Ordine degli Ingegneri
della provincia di Modena

Fire Safety Engineering

Primo Modulo: INTRODUZIONE ALLA F.S.E.

13.09.2023

Ing. Daniele Andriotto
Fire Engineer
393 5283518
andriottodaniele@gmail.com

Ordine dei Ingegneri della provincia di Modena

SOLUZIONI ALTERNATIVE CON RICORSO ALLA F.S.E.

ore 16.00 – 18.00 **Casi Pratici**

- Quadro normativo alla Fire Safety Engineering
- Applicazione della Fire Safety Engineering come soluzione a casi pratici
- Caso Pratico “Strutture”: edificio industriale con strutture metalliche
- Caso Pratico “Strutture”: edificio industriale ad archi con tirante metallico
- Caso Pratico “Esodo”: edificio storico con lunghezze di esodo elevate
- Caso Pratico “Esodo”: edificio industriale con lunghezze di esodo elevate
- Caso Pratico “Controllo Fumi”: edificio commerciale e la UNI 9494
- Caso Pratico “Compartimentazione”: edificio industriale e separazione esterna dal confine

Ordine dei Ingegneri della provincia di Modena

SOLUZIONI ALTERNATIVE CON RICORSO ALLA F.S.E.

REGOLAMENTAZIONE PRESTAZIONALE

L'introduzione del **Codice di Prevenzione Incendi (D.M. 03.08.2015)**
ha eliminato l'obbligo del ricorso alla Deroga nel caso dell'utilizzo dell'approccio ingegneristico.

↓

Per utilizzare l'approccio Ingegneristico **è sufficiente la richiesta di Valutazione Progetto** al Comando Provinciale competente

Metodi	Descrizione e limiti d'applicazione
Applicazione di norme o documenti tecnici	Il *progettista* applica norme o documenti tecnici adottati da organismi europei o internazionali, riconosciuti nel settore della sicurezza antincendio. Tale applicazione, fatti salvi gli obblighi connessi all'impiego di prodotti soggetti a normativa comunitaria di armonizzazione e alla regolamentazione nazionale, deve essere attuata nella sua completezza, ricorrendo a soluzioni, configurazioni e componenti richiamati nelle norme o nei documenti tecnici impiegati, evidenziandone specificatamente l'idoneità, per ciascuna configurazione considerata, in relazione ai profili di rischio dell'attività.
Soluzioni progettuali che prevedono l'impiego di prodotti o tecnologie di tipo innovativo	L'impiego di prodotti o tecnologie di tipo *innovativo*, frutto della evoluzione tecnologica, è consentito in tutti i casi in cui l'idoneità all'impiego possa essere attestata dal *professionista antincendio*, in sede di verifica ed analisi sulla base di una valutazione del rischio connessa all'impiego dei medesimi prodotti o tecnologie, supportata da pertinenti certificazioni di prova riferite a: • norme o specifiche di prova nazionali; • norme o specifiche di prova internazionali; • specifiche di prova adottate da laboratori a tale fine autorizzati.
Ingegneria della sicurezza antincendio	Il *professionista antincendio* applica i metodi dell'ingegneria della sicurezza antincendio, secondo procedure, ipotesi e limiti indicati in particolare nei capitoli M.1, M.2 e M.3 oppure in base a principi tecnico-scientifici riconosciuti a livello nazionale o internazionale.
Prove sperimentali	Il *professionista antincendio* esegue prove sperimentali in scala reale o in scala adeguatamente rappresentativa, finalizzata a riprodurre ed analizzare dal vero i fenomeni (es. chimico-fisici e termodinamici, esodo degli occupanti, ...) che caratterizzano la problematica oggetto di valutazione avente influenza sugli obiettivi di prevenzione incendi. Le prove sperimentali sono condotte secondo protocolli standardizzati oppure condivisi con la Direzione centrale per la prevenzione e la sicurezza tecnica del Corpo nazionale dei Vigili del fuoco. Le prove sono svolte alla presenza di rappresentanza qualificata del Corpo nazionale dei Vigili del fuoco, su richiesta del responsabile dell'attività. Le prove devono essere opportunamente documentate. In particolare i rapporti di prova dovranno definire in modo dettagliato le ipotesi di prova ed i limiti d'utilizzo dei risultati. Tali rapporti di prova, ivi compresi filmati o altri dati monitorati durante la prova, sono messi a disposizione del Corpo nazionale dei Vigili del fuoco.

Tabella G.2.1: Metodi di progettazione della sicurezza antincendio

SOLUZIONI ALTERNATIVE CON RICORSO ALLA F.S.E.

REGOLAMENTAZIONE PRESTAZIONALE
COME APPLICARLA

Testo coordinato dell'allegato I del DM 3 agosto 2015
Codice di prevenzione incendi

Sezione G Generalità
- Capitolo G.1 Termini, definizioni e simboli grafici
- Capitolo G.2 Progettazione per la sicurezza antincendio
- Capitolo G.3 Determinazione dei profili di rischio delle attività

Sezione S Strategia antincendio
- Capitolo S.1 Reazione al fuoco
- Capitolo S.2 Resistenza al fuoco
- Capitolo S.3 Compartimentazione
- Capitolo S.4 Esodo
- Capitolo S.5 Gestione della sicurezza antincendio
- Capitolo S.6 Controllo dell'incendio
- Capitolo S.7 Rivelazione ed allarme
- Capitolo S.8 Controllo di fumi e calore
- Capitolo S.9 Operatività antincendio
- Capitolo S.10 Sicurezza degli impianti tecnologici e di servizio

Sezione V Regole tecniche verticali
- Capitolo V.1 Aree a rischio specifico
- Capitolo V.2 Aree a rischio per atmosfere esplosive
- Capitolo V.3 Vani degli ascensori
- Capitolo V.4 Uffici
- Capitolo V.5 Attività ricettive turistico-alberghiere
- Capitolo V.6 Autorimesse
- Capitolo V.7 Attività scolastiche
- Capitolo V.8 Attività commerciali
- Capitolo V.9 Asili nido
- Capitolo V.10 Musei, gallerie, esposizioni, mostre, biblioteche e archivi in edifici tutelati

Sezione M Metodi
- Capitolo M.1 Metodologia per l'ingegneria della sicurezza antincendio
- Capitolo M.2 Scenari di incendio per la progettazione prestazionale
- Capitolo M.3 Salvaguardia della vita con la progettazione prestazionale

SOLUZIONI ALTERNATIVE CON RICORSO ALLA F.S.E.

REGOLAMENTAZIONE PRESTAZIONALE

Quali sono i VANTAGGI con l'Approccio Prestazionale ?

1. **Resistenza al Fuoco:** Eliminare la protezione passiva
   Ridurre la protezione passiva
   Aumentare i quantitativi di materiale combustibile

1. **Controllo Fumi e calore:** Eliminare o ridurre gli EFC
   Controllare la loro reale efficacia

1. **Sistema di Esodo:** Allungare i percorsi di esodo
   Ridurre il numero di U.S

1. **Compartimentazione:** Compartimenti più grandi
   Minore distanza di separazione tra fabbricati

1. **Impianti:** Eliminazione Impianto sprinkler
   Dimostrazione che la presenza dell'impianto sprinkler consente di ridurre altre misure

FIRE SAFETY ENGINEERING NELLA RESISTENZA AL FUOCO

D.M. 03.08.2015

S.2.2 Livelli di prestazione

1. La tabella S.2-1 riporta i livelli di prestazione attribuibili alle *opere da costruzione* per la presente misura antincendio.

Livello di prestazione	Descrizione
I	Assenza di conseguenze esterne per collasso strutturale
II	Mantenimento dei requisiti di resistenza al fuoco per un periodo sufficiente all'evacuazione degli occupanti in luogo sicuro all'esterno della costruzione.
III	Mantenimento dei requisiti di resistenza al fuoco per un periodo congruo con la durata dell'incendio.
IV	Requisiti di resistenza al fuoco tali da garantire, dopo la fine dell'incendio, un limitato danneggiamento della costruzione.
V	Requisiti di resistenza al fuoco tali da garantire, dopo la fine dell'incendio, il mantenimento della totale funzionalità della costruzione stessa.

Tabella S.2-1: Livelli di prestazione

FIRE SAFETY ENGINEERING NELLA RESISTENZA AL FUOCO

D.M. 03.08.2015

Livello di prestazione	Criteri di attribuzione
I	Opere da costruzione, comprensive di eventuali manufatti di servizio adiacenti nonché dei relativi impianti tecnologici di servizio, dove sono verificate *tutte* le seguenti condizioni: • compartimentate rispetto ad altre opere da costruzione eventualmente adiacenti e strutturalmente separate da esse e tali che l'eventuale cedimento strutturale non arrechi danni ad altre opere da costruzione o all'esterno del confine dell'area su cui sorge l'attività medesima; • adibite ad attività afferenti ad un solo *responsabile dell'attività* e con profilo di rischio R_{beni} pari ad 1; • non adibite ad attività che comportino presenza di occupanti, ad esclusione di quella occasionale e di breve durata di personale addetto.

II	Opere da costruzione o porzioni di opere da costruzione, comprensive di eventuali manufatti di servizio adiacenti nonché dei relativi impianti tecnologici di servizio, dove sono verificate *tutte* le seguenti condizioni:
	• compartimentate rispetto ad altre opere da costruzione eventualmente adiacenti;
	• strutturalmente separate da altre opere da costruzione e tali che l'eventuale cedimento strutturale non arrechi danni alle stesse o all'esterno del confine dell'area su cui sorge l'attività medesima; oppure, in caso di assenza di separazione strutturale, tali che l'eventuale cedimento della porzione non arrechi danni al resto dell'opera da costruzione o all'esterno del confine dell'area su cui sorge l'attività medesima;
	• adibite ad attività afferenti ad un solo *responsabile dell'attività* e con i seguenti profili di rischio:
	  ○ R_{vita} compresi in A1, A2, A3, A4;
	  ○ R_{beni} pari ad 1;
	• densità di affollamento ≤ 0,2 persone/m^2;
	• non prevalentemente destinate ad occupanti con disabilità;
	• aventi piani situati a quota compresa tra -5 m e 12 m.

III	Opere da costruzione non ricomprese negli altri criteri di attribuzione.
IV, V	Su specifica richiesta del committente, previsti da capitolati tecnici di progetto, richiesti dalla autorità competente per opere da costruzione destinate ad attività di particolare importanza.

→ **MAGAZZINI AUTOMATIZZATI SENZA POSTAZIONI FISSE DI LAVORO**

→ **CAPANNONI INDUSTRIALI**

FIRE SAFETY ENGINEERING NELLA RESISTENZA AL FUOCO

D.M. 03.08.2015

Livello di Prestazione I in soluzione Alternativa

S.2.4.6 Soluzioni alternative per il livello di prestazione I

1. Sono ammesse *soluzioni alternative*, costituite da:
   a. compartimentazione rispetto ad altre costruzioni;
   b. assenza di danneggiamento ad altre costruzioni o all'esterno del confine dell'area su cui sorge l'attività, per effetto di collasso strutturale.
2. Ai fini della verifica della compartimentazione rispetto ad altre costruzioni, sono ritenute idonee le soluzioni conformi o alternative indicate per il livello di prestazione II della misura antincendio compartimentazione (capitolo S.3);
3. Ai fini della verifica dell'assenza di danneggiamento ad altre costruzioni, devono essere adottate soluzioni atte a dimostrare analiticamente, che il meccanismo di collasso strutturale in condizioni di incendio non arrechi danni ad altre costruzioni. Dette verifiche devono essere condotte in base agli scenari di incendio di progetto ed ai relativi incendi convenzionali di progetto rappresentati da curve naturali di incendio secondo il paragrafo S.2.6.

FIRE SAFETY ENGINEERING NELLA RESISTENZA AL FUOCO
D.M. 03.08.2015
Livello di Prestazione II in soluzione Alternativa

S.2.4.7 Soluzioni alternative per il livello di prestazione II

1. Sono ammesse *soluzioni alternative*, costituite da:
   a. compartimentazione rispetto ad altre costruzioni;
   b. assenza di danneggiamento ad altre costruzioni o all'esterno del confine dell'area su cui sorge l'attività, per effetto di collasso strutturale;
   c. mantenimento della capacità portante in condizioni di incendio per un periodo sufficiente all'evacuazione degli occupanti in luogo sicuro all'esterno della costruzione. La capacità portante deve essere comunque tale da garantire un margine di sicurezza $t_{marg} \geq 100\% \cdot RSET$ e comunque ≥ 15 minuti (paragrafo M.3.2.2).
2. Per la verifica della compartimentazione e dell'assenza di danneggiamento in caso di collasso strutturale, si utilizzano le soluzioni alternative previste per il livello di prestazione I di resistenza al fuoco.
3. Per la verifica del mantenimento della capacità portante in condizioni di incendio, le soluzioni alternative si ottengono verificando le prestazioni di resistenza al fuoco delle costruzioni in base agli scenari di incendio di progetto ed ai relativi incendi convenzionali di progetto rappresentati da curve naturali di incendio secondo il paragrafo S.2.6.

https://webapi.ingenio-web.it/immagini/file/byname?name=resistenza-al-fuoco-livelllo-ii-di-prestazione.pdf

FIRE SAFETY ENGINEERING NELLA RESISTENZA AL FUOCO

D.M. 03.08.2015

Livello di Prestazione II in soluzione Alternativa

Qual' è la riduzione della richiesta del normatore per un classico capannone industriale ad unico volume?

D.M. 9.03.2007 →	**R 30**
CODICE DI PREVENZIONE INCENDI →	**15 minuti di curva naturale**

La riduzione è di due livelli:

1. **Da 30 minuti a 15 minuti**
2. **Da curva ISO 834 A CURVA NATURALE**

Riduzione: x2

FIRE SAFETY ENGINEERING NELLA RESISTENZA AL FUOCO

La richiesta minima, in casi standard di valori di carico d'incendio, è la **CLASSE R30**

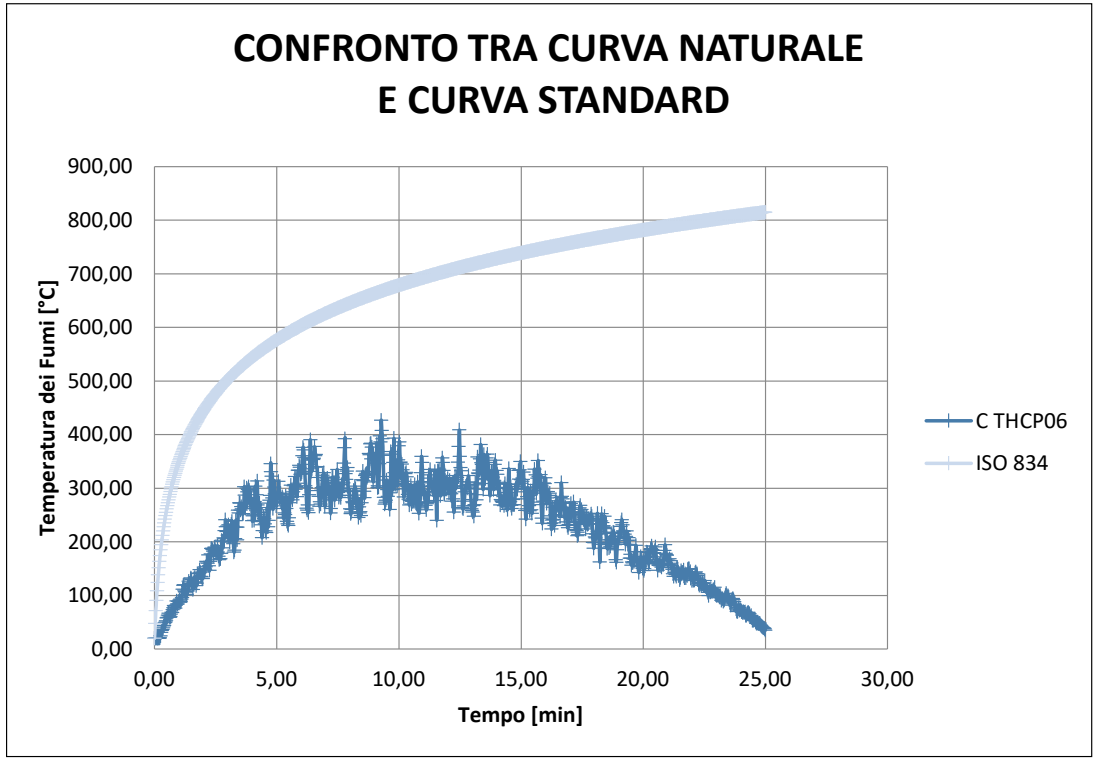
D.M. 9.03.2007: **T = 822°C → NECESSARIA PROTEZIONE PASSIVA**

D.M. 3.08.2015: **T = 627°C → NESSUN INTERVENTO**

D.M. 9.03.2007: **T = 822°C → NECESSARIA PROTEZIONE PASSIVA**

D.M. 3.08.2015: **T = 458°C → NESSUN INTERVENTO**

FIRE SAFETY ENGINEERING NELLA RESISTENZA AL FUOCO



La modellazione fluidodinamica ha permesso di considerare una temperatura massima dell' incendio pari a **400°**C, a fronte dei **700°**C della curva ISO 834.

La differenza aumenta con l'aumentare della classe d'incendio perché la curva standard ISO 834 è monotona crescente.

FIRE SAFETY ENGINEERING NELL'ESODO

L'approccio prestazionale può essere utilizzato per molte caratteristiche del sistema di esodo.

Tra i problemi più comuni con cui spesso si ci imbatte nella progettazione soprattutto delle attività esistenti abbiamo:

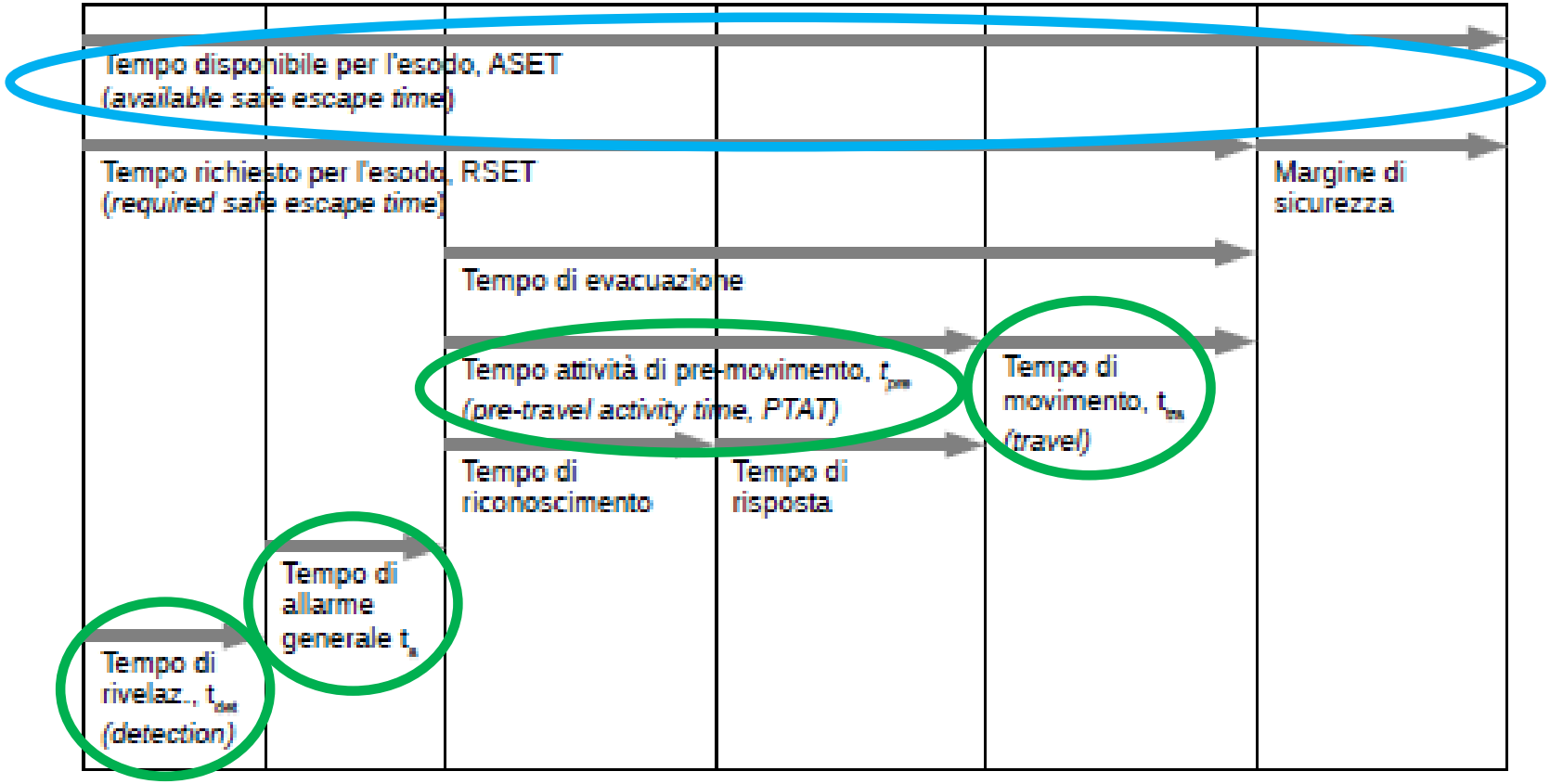
- **Numero** di vie d'esodo;
- **Lunghezze delle vie d'esodo;**
- **Numero di scalini consecutivi** e dimensioni dell'**alzata e pedata**.
- Ect…

Per tutte queste è possibile sfruttare l'approccio ingegneristico come stabilito dal Codice al **Paragrafo S.4.4.3**.

Oggetto della soluzione	Modalità progettuale
Caratteristiche del luogo sicuro (§ S.4.5.1)	Si dimostri che tali luoghi non siano investiti da effetti dell'incendio che determinano condizioni incapacitanti per gli occupanti.
Caratteristiche del luogo sicuro temporaneo (§ S.4.5.2), delle vie d'esodo (§ S.4.5.3)	Si dimostri che tali luoghi non siano investiti da effetti dell'incendio che determinano condizioni incapacitanti durante l'esodo degli occupanti.
Caratteristiche delle porte (§ S.4.5.7), numero minimo uscite indipendenti (§ S.4.8.1)	Si dimostri, anche tramite descrizione, come nella specifica attività il *sovraffollamento localizzato* alle uscite sia reso improbabile grazie a specifiche misure gestionali dell'esodo.
Disposizione dei posti a sedere (§ S.4.5.11)	Si dimostri che la diversa disposizione consenta di effettuare l'esodo in un tempo non superiore a quello di riferimento e senza ostacoli.
Numero minimo vie d'esodo indipendenti (§ S.4.8.1), corridoi ciechi (§ S.4.8.2)	Si dimostri che sia improbabile che l'esodo degli occupanti possa essere impedito dall'incendio lungo il corridoio cieco o negli ambiti collegati.
Lunghezze d'esodo (§ S.4.8.3)	Si dimostri che diverse lunghezze d'esodo consentano comunque di abbandonare il compartimento di primo innesco prima che l'incendio determini condizioni incapacitanti per gli occupanti.
Larghezze minime delle vie d'esodo orizzontali (§ S.4.8.7), delle vie d'esodo verticali (§ S.4.8.8), delle uscite finali (§ S.4.8.9)	Si dimostri che diverse larghezze delle vie d'esodo siano adeguate agli occupanti che le impiegano, grazie al basso affollamento effettivo che non determina la formazione di code, per specifiche misure gestionali che rendano improbabili condizioni di *sovraffollamento localizzato*.
Tutti i casi	Si dimostri il raggiungimento degli obiettivi di sicurezza per gli occupanti impiegando i metodi del capitolo M.3 e le informazioni reperibili nei riferimenti (§ S.4.12).

Tabella S.4-3: Modalità progettuali per soluzioni alternative

FIRE SAFETY ENGINEERING NELLA SISTEMA DELL'ESODO



FIRE SAFETY ENGINEERING NEL CONTROLLO DEI FUMI E DEL CALORE

L'approccio prestazionale può essere utilizzato per molte caratteristiche del sistema di controllo fumo e calore.

Tra i problemi più comuni con cui spesso si ci imbatte nella progettazione soprattutto delle attività esistenti abbiamo:

- **UNI 9494** e le tende per i compartimenti a soffitto;
- **UNI 9494** e la quantità di EFC**;**
- **Distribuzione spaziale** delle aperture di smaltimento d'emergenza (max 20 m);
- **Corretto dimensionamento dello SVOF**
- Ect…

Per tutte queste è possibile sfruttare l'approccio ingegneristico come stabilito dal Codice al **Paragrafo S.8.4.3**.

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

FIRE SAFETY ENGINEERING NEL CONTROLLO FUMIE CALORE

L'approccio prestazionale può essere utilizzato per molte caratteristiche del sistema di controllo fumo e calore.

1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente norma stabilisce i criteri di progettazione e installazione dei Sistemi di Evacuazione Naturale di Fumo e Calore (SENFC) in caso d'incendio.

La presente norma si applica ad ambienti da proteggere con una superficie minima di 600 m^2 e un'altezza minima di 3 m nel caso di:

- edifici monopiano;
- ultimo piano di edifici multipiani;
- piano intermedio di edifici multipiani collegabile alla copertura.

Nota Il collegamento può essere un camino che mette in comunicazione i serbatoi di fumo (compartimenti a soffitto) del piano con ogni ENFC installato in copertura.

La norma è relativa a SENFC realizzati con Evacuatori Naturali di Fumo e Calore (ENFC) installati su tetto; inoltre fornisce indicazioni e concetti (vedere appendice B informativa) per SENFC realizzati con ENFC installati su parete.

Il dimensionamento dell'impianto secondo la presente norma non si applica ai seguenti casi:

- ambienti a rischio di esplosione;
- corridoi;
- corridoi con scale.

La presente norma può essere tenuta in considerazione anche in tutte le altre condizioni di installazione dei SENFC; in ogni caso, al di fuori del campo di applicazione si può ricorrere ai metodi dell'approccio ingegneristico.

FIRE SAFETY ENGINEERING NELLA COMPARTIMENTAZIONE

L'approccio prestazionale può essere utilizzato per molte caratteristiche del sistema di controllo fumo e calore.

Tra i problemi più comuni con cui spesso si ci imbatte nella progettazione soprattutto delle attività esistenti abbiamo:

- **Distanza di separazione** tra edifici;
- **Dimensione del Compartimento;**
- Ect…

Per tutte queste è possibile sfruttare l'approccio ingegneristico come stabilito dal Codice al **Paragrafo S.3.4.3**.

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.

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

FIRE SAFETY ENGINEERING NELLA COMPARTIMENTAZIONE

L'approccio prestazionale può essere utilizzato per molte caratteristiche della compartimentazione con altre opere da costruzioni.

E' noto che la potenza termica radiante dell'incendio convenzionale, che deve essere inferiore a 12,6 KW/mq, è definita dalla seguente espressione:

$$E_1 = \sigma \cdot T^4$$

Il normatore impone che nel caso di carico d'incendio superiore a 1200 MJ/mq il valore della temperatura sia 1000°C indiscriminatamente su tutte le superfici finestrate.

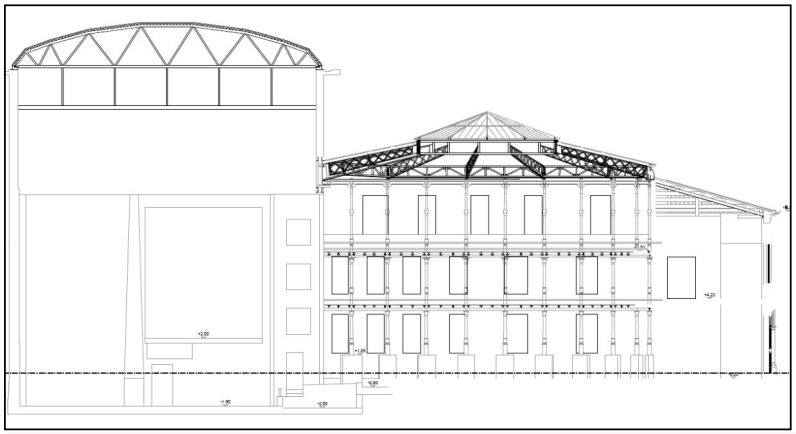
$$E_1 = \sigma \cdot T^4 = 5{,}67 \cdot 10^{-8} \cdot (1000 + 273{,}16)^4$$

Ma questo non è quasi mai vero.

Ordine dei Ingegneri della provincia di Modena

TEATRO VERDI FERRARA

Edificio storico con vincoli Architettonici imposti dalla Sovrintendenza.



L'ex Teatro Verdi di Ferrara:
progettare in un edificio storico
con il Codice
di Prevenzione Incendi

Ing. Daniele Andriotto, Arch. Rossella Bizzi, mansione

Sommario base
Aspe por mo[illegible]tas iminihil modis aditaspisint aut repudis cus.
Ga. Or asit, quisqui berorerferum quaeBis conseque voluptas secturi qui ut ut ut ad magniet moluptas voloris

Premessa

La progettazione antincendio ha subito negli ultimi anni profondi cambiamenti, prima con il Codice di Prevenzione Incendi, il D.M. 03/08/2015, aggiornato dal D.M. 18/10/2019. Come stabilito dal D.M. 12 aprile 2019 e chiarito con la Circolare 15406 del 15/10/2019, relativamente alle attività normate, esiste la possibilità di scegliere tra il metodo prescrittivo stabilito nei decreti ministeriali tradizionali (D.M. 22/02/2006 per gli uffici; D.M. 27/07/2010 per i centri commerciali; ecc.) e il metodo prestazionale delle nuove Regole Tecniche Verticali (R.T.V. uffici, R.T.V. centri commerciali), fornendo al progettista l'opportunità di garantire la sicurezza antincendio della specifica attività, limitando lo stravolgimento delle caratteristiche dell'edificio dove essa viene svolta, soprattutto nel caso di edifici storici.

Per chiarire quanto espresso, viene riassunto il caso dell'ex Teatro Verdi di Ferrara, con il preciso intento di mostrare perché il Codice di prevenzione incendi rappresenti una opportunità per progettare attività soggette ai controlli di prevenzione incendi svolte in complessi edifici di interesse storico, spesso realizzati con destinazione d'uso profondamente differente da quella prevista in progetto.

Storia

L'edificio, progettato da Antonio Foschini, viene inaugurato il 14 giugno del 1857 e subisce numerose modifiche tra le quali il rifacimento della copertura a seguito di una grande nevicata nell'inverno del 1871, che comporta la realizzazione di una nuova chiusura in ferro, cristalli e zinco, sorretta da una struttura di colonne in ghisa.

Nel 1912 l'intero complesso subì un intervento di ristrutturazione radicale, per rendere la vecchia arena più adeguata a spettacoli complessi come ad esempio l'opera, ma rimase ben poco dell'aspetto del vecchio teatro (le colonne in ghisa sono visibili ancora oggi).

Il 17 maggio 1913 il Teatro Verdi venne inaugurato con la rappresentazione dell'Aida di Giuseppe Verdi, di cui ricorreva il centenario della nascita.

Fino al secondo dopoguerra il teatro visse un periodo di grande fervore teatrale, grazie anche al passaggio di attori famosi e rinomate compagnie d'avanspettacolo, passando per la rappresentazione di opere liriche, commedie dialettali e di varietà. Gradualmente la qualità degli spettacoli diminuì aprendo così la strada a un lento e triste declino sino al 1985, anno di chiusura del teatro. >

www.imic.it | antincendio | 19

FIRE SAFETY ENGINEERING NELLA RESISTENZA AL FUOCO

CASO N.1 – COPERTURA METALLICA

Il progetto consiste nella definizione delle garanzie di resistenza al fuoco della copertura metallica di un ambiente adibito a Centro Commerciale.

DATI DEL PROBLEMA:

- Struttura metallica composta da archi a spinta eliminata disposti nelle due direzioni principali;

REQUISITO DI RESISTENZA AL FUOCO:
Il requisito di resistenza al fuoco viene stabilito secondo il D.M. del 27 luglio 2010:

- Resistenza richiesta: **R60**
- Resistenza stimata: **R15**

3.1 - RESISTENZA AL FUOCO

Le strutture portanti e gli elementi di compartimentazione dell'attività commerciale devono garantire rispettivamente requisiti di resistenza al fuoco R e REI/EI non inferiori a quelli riportati nella seguente tabella 1:

Tabella 1 - Requisiti minimi di resistenza al fuoco delle strutture portanti e degli elementi di compartimentazione

Caratteristiche dell'edificio in cui è ubicata l'attività	Altezza	Classe di resistenza al fuoco in presenza di impianto di spegnimento automatico	Classe di resistenza al fuoco in assenza di impianto di spegnimento automatico
Edificio di tipo isolato	≤ 8 m	30	45
	> 8 m ≤ 15 m	45	60
	> 15 m	60	90
Edificio di tipo misto	≤ 8 m	45	60
	> 8 m ≤ 15 m	60	90
	> 15 m	90	120
Piani interrati		90	

FIRE SAFETY ENGINEERING NELLA RESISTENZA AL FUOCO

CASO N.1 – COPERTURA METALLICA

L'applicazione del metodo PRESCRITTIVO, tramite applicazione del D.M. DEL 27 Luglio 2010 permette un'unica soluzione: quella di applicare protezione prodotti di protezione passiva.
Nel caso specifico non è così semplice perché:

- **COSTI ELEVATI** (soluzioni limitate di protezione passiva per le dimensioni ridotte dei profili e per i ridotti valori del fattore sezione sabbiatura)
- **COSTI ELEVATI** (necessità di sabbiare tutti i profili)
- **DIFFICOLTA' REALIZZATIVE** (elementi disposti a quote differenti, altezza media pari a 28m, accessibilità agli ambienti interni limitata)
- **RICHIESTA DI MANUTENZIONE PERIODICA**.

L'unica alternativa pare essere quale del ricorso allo strumento della Deroga, che comporta:

- **ALLUNGAMENTO DEI TEMPI** per il rilascio del parere favorevole;
- **RISCHIO** di non approvazione.

Ordine dei Ingegneri della provincia di Modena

FIRE SAFETY ENGINEERING NELLA RESISTENZA AL FUOCO

CASO N.1 – COPERTURA METALLICA

SOLUZIONE PROPOSTA

Applicazione della F.S.E. tramite il nuovo Decreto del 23 Novembre 2018 per le attività commerciali (GU Serie Generale n,281 del 03/12/2018 con entrata in vigore dal 02/01/2019.

ANALSI DEL RISCHIO SECODNO NUOVO CODICE D.M. 03/08/2015:

Caratteristiche prevalenti degli occupanti δ_{occ}		Esempi
A	Gli occupanti sono in stato di veglia ed hanno familiarità con l'edificio	Ufficio non aperto al pubblico, scuola, autorimessa privata, attività produttive in genere, depositi, capannoni industriali
B	Gli occupanti sono in stato di veglia e non hanno familiarità con l'edificio	Attività commerciale, autorimessa pubblica, attività espositiva e di pubblico spettacolo, centro congressi, ufficio aperto al pubblico, ristorante, studio medico, ambulatorio medico, centro sportivo
C [1]	Gli occupanti possono essere addormentati:	
Ci	• in attività individuale di lunga durata	Civile abitazione
Cii	• in attività gestita di lunga durata	Dormitorio, residence, studentato,residenza per persone autosufficienti
Ciii	• in attività gestita di breve durata	Albergo, rifugio alpino
D	Gli occupanti ricevono cure mediche	Degenza ospedaliera, terapia intensiva, sala operatoria, residenza per persone non autosufficienti e con assistenza sanitaria
E	Occupanti in transito	Stazione ferroviaria, aeroporto, stazione metropolitana
[1] Quando nel presente documento si usa C la relativa indicazione è valida per Ci, Cii, Ciii		

Tabella G.3-1: Caratteristiche prevalenti degli occupanti

δ_α	Velocità caratteristica prevalente di crescita dell'incendio t_α [s]		Esempi
1	600	Lenta	Materiali poco combustibili distribuiti in modo discontinuo o inseriti in contenitori non combustibili.
2	300	Media	Scatole di cartone impilate; pallets di legno; libri ordinati su scaffale; mobilio in legno; automobili; materiali classificati per reazione al fuoco (capitolo S.1)
3	150	Rapida	Materiali plastici impilati; prodotti tessili sintetici; apparecchiature elettroniche; materiali combustibili non classificati per reazione al fuoco.
4	75	Ultra-rapida	Liquidi infiammabili; materiali plastici cellulari o espansi e schiume combustibili non classificati per la reazione al fuoco.

Tabella G.3-2: Velocità caratteristica prevalente di crescita dell'incendio

Ordine dei Ingegneri della provincia di Modena

FIRE SAFETY ENGINEERING NELLA RESISTENZA AL FUOCO

CASO N.1 – COPERTURA METALLICA

ANALISI DEL RISCHIO SECONDO NUOVO CODICE D.M. 03/08/2015:

Caratteristiche prevalenti degli occupanti δ_{occ}		Velocità caratteristica prevalente dell'incendio δ_a			
		1 lenta	2 media	3 rapida	4 ultra-rapida
A	Gli occupanti sono in stato di veglia ed hanno familiarità con l'edificio	A1	A2	A3	A4
B	Gli occupanti sono in stato di veglia e non hanno familiarità con l'edificio	B1	B2	B3	Non ammesso [1]
C	Gli occupanti possono essere addormentati	C1	C2	C3	Non ammesso [1]
Ci	• in attività individuale di lunga durata	Ci1	Ci2	Ci3	Non ammesso [1]
Cii	• in attività gestita di lunga durata	Cii1	Cii2	Cii3	Non ammesso [1]
Ciii	• in attività gestita di breve durata	Ciii1	Ciii2	Ciii3	Non ammesso [1]
D	Gli occupanti ricevono cure mediche	D1	D2	Non ammesso [1]	Non ammesso
E	Occupanti in transito	E1	E2	E3	Non ammesso [1]

[1] Per raggiungere un valore ammesso, δ_a può essere ridotto di un livello come specificato nel comma 4.
[2] Quando nel testo si usa uno dei valori C1, C2, C3 la relativa indicazione è valida rispettivamente per Ci1, Ci2, Ci3 o Cii1, Cii2, Cii3 o Ciii1, Ciii2, Ciii3

Tabella G.3-4: Determinazione di R_{vita}

Livello di prestazione	Criteri di attribuzione
I	Opere da Costruzione, comprensive di eventuali manufatti di servizio adiacenti nonché dei relativi impianti tecnologici di servizio, dove sono verificate *tutte* le seguenti condizioni: • compartimentate rispetto ad altre opere da costruzione eventualmente adiacenti e strutturalmente separate da esse e tali che l'eventuale cedimento strutturale non arrechi danni ad altre opere da costruzione; • adibite ad attività afferenti ad un solo *responsabile dell'attività* e con i seguenti profili di rischio: ◦ R_{beni} pari a 1; ◦ $R_{ambiente}$ non significativo; • non adibite ad attività che comportino presenza di occupanti, ad esclusione di quella occasionale e di breve durata di personale addetto.
II	Opere da Costruzione o porzioni di opere da costruzione, comprensive di eventuali manufatti di servizio adiacenti nonché dei relativi impianti tecnologici di servizio, dove sono verificate *tutte* le seguenti condizioni: • compartimentate rispetto ad altre opere da costruzione eventualmente adiacenti; • strutturalmente separate da altre opere da costruzione e tali che l'eventuale cedimento strutturale non arrechi danni alle stesse ovvero, in caso di assenza di separazione strutturale, tali che l'eventuale cedimento della porzione non arrechi danni al resto dell'opera da costruzione; • adibite ad attività afferenti ad un solo *responsabile dell'attività* e con i seguenti profili di rischio: ◦ R_{vita} compresi in A1, A2, A3, A4; ◦ R_{beni} pari a 1; ◦ $R_{ambiente}$ non significativo; • densità di affollamento non superiore a 0,2 persone/m^2; • non prevalentemente destinate ad occupanti con disabilità; • aventi piani situati a quota compresa tra -5 m e 12 m.
III	Opere da costruzione non ricomprese negli altri criteri di attribuzione.
IV, V	Su specifica richiesta del committente, previsti da capitolati tecnici di progetto, richiesti dalla autorità competente per costruzioni destinate ad attività di particolare importanza.

Tabella S.2-2: Criteri di attribuzione dei livelli di prestazione

Ordine dei Ingegneri della provincia di Modena

FIRE SAFETY ENGINEERING NELLA RESISTENZA AL FUOCO

CASO N.1 – COPERTURA METALLICA

ANALSI DEL RISCHIO SECODNO NUOVO CODICE D.M. 03/08/2015:

Soluzioni alternative per il livello di prestazione III

1. Sono ammesse *soluzioni alternative*.
2. Le soluzioni alternative per il livello di prestazione III si ottengono verificando le prestazioni di resistenza al fuoco delle costruzioni in base agli scenari di incendio di progetto ed ai relativi incendi convenzionali di progetto rappresentati da curve naturali di incendio secondo il paragrafo S.2.6.
3. Per la verifica della *capacità di compartimentazione* all'interno dell'attività non si forniscono soluzioni alternative.
4. Al fine di dimostrare il raggiungimento del collegato *livello di prestazione* il progettista deve impiegare uno dei metodi di cui al paragrafo G.2.6.

CASO N.1 – COPERTURA METALLICA

DEFINIZIONE DEGLI SCENARI

Si tratta di **identificazione, selezione e quantificazione** degli scenari di incendio di progetto che sono impiegati nell'analisi quantitativa da parte del professionista antincendio.

Gli scenari d'incendio rappresentano la descrizione dettagliata degli eventi che possono ragionevolmente verificarsi in relazione a tre aspetti fondamentali:
a. caratteristiche **dell'incendio**;
b. caratteristiche **dell'attività**;
c. caratteristiche degli **occupanti**.

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.

CASO N.1 – COPERTURA METALLICA

DEFINIZIONE DEGLI SCENARI

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.
Il professionista antincendio seleziona i ***piu gravosi*** tra gli scenari di incendio ***credibili***.

Terminata la selezione degli scenari di incendio di progetto, il professionista antincendio deve procedere con la **DESCRIZIONE QUANTITATIVA** di ciascuno di essi.
Il professionista antincendio traduce la descrizione qualitativa degli scenari d'incendio di progetto, già elaborata nel primo passo, in dati numerici di input appropriati per la metodologia di calcolo scelta per la verifica delle ipotesi progettuali.

Attenzione che le caratteristiche dell'attivita' influenzano l'esodo degli occupanti, lo sviluppo dell'incendio e la diffusione dei prodotti della combustione.

Ordine dei Ingegneri della provincia di Modena

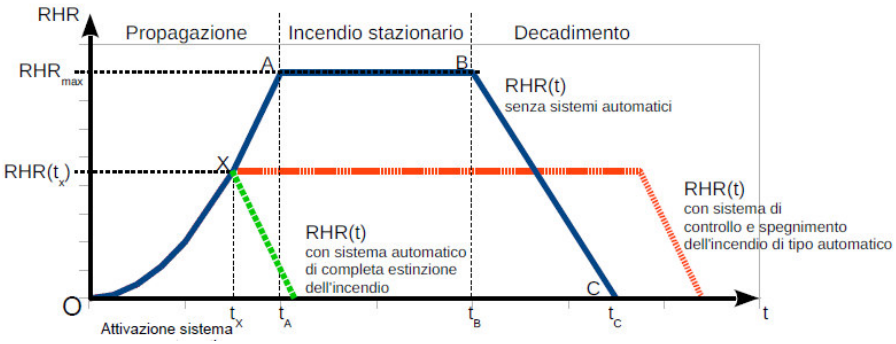
FIRE SAFETY ENGINEERING NELLA RESISTENZA AL FUOCO

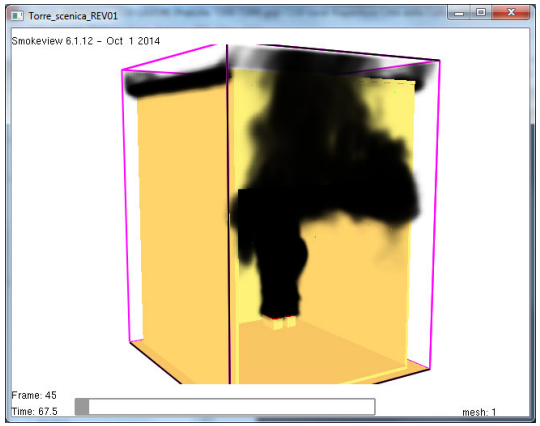
CASO N.1 – COPERTURA METALLICA

DEFINIZIONE DELL'INCENDIO

M.2.6 **Stima della curva RHR**

1. La definizione quantitativa delle varie fasi dell'incendio qui riportata si riferisce alla curva qualitativa dell'illustrazione M.2-1.
2. La presente metodologia può essere utilizzata per:
   a. costruire le curve naturali con un modello di incendio numerico avanzato di cui al capitolo S.2, per la valutazione della capacità portante in condizioni d'incendio delle opere da costruzione;
   b. valutare la portata di fumo emessa durante l'incendio per la progettazione dei sistemi SEFC.





FIRE SAFETY ENGINEERING NELLA RESISTENZA AL FUOCO

CASO N.1 – COPERTURA METALLICA

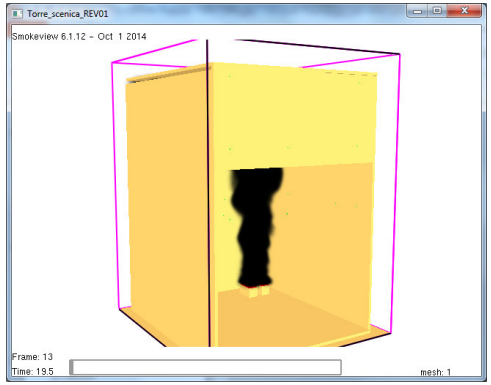
Si definisce **potere calorifico** la qualità di calore (misurata in Joule) sviluppata dalla combustione completa dell'unità di massa (kg) o di volume (m3) di un combustibile.

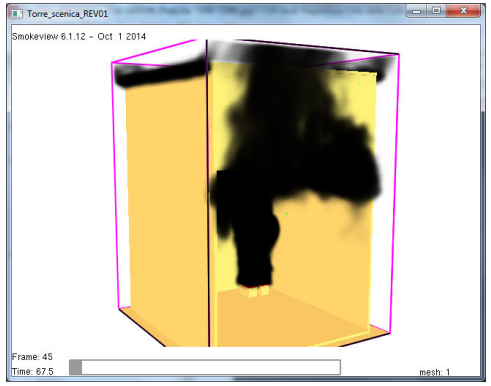
- CARICO D'INCENDIO SIMILARE
- POTENZA TERMICA RILASCIATA TOTALEMNTE DIVERSA.
- TEMPERATURE DEI FUMI PRODOTTI DIFFERENTE

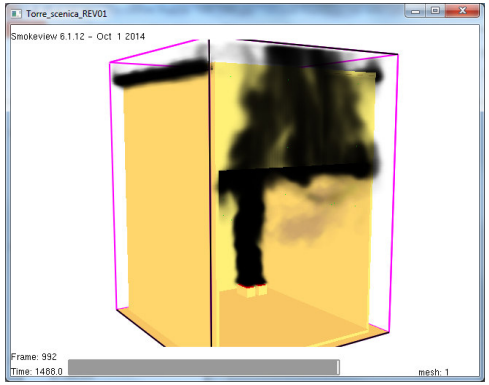
Ordine dei Ingegneri della provincia di Modena

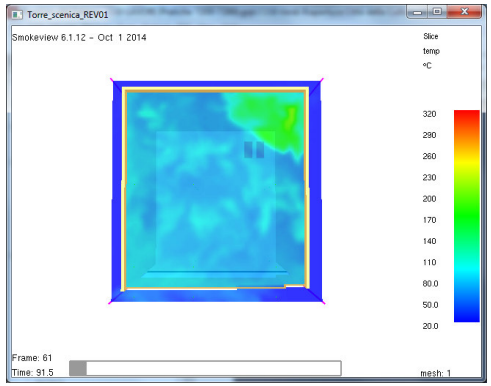
FIRE SAFETY ENGINEERING NELLA RESISTENZA AL FUOCO

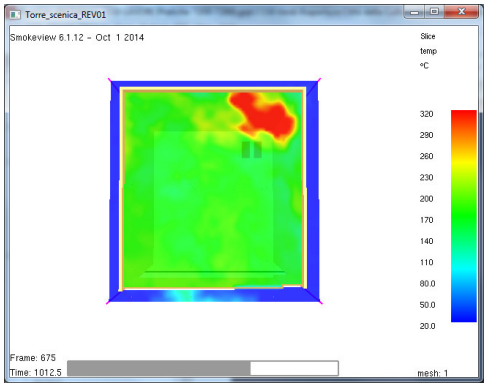
CASO N.1 – COPERTURA METALLICA

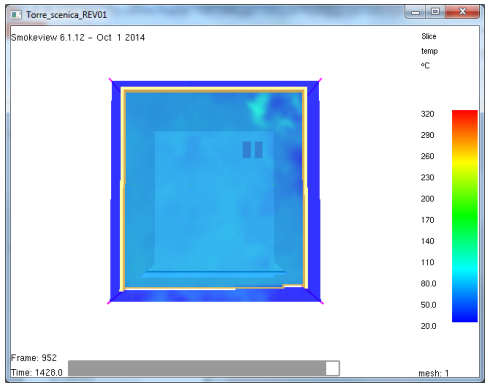












FIRE SAFETY ENGINEERING NELLA RESISTENZA AL FUOCO

M.2.5 Durata degli scenari d'incendio di progetto

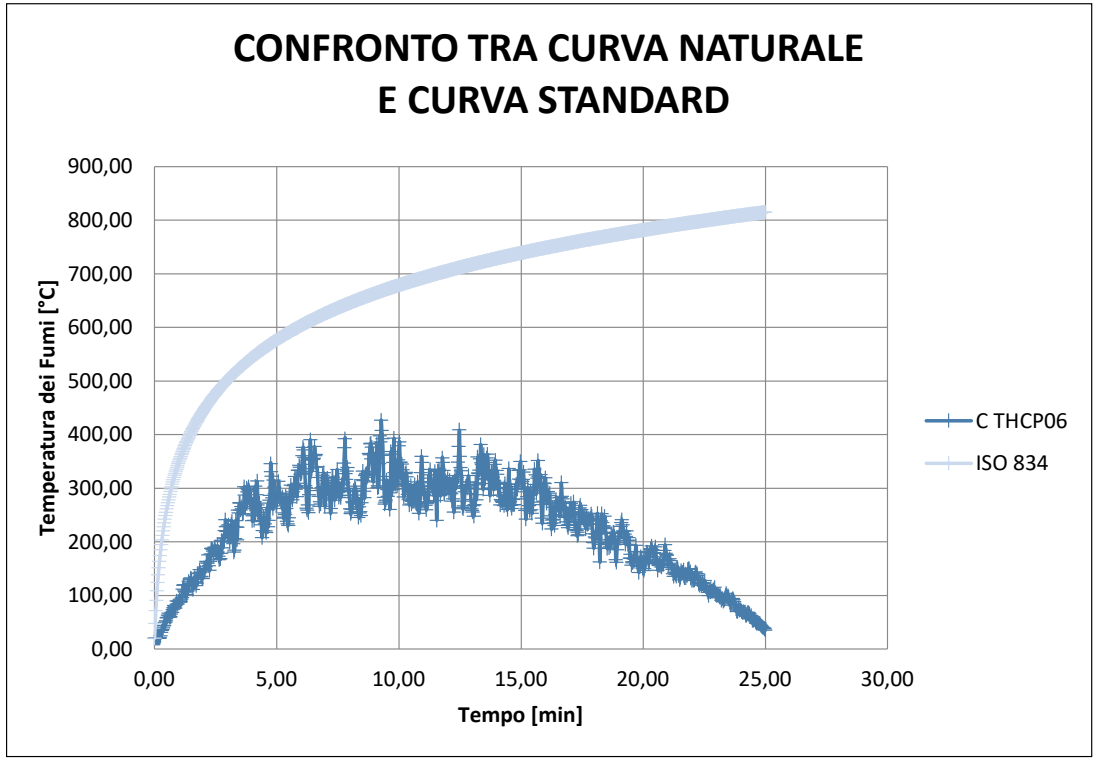
1. Deve essere descritta tutta la sequenza di evoluzione dell'incendio, a partire dall'evento iniziatore per un intervallo di tempo che dipende dagli obiettivi di sicurezza da raggiungere come riportato in tabella M.2-1.

Obiettivo di sicurezza antincendio	Durata minima degli scenari di incendio di progetto
Salvaguardia della vita degli occupanti	Dall'evento iniziatore fino al momento in cui tutti gli occupanti dell'attività raggiungono o permangono in un luogo sicuro. Se il luogo sicuro è prossimo o interno all'opera da costruzione, devono essere valutate eventuali interazioni tra il mantenimento della capacità portante dell'opera da costruzione ed il luogo sicuro.
Salvaguardia della vita dei soccorritori	Dall'evento iniziatore fino a 5 minuti dopo il termine delle operazioni previste per i soccorritori o l'arrivo delle squadre dei Vigili del fuoco presso l'attività. Il tempo di riferimento per l'arrivo dei Vigili del fuoco può essere assunto pari alla media dei tempi d'arrivo desunti dall'*Annuario statistico dei Vigili del fuoco* (http://www.vigilfuoco.it), considerando i dati dell'ultimo anno disponibile, riferiti all'ambito provinciale.
Mantenimento della capacità portante in caso d'incendio	Dall'evento iniziatore fino all'arresto dell'analisi strutturale, in fase di raffreddamento, al momento in cui gli effetti dell'incendio sono ritenuti non significativi in termini di variazione temporale delle caratteristiche della sollecitazione e degli spostamenti

?

FIRE SAFETY ENGINEERING NELLA RESISTENZA AL FUOCO

CASO N.1 – COPERTURA METALLICA

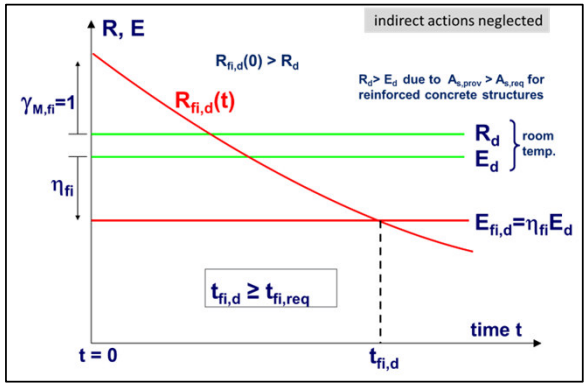


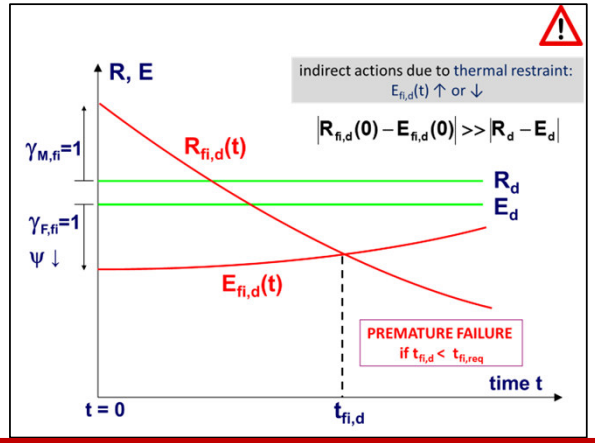
La modellazione fluidodinamica ha permesso di considerare una temperatura massima dell' incendio pari a **400°**C, a fronte dei **700°**C della curva ISO 834.

La differenza aumenta con l'aumentare della classe d'incendio perché la curva standard ISO 834 è monotona crescente.

FIRE SAFETY ENGINEERING NELLA RESISTENZA AL FUOCO

CASO N.1 – COPERTURA METALLICA





- Nel primo caso la verifica è condotta senza tenere conto degli effetti indotti dalle dilatazioni termiche: verifica secondo **CURVA ISO834.**

Sono valide le verifiche:

- tabellari;
- sperimentali;
- analitiche semplificate

- Nel secondo caso le verifiche strutturali di resistenza al fuoco di tipo non lineari (come definito dal paragrafo 5 del D.M. 9 Marzo 2007) deve tener conto sia che **la resistenza del profilo diminuisce** a causa del degrado delle proprietà meccaniche dell'acciaio sia della **variazioni delle sollecitazioni** gravanti sul profilo per la presenza di variazioni termiche impedite: verifica secondo **CURVA NATURALE**

Sono valide le verifiche:

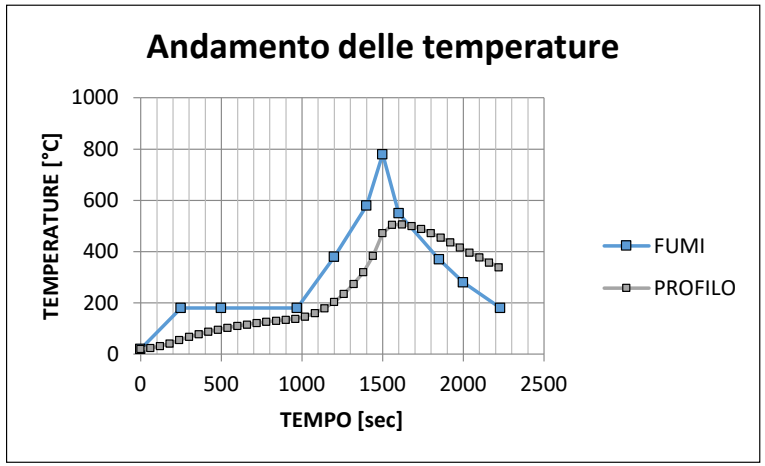
- analitiche avanzate.

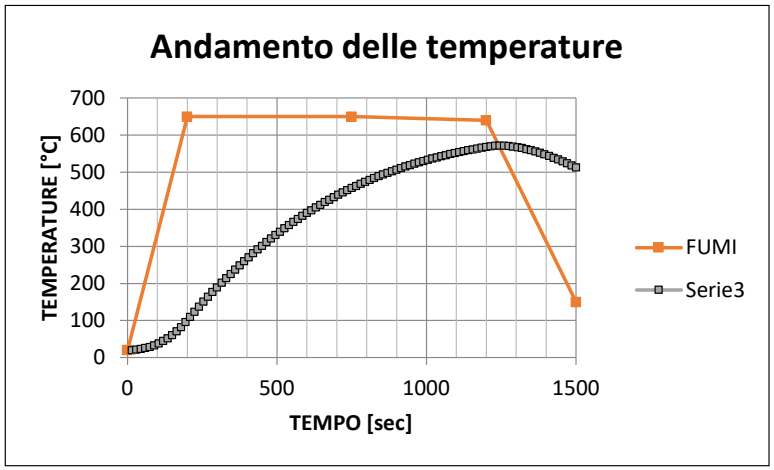
FIRE SAFETY ENGINEERING NELLA RESISTENZA AL FUOCO

CASO N.1 – COPERTURA METALLICA

L'analisi termica ha dimostrato che la struttura non necessita di protezione passiva in quanto la stabilità strutturale è garantita per tutta la durata dell'incendio definito dalla curva naturale.

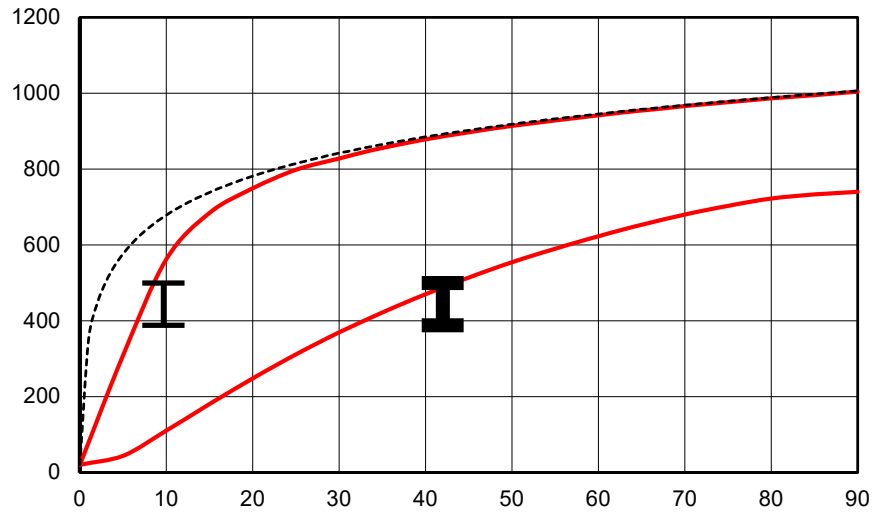
STEP SUCCESSIVO: una volta definita la temperatura dei fumi è bene valutare quella del profilo perché in tale caso è bene considerare l'inerzia termica del profilo. In taluni casi questo passaggio può essere trascurato, in altri no. Vediamo dei casi differenti.





FIRE SAFETY ENGINEERING NELLA RESISTENZA AL FUOCO

CASO N.4 – INTERFERENZA CON LA STRUTTURE ADIACENTI



Temperature increase in time step Δt:

$$\Delta\theta_{a.t} = \frac{1}{c_a \rho_a} \frac{A_m}{V} h_{net.d} \Delta t$$

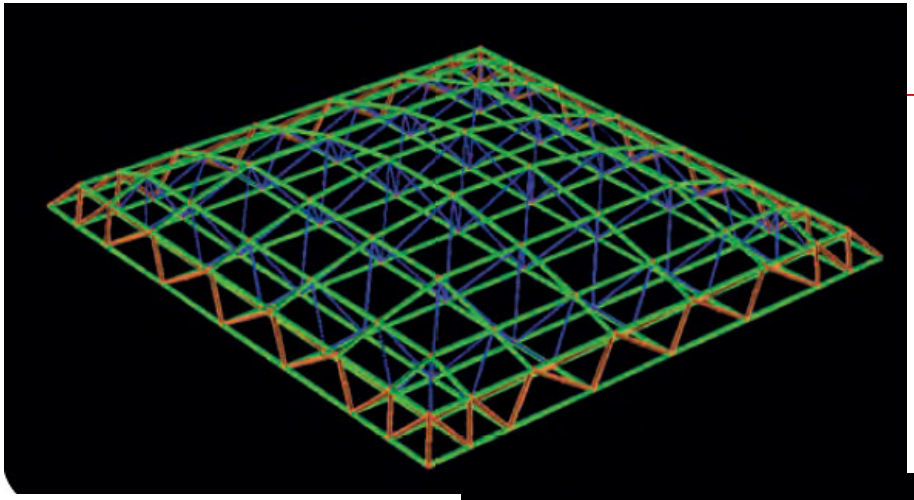
Convection:

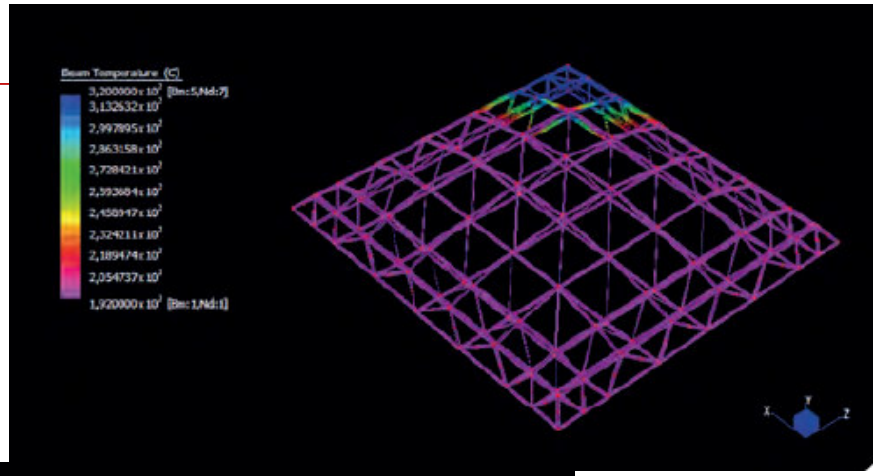
$$h_{net,c} = \alpha_c \left(\theta_g - \theta_m\right)$$

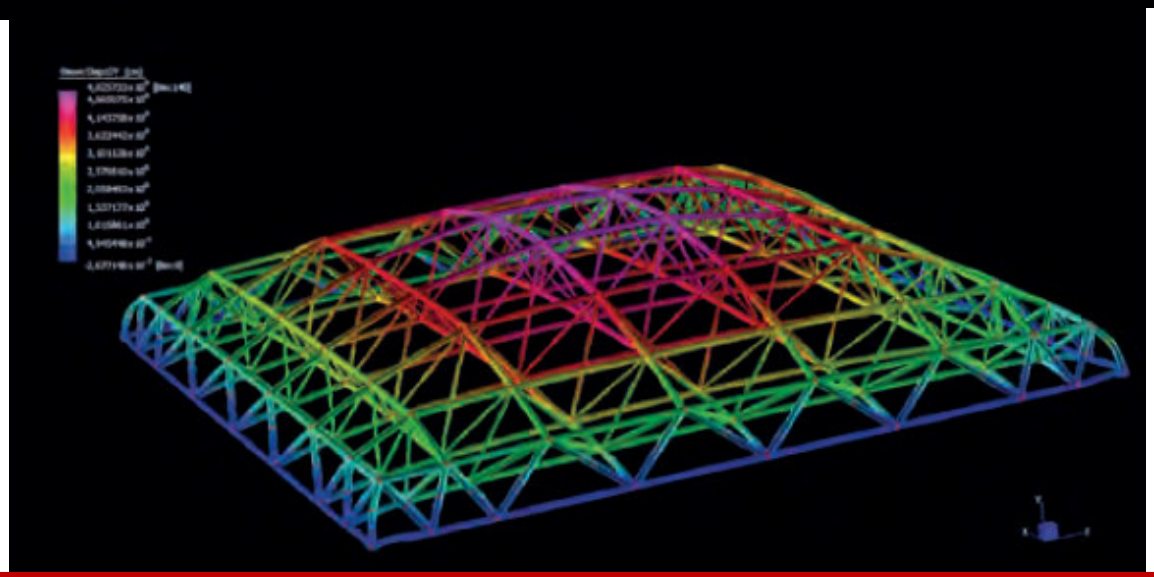
Heat flux $h_{net.d}$ has 2 parts: **Radiation:**

$$h_{net.r} = 5{,}67 x 10^{-8} \Phi \varepsilon_{res} \left((\theta_r + 273)^4 - (\theta_m + 273)^4 \right)$$

Ordine dei Ingegneri della provincia di Modena







FIRE SAFETY ENGINEERING NELLA RESISTENZA AL FUOCO

Edificio ad uso Deposito e Lavorazione con strutture ad arco in c.a. di tipo Varese e catena metallica.

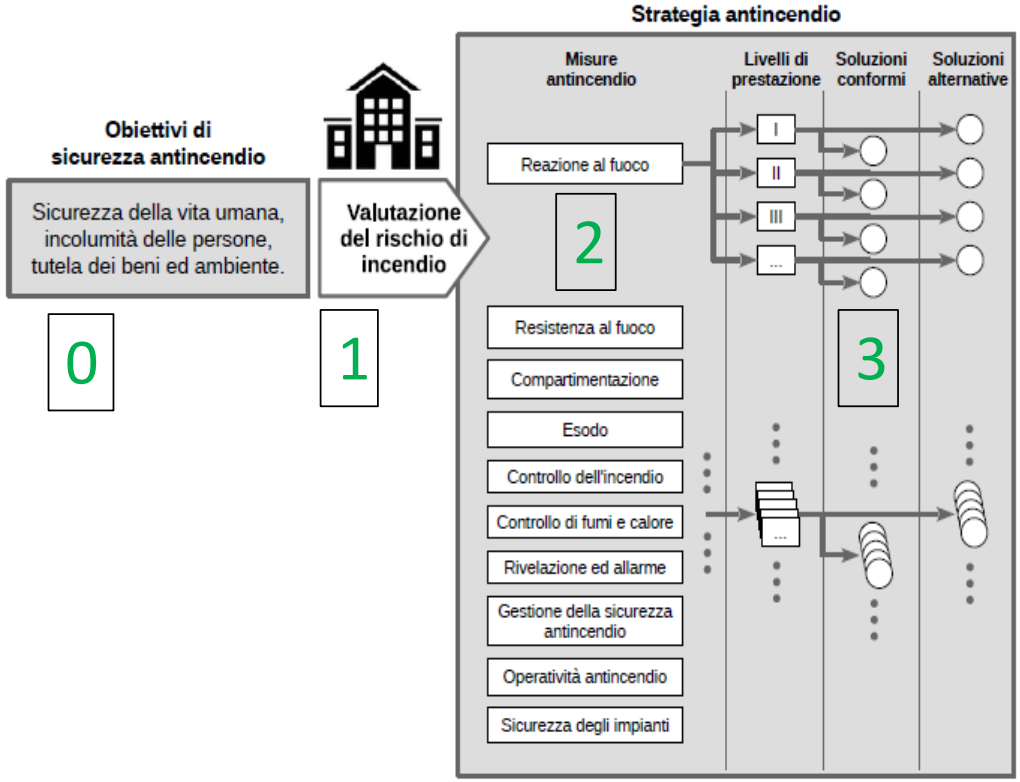


Illustrazione G.2-1: Schematizzazione della metodologia generale

FIRE SAFETY ENGINEERING NELLA RESISTENZA AL FUOCO

Edificio ad uso Deposito e Lavorazione con strutture ad arco in c.a. di tipo Varese e catena metallica.

Valutazione del Rischio:

R vita → **A2**

R beni → **1**

R ambiente **non significativo**

δ_α	t_α [1]	Criteri
1	600 s lenta	Ambiti di attività con carico di incendio specifico $q_f \leq 200$ MJ/m², oppure ove siano presenti prevalentemente materiali o altri combustibili che contribuiscono in modo trascurabile all'incendio.
2	300 s media	Ambiti di attività ove siano presenti prevalentemente materiali o altri combustibili che contribuiscono in modo moderato all'incendio.
3	150 s rapida	Ambiti con presenza di significative quantità di materiali plastici impilati, prodotti tessili sintetici, apparecchiature elettriche e elettroniche, materiali combustibili non classificati per reazione al fuoco (capitolo S.1). Ambiti ove avvenga impilamento verticale di significative quantità di materiali combustibili con 3,0 m < h ≤ 5,0 m [2]. Stoccaggi classificati HHS3 oppure attività classificate HHP1, secondo la norma UNI EN 12845. Ambiti con impianti tecnologici o di processo che impiegano significative quantità di materiali combustibili. Ambiti con contemporanea presenza di materiali combustibili e lavorazioni pericolose ai fini dell'incendio.
4	75 s ultra-rapida	Ambiti ove avvenga impilamento verticale di significative quantità di materiali combustibili con h > 5,0 m [2]. Stoccaggi classificati HHS4 oppure attività classificate HHP2, HHP3 o HHP4, secondo la norma UNI EN 12845. Ambiti ove siano presenti o in lavorazione significative quantità di sostanze o miscele pericolose ai fini dell'incendio, oppure materiali plastici cellulari/espansi o schiume combustibili non classificati per la reazione al fuoco.
A meno di valutazioni più approfondite da parte del progettista (es. dati di letteratura, misure dirette, ...), si ritengono *non significative* ai fini della presente classificazione almeno le quantità di materiali nei compartimenti con carico di incendio specifico $q_f \leq 200$ MJ/m².		

FIRE SAFETY ENGINEERING NELLA RESISTENZA AL FUOCO

Edificio ad uso Deposito e Lavorazione con strutture ad arco in c.a. di tipo Varese e catena metallica.

S.1	Reazione al fuoco dei materiali	NO problemi	→ soluzione Conforme
S.2	Resistenza al fuoco	Strutture metalliche	→ Soluzione Alternativa
S.3	Compartimentazione	NO problemi	→ soluzione conforme
S.4	Esodo	NO problemi	→ soluzione conforme
S.5	Gestione della sicurezza antincendio	NO problemi	→ soluzione conforme
S.6	Controllo dell'incendio	NO problemi	→ soluzione conforme
S.7	Rivelazione allarme	NO problemi	→ soluzione conforme
S.8	Controllo fumi e calore	NO problemi	→ soluzione conforme
S.9	Operatività antincendio	NO problemi	→ soluzione conforme
S.10	Sicurezza degli impianti tecnologici e di servizio	NO problemi	→ soluzione conforme

FIRE SAFETY ENGINEERING NELLA RESISTENZA AL FUOCO

Livello di prestazione	Criteri di attribuzione
I	Opere da costruzione, comprensive di eventuali manufatti di servizio adiacenti nonché dei relativi impianti tecnologici di servizio, dove sono verificate *tutte* le seguenti condizioni: • compartimentate rispetto ad altre opere da costruzione eventualmente adiacenti e strutturalmente separate da esse e tali che l'eventuale cedimento strutturale non arrechi danni ad altre opere da costruzione o all'esterno del confine dell'area su cui sorge l'attività medesima; • adibite ad attività afferenti ad un solo *responsabile dell'attività* e con profilo di rischio R_{beni} pari ad 1; • non adibite ad attività che comportino presenza di occupanti, ad esclusione di quella occasionale e di breve durata di personale addetto.

II	Opere da costruzione o porzioni di opere da costruzione, comprensive di eventuali manufatti di servizio adiacenti nonché dei relativi impianti tecnologici di servizio, dove sono verificate *tutte* le seguenti condizioni:
	• compartimentate rispetto ad altre opere da costruzione eventualmente adiacenti;
	• strutturalmente separate da altre opere da costruzione e tali che l'eventuale cedimento strutturale non arrechi danni alle stesse o all'esterno del confine dell'area su cui sorge l'attività medesima; oppure, in caso di assenza di separazione strutturale, tali che l'eventuale cedimento della porzione non arrechi danni al resto dell'opera da costruzione o all'esterno del confine dell'area su cui sorge l'attività medesima;
	• adibite ad attività afferenti ad un solo *responsabile dell'attività* e con i seguenti profili di rischio:
	  ○ R_{vita} compresi in A1, A2, A3, A4;
	  ○ R_{beni} pari ad 1;
	• densità di affollamento ≤ 0,2 persone/m^2;
	• non prevalentemente destinate ad occupanti con disabilità;
	• aventi piani situati a quota compresa tra -5 m e 12 m.

III	Opere da costruzione non ricomprese negli altri criteri di attribuzione.
IV, V	Su specifica richiesta del committente, previsti da capitolati tecnici di progetto, richiesti dalla autorità competente per opere da costruzione destinate ad attività di particolare importanza.

Tabella S.2-2: Criteri di attribuzione dei livelli di prestazione

Tramite l'identificazione del profilo di Rischio, è possibile stabilire il minimo livello di Prestazione.

Nel caso specifico:
Livello di Prestazione II della Resistenza al Fuoco

FIRE SAFETY ENGINEERING NELLA RESISTENZA AL FUOCO

Livello di Prestazione al fuoco II della Resistenza al Fuoco

1. **Soluzione Conforme** → R30 → **Necessaria nuova Protezione passiva**
2. **Soluzione Alternativa** → 15 minuti di curva naturale → **Approccio Ingegneristico**

SOLUZIONE CONFORME:

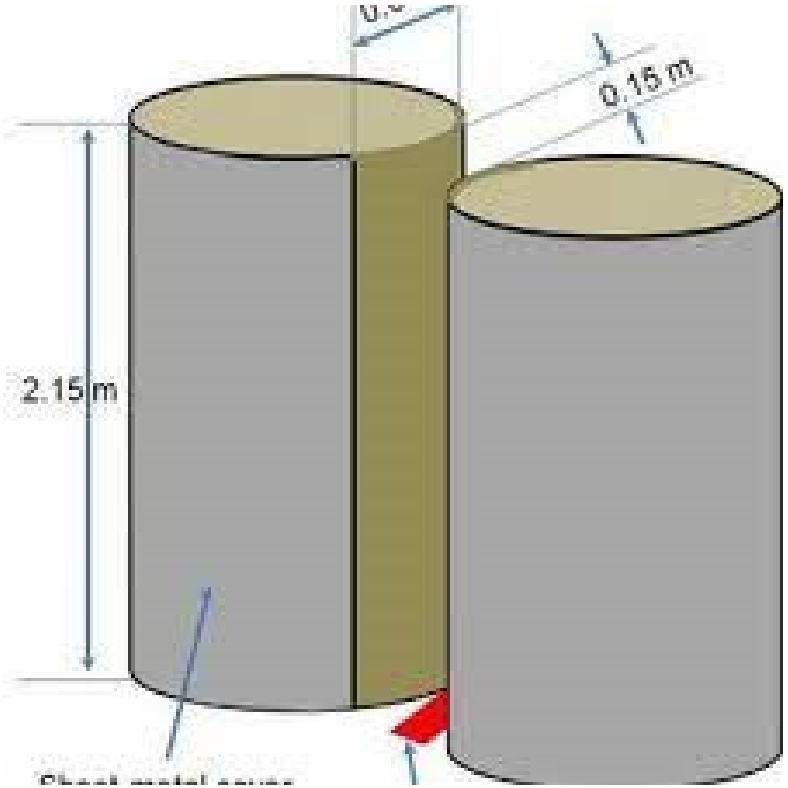
La struttura nello stato attuale
raggiunge una classe R10, quindi:
NECESSARIO INTERVENTO DI PROTEZIONE PASSIVA

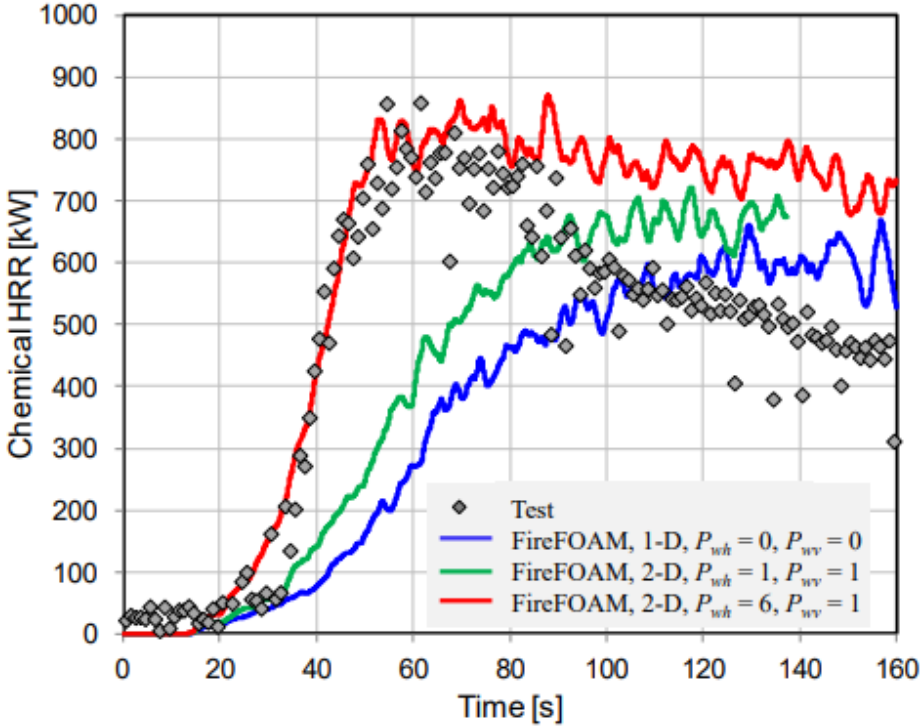
SOLUZIONE ALTERNATIVA:

La struttura mantiene la stabilità strutturale pero 15 minuti di esposizione all'incendio quindi:
NESSUN INTERVENTO

FIRE SAFETY ENGINEERING NELLA RESISTENZA AL FUOCO

1° PASSO: Analisi fluidodinamica





FIRE SAFETY ENGINEERING NELLA RESISTENZA AL FUOCO

1° PASSO: Analisi fluidodinamica

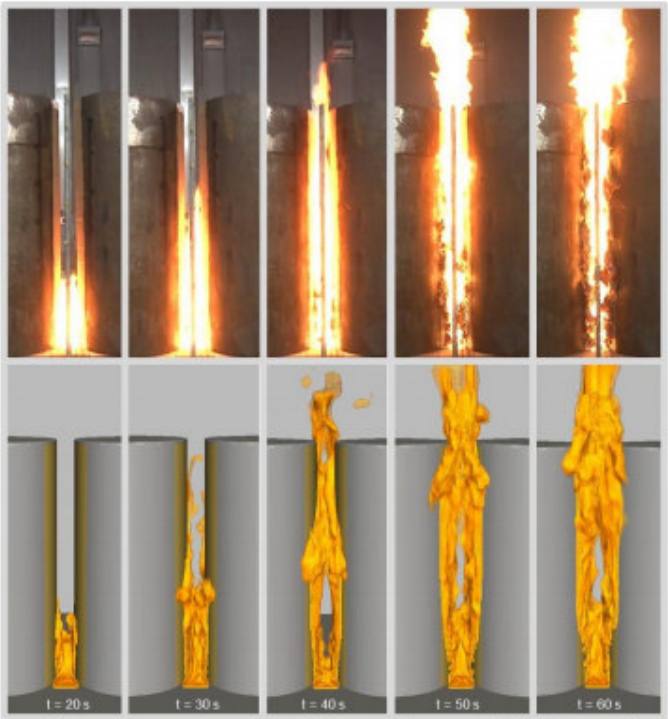
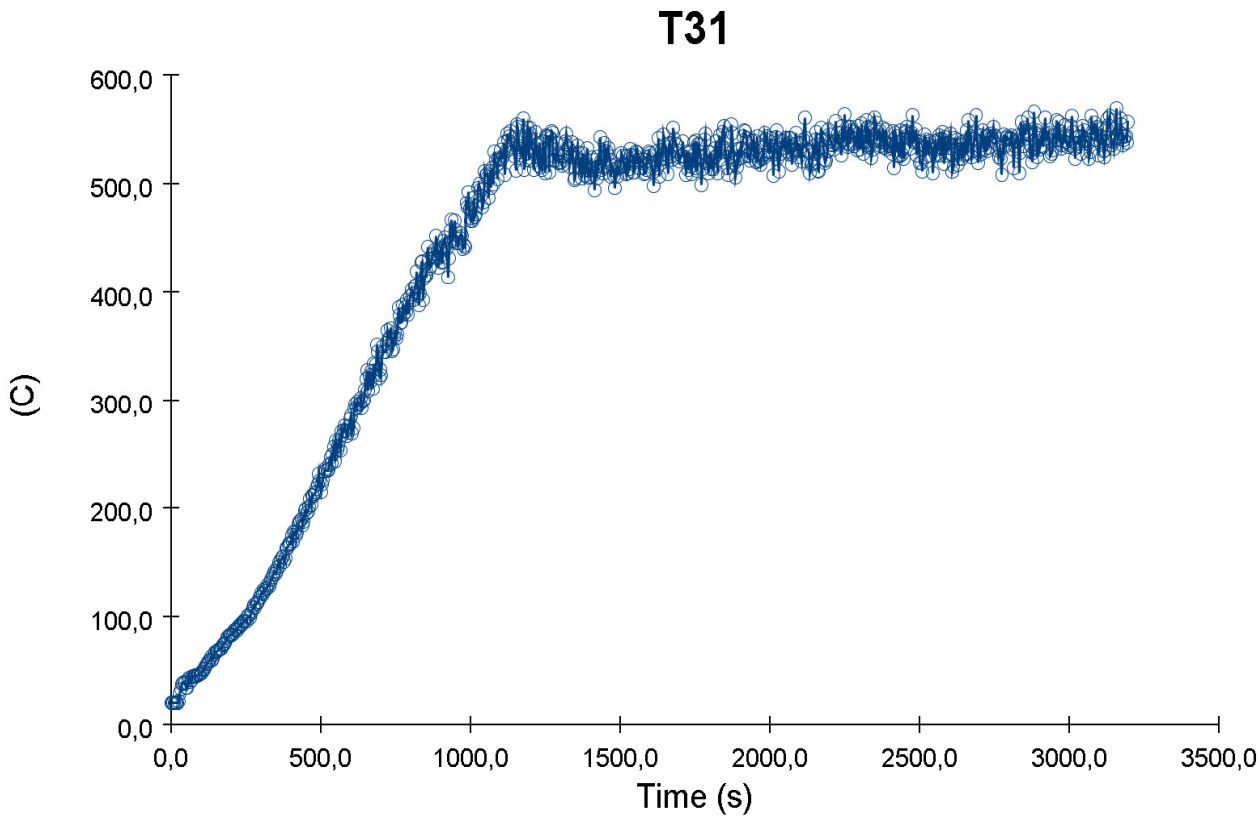


Figure 5. Comparison of flame snapshots at different times (side view); flame shape is illustrated by an iso-contour of mixture fraction at the stoichiometric ratio.

FIRE SAFETY ENGINEERING NELLA RESISTENZA AL FUOCO

1° PASSO: Analisi fluidodinamica



La **soluzione Alternativa** richiede che le strutture si mantengano stabili in caso di esposizione a:

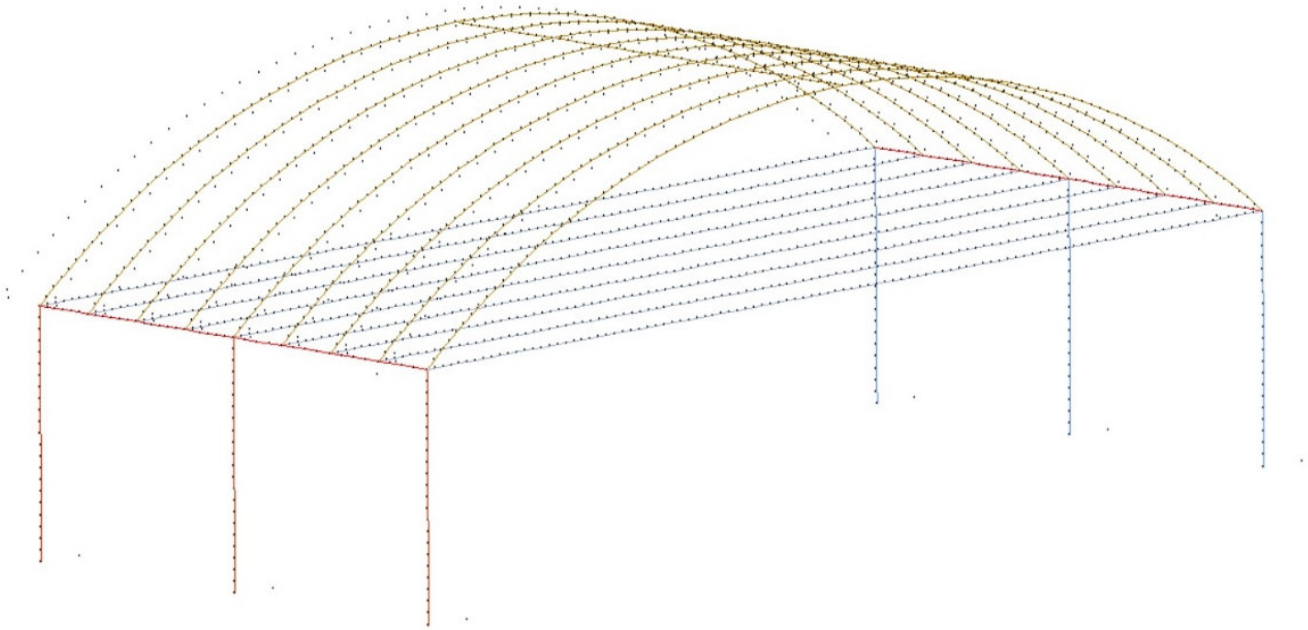
540°C.

La **soluzione Conforme** (R30) avrebbe richiesto:

822 °C

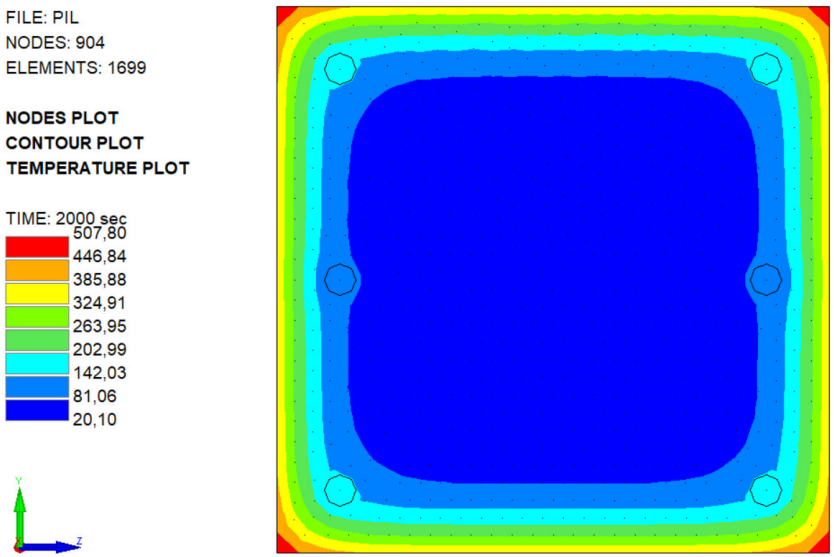
FIRE SAFETY ENGINEERING NELLA RESISTENZA AL FUOCO

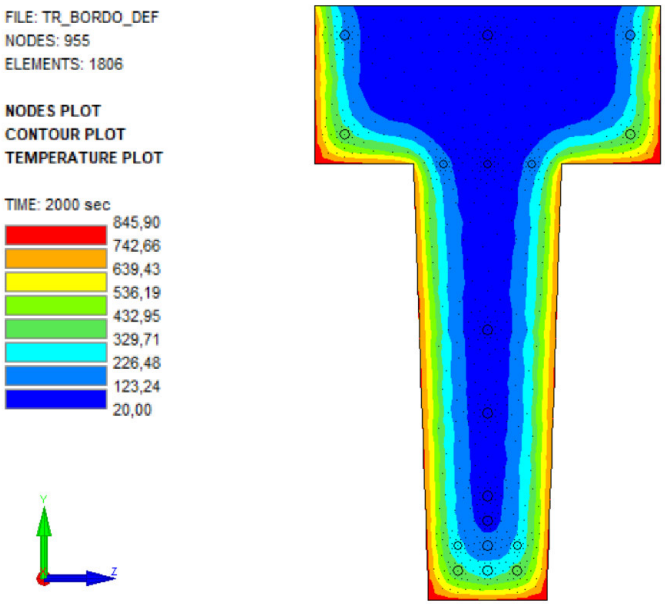
2° PASSO: Analisi termo-strutturale



FIRE SAFETY ENGINEERING NELLA RESISTENZA AL FUOCO

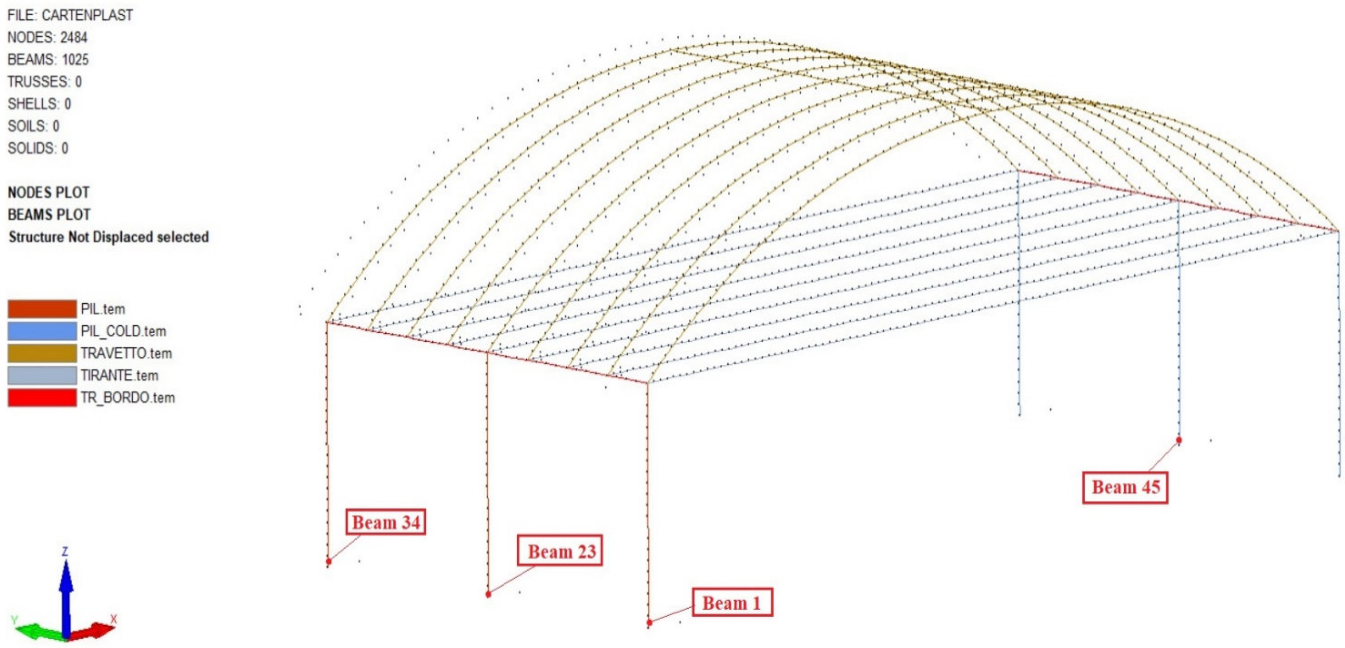
2.a° PASSO: Analisi termica





FIRE SAFETY ENGINEERING NELLA RESISTENZA AL FUOCO

2.b° PASSO: Analisi termo-strutturale



La struttura si mantiene stabili per **l'intera durata di 15 minuti di esposizione alla curva naturale,** quindi **assolve positivamente al Livello di Prestazione II.**

FIRE SAFETY ENGINEERING NELLA SISTEMA DELL'ESODO

Deposito Materiale combustibile

L'Analisi del rischio sviluppata ha permesso di identificare i seguenti termini:

- R vita: A3
- R beni: 1
- R ambiente: non significativo

FIRE SAFETY ENGINEERING NELLA SISTEMA DELL'ESODO

Deposito Materiale combustibile

Livello di prestazione	Criteri di attribuzione
I	Tutte le attività
II	Ambiti per i quali non sia possibile assicurare il livello di prestazione I (es. a causa di dimensione, ubicazione, abilità degli occupanti, tipologia dell'attività, caratteristiche geometriche particolari, vincoli architettonici, ...)

Tabella S.4-2: Criteri di attribuzione dei livelli di prestazione

UTILIZZO LA SOLUZIONE CONFORME O LA SOLUZIONE ALTERNATIVA ??

CONSIGLIO:
Intanto vedo cosa viene richiesto dalla soluzione conforme
e poi, eventualmente, sviluppo la soluzione alternativa con metodo prestazionale…

FIRE SAFETY ENGINEERING NELLA SISTEMA DELL'ESODO

SOLUZIONE CONFORME

R_{vita}	Max lunghezza d'esodo L_{es}	R_{vita}	Max lunghezza d'esodo L_{es}
A1	≤ 70 m	B1, E1	≤ 60 m
A2	≤ 60 m	B2, E2	≤ 50 m
A3	≤ 45 m	B3, E3	≤ 40 m
A4	≤ 30 m	Cii1, Ciii1	≤ 40 m
D1	≤ 30 m	Cii2, Ciii2	≤ 30 m
D2	≤ 20 m	Cii3, Ciii3	≤ 20 m
I valori delle massime lunghezze d'esodo di riferimento possono essere incrementati in relazione a *requisiti antincendio aggiuntivi*, secondo la metodologia del paragrafo S.4.10.			

Tabella S.4-25: Massime lunghezze d'esodo

La disposizione delle Uscite di Emergenza prevede Percorsi Interni di Lunghezza pari a **110m**.

Il livello di prestazione II richiesto per l'esodo non è soddisfatto con soluzione conforme.

E' necessario ricorrere a soluzione alternativa.

FIRE SAFETY ENGINEERING NELLA SISTEMA DELL'ESODO

SOLUZIONE ALTERNATIVA

Lunghezze d'esodo (§ S.4.8.3)	Si dimostri che diverse lunghezze d'esodo consentano comunque di abbandonare il compartimento di primo innesco prima che l'incendio determini condizioni incapacitanti per gli occupanti.
Larghezze minime delle vie d'esodo orizzontali (§ S.4.8.7), delle vie d'esodo verticali (§ S.4.8.8), delle uscite finali (§ S.4.8.9)	Si dimostri che diverse larghezze delle vie d'esodo siano adeguate agli occupanti che le impiegano, grazie al basso affollamento effettivo che non determina la formazione di code, per specifiche misure gestionali che rendano improbabili condizioni di *sovraffollamento localizzato*.
Tutti i casi	Si dimostri il raggiungimento degli obiettivi di sicurezza per gli occupanti impiegando i metodi del capitolo M.3 e le informazioni reperibili nei riferimenti (§ S.4.12).

Tabella S.4-3: Modalità progettuali per soluzioni alternative

FIRE SAFETY ENGINEERING NELLA SISTEMA DELL'ESODO

Deposito Materiale Tessile

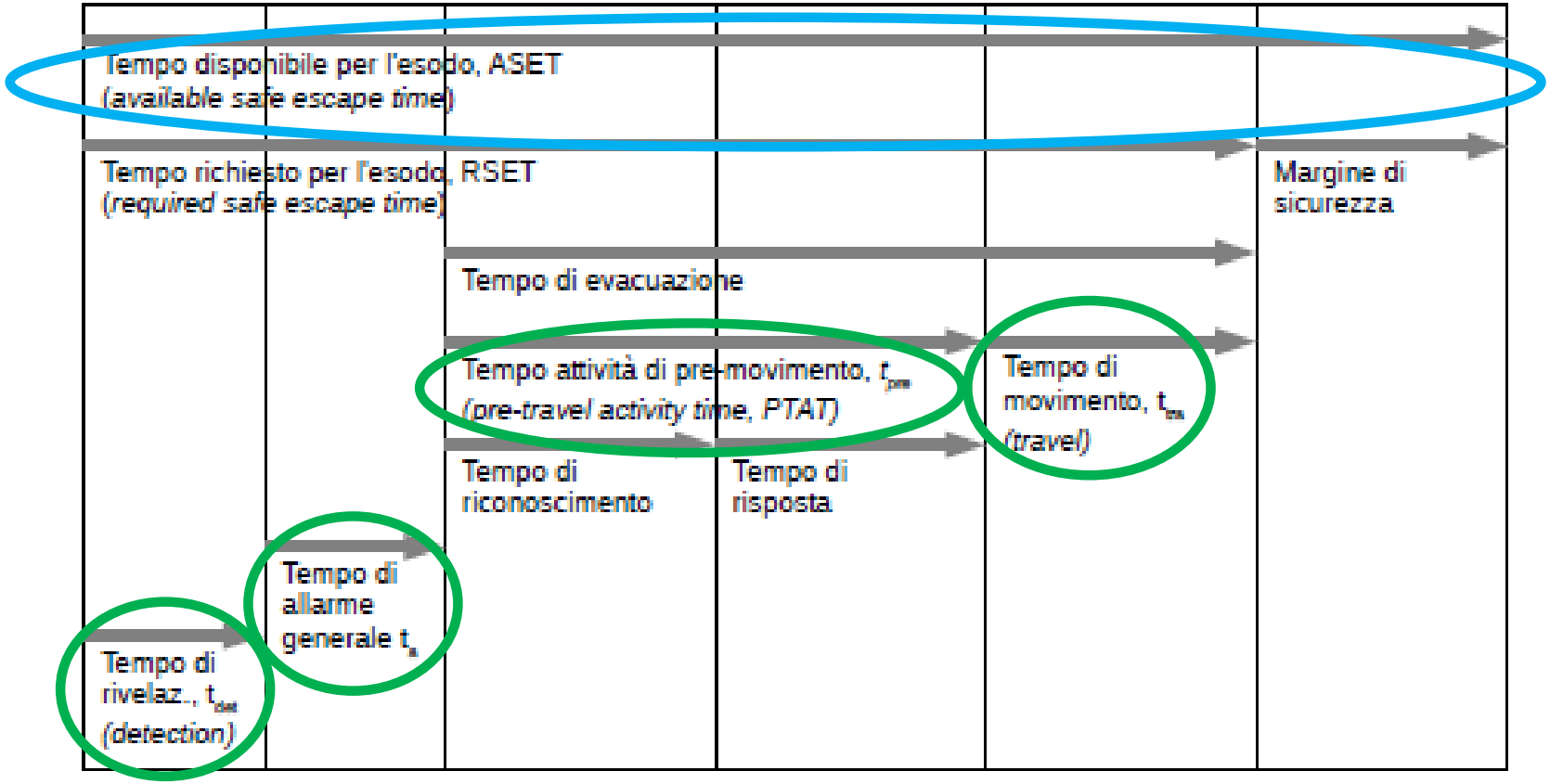
Soluzione alternativa per l'esodo.

Nell'applicazione del metodo prestazionale alla sicurezza antincendio per la salvaguardia della vita, gli obiettivi del professionista antincendio possono essere:

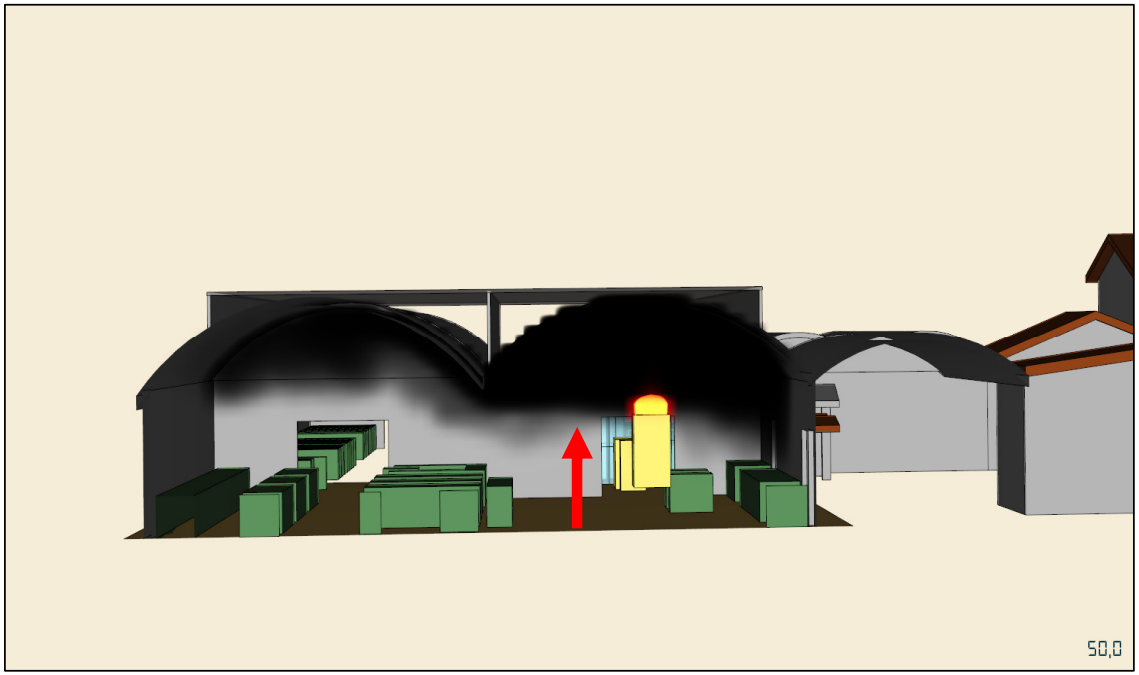
a. la dimostrazione diretta ed esplicita della possibilità per tutti gli occupanti di un'attività di raggiungere o permanere in un luogo sicuro, senza che ciò sia impedito da un'eccessiva esposizione agli effetti dell'incendio;

b. la dimostrazione della possibilità per i soccorritori di operare in sicurezza, secondo le indicazioni delle tabelle M.3-2 e M.3-3.

FIRE SAFETY ENGINEERING NELLA SISTEMA DELL'ESODO

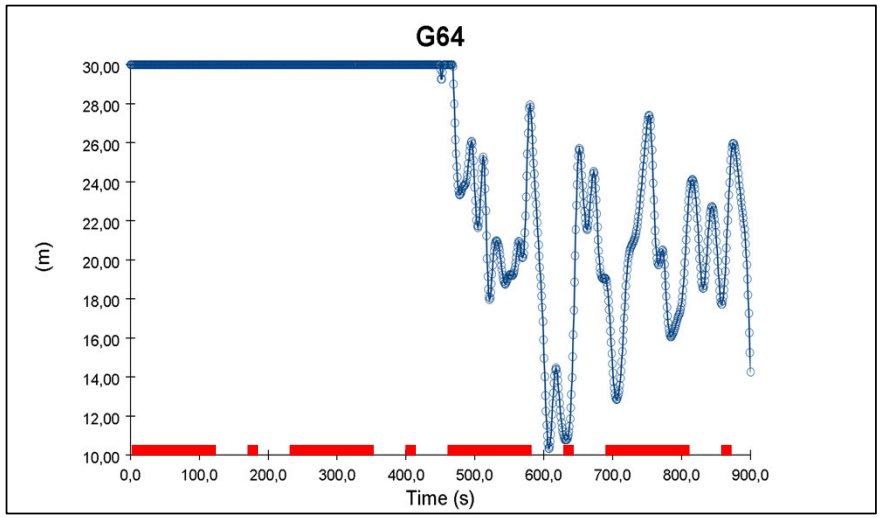


FIRE SAFETY ENGINEERING NELLA SISTEMA DELL'ESODO



Controllo le soglie di Prestazione nei punti sensibili (percorsi di esodo, U.S., ect..):

- Visibilità > 10m



Definisco il tempo a disposizione degli occupanti in 600 secondi:
ASET: 600 sec

FIRE SAFETY ENGINEERING NELLA SISTEMA DELL'ESODO

Quali sono i **prodotti dell'incendio del materiale specifico??**
Sviluppo ricerca bibliografica.

FR TEXTILES PEER REVIEWED

Table 2: Flamable properties of fibres [2]

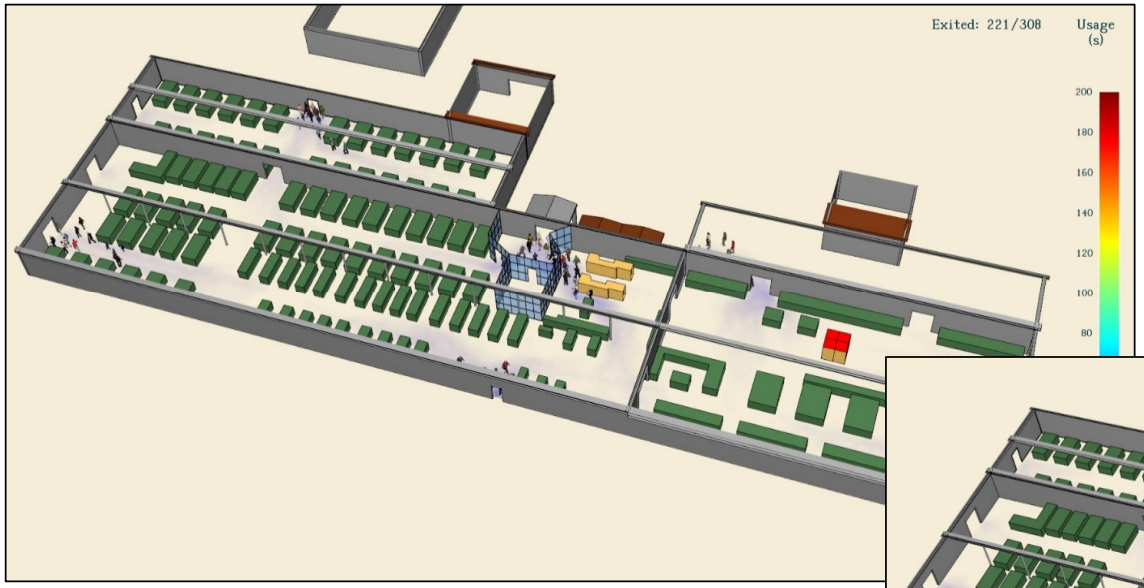
Material/Fabric Name	Flame Properties	Smoke Properties	Ash/Residue	Smell and Misc
NATURALS	As a general rule they ignite easily with a steady glowing flame	Most have minimal smoke	Usually leaves a soft ash that can be blown or wiped away, if any	Paper, wood or leaves smell.
Cotton	Ignites easily, continues to burn when removed from flame. Usually a sputtering flame.	Little white to grey smoke.	Soft white or grey ash that blows away, the weave in the ash can still be seen on personal tests.	The smell, burning paper or wood. Cotton burns rather slow. Has a glow after flame is out
Hemp	Very similar to cotton.	White to grey smoke	Grey to white ash	The smell of burning paper or wood
Linen	Very similar to cotton, a little harder to ignite and slower to burn.	Same as Cotton	Same as Cotton, may be more brittle at the base of the ash on the fabric edge.	Appearance will differ from cotton,. Same smell.
Silk	Ignites quickly, burns easy, and slower the thicker it is.	Very minimal smoke to light.	Leaves a beaded or gritty dark grey or black ash.	Smells like burning hair but sometime too faint. Harder to extinguish.

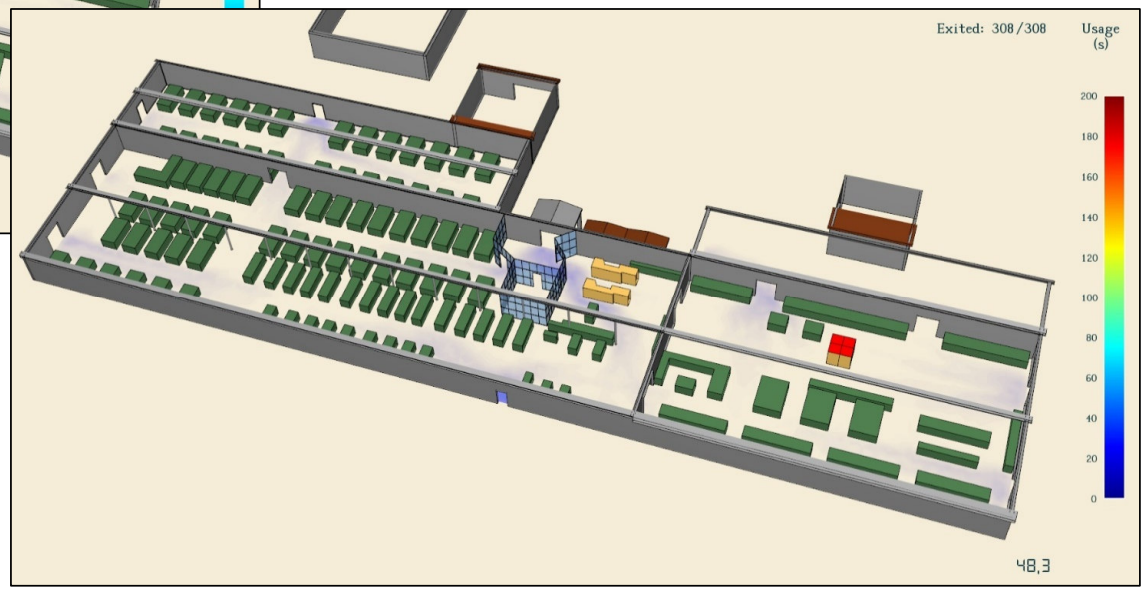
Table 3: Lists of the glass transition, melting, and pyrolysis temperatures and LOI% [9]

Fibre	T_g(°C) Glass Transition	T_m (°C) Melting	T_p(°C) pyrolysis	T_c(°C) combustion	**H KJ/g	*LOI* (%)
Wool	-	-	245	600	27	25.0
Cotton	-	-	350	350	19	18.4
Viscose	-	-	350	420	19	18.9
Triacetate	172	290	305	540	-	18.4
Nylon 6	50	215	431	450	39	20.0-21.5
Nylon 6.6	50	265	403	530	32	20-21
polyester	80-90	255	420-477	480	24	20-21.5
Acrylic	100	>220	290	>250	32	18.2
Polypropylene	-20	165	469	550	44	18.6
Modacrylic	<80	>240	273	690	-	29-30
PVC	<80	>180	>180	450	21	37-39
PVDC	-17	180-210	>220	532	11	60.0
PTFE	126	>327	400	560	4	95.0
Oxidised acrylic	>640	-	55	-	-	-
Nomex	275	375	310	500	30	28.5-30
Kevlar	340	560	590	>550	-	29
PBI	>400	-	>500	>500	-	40-42

* LOI - Limited of Index (%), **Heat of Combustion - Kcal/g

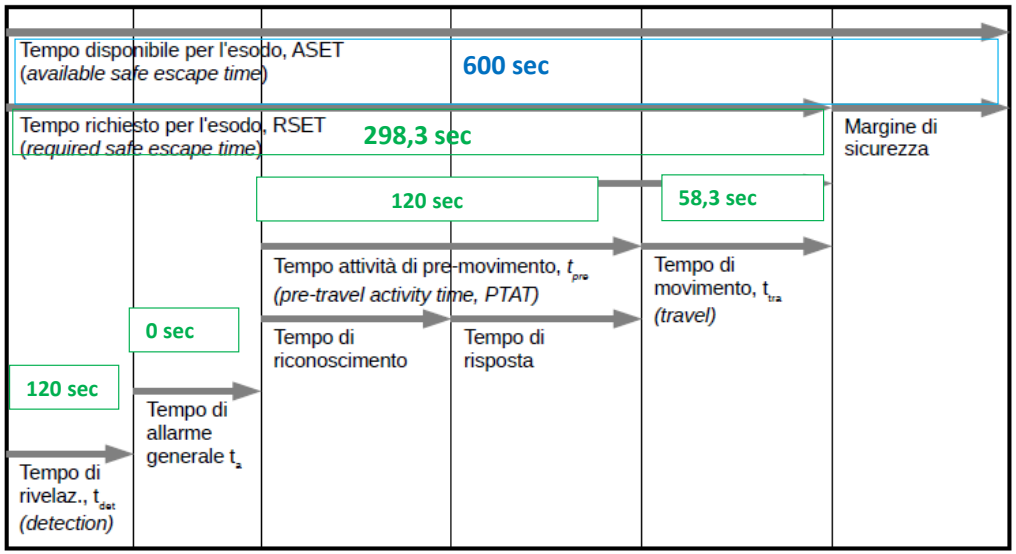
FIRE SAFETY ENGINEERING NELLA SISTEMA DELL'ESODO





FIRE SAFETY ENGINEERING NELLA SISTEMA DELL'ESODO

Deposito Materiale Tessile



Assunto il 100% del margine di sicurezza, la verifica è soddisfatta se:

2 x RSET < ASET

2x 298,3 = 597 secondi < 600 secondi

FIRE SAFETY ENGINEERING NELLA SISTEMA DELL'ESODO

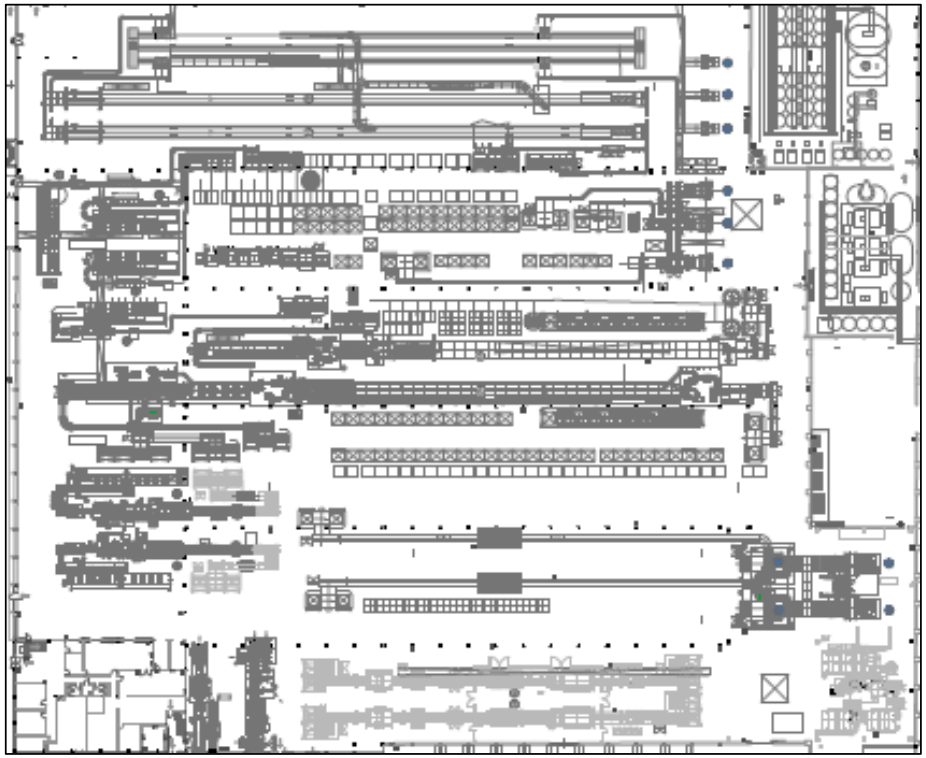
Fabbricato con lavorazione e materiale combustibile

L'Analisi del rischio sviluppata ha permesso di identificare i seguenti termini:

- R vita: A3
- R beni: 1
- R ambiente: non significativo

200m

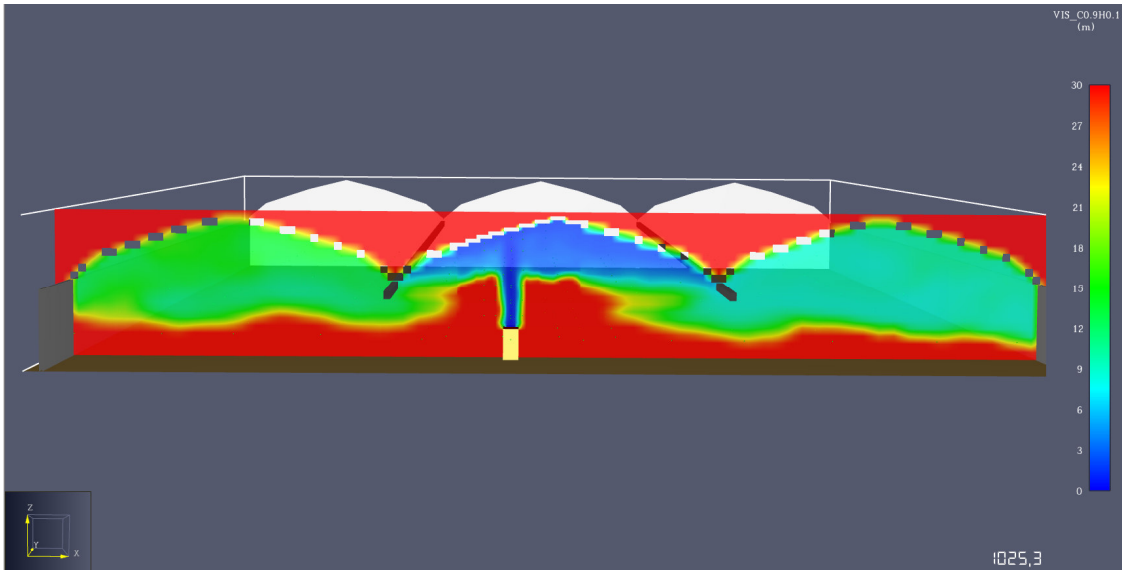
200m



FIRE SAFETY ENGINEERING NELLA SISTEMA DELL'ESODO

Fabbricato con lavorazione e materiale combustibile

1° STEP: Quale tempo hanno a disposizione gli **occupanti ed i soccorritori** interni per esodare o prestare il loro soccorso?



Questo valore rappresenta il termine **ASET**.

L'ASET è il valore nel quale gli effetti dell'incendio si mantengono sotto determinate **soglie di prestazione**

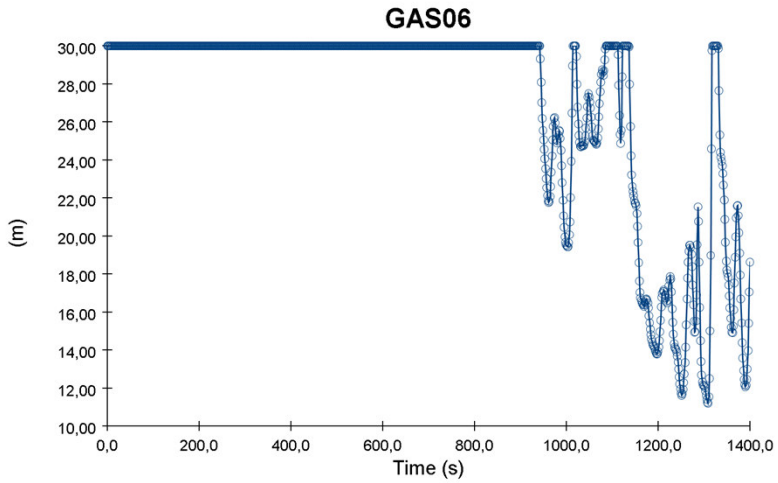
FIRE SAFETY ENGINEERING NELLA SISTEMA DELL'ESODO

Fabbricato con lavorazione e materiale combustibile

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: 60°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.

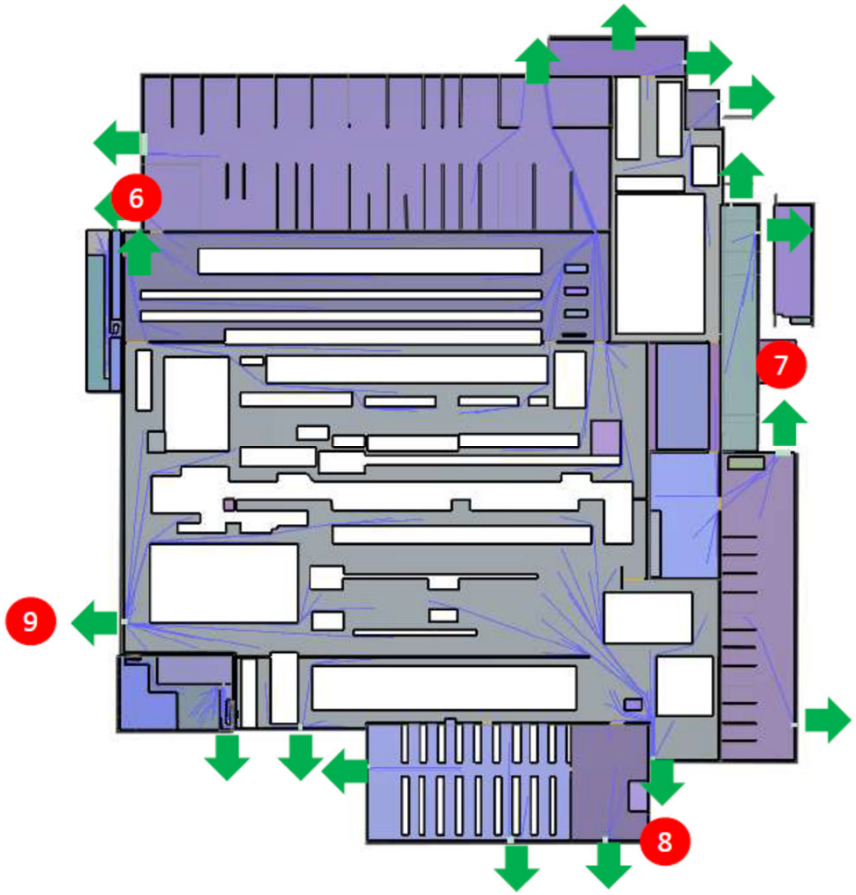
Tabella M.3-2: Esempio di soglie di prestazione impiegabili con il metodo di calcolo avanzato



FIRE SAFETY ENGINEERING NELLA SISTEMA DELL'ESODO

Fabbricato con lavorazione e materiale combustibile

2° STEP: Quale tempo impiegano gli **occupanti ed i soccorritori** interni per esodare o prestare il loro soccorso?

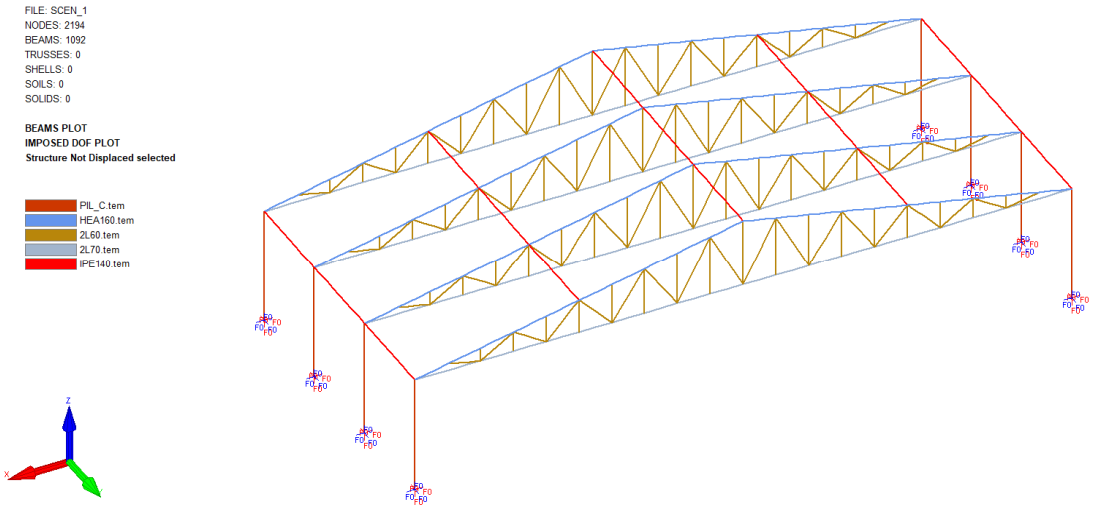


FIRE SAFETY ENGINEERING NELLA SISTEMA DELL'ESODO

Fabbricato con lavorazione e materiale combustibile

Ovviamente l'esodo non era l'unico problema di questo edificio **!!!**

E' interessante sapere però che la simulazione che fornisce i dati sull'esodo (visibilità, gas tossici, ect..) **può fornire anche le temperature** per sviluppare le analisi termo meccaniche:

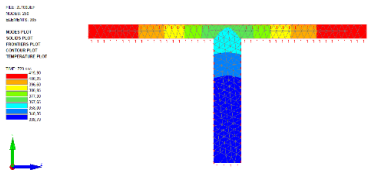


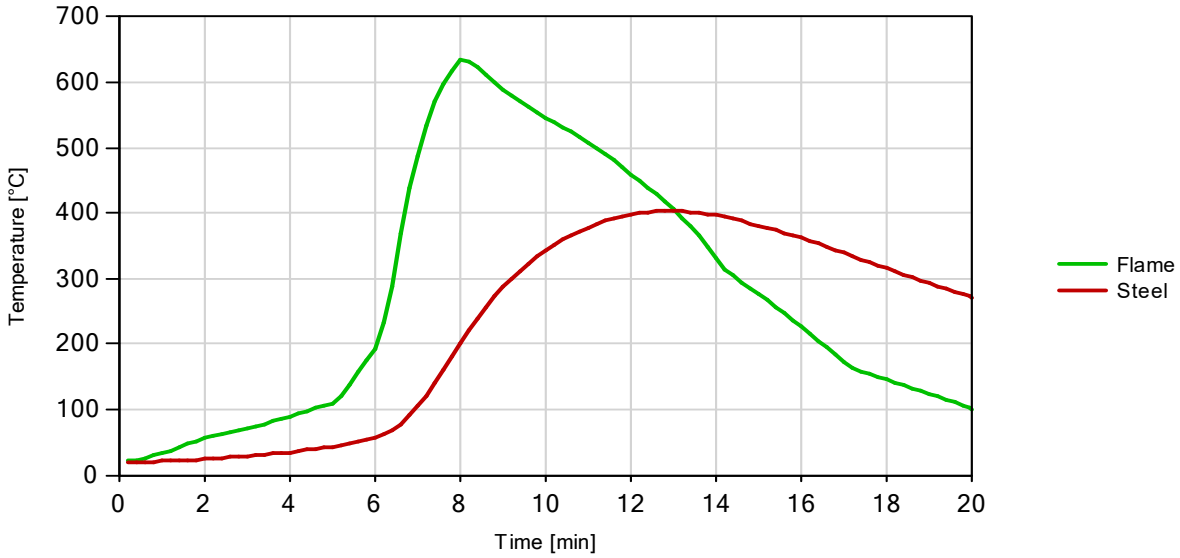
FIRE SAFETY ENGINEERING NELLA SISTEMA DELL'ESODO

Fabbricato con lavorazione e materiale combustibile

ANALISI TERMOSTRUTTURALE:

1. STEP: Analisi termica



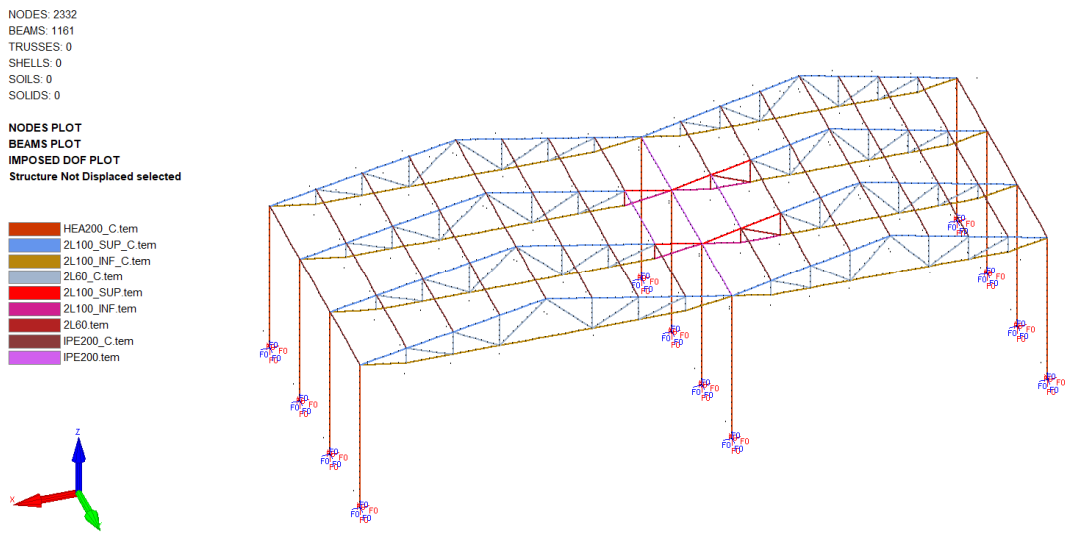


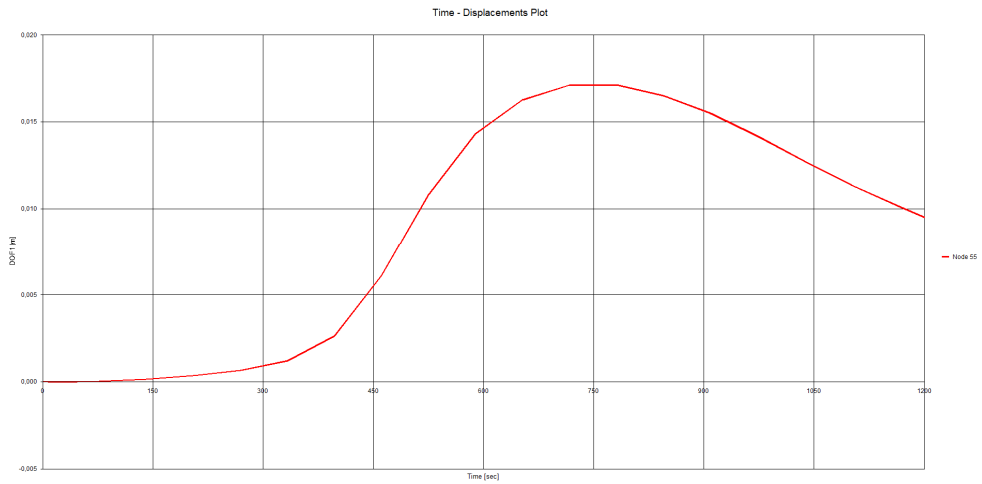
FIRE SAFETY ENGINEERING NELLA SISTEMA DELL'ESODO

Fabbricato con lavorazione e materiale combustibile

ANALISI TERMOSTRUTTURALE:

2. STEP: Analisi strutturale





Non sono presenti evidenti collassi dell'opera.

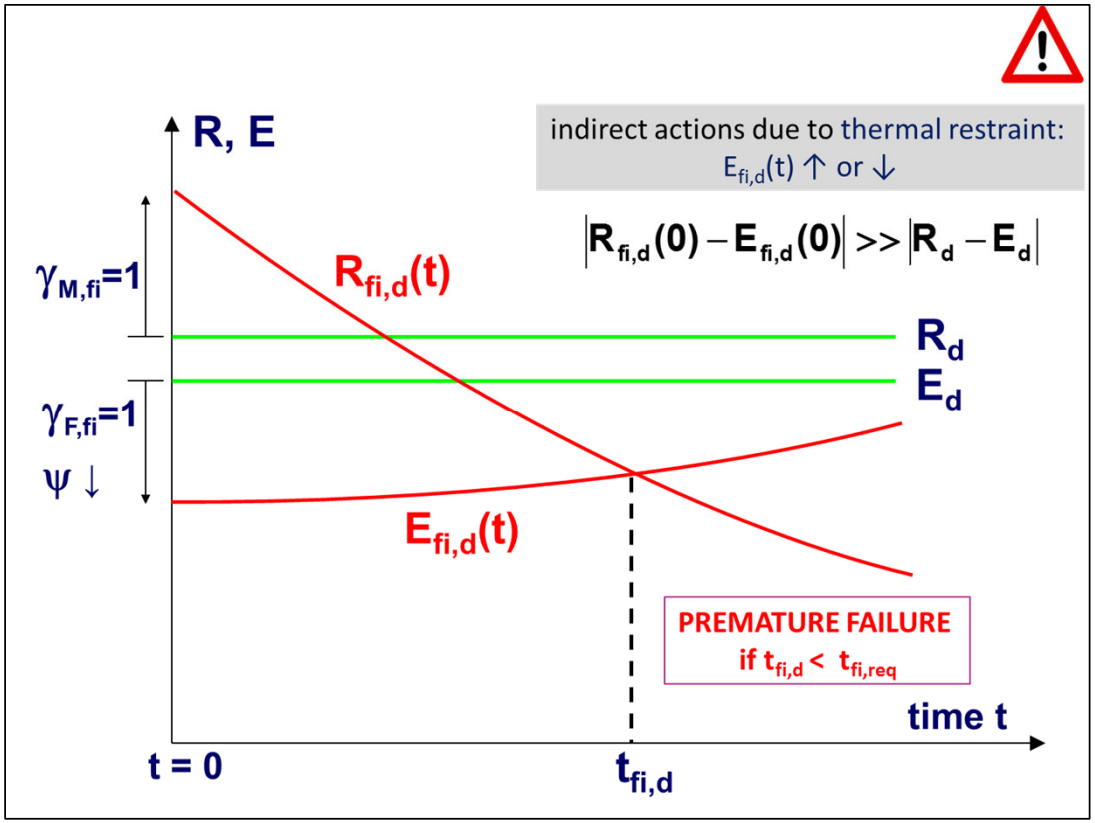
FIRE SAFETY ENGINEERING NELLA SISTEMA DELL'ESODO

Fabbricato con lavorazione e materiale combustibile

ANALISI TERMOSTRUTTURALE:

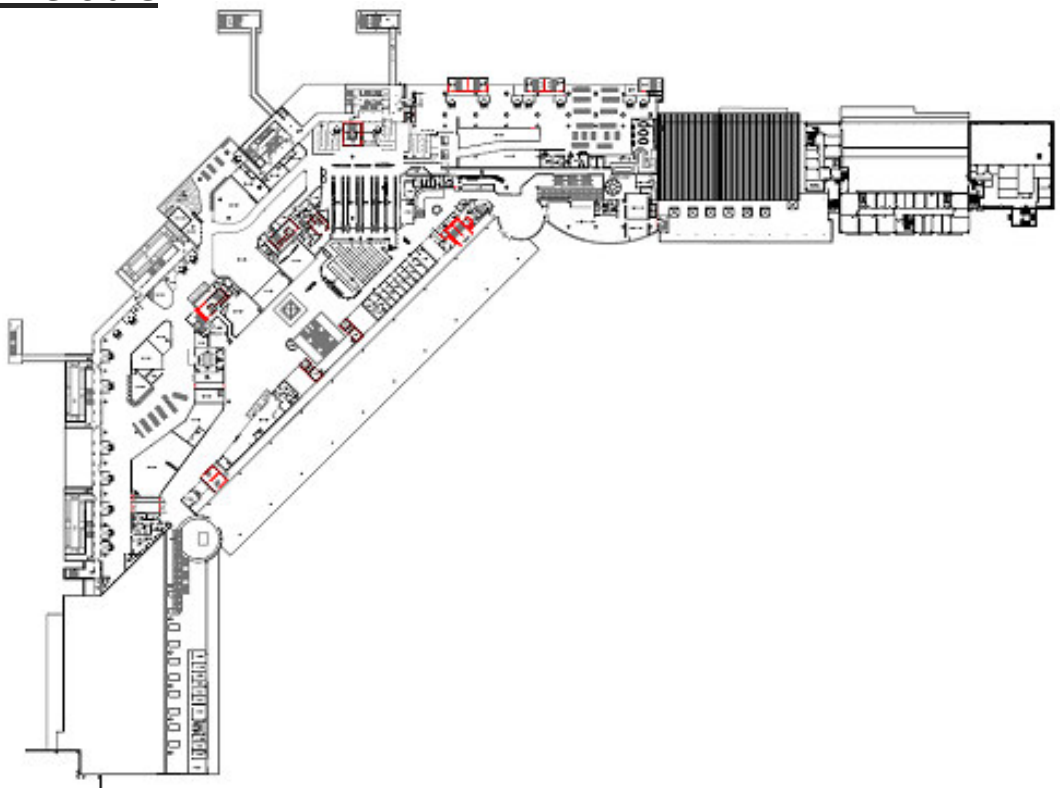
2. STEP: Analisi strutturale

Il collasso non viene raggiunto nei primi 15,5 minuti.



FIRE SAFETY ENGINEERING NEL CONTROLLO DEI FUMI E DEL CALORE

Centro Commerciale



Progettazione Antincendio:
A = 12600mq

Classificazioni

1. Ai fini della presente regola tecnica, le attività commerciali sono classificate come segue:
   a. in relazione alla *superficie lorda utile* A:
      AA: $A \leq 1500\ m^2$;
      AB: $1500\ m^2 < A \leq 3000\ m^2$;
      AC: $3000\ m^2 < A \leq 5000\ m^2$;
      AD: $5000\ m^2 < A \leq 10000\ m^2$;
      AE: $A > 10000\ m^2$.
   b. in relazione alla *quota dei piani* h:
      HA: $-1\ m \leq h \leq 6\ m$;
      HB: $-5\ m \leq h \leq 12\ m$;

In definitiva:
- AD
- HB

FIRE SAFETY ENGINEERING NEL CONTROLLO DEI FUMI E DEL CALORE

Centro Commerciale

In definitiva:
- AD
- HB

V.8.5.8 Controllo di fumi e calore

Attività	Condizioni	Livello di prestazione
AA	Nessuna	II
AB, AC	Carico d'incendio specifico q_f < 600 MJ/m² e velocità caratteristica prevalente di crescita dell'incendio δ_a < 3 (capitolo G.3)	II
AB, AC, AD, AE	Nessuna	III

Tabella V.8-10: Livelli di prestazione per il controllo di fumi e calore per le aree TA

S.8.4.2 Soluzioni conformi per il livello di prestazione III

1. Deve essere installato un *sistema di evacuazione di fumi e calore* (SEFC), *naturale* (SENFC) o *forzato* (SEFFC) secondo quanto indicato al paragrafo S.8.7.

FIRE SAFETY ENGINEERING NEL CONTROLLO DEI FUMI E DEL CALORE

Centro Commerciale

UTILIZZO LA SOLUZIONE CONFORME O LA SOLUZIONE ALTERNATIVA ??

CONSIGLIO:
Intanto vedo cosa viene richiesto dalla soluzione conforme
e poi, eventualmente, sviluppo la soluzione alternativa con metodo prestazionale…

Soluzioni conformi per il livello di prestazione III

1. Deve essere installato un *sistema di evacuazione di fumi e calore* (SEFC), *naturale* (SENFC) o *forzato* (SEFFC) secondo quanto indicato al paragrafo S.8.7.

FIRE SAFETY ENGINEERING NEL CONTROLLO DEI FUMI E DEL CALORE

Centro Commerciale

Soluzioni conformi per il livello di prestazione III

1. Deve essere installato un *sistema di evacuazione di fumi e calore* (SEFC), *naturale* (SENFC) o *forzato* (SEFFC) secondo quanto indicato al paragrafo S.8.7.

L'applicazione della UNI 9494 non è possibile a causa dell'investimento economico ingente.

Allora ricerchiamo la **SOLUZIONE ALTERNATIVA con l'approccio ingegneristico:**

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

FIRE SAFETY ENGINEERING NEL CONTROLLO DEI FUMI E DEL CALORE

Centro Commerciale

Soglie di Prestazione

Visibilità	10 (z=2.00 m)	m
Temperatura	60 (z=2.00 m)	°C
Irraggiamento	2,5 (z=2.00 m)	kW/m^2
FED	0,0 (z=2.0 m)	-

La soluzione progettuale proposta è stata quella di utilizzare le finestrature presenti a soffitto e a parete ed i portoni esistenti per l'accesso e l'uscita del pubblico.

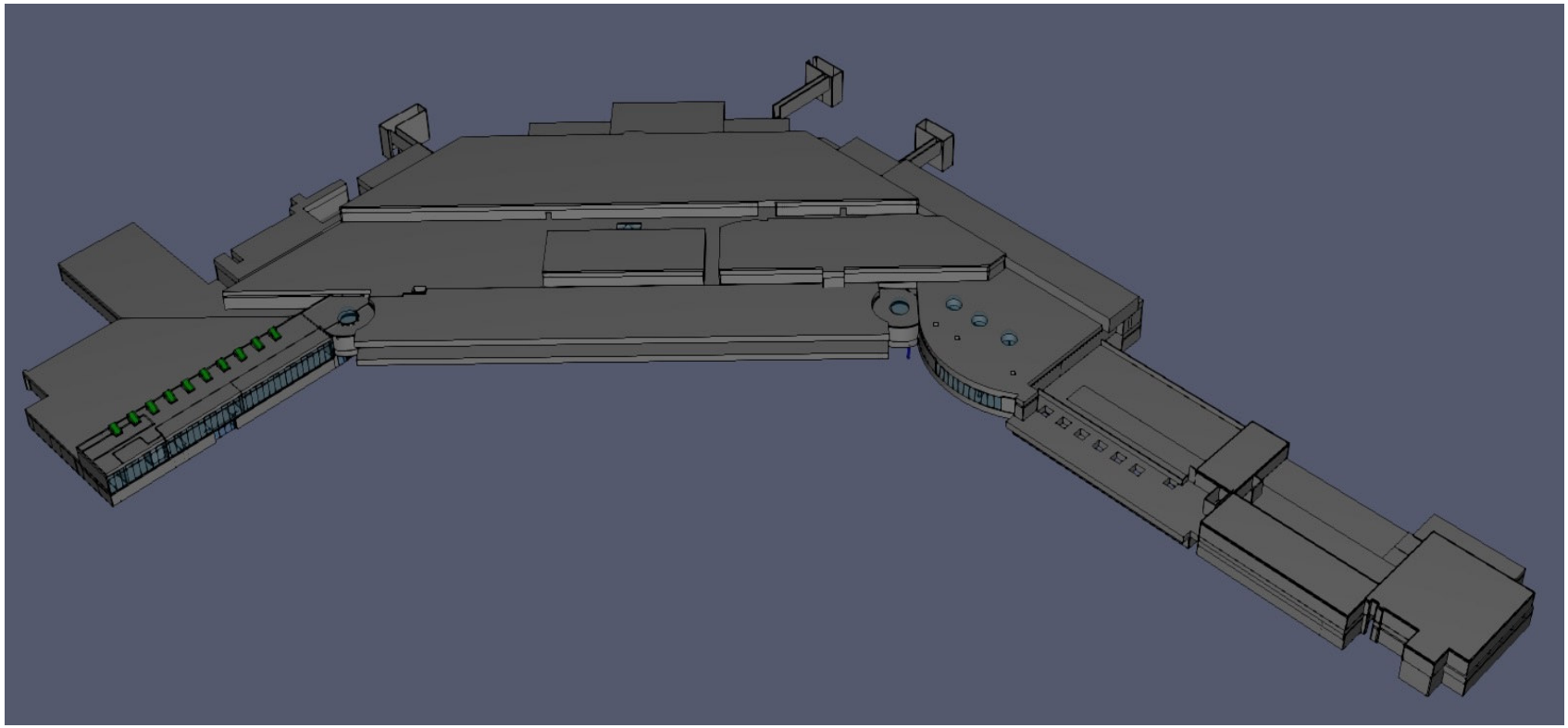
Nel primo step di calcolo non sono state inserite le barriere a soffitto, nessun EFC naturale e nessun EFC meccanico.

I risultati ottenuti da questo primo modello di calcolo non hanno raggiunto le soglie di Prestazione quindi si è proceduto ad inserire EFC in numero adeguato nelle zone di maggior accumulo di fumo.

FIRE SAFETY ENGINEERING NEL CONTROLLO DEI FUMI E DEL CALORE

Centro Commerciale

Modello Fluidodinamico

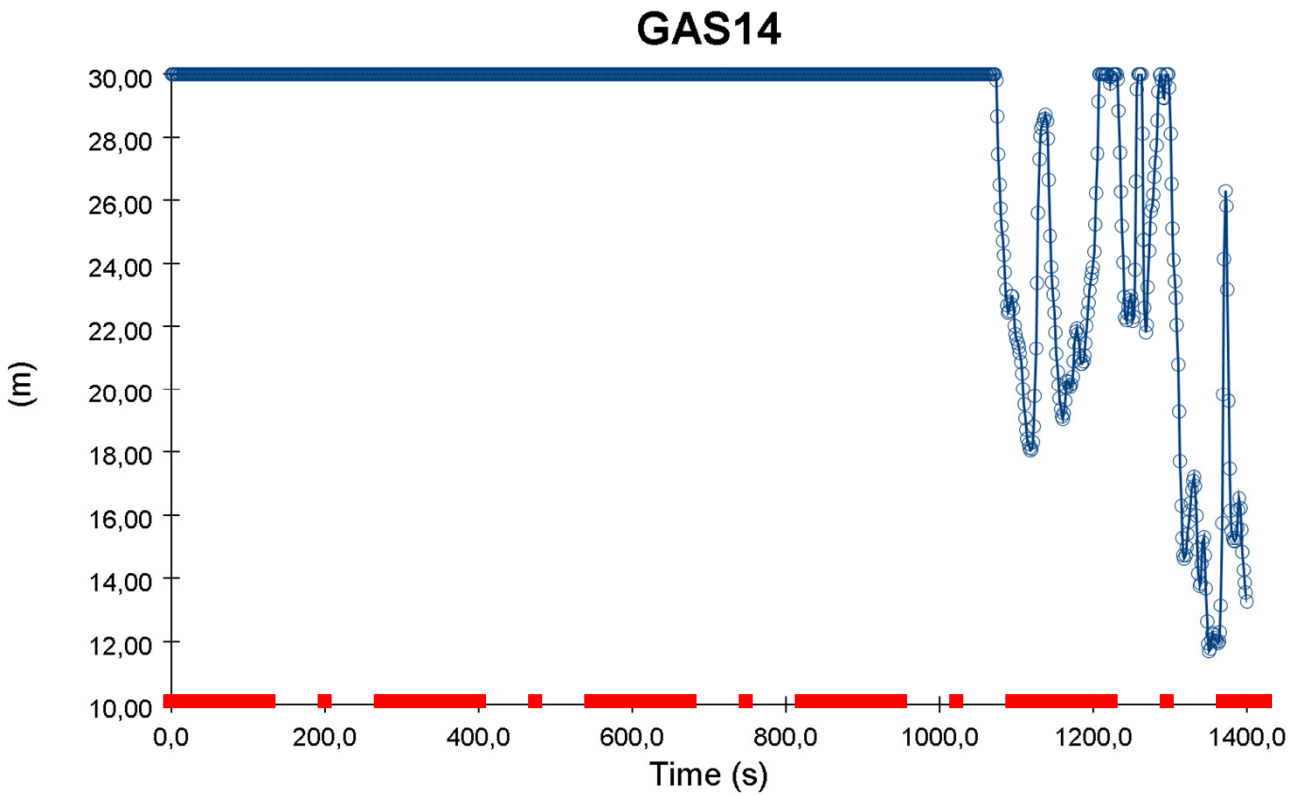


FIRE SAFETY ENGINEERING NEL CONTROLLO DEI FUMI E DEL CALORE

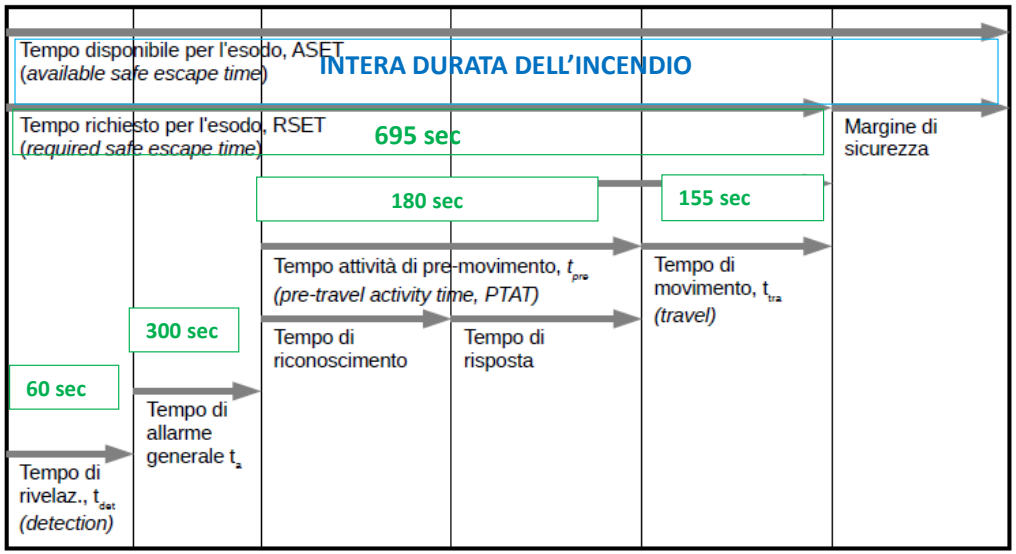
Centro Commerciale

Risultati Modello Fluidodinamico

La visibilità rimane sempre sopra ai 10m per l'intera durata dell esodo degli occupanti e l'intervento dei soccorritori.



FIRE SAFETY ENGINEERING NEL CONTROLLO DEI FUMI E DEL CALORE



Assunto il 100% del margine di sicurezza, la verifica è soddisfatta se:

2 x RSET < ASET

2x 695 = 1390 secondi < INTERA DURATA DELL'INCENDIO

FIRE SAFETY ENGINEERING NEL CONTROLLO DEI FUMI E DEL CALORE

Centro Commerciale

La verifica del sistema di controllo dei fumi e del calore viene condotto nel rispetto dei soliti obiettivi di salvaguardia degli occupanti e dei soccorritori.

Il risultato finale è stato:

- **Riduzione dell'80% degli EFC rispetto a quelli richiesti dalla UNI 9494 con metodo analitico semplificato;**
- **Eliminazione dei serbatoi a soffitto.**

L'impatto economico della soluzione adottata è stato vantaggioso per la committenza in quanto:

- Riduzione dei costi di adeguamento del sistema di controllo fumo e calore pari all'85%;
- L'installazione di un numero limitato ha richiesto una chiusura dell'attività per un tempo limitato;

La committenza ha comunque raggiunto il CPI ed il Livello di Prestazione III richiesto dal normatore.

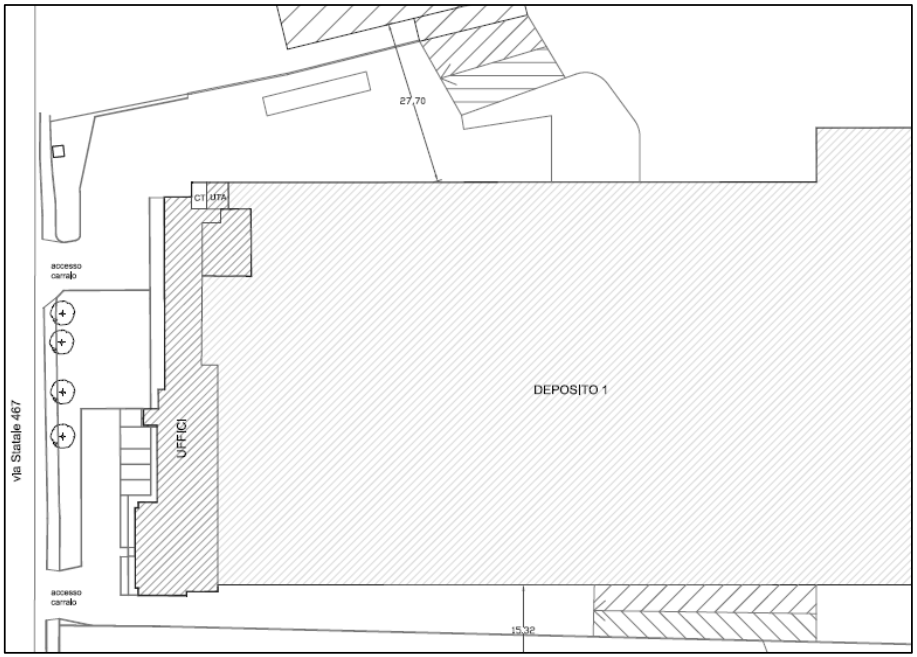
FIRE SAFETY ENGINEERING NELLA COMPARTIMENTAZIONE

Deposito materiale combustibile

A seguito della definizione del profilo di rischio del Deposito di materiale combustibile è stata desunte la problematica della **Distanza di Separazione** Antincendio con altro fabbricato ed il relativo confine di proprietà.
Area compartimento: 41.0000 mq.
Distanza Confine: 6metri

Profilo di Rischio:

- R vita: A3
- R beni: 1
- R ambiente: non significativo



FIRE SAFETY ENGINEERING NELLA COMPARTIMENTAZIONE

Deposito materiale combustibile

A seguito delle valutazione del profilo di rischio è necessario stabilire il **Livello di Prestazione**

Livello di prestazione	Criteri di attribuzione
I	Non ammesso nelle attività soggette
II	Attività non ricomprese negli altri criteri di attribuzione
III	In relazione alle risultanze della valutazione del rischio nell'ambito e in ambiti limitrofi della stessa attività (es. attività con elevato affollamento, attività con geometria complessa o piani interrati, elevato carico di incendio specifico q_f, presenza di sostanze o miscele pericolose in quantità significative, presenza di lavorazioni pericolose ai fini dell'incendio, …). Si può applicare in particolare ove sono presenti compartimenti con profilo di rischio R_{vita} compreso in D1, D2, Cii2, Cii3, Ciii2, Ciii3, per proteggere gli occupanti che dormono o che ricevono cure mediche.

Tabella S.3-2: Criteri di attribuzione dei livelli di prestazione

FIRE SAFETY ENGINEERING NELLA COMPARTIMENTAZIONE

Deposito materiale combustibile

Soluzioni conformi per il livello di prestazione II

NO, > 32.000 mq

SI

1. Al fine di limitare la propagazione dell'incendio *verso altre attività* deve essere impiegata almeno una delle seguenti soluzioni conformi:
   a. inserire le diverse attività in compartimenti antincendio distinti, come descritto nei paragrafi S.3.5 ed S.3.6, con le caratteristiche di cui al paragrafo S.3.7;
   b. interporre distanze di separazione su spazio a cielo libero tra le diverse attività, come descritto nel paragrafo S.3.8.
2. Al fine di limitare la propagazione dell'incendio *all'interno della stessa attività* deve essere impiegata almeno una delle seguenti soluzioni conformi:
   a. suddividere la volumetria dell'opera da costruzione contenente l'attività, in compartimenti antincendio, come descritto nei paragrafi S.3.5 ed S.3.6, con le caratteristiche di cui al paragrafo S.3.7;
   b. interporre distanze di separazione su spazio a cielo libero tra ambiti della stessa attività, come descritto nel paragrafo S.3.8.
3. L'*ubicazione* delle diverse attività nella stessa opera da costruzione deve essere stabilita secondo i criteri di cui al paragrafo S.3.9.
4. Sono ammesse *comunicazioni* tra le diverse attività presenti nella stessa opera da costruzione, realizzate con le limitazioni e le modalità descritte al paragrafo S.3.10.

Non è possibile mettere applicare il punto a. quindi è necessario procedere con l'Analisi della Distanza di Separazione:

B_i [m]	H_i [m]																			
	3		6		9		12		15		18		21		24		27		30	
	α	β	α	β	α	β	α	β	α	β	α	β	α	β	α	β	α	β	α	β
3	2,5	1,0	4,0	0,9	5,0	0,7	5,7	0,6	6,2	0,5	6,5	0,4	6,8	0,4	7,0	0,3	7,1	0,3	7,2	0,3
6	3,2	1,6	5,2	1,8	6,8	1,7	8,1	1,5	9,2	1,4	10,1	1,2	10,9	1,1	11,5	1,0	12,0	0,9	12,5	0,8
9	3,5	2,1	6,0	2,5	8,0	2,6	9,6	2,5	11,0	2,4	12,3	2,2	13,4	2,1	14,4	1,9	15,3	1,7	16,0	1,6
12	3,7	2,6	6,6	3,1	8,8	3,3	10,7	3,3	12,4	3,3	13,9	3,2	15,2	3,0	16,5	2,9	17,6	2,7	18,6	2,6
15	3,7	2,9	7,0	3,6	9,5	3,9	11,6	4,1	13,4	4,1	15,1	4,1	16,6	4,0	18,1	3,9	19,4	3,7	20,6	3,6
18	3,7	3,3	7,3	4,1	10,0	4,5	12,3	4,8	14,3	4,9	16,1	4,9	17,8	4,9	19,4	4,8	20,9	4,7	22,3	4,5
21	3,6	3,6	7,5	4,5	10,4	5,0	12,9	5,4	15,1	5,6	17,0	5,7	18,9	5,7	20,6	5,7	22,2	5,6	23,7	5,5
24	3,5	3,9	7,6	4,9	10,7	5,5	13,4	6,0	15,7	6,2	17,8	6,4	19,8	6,5	21,6	6,5	23,3	6,5	24,9	6,4
27	3,3	4,1	7,6	5,3	11,0	6,0	13,8	6,5	16,3	6,8	18,5	7,0	20,6	7,2	22,5	7,3	24,3	7,3	26,0	7,2
30	3,2	4,4	7,7	5,6	11,2	6,4	14,2	7,0	16,8	7,4	19,1	7,7	21,3	7,9	23,3	8,0	25,2	8,0	27,0	8,1
40	2,6	5,1	7,5	6,7	11,6	7,8	15,0	8,5	18,0	9,1	20,8	9,5	23,3	9,9	25,6	10,2	27,8	10,4	29,8	10,5
50	2,2	5,6	7,0	7,7	11,5	8,9	15,4	9,9	18,8	10,6	21,9	11,2	24,7	11,7	27,3	12,1	29,7	12,4	32,0	12,7
60	1,8	6,1	6,5	8,5	11,3	10,0	15,5	11,1	19,3	12,0	22,6	12,7	25,7	13,3	28,6	13,8	31,2	14,2	33,8	14,6

Per valori di B_i e H_i intermedi a quelli riportati in tabella si approssima al valore immediatamente successivo. In alternativa può essere impiegata iterativamente la procedura analitica di cui al paragrafo S.3.11.3.

$di = \alpha i\ pi + \beta i = \ 0{,}3*7 + 7{,}7 =$ **9,8 metri > 6 metri**

FIRE SAFETY ENGINEERING NELLA COMPARTIMENTAZIONE

Deposito materiale combustibile

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.

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

FIRE SAFETY ENGINEERING NELLA COMPARTIMENTAZIONE

Deposito materiale combustibile

Soglia di Prestazione

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

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

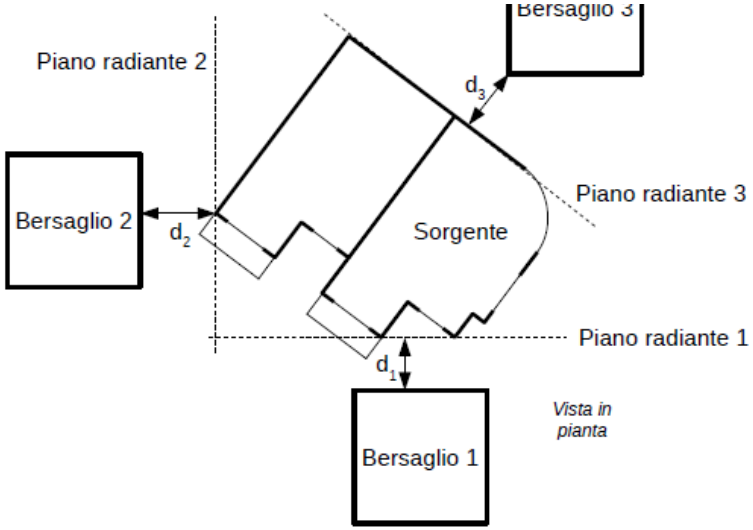
con:

$F_{2\text{-}1}$ 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]



FIRE SAFETY ENGINEERING NELLA COMPARTIMENTAZIONE

Deposito materiale combustibile

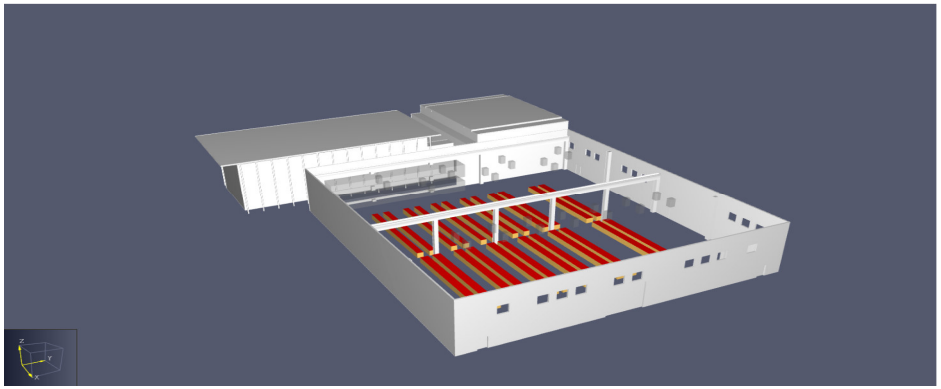
La **potenza termica radiante dell'incendio** convenzionale E1 è imposta come segue in funzione del carico di incendio specifico qf del compartimento retrostante l'i-esima piastra radiante:

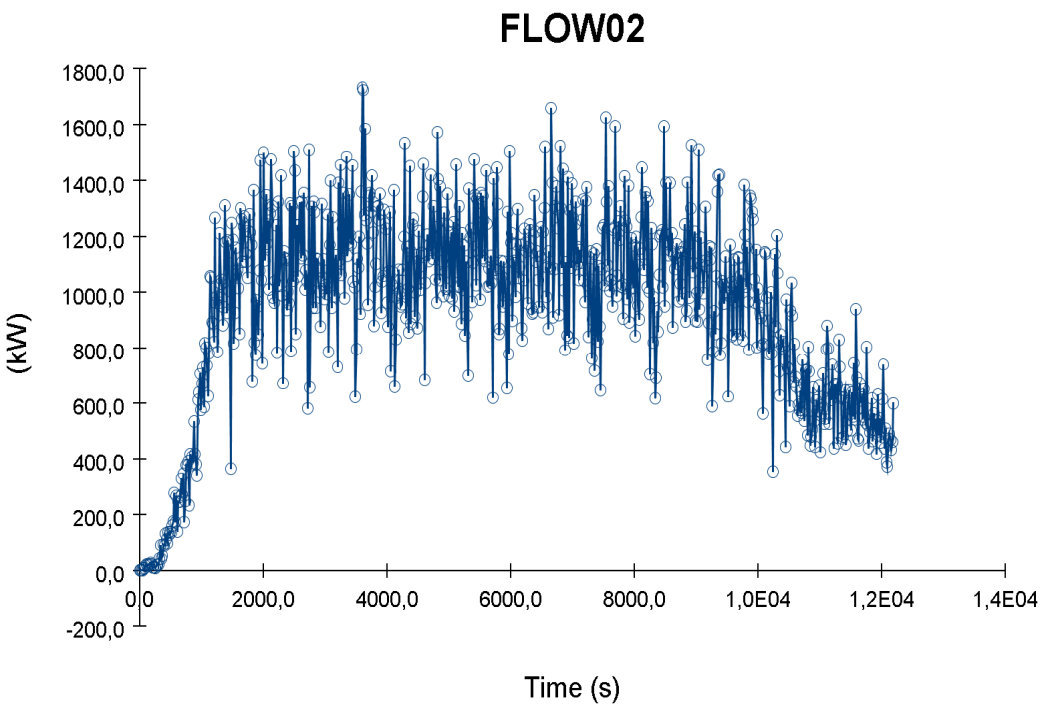
$$E_1 = \sigma \cdot T_4 = 5{,}67 \cdot 10^{-8} \cdot (1000 + 273{,}16)^4 = 149 \text{ kW/m}_2$$

L'assunzione della temperatura di 1000 gradi è assunta a favore di sicurezza, ma nella realtà è improbabile che si sviluppi una temperatura così alta, quindi si valuta tramite simulazione fluidodinamica la temperatura raggiunta dai fumi caldi in corrispondenza delle finestrature e la potenza termica radiante sull'altro edificio.

FIRE SAFETY ENGINEERING NELLA COMPARTIMENTAZIONE

Deposito materiale combustibile



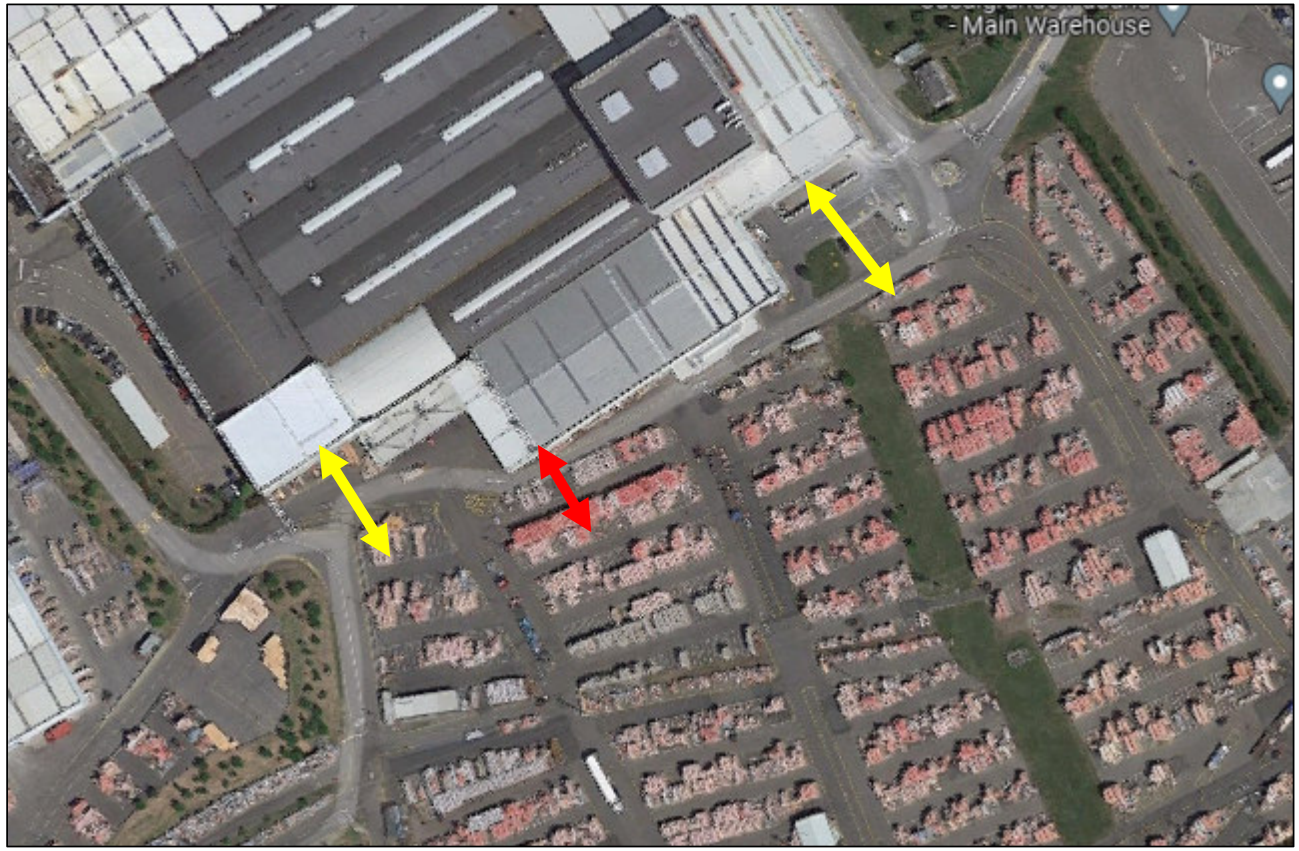


I valori restituiti fanno riferimento all'intera superficie di misura (130mq):
Potenza 1350/130 =

Potenza: **10,4 kW/m2 < 12,6 KW/mq**

FIRE SAFETY ENGINEERING NELLA COMPARTIMENTAZIONE

Deposito esterni ??



FIRE SAFETY ENGINEERING VANTAGGI E SVANTAGGI

VANTAGGI VS SVANTAGGI

SVANTAGGI:

- Elevato livello di formazione su tematiche di fluidodinamica, comportamento termo-strutturale e di esodo;
- Lavoro in TEAM.
- Specifica pianificazione del Sistema di Gestione della Sicurezza Antincendio (*).

VANTAGGI:

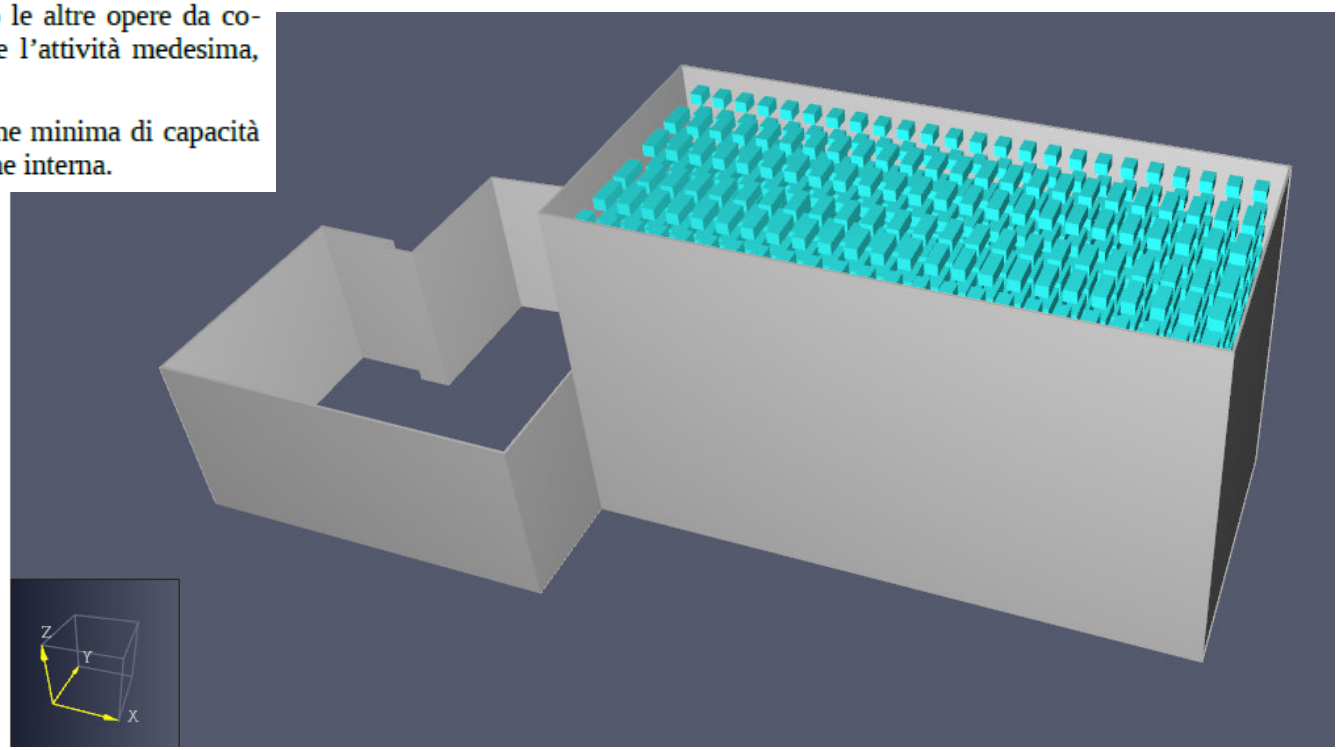
- Libertà progettuale;
- Ottimizzazione degli investimenti;
- Recupero di edifici esistenti di pregio;
- Reale contributo del professionista;
- Definizione esatta delle misure antincendio (Es. sprinkler per l'esodo, sovrabbondanza di vie d'esodo, ect..);
- Specifica pianificazione del Sistema di Gestione della Sicurezza Antincendio (*).

MAGAZZINO INTENSIVO AUTOMATICO AUTOPORTANTE

Soluzioni conformi per il livello di prestazione I

1. Deve essere interposta *distanza di separazione* su spazio a cielo libero non inferiore alla massima altezza della costruzione verso altre opere da costruzione e verso il confine dell'area su cui sorge l'attività medesima.
2. Deve essere limitata la propagazione dell'incendio verso le altre opere da costruzione o all'esterno del confine dell'area su cui sorge l'attività medesima, adottando le soluzioni indicate al paragrafo S.3.4.1.
3. Non è richiesta all'opera da costruzione alcuna prestazione minima di capacità portante in condizioni di incendio, o di compartimentazione interna.

Nel caso di edifici a distanza inferiore all'altezza del magazzino automatizzato deve SEMPRE E COMUNQUE essere controllata la modalità di collasso nel caso non sia presente un impianto a disponibilità superiore



EDIFICIO CON MEZZANINI METALLICI

La soluzione alternativa alla Resistenza al Fuoco consente di eliminare la protezione passiva da questi elementi.

In quali casi?

II	Opere da costruzione o porzioni di opere da costruzione, comprensive di eventuali manufatti di servizio adiacenti nonché dei relativi impianti tecnologici di servizio, dove sono verificate *tutte* le seguenti condizioni: • compartimentate rispetto ad altre opere da costruzione eventualmente adiacenti; • strutturalmente separate da altre opere da costruzione e tali che l'eventuale cedimento strutturale non arrechi danni alle stesse o all'esterno del confine dell'area su cui sorge l'attività medesima; oppure, in caso di assenza di separazione strutturale, tali che l'eventuale cedimento della porzione non arrechi danni al resto dell'opera da costruzione o all'esterno del confine dell'area su cui sorge l'attività medesima; • adibite ad attività afferenti ad un solo *responsabile dell'attività* e con i seguenti profili di rischio: ○ R_{vita} compresi in A1, A2, A3, A4; ○ R_{beni} pari ad 1; • densità di affollamento ≤ 0,2 persone/m²; • non prevalentemente destinate ad occupanti con disabilità; • aventi piani situati a quota compresa tra -5 m e 12 m.

Come?

Livello di Prestazione II con soluzione alternativa in F.S.E.

c. mantenimento della capacità portante in condizioni di incendio per un periodo sufficiente all'evacuazione degli occupanti in luogo sicuro all'esterno della costruzione. La capacità portante deve essere comunque tale da garantire un margine di sicurezza $t_{marg} \geq 100\% \cdot RSET$ e comunque ≥ 15 minuti (paragrafo M.3.2.2).

AUMENTO DEL CARICO D'INCENDIO

La soluzione alternativa alla Resistenza al Fuoco consente di aumentare i quantitativi di materiale stoccato all'interno del deposito.

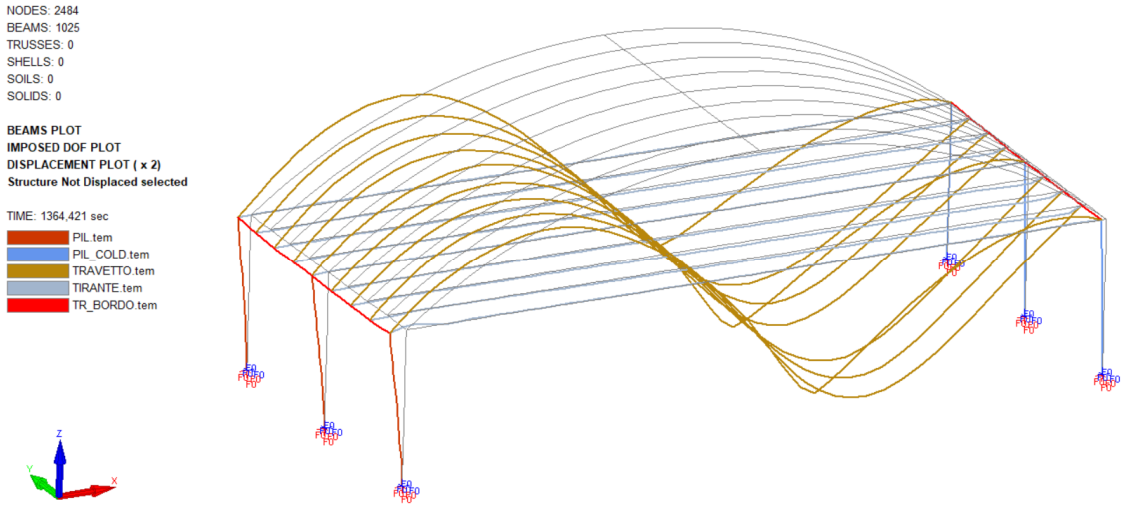
In quali casi?

In generale, non sussistono particolari vincoli, quindi può essere applicato nella stragrande maggioranza dei casi.

Quando i quantitativi aumentano in modo considerevole (+100/200/300%) potrebbe essere necessaria una specifica valutazione del Rischio Ambiente

Come?

Soluzione Alternativa in F.S.E.

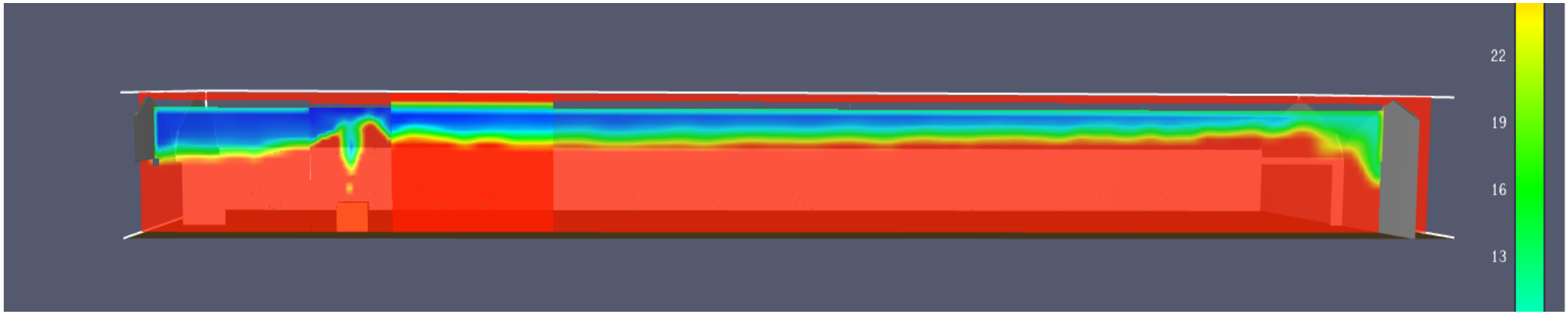


AUMENTO DELL'AFFOLLAMENTO

La soluzione alternativa per il Sistema di Esodo può consente di aumentare gli affollamenti previsti.

In quali casi?
In generale, non sussistono particolari vincoli, quindi può essere applicato nella stragrande maggioranza dei casi.

Come?
Esodo in Soluzione Alternativa in F.S.E.

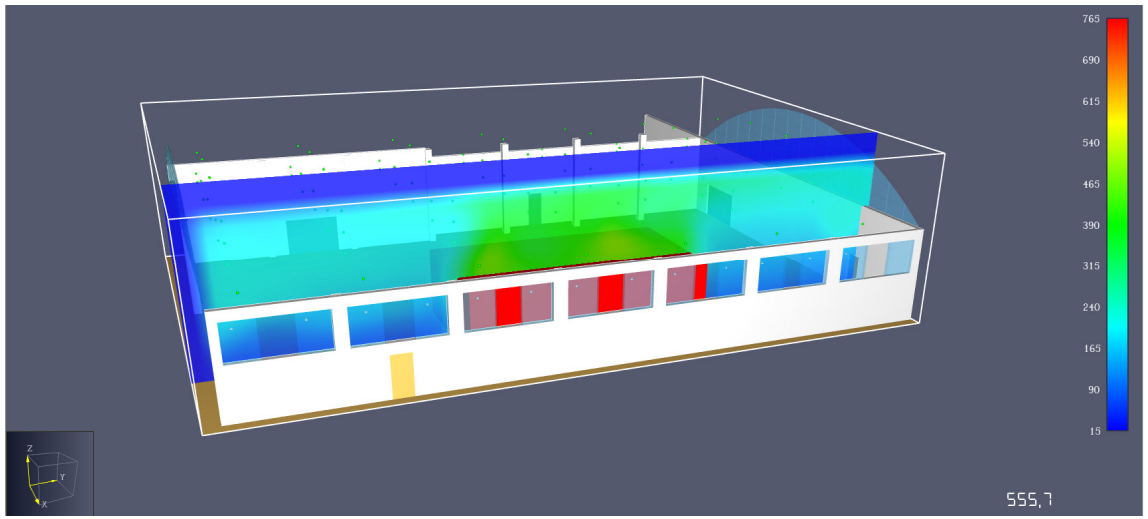


ELIMINAZIONE/RIDUZIONE DEGLI EFC

La soluzione alternativa per il Controllo dei Fumi e del Calore può consente di ridurre le richieste della UNI 9494.

In quali casi?
In generale, non sussistono particolari vincoli, quindi può essere applicato nella stragrande maggioranza dei casi. Devono essere presenti superfici compensative (anche vetrate) che consentono l'evacuazione di fumo e calore e di superfici per il riscontro di aria. Si cerca di sfruttare quanto esistente presso l'attività (griglie di ventilazione, portoni, ect..)

Come?
Controllo fumi e calore
in Soluzione Alternativa in F.S.E.



ELIMINAZIONE IMPIANTO SPRINKLER

La soluzione alternativa per le misure interessate dallo sprinkler (resistenza, esodo, ect..) può consente di eliminare la presenza dell'impianto sprinkler.

In quali casi?
In casi particolari, in ambito industriale qualora siano garantiti tutti gli obiettivi della sicurezza antincendio.
In casi particolari, in ambito civile, quando risulta evidente che lo sprinkler riduce l'altezza libera dai fumi.

Come?
Soluzione Alternativa in F.S.E con Specifica valutazione del rischio ambiente tramite misure compensative (monitori esterni, ect..).

CONTACT

Ing. Daniele Andriotto
Fire Engineer
C. 393 5283518
andriottodaniele@gmail.com

Articoli **INGENIO**
https://www.ingenio-web.it/autori/andriotto-daniele

Articoli **RIVISTA ANTINCENDIO**
https://www.insic.it/prevenzione-incendi