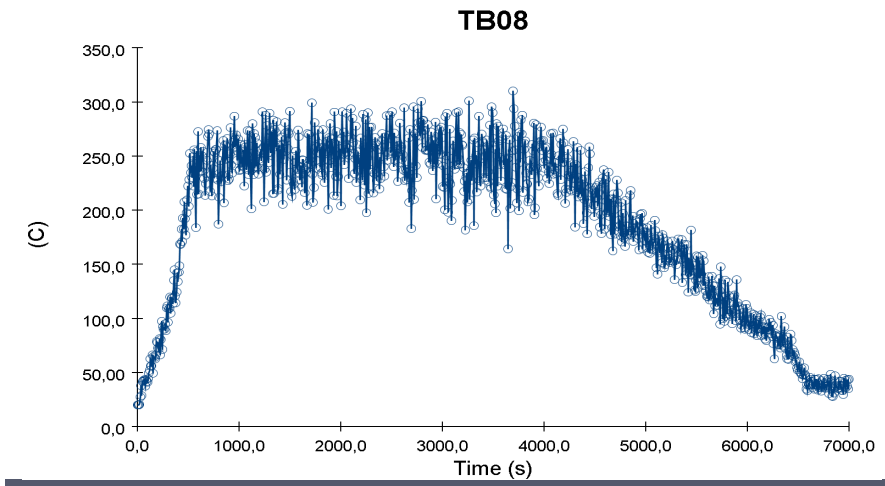
E_1 potenza termica radiante dovuta all'*incendio convenzionale* [kW/m^2]

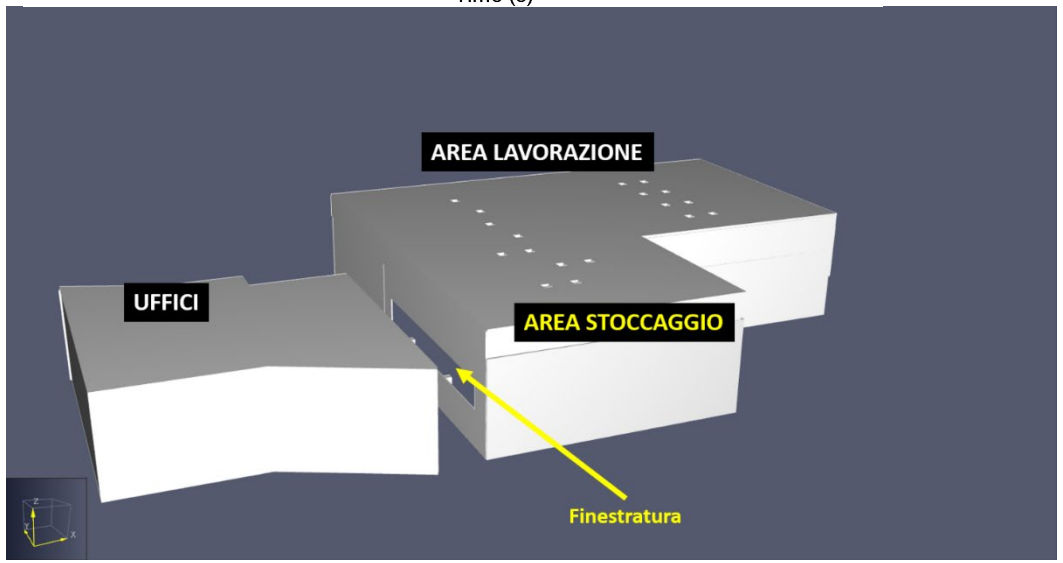
ε_f emissività della fiamma

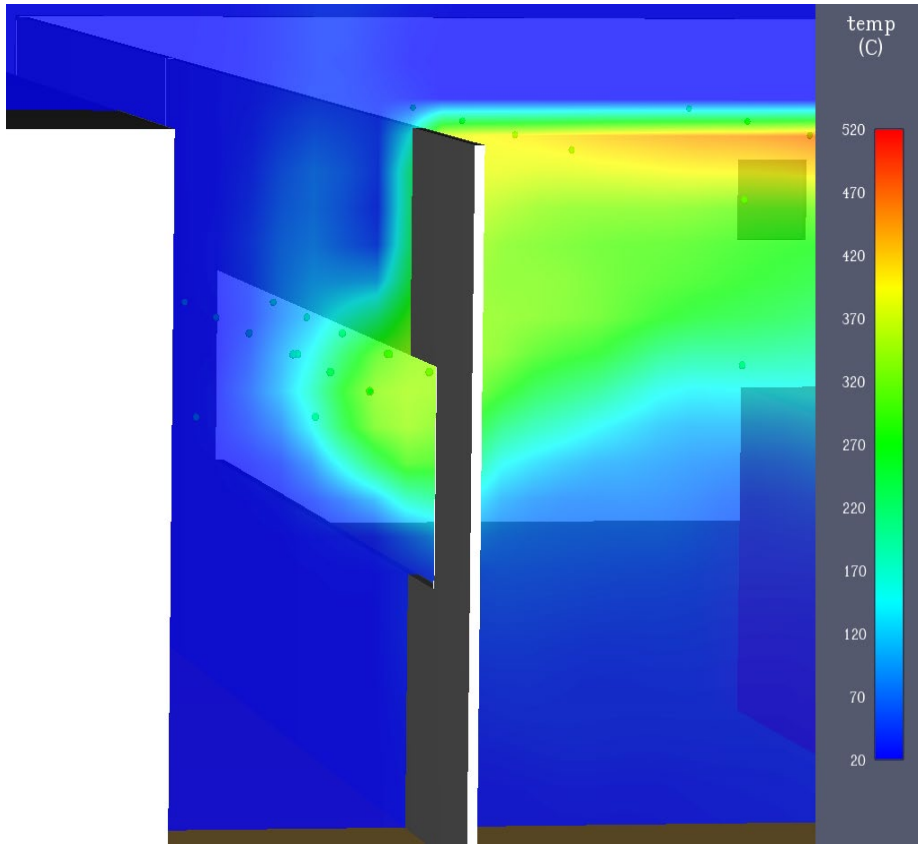
E_{soglia} soglia di irraggiamento dell'incendio sul bersaglio [kW/m^2]

Critical Heat Flux

Material	CHF (kW/m^2) ASTM E2058 FPA	CHF (kW/m^2) ASTM E1354 Cone	TRP (kW·s$^{1/2}$/m^2) ASTM E2058 FPA	TRP (kW·s$^{1/2}$/m^2) ASTM E1354 Cone
Natural				
Flour	10	–	218	–
Sugar	10	–	255	–
Tissue paper	10	–	95	–
Newspaper	10	–	108	–
Wood (red oak)	10	–	134	–


TB08
350,0
300,0
250,0
200,0
150,0
100,0
50,00
0,0
(C)
0,0
1000,0
2000,0
3000,0
4000,0
5000,0
6000,0
7000,0
Time (s)


AREA LAVORAZIONE
UFFICI
AREA STOCCAGGIO
Finestratura

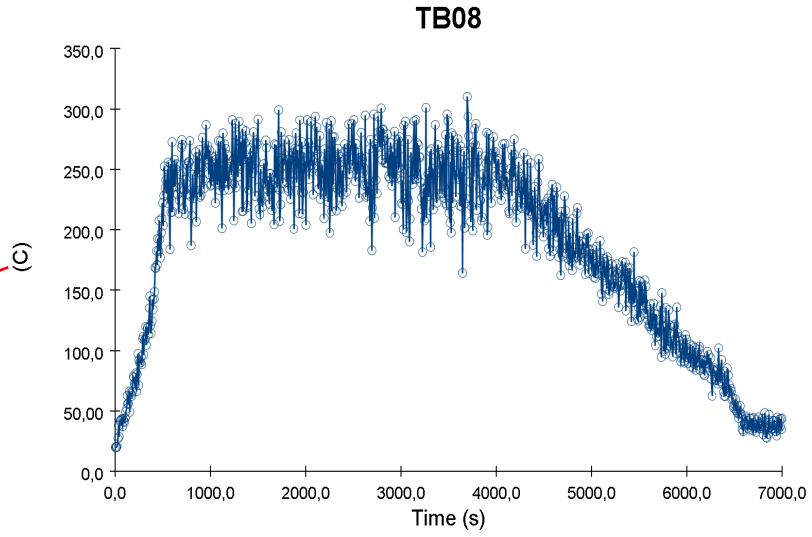

temp
(C)
520
470
420
370
320
270
220
170
120
70
20

Verifica distanza di separazione con soluzione alternativa (Metodo 1)

In base ai risultati della simulazione è emerso come la temperatura più gravosa nel volume prossimo alla finestratura sia pari a 300°C. Sfruttando la disuguaglianza S.3-3 proposta dal DM 18 Ottobre 2019 è ora possibile ricalcolare la potenza termica emessa, sfruttando la Legge di Stefan-Boltzmann, riportata nel DM 18 Ottobre 2019 con rifermento S.3-6. Tenendo presente che d_f è pari a 2/3 di H e quindi ε_f è pari a 0.4247, che il fattore di vista rimane immutato e che E_{soglia} è ancora considerato 12,6 kW/m^2 si procede al calcolo della potenza termica emessa e alla verifica della disuguaglianza.

$$E_1 = \sigma T^4 = 6{,}1\ kW/m^2$$

$$F_{2-1}\, E_1\, \varepsilon_f = 0{,}66\ \frac{kW}{m^2} < E_{soglia}$$



5. La potenza termica radiante dell'incendio convenzionale E_1 è imposta come segue in funzione del carico di incendio specifico q_f del compartimento retrostante l'i-esima piastra radiante:

se $q_f > 1200\ MJ/m^2$:

$$E_1 = \sigma \cdot T^4 = 5{,}67 \cdot 10^{-8} \cdot (1000 + 273{,}16)^4 = 149\ kW/m^2 \qquad \text{S.3-6}$$

se $q_f \leq 1200\ MJ/m^2$:

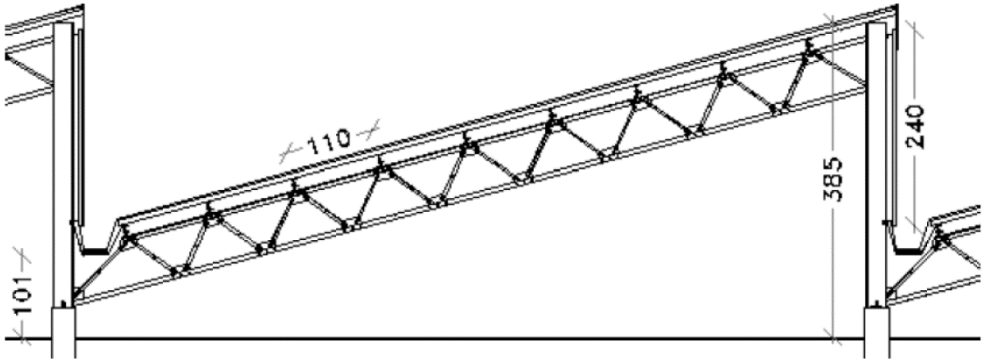
$$E_1 = \sigma \cdot T^4 = 5{,}67 \cdot 10^{-8} \cdot (800 + 273{,}16)^4 = 75\ kW/m^2 \qquad \text{S.3-7}$$

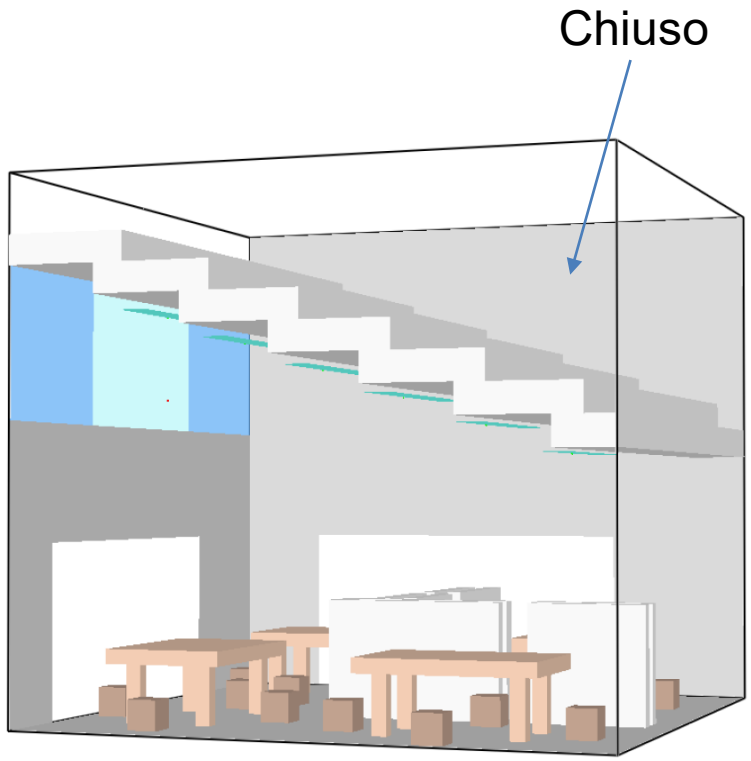
4. Il *fattore di vista* F_{2-1} relativo a piastra radiante rettangolare e bersaglio posizionato sull'asse di simmetria normale alla piastra è calcolato secondo la seguente relazione:

$$F_{2-1} = 2/\pi \left(\frac{X}{\sqrt{1+X^2}} \arctan \frac{Y}{\sqrt{1+X^2}} + \frac{Y}{\sqrt{1+Y^2}} \arctan \frac{X}{\sqrt{1+Y^2}} \right) \qquad \text{S.3-4}$$

Come non fare una FSE (non l'abbiamo fatto noi!)

Progetto ricevuto riguardo uffici open space



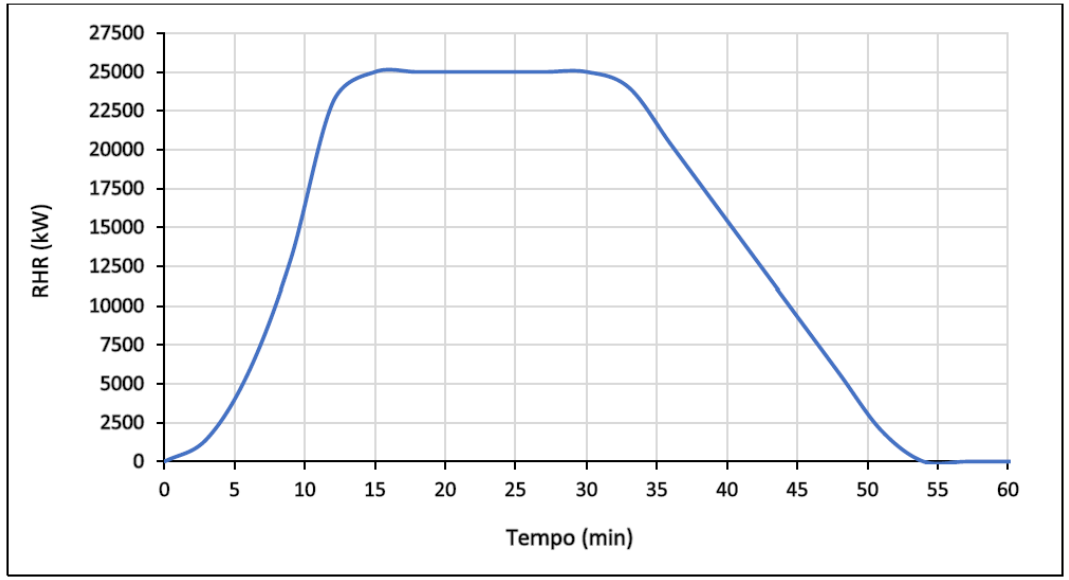


La CDF non è un giocattolo.

- Modello troppo piccolo, si perdono tutte le informazioni al contorno del fabbricato. Inserire condizioni al contorno «open» non è del tutto coretto e in questo caso non ci sono neppure

- Mesh poco fine → output errati

- Disegnare i tavolini non serve niente



Parametro	Focolare predefinito	
	per attività civile	per altre attività
Velocità caratt. di crescita dell'incendio t_α	150 s (*fast*)	75 s (*ultra-fast*)
RHR_{max} totale RHR_{max} per m^2 di superficie del focolare	5 MW 250-500 kW/m^2 [1]	50 MW 500 -1000 kW/m^2 [1]
Resa in particolato Y_{soot}	Pre flashover: 0,07 kg/kg [2,3] Post flashover: 0,14 kg/kg [2,3]	Pre flashover: 0,18 kg/kg [4] Post flashover: 0,36 kg/kg [4]
Resa in monossido di carbonio Y_{CO}	Pre flashover: 0,10 kg/kg [5] Post flashover: 0,40 kg/kg [5]	
Calore di combustione effettivo ΔH_c	20 MJ/kg [3]	
Resa in biossido di carbonio Y_{CO2}	1,5 kg/kg [3,6]	
Resa in acqua Y_{H2O}	0,82 kg/kg [3,6]	
Frazione di RHR in irraggiamento (*Radiative fraction*)	35% [3]	

[1] Da impiegare in alternativa all'RHR_{max} totale, considerando la massima superficie del focolare, pari al compartimento antincendio nel caso di carico di incendio uniformemente distribuito, ma che può essere un valore inferiore nel caso d'incendio localizzato.

[2] Robbins A P, Wade C A, Study Report no 185 *"Soot Yield Values for Modelling Purposes - Residential Occupancies"*, BRANZ, 2008

[3] *"C/VM2 Verification method: Framework for fire safety design"*, New Zealand Building Code

[4] *"SFPE handbook of fire protection engineering"*, NFPA, 4th ed., 2008. Tabella 3-4.16, pag. 3-142, da *polyurethane flexible foams*.

[5] Stec A A, Hull T R, *"Fire Toxicity"*, Woodhead Pub., 2010. § 2.4 con Φ = 1,25 (*underventilated fire*)

[6] In alternativa alle rese Y_{CO2} e Y_{H2O}, si può imporre nel codice di calcolo il combustibile generico $CH_2O_{0,5}$.

Tabella M.2-2: Focolari predefiniti

Potenza inerita nel modello 25.000 kW

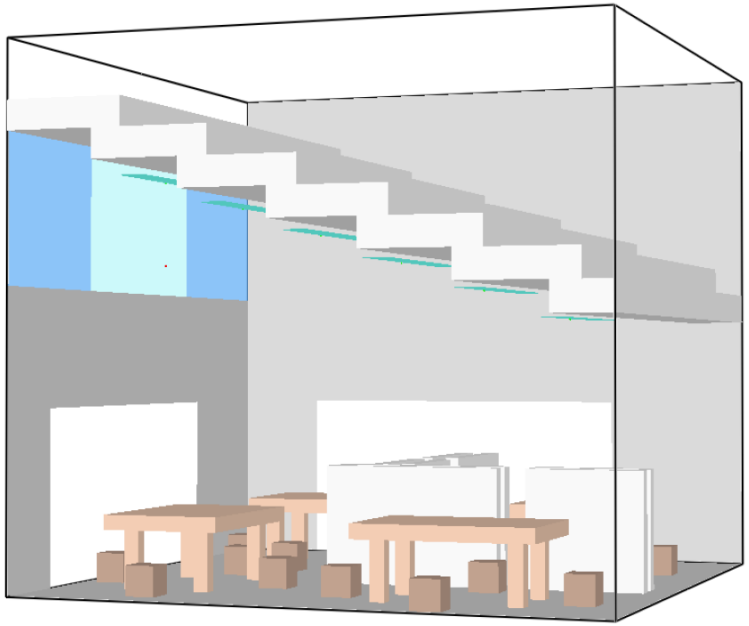
25 MW sono tanti per un'attività civile. Il codice consiglia 5 MW

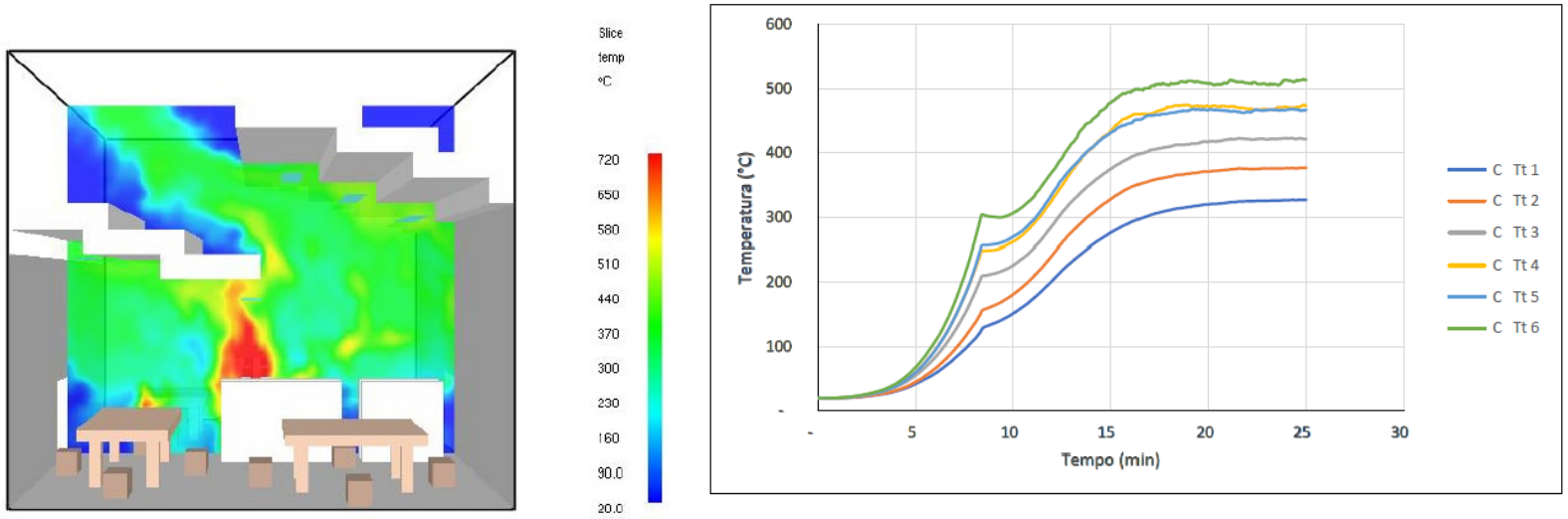
Ciò non toglie che se dall'analisi degli scenari risulta una potenza più alta si DEVE ipotizzare una potenza più alta

```
&SURF ID='FIRE', HRRPUA=142, RAMP_Q='fireramp'/
&RAMP ID='fireramp',T=0,F=0/
&RAMP ID='fireramp',T=180,F=0.0576/
&RAMP ID='fireramp',T=360,F=0.2304/
&RAMP ID='fireramp',T=540,F=0.5184/
&RAMP ID='fireramp',T=720,F=0.9216/
&RAMP ID='fireramp',T=900,F=1/
&RAMP ID='fireramp',T=1080,F=1/
&RAMP ID='fireramp',T=1260,F=1/
&RAMP ID='fireramp',T=1440,F=1/
&RAMP ID='fireramp',T=1620,F=1/
&RAMP ID='fireramp',T=1800,F=1/
&RAMP ID='fireramp',T=1980,F=0.959882583170254/
&RAMP ID='fireramp',T=2160,F=0.813111545988258/
&RAMP ID='fireramp',T=2340,F=0.666340508806262/
&RAMP ID='fireramp',T=2520,F=0.519569471624266/
&RAMP ID='fireramp',T=2700,F=0.37279843444227/
&RAMP ID='fireramp',T=2880,F=0.226027397260274/
&RAMP ID='fireramp',T=3060,F=0.0792563600782777/
```

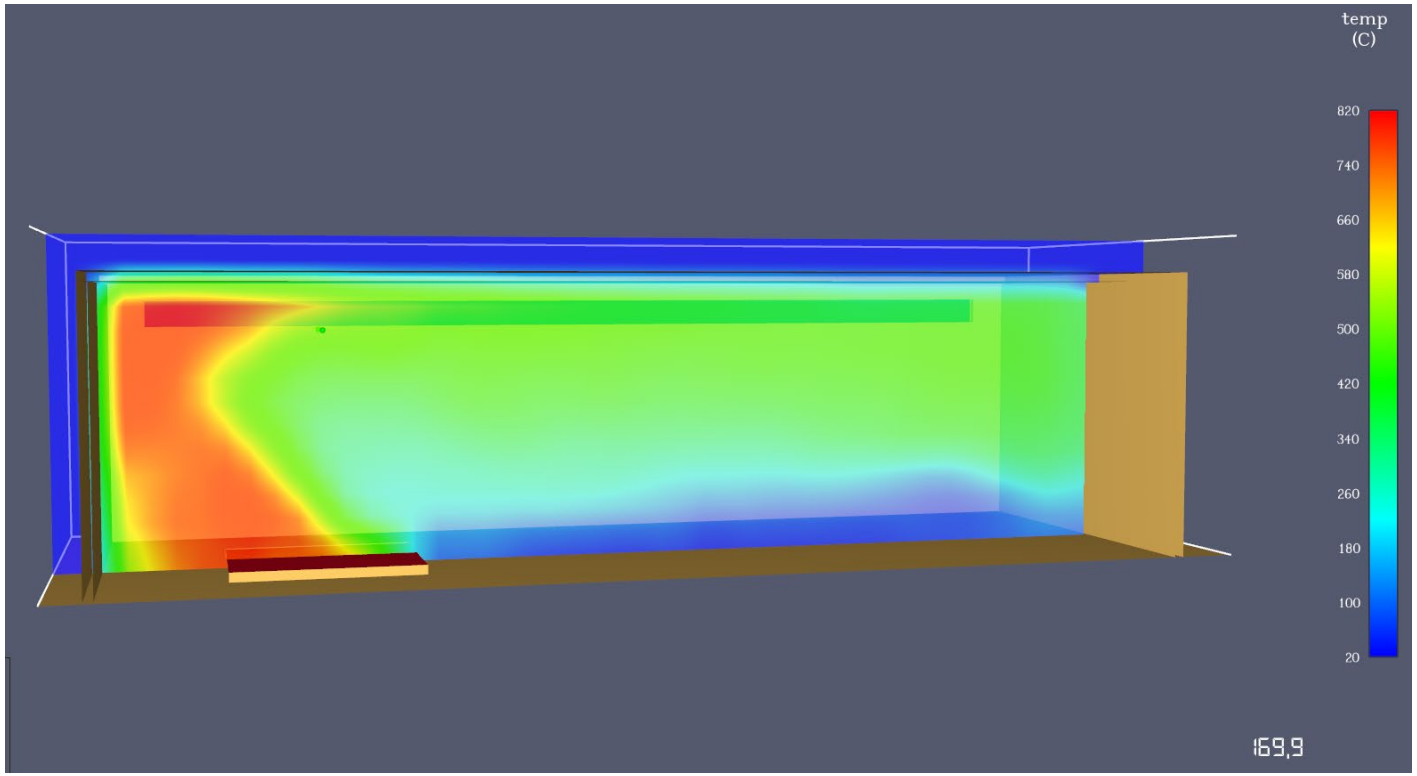
142 kW/m2

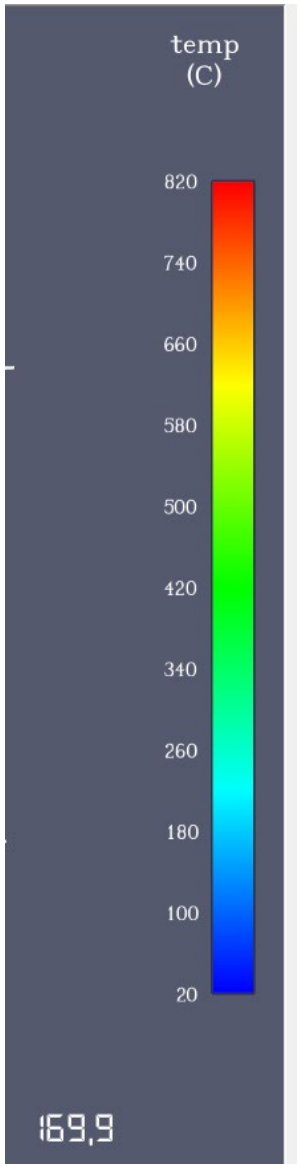
Per arrivare a 25000 kW servono 176 m2



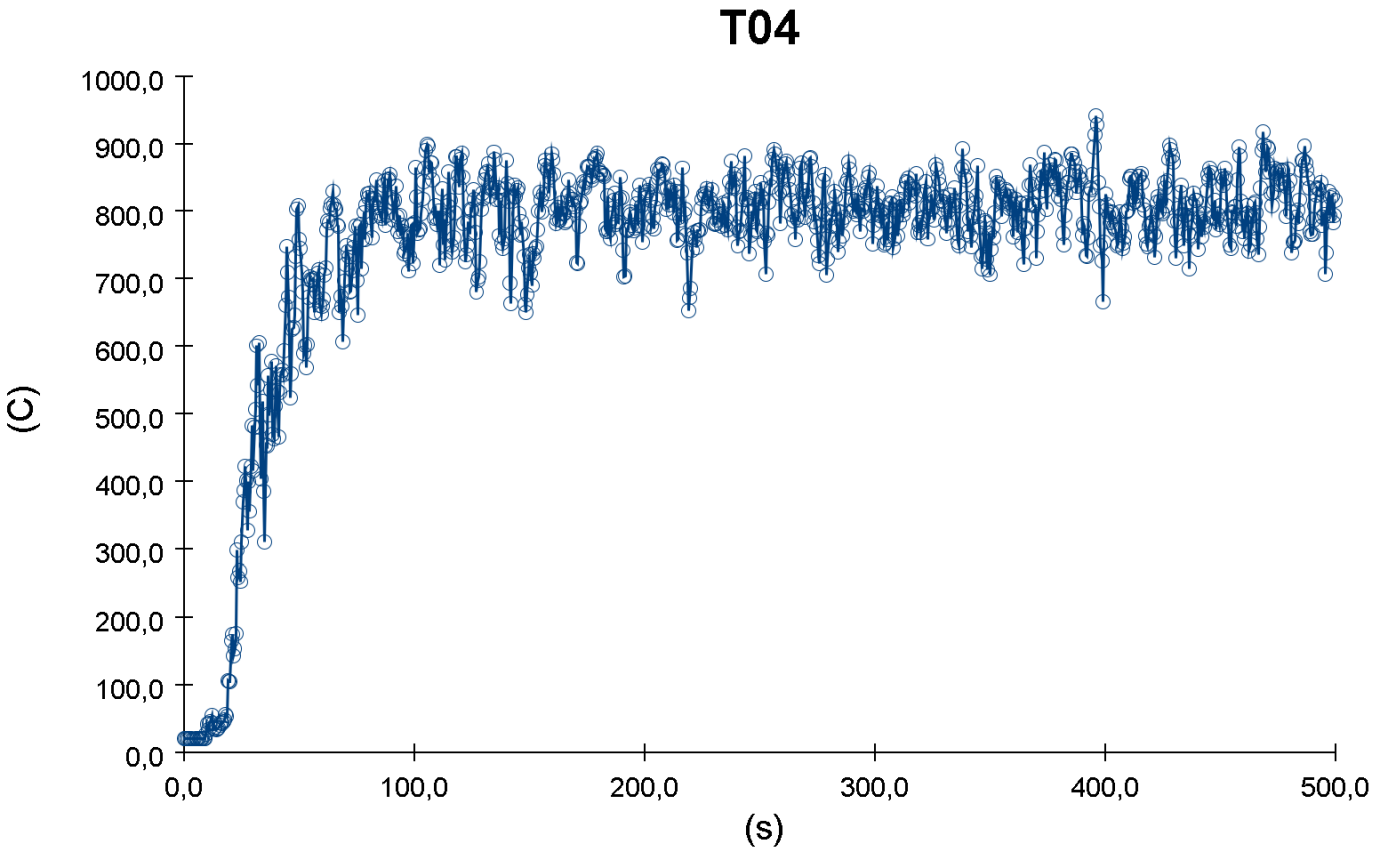


Ma cosa succede veramente con 25 MW?


temp
(C)
820
740
660
580
500
420
340
260
180
100
20
169,9


temp
(C)
820
740
660
580
500
420
340
260
180
100
20
169,9

Ma cosa succede veramente con 25 MW?
Termocoppia 5 m



Conclusione Strutturale della relazione

(non l'abbiamo fatto noi!)

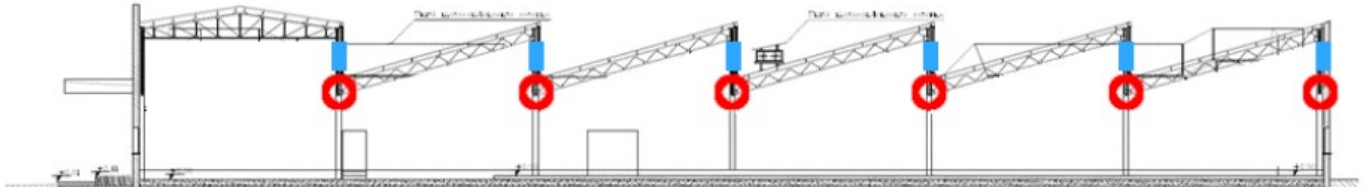
- Non ha senso fisico separare due zone in verticale in questo modo (in un modello di campo poi)

- Delta ammissibile cosa è?

- Non è possibile dimensionare con curva naturale vernici intumescenti. Non ha senso usare sulla verticale due curve di incendio a piacimento (ISO834 – Curva Naturale)

- Proteggere una parte di una e una parte no di una copertura leggera come questa può essere addirittura controproducente. Si tiene «fredda» una parte (quella protetta) e l'altra libera di dilatarsi. Le sollecitazioni indirette potrebbero far cadere la copertura.

	T max raggiunta FDS (°C)	T critica minima (°C)	Delta ammissibile (°C)	Esito
corrente inferiore TP:	615	691	100	Da trattare
elementi secondari:	470	654	50	OK



CONTACT

Ing. Diego Cecchinato - Fire Engineer
C. +39 348 9823213
d.cecchinato@safety-fire.it

Articoli **INGENIO**
https://www.ingenio-web.it/autori/cecchinato-diego

Bibliografia

- Rivista Antincendio, articolo “Resistenza al fuoco: l’impatto della Circolare DCPREV 9962 sulla progettazione secondo il Codice di Prevenzione Incendi “ Marco Antonelli, Daniele Andriotto, Diego Cecchinato.
- Rivista Antincendio, articolo “La valutazione della resistenza al fuoco con la curva dell'incendio naturale. Il ruolo dei sistemi di protezione“ di Daniele Andriotto, Giovanni Cosma, Luciano Nigro.
- Rivista Antincendio, articolo “ Eurocodice 3: la resistenza al fuoco delle strutture in acciaio e l'influenza del fattore di sezione Am/V» di Daniele Andriotto, Ermanno Andriotto
- SFPE Handbook of Fire Protection Engineering. Fifth Edition.
- “Progetto delle strutture resistenti al fuoco” di Buchanan Andrew H.; Gambarova Pietro; Felicetti Roberto. - Hoepli, Milano.
- UAE Fire Safety Code.
- BS 9999.
- Fruin, J. J. - Pedestrian Planning and Design (1987).
- Professor Bianco Università di Napoli II