



Fire Safety Engineering

**Gestione di una istruttoria
Esempi di applicazione nella
valutazione dei progetti**



**Francesco SCARITO
CNVVF**



..... spunti di riflessione ... istruttorie di prevenzione incendi con approccio prestazionale ...

... di fornire una panoramica, nelle linee essenziali, non esaustiva, in merito alle **istruttorie di prevenzione incendi con approccio prestazionale**

... in altre parole vi devo far sorgere **dubbi** e farvi immergere nella «dura (!) realtà»

Valutazione del progetto antincendio [G.2.9]



DECRETO 3 agosto 2015

..... il **progettista** deve garantire tramite la **documentazione progettuale**

- l'appropriatezza degli **obiettivi** di sicurezza antincendio perseguiti, delle **ipotesi di base**, dei **dati di ingresso**, dei **metodi**, dei **modelli**, degli **strumenti normativi selezionati ed impiegati** a supporto della progettazione antincendio
- la corrispondenza delle misure di prevenzione incendi agli obiettivi di sicurezza perseguiti secondo le indicazioni del presente documento
- la **correttezza nell'applicazione di metodi, modelli, strumenti normativi**

..... assume piena responsabilità in merito alla valutazione del rischio di incendio riportata nella documentazione progettuale relativa all'attività

DECRETO 3 agosto 2015

Sezione M

METODI

Applicazione dei **principi dell'ingegneria della sicurezza antincendio** [FSE – Fire Safety Engineering].... consente di definire **soluzioni idonee al raggiungimento di obiettivi progettuali** mediante **analisi di tipo quantitativo ...**

.... di **ogni misura** adottata, può essere **quantificato l'effetto sull'evoluzione dell'incendio ...**

non è una regola tecnica rappresenta una **linea guida**

Per gli aspetti della progettazione antincendio prestazionale non esplicitamente definiti
... **regola dell'arte internazionale**

Sezione M

METODI

non è una regola tecnica rappresenta una **linea guida**

- ❑ **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

..... analogamente a quanto già «previsto» in attuazione del **D.M 9 maggio 2007**

**Istanza di valutazione
dei progetti**

art. 3 DPR 151/2011

Gli enti ed i privati responsabili delle attività di cui all'Allegato I, categorie B e C sono tenuti a richiedere, con apposita istanza, al Comando l'**esame dei progetti**....

Istruttoria



.... il **Comando** esamina i progetti si pronuncia sulla **conformità** degli stessi alla **normativa ed ai criteri tecnici di prevenzione incendi**

Istanza di valutazione dei progetti

art. 3 D.M 7 agosto 2012

Per le attività soggette di categoria B e C, all'istanza sono allegati

a) documentazione tecnica, a firma di tecnico abilitato, conforme a quanto previsto dall'**Allegato I**

Istruttoria



Nel caso di utilizzo **dell'approccio ingegneristico** alla sicurezza antincendio, **la documentazione tecnica** di cui al comma 2, lettera a), deve essere a firma di professionista antincendio e conforme a quanto specificato nell'Allegato I, lettera A, al presente decreto, **integrata con quanto stabilito nell'allegato al decreto del Ministro dell'interno 9 maggio 2007, ivi compreso il documento contenente il programma per l'attuazione del SGSA.**

**Istanza di valutazione
dei progetti**

art. 5 D.M 3 agosto 2015

Ai fini dell'applicazione delle norme tecniche di cui all'articolo 1, **restano valide:**

- a) le disposizioni di cui al **decreto del Ministro dell'interno 7 agosto 2012 relativamente alla documentazione** tecnica da allegare alle istanze di cui decreto del Presidente della Repubblica 1 agosto 2011, n. 151.

Istruttoria



La medesima documentazione tecnica **deve includere le informazioni indicate nelle norme tecniche di cui al presente decreto ... compresa la Sezione M**

Sezione M

Capitolo M.1

Metodologia per l'ingegneria della sicurezza antincendio

definisce gli **aspetti procedurali** e i **criteri da adottare** per **valutare il livello di rischio e progettare le conseguenti misure compensative** utilizzando l'approccio ingegneristico alla sicurezza antincendio per soddisfare gli obiettivi della prevenzione incendi....

Analisi preliminare (I fase)

Sono **formalizzati i passaggi** che conducono ad individuare le **condizioni più rappresentative del rischio** al quale l'attività è **esposta** e quali sono le **soglie di prestazione** cui riferirsi in relazione agli obiettivi di sicurezza da perseguire

Analisi quantitativa (II fase)

Impiegando **modelli di calcolo**, si esegue **l'analisi quali-quantitativa degli effetti dell'incendio in relazione agli obiettivi assunti**, **confrontando i risultati ottenuti con le soglie di prestazione** già individuate e definendo il progetto da sottoporre a definitiva approvazione

Sezione M

Capitolo M.1

Metodologia per l'ingegneria della sicurezza antincendio

M.1.3.1
Definizione del progetto



M.1.3.2
Identificazione degli Obiettivi di sicurezza



M.1.3.3
Definizione delle soglie di prestazione



M.1.3.4
Individuazione degli scenari di Incendio di progetto

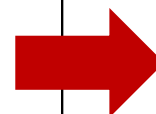
ANALISI PRELIMINARE

Documentazione Tecnica

Sommario Tecnico

**A firma del
PROGETTISTA
REPONSABILE ATTIVITA'**

M.2
Scenari di Incendio



Sezione M

Capitolo M.1

Metodologia per l'ingegneria della sicurezza antincendio

ANALISI PRELIMINARE

Documentazione Tecnica

Sommario Tecnico

A firma del
PROGETTISTA
RESPONSABILE ATTIVITA'

è sintetizzato il processo seguito
per individuare gli **scenari di
incendio** di progetto e le **soglie di
prestazione**

Sezione M

Capitolo M.1

Metodologia per l'ingegneria della sicurezza antincendio

ANALISI QUANTITATIVA

M.1.4.1

Elaborazione delle soluzioni progettuali



M.1.4.2

Valutazione delle soluzioni progettuali



M.1.4.3

Selezione delle soluzioni progettuali idonee

DOCUMENTAZIONE TECNICA

Relazione tecnica

**Programma per la gestione della
sicurezza antincendio (GSA)**

Sezione M

Capitolo M.1

Metodologia per l'ingegneria della sicurezza antincendio

DOCUMENTAZIONE TECNICA

Relazione tecnica

devono risultare le **soluzioni progettuali agli scenari di incendio** di progetto

modelli di calcolo utilizzati

il professionista antincendio deve fornire elementi a sostegno della scelta del modello utilizzato affinché sia dimostrata la coerenza delle scelte operate con lo scenario di incendio di progetto adottato

parametri e valori associati

la scelta iniziale dei valori da assegnare ai parametri alla base dei modelli di calcolo, deve essere giustificata in modo adeguato, facendo specifico riferimento a norme, letteratura tecnico-scientifica, prove sperimentali

Sezione M

Capitolo M.1

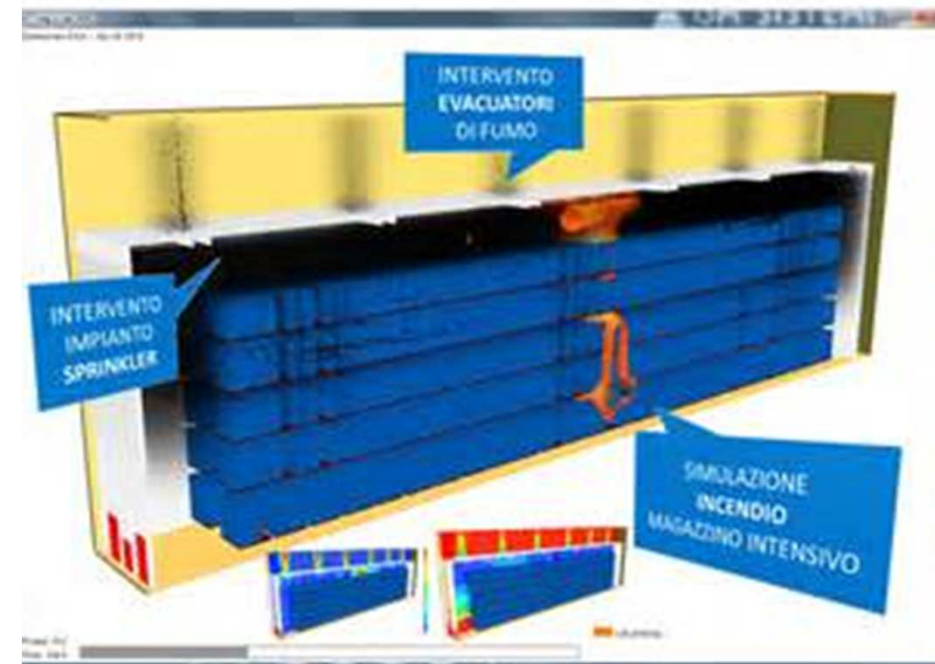
Metodologia per l'ingegneria della sicurezza antincendio

DOCUMENTAZIONE TECNICA

Relazione tecnica

- origine e caratteristiche dei codici di calcolo

devono essere fornite indicazioni in merito all'origine ed alle **caratteristiche dei codici di calcolo utilizzati**, con riferimento alla denominazione, all'autore o distributore, nonché sull'inquadramento teorico della **metodologia di calcolo** e sulla sua traduzione numerica e indicazioni riguardanti la riconosciuta **affidabilità dei codici**. Inoltre, tramite riferimento ai manuali d'uso, deve essere indicato che il codice di calcolo è **impiegato nel suo campo di applicazione** e nel **rispetto delle limitazioni d'impiego per applicazioni ingegneristiche**, e validato per applicazioni analoghe a quella oggetto di modellazione e verificato



Sezione M

Capitolo M.1

Metodologia per l'ingegneria della sicurezza antincendio

DOCUMENTAZIONE TECNICA

Programma per la gestione della sicurezza antincendio (GSA)

con l'applicazione della metodologia prestazionale il **professionista antincendio** basa **l'individuazione delle misure antincendio** di prevenzione e protezione di progetto su **specifiche ipotesi e limitazioni d'esercizio**



devono pertanto essere previste specifiche misure di gestione della **sicurezza antincendio (GSA)** affinché **non possa verificarsi** la riduzione del livello di sicurezza assicurato inizialmente

Le **specifiche misure di gestione della sicurezza antincendio** devono essere limitate agli aspetti trattati **nella progettazione prestazionale**, con particolare riguardo alle **specifiche soluzioni progettuali**, alle **misure antincendio di prevenzione e protezione** adottate, al **mantenimento delle condizioni di esercizio** da cui discendono i **valori dei parametri di ingresso nella progettazione prestazionale**

Sezione M

Capitolo M.1

Metodologia per l'ingegneria della sicurezza antincendio

FSE

Il progettista può adottare tutte le soluzioni che ritiene opportune ... cioè «**tutto si può fare**» ...????????.....

.... **a condizione che le soluzioni siano giustificabili e giustificate** tramite gli **elaborati progettuali ed adottate attando la metodologia secondo la linee di indirizzo e alla letteratura tecnica** ...

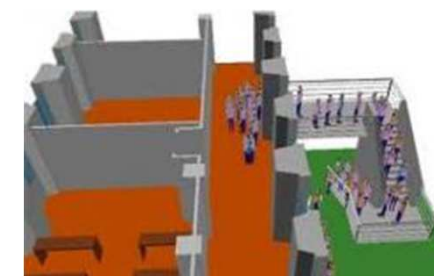
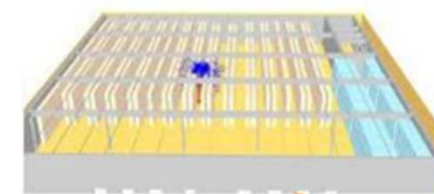
FSE

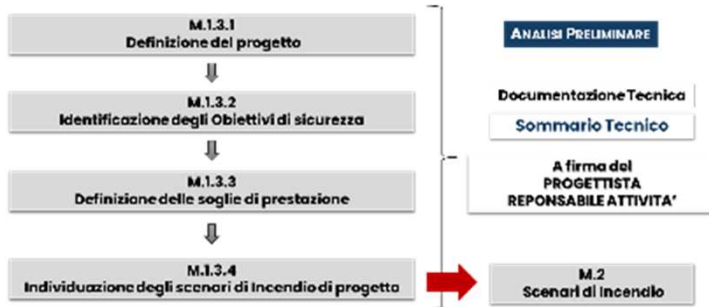
**Lo studio dell'incendio nelle «opere»... e
l'interazione con le «misure di sicurezza»**

**Sviluppo dell'incendio, natura e diffusione dei
prodotti della combustione**

**Comportamento delle strutture e dei
materiali quando esposti all'incendio**

**Comportamento delle persone durante
l'incendio, in relazione all'esodo
dall'edificio**





Capitolo M.2

Scenari di incendio

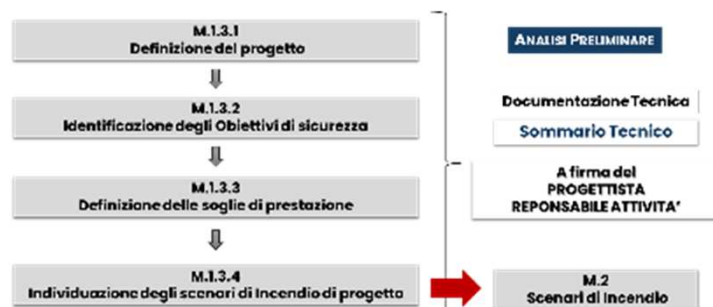
il progettista è guidato nell'**individuazione degli scenari** di incendio indicando la **procedura che deve essere documentata nella redazione del progetto**

Sviluppo dell'incendio, natura e diffusione dei prodotti della combustione

Scenari

Gli scenari rappresentano la **descrizione dettagliata degli eventi che possono ragionevolmente verificarsi**

Nel processo di individuazione degli **scenari di incendio di progetto**, devono essere valutati tutti gli **incendi realisticamente ipotizzabili**, **scegliendo i più gravosi** per lo **sviluppo e la propagazione dell'incendio**, la **conseguente sollecitazione strutturale**, la **salvaguardia degli occupanti** e la **sicurezza delle squadre di soccorso**



Capitolo M.2

Scenari di incendio

il progettista è guidato nell'**individuazione degli scenari** di incendio indicando la **procedura che deve essere documentata nella redazione del progetto**

identificazione

Individuazione dei possibili scenari d'incendio che possono svilupparsi nell'attività, da cui dipende l'esito dell'intera valutazione secondo il metodo prestazionale

selezione

degli **scenari d'incendio di progetto** tra tutti i possibili scenari d'incendio identificati

quantificazione

descrizione quantitativa degli scenari d'incendio di progetto selezionati

Il professionista antincendio **traduce la descrizione qualitativa degli scenari d'incendio di progetto in dati numerici di input appropriati - attività, occupanti e incendio** - per la metodologia di calcolo scelta per la verifica delle ipotesi progettuali



Capitolo M.2

Scenari di incendio

identificazione

- Individuare **tutti i possibili scenari d'incendio** che possono svilupparsi durante la vita utile dell'attività **considerando tutte le condizioni di esercizio ragionevolmente prevedibili**



Capitolo M.2

Scenari di incendio

identificazione

Ogni scenario d'incendio identificato **deve essere compiutamente ed univocamente descritto in relazione ai suoi tre aspetti fondamentali:**

Il **professionista antincendio** deve descrivere

- **evento iniziatore** caratterizzato da un focolaio di incendio e dalle condizioni dell'ambiente circostante
- **propagazione dell'incendio** e dei prodotti della combustione
- **azione degli impianti tecnologici** e di protezione attiva contro l'incendio
- **azioni eseguite dai componenti della squadra aziendale** dedicata alla lotta antincendio presenti nell'ambiente
- distribuzione e **comportamento degli occupanti**

caratteristica dell'incendio

caratteristica dell'attività\edificio

caratteristica occupanti

Capitolo M.2

Scenari di incendio

identificazione

selezione

Analisi storica

Scenari Tipo (NFPA 101)

Albero degli eventi

.....

Devono essere specificamente **indicati**, nella documentazione progettuale, **i motivi che portano ad escluderne alcuni dalla successiva analisi quantitativa**, facendo riferimento agli **alberi degli eventi sviluppati** o **secondo giudizio esperto**

La selezione degli scenari d'incendio è fortemente influenzata dall'obiettivo che il professionista antincendio intende raggiungere

Capitolo M.2

Scenari di incendio

quantificazione

Il professionista antincendio **traduce la descrizione qualitativa degli scenari d'incendio di progetto in dati numerici di input appropriati** per la metodologia di calcolo scelta per la verifica delle ipotesi progettuali

i **dati di input** sono specificati per

attività

occupanti

incendio



Esempi

Albergo



Premessa

L'edificio in oggetto, presenta caratteristiche sui percorsi d'esodo tali da dover ricorrere all'ingegneria antincendio. Più precisamente, le vie di esodo verticali non rispettano lunghezze massime, così come i corridoi ciechi.

Nel presente allegato si applicano le soluzioni alternative mediante l'approccio ingegneristico per lo studio dell'esodo degli occupanti in caso di incendio.

A scopo di sintesi, si riprende l'elenco presente nella relazione tecnica dei locali e/o compartimenti nei quali si applica l'ingegneria antincendio:

Compartimenti	S-4 Esodo
tutti	alternativa

Esempi

Albergo

T_0

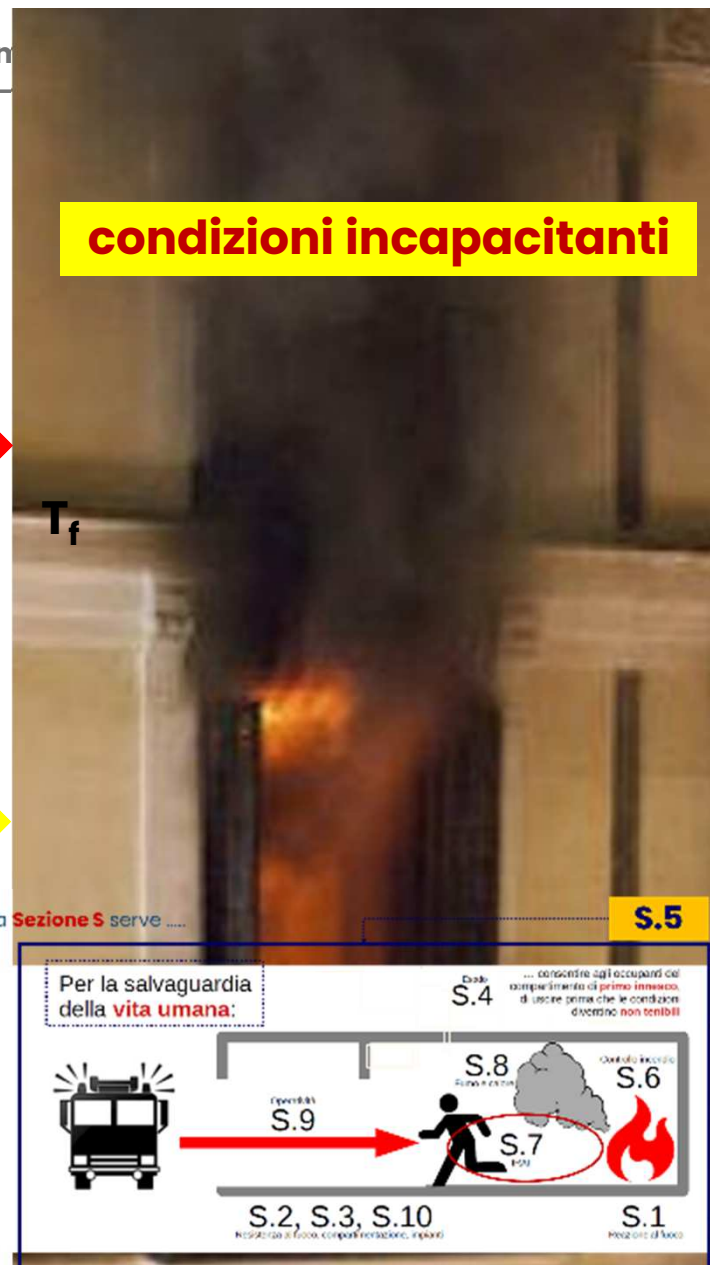
S.1 – S.2 – S.3 – S.6 – S.8 – S.9 – S.10

Tempo disponibile per l'esodo

S.7 – S.5 – S.4

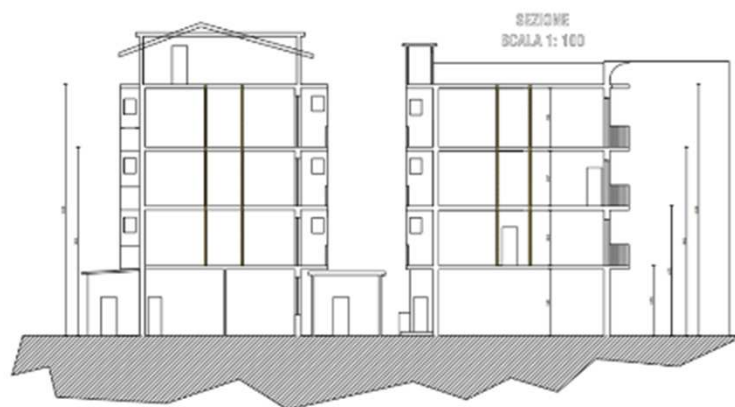
Tempo richiesto per l'esodo

t_{marg}



Esempi

Albergo



S.4 Corridoi ciechi



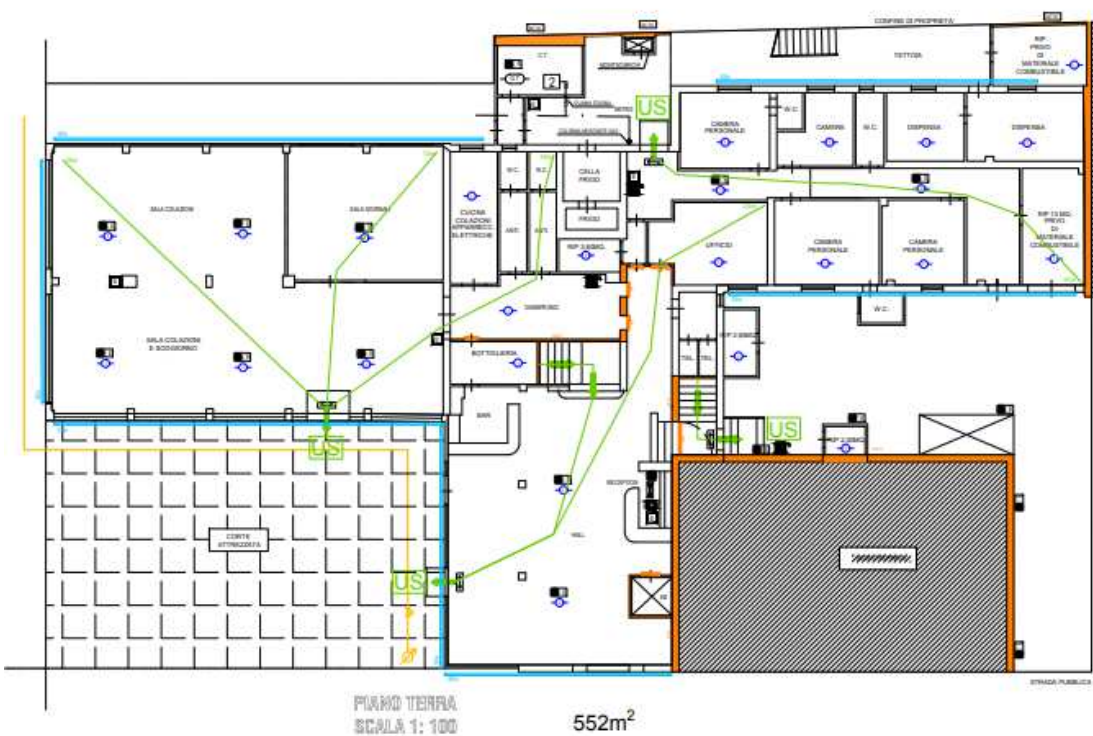
S.4 Corridoi ciechi



S.4 Corridoi ciechi

Esempi

Albergo



Esempi

Albergo



Premessa

L'edificio in oggetto, presenta caratteristiche sui percorsi d'esodo tali da dover ricorrere all'ingegneria antincendio. Più precisamente, le vie di esodo verticali non rispettano lunghezze massime, così come i corridoi ciechi.

Nel presente allegato si applicano le soluzioni alternative mediante l'approccio ingegneristico per lo studio dell'esodo degli occupanti in caso di incendio.

A scopo di sintesi, si riprende l'elenco presente nella relazione tecnica dei locali e/o compartimenti nei quali si applica l'ingegneria antincendio:

<i>Compartimenti</i>	<i>S-4 Esodo</i>
tutti	alternativa

Si identificano i seguenti scenari di incendio.....



Analisi storica

Scenari Tipo (NFPA 101)

Albero degli eventi

.....

Esempi

Albergo



Scenario di incendio 1 (hall-reception)

Scenario di incendio 2 (sala colazioni)

Scenario di incendio 3 (camera del personale)

Figura 2 Locali piano terreno

Esempi

Albergo

Scenario di incendio 1 (hall-reception)

Scenario di incendio 2 (sala colazioni)

Scenario di incendio 3 (camera del personale)



Figura 2 Locali piano terreno

Scenario di incendio 1 (hall-reception)

Livello di prestazione: Esodo

L'incendio avviene nel locale hall a piano terra, entro il quale è presente la reception. Le caratteristiche del materiale, del suo quantitativo, e della geometria dei locali, permettono lo sviluppo del flash-over. È presente l'impianto di rilevazione incendi, ed il locale è permanentemente presidiato. Gli occupanti dei piani superiori sono in numero non trascurabile, possono essere addormentati e non avere familiarità con l'edificio. Al piano sono presenti tre vie d'esodo praticabili.

Scenario di incendio 2 (sala colazioni)

Livello di prestazione: Esodo

L'incendio avviene nel locale sala colazioni a piano terra. Le caratteristiche del materiale, del suo quantitativo, e della geometria dei locali non permettono lo sviluppo del flash-over. È presente l'impianto di rilevazione incendi. Gli occupanti dei piani superiori sono in numero non trascurabile, possono essere addormentati e non avere familiarità con l'edificio. Il locale possiede una uscita di sicurezza diretta verso l'esterno, ed una attraverso la hall.

Esempi

Albergo



Figura 3 Locali piano primo

Scenario di incendio 4 (sala ristorante)

Livello di prestazione: Esodo

L'incendio avviene nel locale sala colazioni, al piano primo. Le caratteristiche del materiale, del suo quantitativo, e della geometria dei locali non permettono lo sviluppo del flash-over. È presente l'impianto di rilevazione incendi, ed il locale è presidiato quando sono presenti ospiti all'interno della sala ristorante stessa. Gli occupanti dei piani superiori sono in numero non trascurabile, possono essere addormentati e non avere familiarità con l'edificio. Il locale è servito da due vie di esodo.

Esempi

Albergo

Scenario di incendio 6 e 9 (camera – ala est)

Scenario di incendio 7 e 10 (camera – ala sud ovest)

Scenario di incendio 8 e 11 (camera – ala nord ovest)



Livello di prestazione: Esodo

L'incendio avviene nella camera ospiti. Le caratteristiche del materiale, del suo quantitativo, e della geometria dei locali, permettono lo sviluppo del flash-over. È presente l'impianto di rilevazione incendi. Gli occupanti dei piani sono in numero non trascurabile, possono essere addormentati e non avere familiarità con l'edificio. Il locale è separato da strutture R-REI verso la scala e corridoio.

Figura 4 Locali piano secondo

Esempi

Albergo

identificazione



caratteristica dell'incendio

caratteristica dell'attività\edificio

caratteristica occupanti

Il **professionista antincendio** deve descrivere

- **evento iniziatore** caratterizzato da un focolaio di incendio e dalle condizioni dell'ambiente circostante
- **propagazione dell'incendio** e dei prodotti della combustione
- **azione degli impianti tecnologici** e di protezione attiva contro l'incendio
- **azioni eseguite dai componenti della squadra aziendale** dedicata alla lotta antincendio presenti nell'ambiente
- distribuzione e **comportamento degli occupanti**

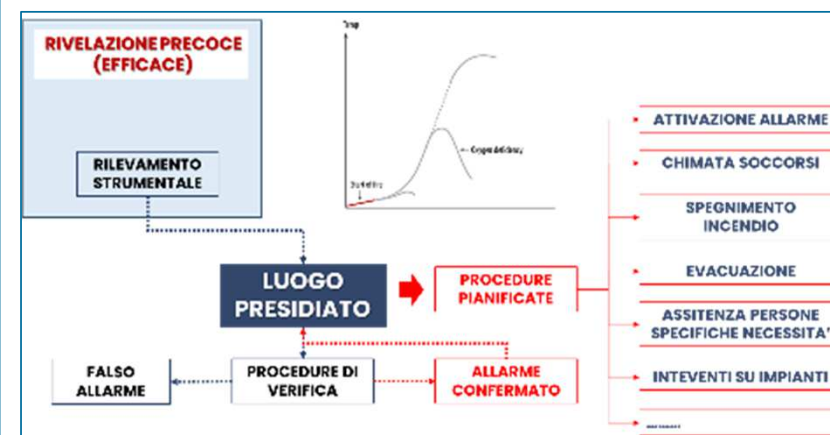
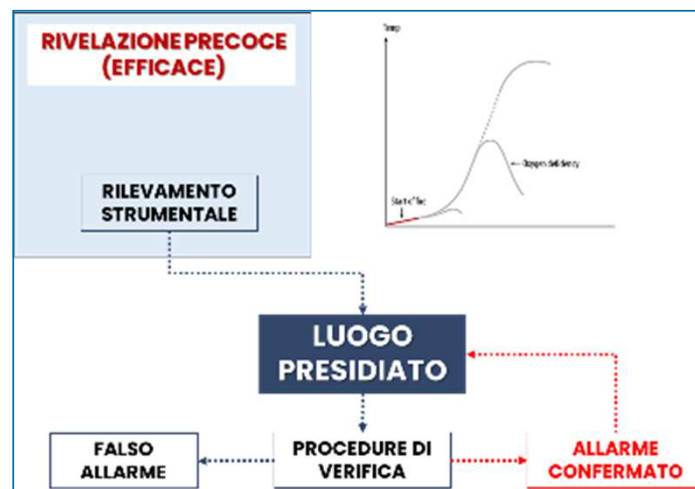
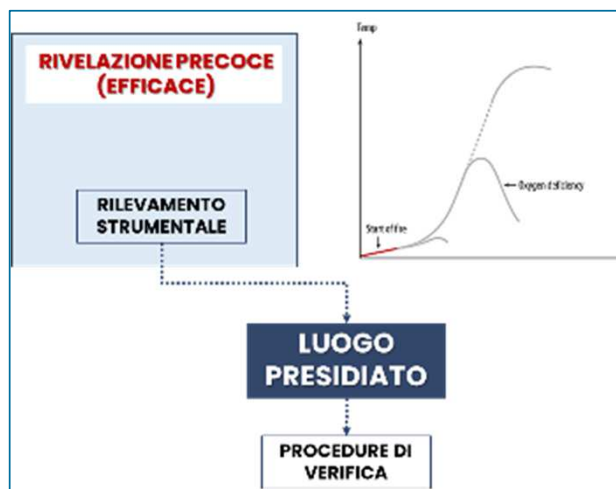
Esempi

Albergo

identificazione

.....

- **azione degli impianti tecnologici** e di protezione attiva contro l'incendio
- **azioni eseguite dai componenti della squadra aziendale** dedicata alla lotta antincendio presenti nell'ambiente



.... Logica di attivazione dell'allarme..... modalità di verifica dell'addetto **Tempo allarme**

Esempi

Albergo

identificazione

selezione



Esempi

Albergo

selezione

scenari d'incendio di progetto



Scenario di incendio di progetto 1 (hall-reception)



Figura 3 Locali piano primo

Scenario di incendio di progetto 2 (sala ristorante)

Scenario di incendio di progetto 3 (camera piano primo)

Esempi

Albergo

selezione

scenari d'incendio di progetto

Scenario di incendio di progetto 3 (camera piano primo)

Questo scenario di incendio è stato scelto come il più gravoso di tutti i piani camere in quanto, al fine di verificare l'esodo degli occupanti è quello che avviene nel piano camera più basso, e gli eventuali fumi limiterebbero l'esodo di tutti i piani superiori. La stanza comunica a mezzo di porta EI30 con corridoio e a sua volta con il vano scala protetto a mezzo di porte EI60 con dispositivo autochiusura meccanico. Nelle prime fasi dell'incendio, prima che la porta raggiunga la sua piena efficienza di tenuta al fumo può stratificarsi ed invadere il vano scala.



Figura 3 Locali piano primo

Esempi

Albergo

selezione

scenari d'incendio di progetto

Scenario di incendio di progetto 3 (camera piano primo)

Questo scenario di incendio è stato scelto come il più gravoso di tutti i piani camere in quanto, al fine di verificare l'esodo degli occupanti è quello che avviene nel piano camera più basso, e gli eventuali fumi limiterebbero l'esodo di tutti i piani superiori. La stanza comunica a mezzo di porta EI30 con corridoio e a sua volta con il vano scala protetto a mezzo di porte EI60 con dispositivo autochiusura meccanico. Nelle prime fasi dell'incendio, prima che la porta raggiunga la sua piena efficienza di tenuta al fumo può stratificarsi ed invadere il vano scala.

Livello di prestazione: Esodo

L'incendio avviene nella camera ospiti. Le caratteristiche del materiale, del suo quantitativo, e della geometria dei locali, permettono lo sviluppo del flash-over. È presente l'impianto di rilevazione incendi. Gli occupanti dei piani sono in numero non trascurabile, possono essere addormentati e non avere familiarità con l'edificio. Il locale è separato da strutture R-REI verso la scala e corridoio.





Figura 3 Locali piano primo

Ogni scenario d'incendio



**camera piano primo
direttamente comunicante
con il vano scala**





Ogni scenario d'incendio

camera piano «tipo» –
Corridoio Cieco (deroga)



Capitolo M.2

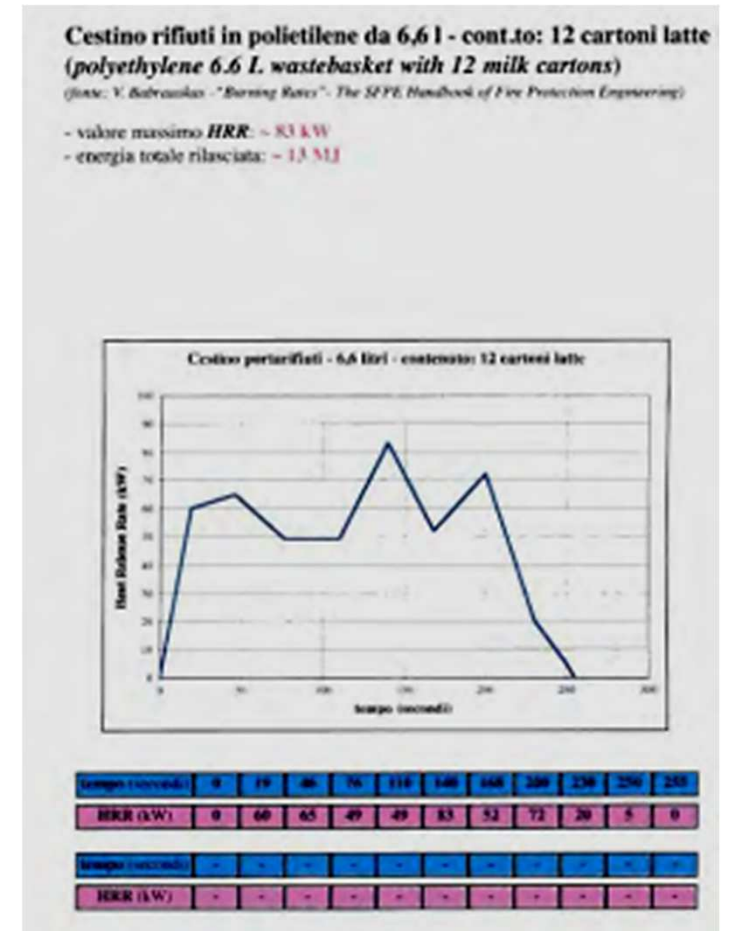
Scenari di incendio

quantificazione

Incendio – M.2.4.3

Descrizione quantitativa degli scenari d'incendio di progetto

- **Caratterizzazione del «focolare»**
 - stato, **tipo** e **quantitativo** del combustibile;
 - **configurazione** e **posizione** del combustibile;
- **tasso di crescita del rilascio termico** e picco della potenza termica (HRR_{max});



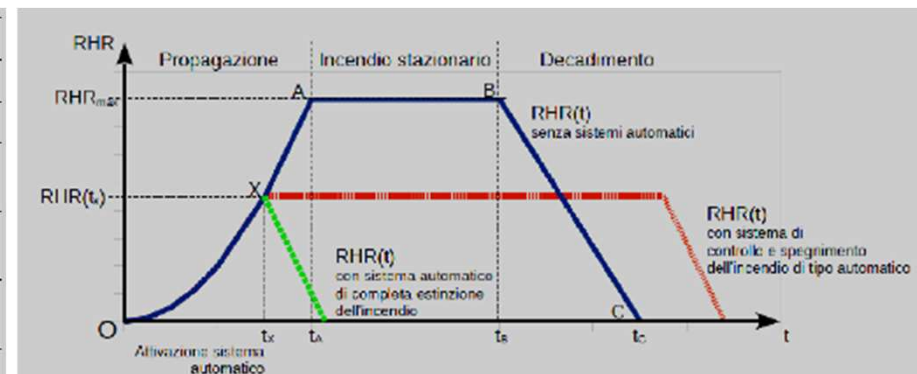
Capitolo M.2

Scenari di incendio

quantificazione

Incendio – M.2.4.3

Parametro	Focolare predefinito	
	per attività civile	per altre attività
Velocità caratt. di crescita dell'incendio t_a	150 s (<i>fast</i>)	75 s (<i>ultra-fast</i>)
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 (<i>Radiative fraction</i>)	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

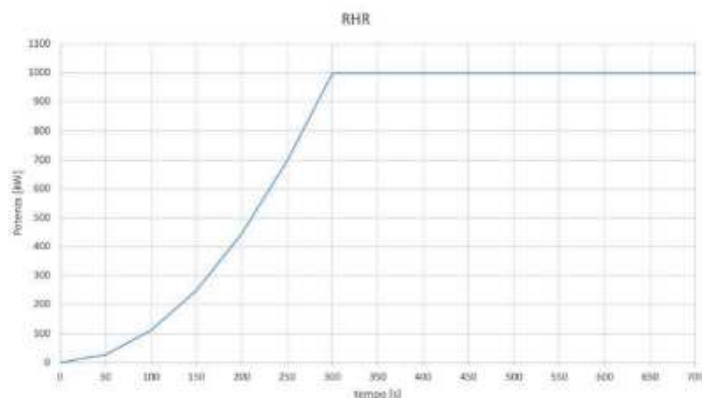
Esempi

quantificazione

Albergo

Definizione RHR:

RHR max	1000	kW
Velocità di crescita	media	300 s



.... Letteratura tecnica qualificata
.... Standard internazionali
giustificate

Scenario di incendio di progetto 1 (hall)

Livello di prestazione: Esodo

Focolare: incendio di postazione reception contenente materiale cartaceo, plastico ed elettrico in piccole quantità, come da GSA. Tale focolare è rappresentato da un focolare di velocità di crescita media, HRR di picco pari a 1 MW. Le caratteristiche chimiche della combustione vengono imposte pari a quelle di una miscela di 50% poliuretano e 50% legno. L'incendio si sviluppa nel locale hall a piano terra, entro il quale è presente la reception.

Occupanti: gli ospiti, possono essere addormentati e non conoscere l'edificio. L'affollamento è fissato pari al massimo di progetto. È sempre presente un addetto antincendio formato ed informato h24. Nella configurazione diurna, gli occupanti sono in stato di veglia, e nella sala ristorante.

Edificio: configurazione geometrica reale. Si ipotizza che la finestratura del locale di primo innesco si rompa efficacemente ai fini dell'evacuazione di fumo al raggiungimento di 250°C di temperatura, la rilevazione dell'incendio, dopo 60s attivi le porte EI a servizio del vano scala e gli evacuatori naturali di fumo.

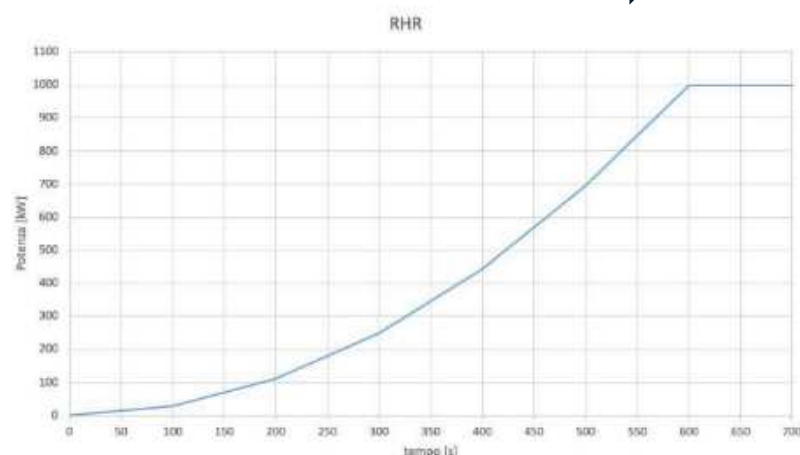


.... Letteratura tecnica qualificata
Standard internazionali Elaborazioni
.....**giustificate**

Esempi

Albergo

RHR max	1000	kW
Velocità di crescita	lenta	300 s



Tipologie di destinazione d'uso	R _{vita}
Palestra scolastica	A1
Autorimessa privata	A2
Ufficio non aperto al pubblico, sala mensa, aula scolastica, sala riunioni aziendale, archivio, deposito librario, centro sportivo privato	A2-A3
Attività commerciale non aperta al pubblico (es. all'ingrosso, ...)	A2-A4
Laboratorio scolastico, sala server	A3
Attività produttive, attività artigianali, impianti di processo, laboratorio di ricerca, magazzino, officina meccanica	A1-A4
Depositi sostanze o miscele pericolose	A4
Galleria d'arte, sala d'attesa, ristorante, studio medico, ambulatorio medico	B1-B2
Autorimessa pubblica	B2
Ufficio aperto al pubblico, centro sportivo pubblico, sala conferenze aperta al pubblico, discoteca, museo, teatro, cinema, locale di trattenimento, area lettura di biblioteca, attività espositiva, autosalone	B2-B3

quantificazione

Scenario di incendio di progetto 2 (sala ristorante)

Livello di prestazione: Esodo

Focolare: incendio all'interno della sala colazioni contenente materiale vario tipico della destinazione d'uso, mantenuto in modeste dimensioni da GSA. Tale focolare è rappresentato da un focolare di velocità di crescita lenta, HRR di picco pari a 1 MW. Le caratteristiche chimiche della combustione vengono imposte pari a quelle di una miscela di 50% poliuretano e 50% legno. L'incendio si sviluppa nel locale sala colazioni a piano rialzato.

Occupanti: gli ospiti all'interno del locale sono in stato di veglia, mentre ai piani camere possono essere addormentati e non conoscere l'edificio. L'affollamento è fissato pari al massimo di progetto. È sempre presente un addetto antincendio formato ed informato h24.

Edificio: configurazione geometrica reale. Si ipotizza che la finestratura del locale di primo innesco si rompa efficacemente ai fini dell'evacuazione di fumo al raggiungimento di 250°C di temperatura, la rilevazione dell'incendio, dopo 60s attivi la porta EI a servizio del vano scala.

Velocità incendio... lenta Media



Esempi

Albergo

Scenario di incendio di progetto 3 (camera)

Livello di prestazione: Esodo

➡ Focolare: incendio all'interno della camera contenente materiale tipico della destinazione d'uso. Tale focolare è rappresentato conservativamente da un focolare di velocità di crescita media, HRR di picco governata dalla ventilazione.

$$RHR_{max} = 0,10 \cdot m \cdot H_u \cdot A_v \cdot \sqrt{h_{eq}} = 2,6 MW$$

con:

$$\begin{aligned} m &= 0,8 \\ H_u &= 17,5 \text{ MJ/kg} \\ A_v &= 2,7 \text{ m}^2 \\ h_{eq} &= 1,5 \text{ m} \end{aligned}$$

➡ Le caratteristiche chimiche della combustione vengono imposte pari a quelle di una miscela di 50% poliuretano e 50% legno.

Occupanti: gli ospiti all'interno della camera sono in stato di veglia, mentre ai piani camere possono essere addormentati e non conoscere l'edificio. L'affollamento è fissato pari al massimo di progetto. È sempre presente un addetto antincendio formato ed informato h24.

Edificio: configurazione geometrica reale. Si ipotizza che la finestratura del locale di primo innesco si rompa efficacemente ai fini dell'evacuazione di fumo al raggiungimento di 250°C di temperatura, la T° DI 180°C attivi efficacemente le guarnizioni termo-espandenti della porta EI a servizio della camera.

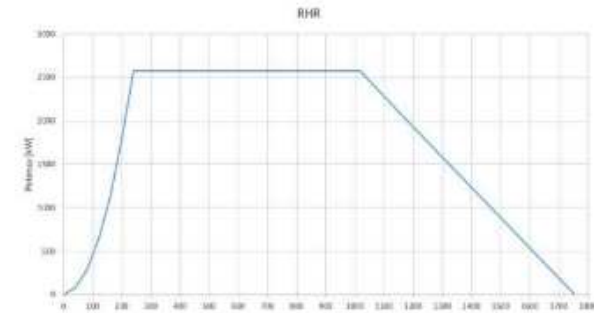


Carico d'incendio degli ambienti e tipologia di materiale

quantificazione

Definizione RHR:

RHR max	2600	kW
Velocità di crescita	media	300 s

Table E.5 — Fire growth rate and RHR_t for different occupancies

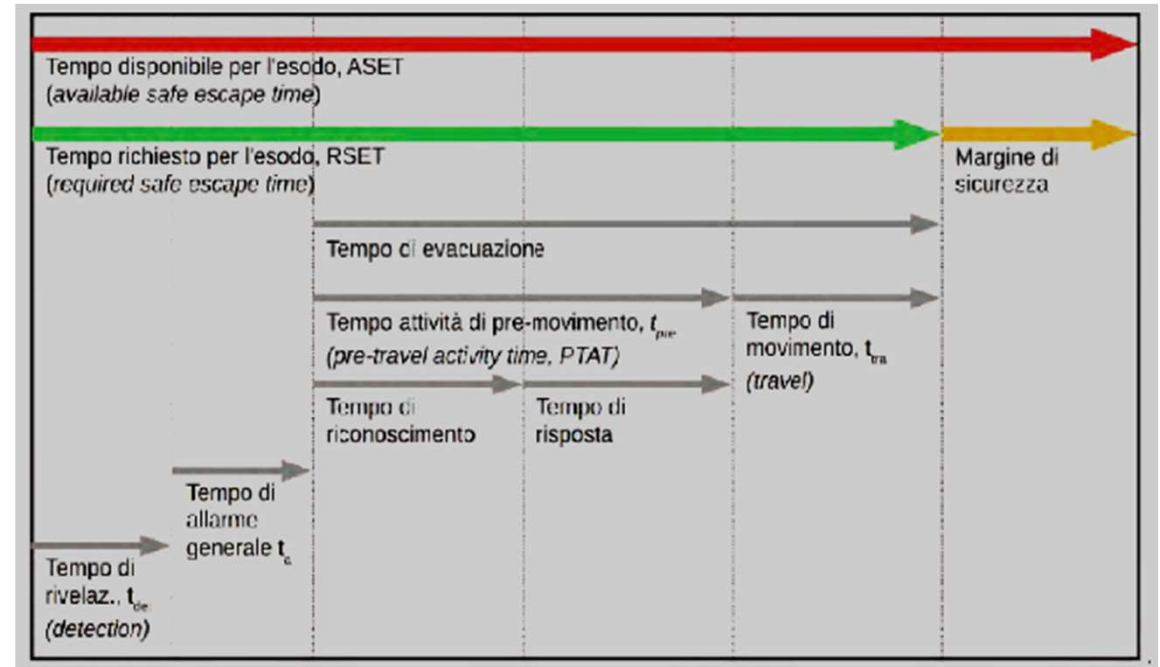
Max Rate of heat release RHR_t			
Occupancy	Fire growth rate	t_d [s]	RHR_t [kW/m ²]
Dwelling	Medium	300	250
Hospital (room)	Medium	300	250
Hotel (room)	Medium	300	250
Library	Fast	150	500
Office	Medium	300	250
Classroom of a school	Medium	300	250
Shopping centre	Fast	150	250
Theatre (cinema)	Fast	150	500
Transport (public space)	Slow	600	250

Capitolo M.3

Salvaguardia della vita con la progettazione prestazionale

La **progettazione prestazionale del sistema di vie d'esodo** consiste sostanzialmente nel **calcolo e nel confronto tra due intervalli di tempo**

❑ M.3.2.2 Criterio di $ASET > RSET$



- ❑ A meno di specifiche valutazioni si assume $t_{marg} \geq 100\% RSET$.
- ❑ In caso di specifiche valutazioni sull'affidabilità dei dati di input impiegati nella progettazione prestazionale, è consentito assumere $t_{marg} \geq 10\% RSET$
- ❑ In ogni caso, il valore t_{marg} non dovrà mai essere inferiore a 30 secondi

Capitolo M.3

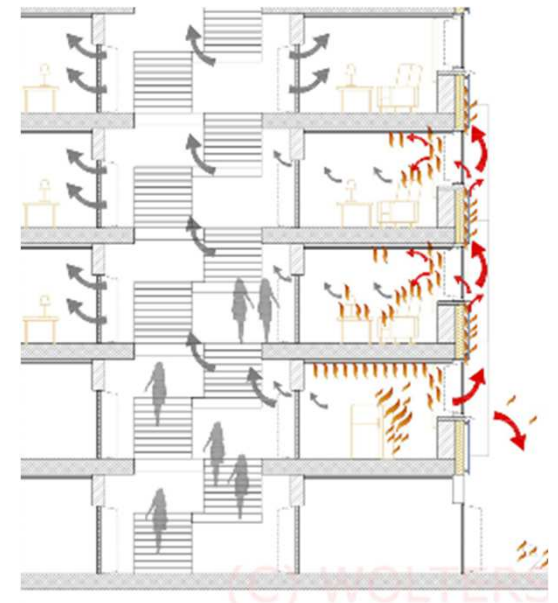
Salvaguardia della vita con la progettazione prestazionale

➤ Tempo disponibile per l'esodo, **ASET**

ASET, il tempo a disposizione degli occupanti per mettersi in salvo, dipende strettamente dalle **interazioni nel sistema incendio-edificio-occupanti**

- ❑ **l'incendio** si innesca, si propaga e **diffonde nell'edificio i suoi prodotti, fumi e calore**
- ❑ **L'edificio resiste all'incendio per mezzo delle misure protettive** attive e passive: impianti antincendio, compartimentazioni, sistemi di controllo di fumo e calore
- ❑ **Gli occupanti sono esposti agli effetti dell'incendio** in relazione alla **attività che svolgono**, alla loro **posizione iniziale**, al loro **percorso nell'edificio** ed alla **condizione fisica e psicologica**

..... **ciascun occupante** possiede un proprio valore di **ASET**....



Capitolo M.3

Salvaguardia della vita con la progettazione prestazionale

Progettista

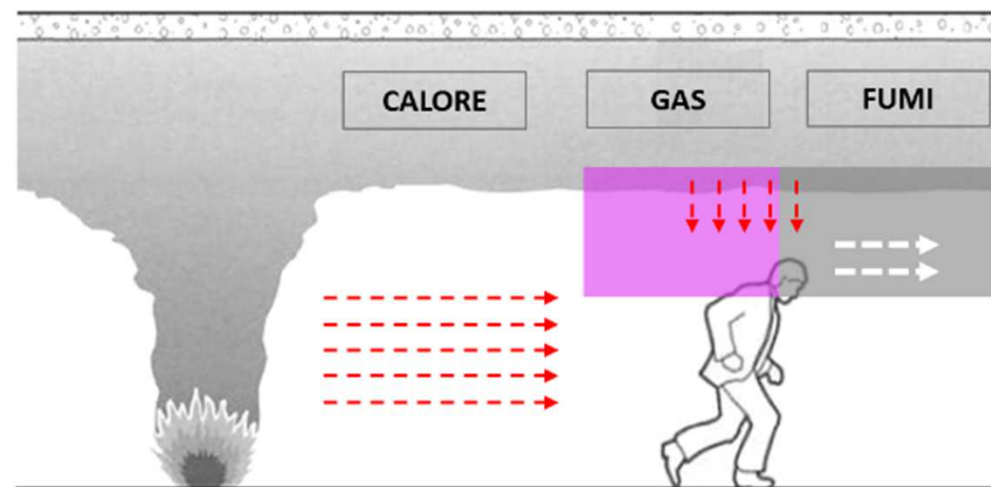
M.3.3.1 Metodo di calcolo avanzato per ASET

ASET DI PROGETTO

La norma ISO 13571 è il riferimento più autorevole per il calcolo di ASET

ASET globale è definito come il **più piccolo** tra gli **ASET calcolati** secondo quattro modelli:

- a. modello dei **gas tossici**;
- b. modello dei **gas irritanti**;
- c. modello del **calore**;
- d. modello dell'oscuramento della **visibilità** da fumo.



Esempi

Albergo

▪ soglie di prestazione per occupanti

Progettista



Standard - Codice

Esodo degli occupanti		
Visibilità (z=1,8m)	10	m
Temperatura (z=1,8m)	60	°C
Irraggiamento (z=1,8m)	2,5	kW/m ²
FED (z=1,8m)	0,3	-

Modello	Prestazione	Soglia di prestazione	Riferimento
Oscuramento della visibilità da fumo	Visibilità minima di pannelli riflettenti, non retroilluminati, valutata ad altezza 1,80 m dal piano di calpestio	Occupanti: 10 m Occupanti in locali di superficie lorda < 100m ² : 5 m	ISO 13571-2012.
		Soccorritori: 5 m Soccorritori in locali di superficie lorda < 100m ² : 2,5 m	[1]
Gas tossici	FED, <i>fractional effective dose</i> e FEC, <i>fractional effective concentration</i> per esposizione a gas tossici e gas irritanti, valutata ad altezza 1,80 m dal piano di calpestio	Occupanti: 0,1	ISO 13571-2012, limitando a 1,1% gli occupanti incapaci al raggiungimento della soglia
		Soccorritori: nessuna valutazione	--
Calore	Temperatura massima di esposizione	Occupanti: 60°C	ISO 13571-2012
		Soccorritori: 80°C	[1]
Calore	Irraggiamento termico massimo da tutte le sorgenti (incendio, effluenti dell'incendio, struttura) di esposizione degli occupanti	Occupanti: 2,5 kW/m ²	ISO 13571-2012, per esposizioni maggiori di 30 minuti, senza modifica significativa dei tempi di esodo (2,5 kW/m ²).
		Soccorritori: 3 kW/m ²	[1]

[1] Ai fini di questa tabella, per *soccorritori* si intendono i componenti delle squadre aziendali opportunamente protetti ed addestrati alla lotta antincendio, all'uso dei dispositivi di protezione delle vie aeree, ad operare in condizioni di scarsa visibilità. Ulteriori indicazioni possono essere desunte ad esempio da documenti dell'Australian Fire Authorities Council (AFAC) per *hazardous conditions*.

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

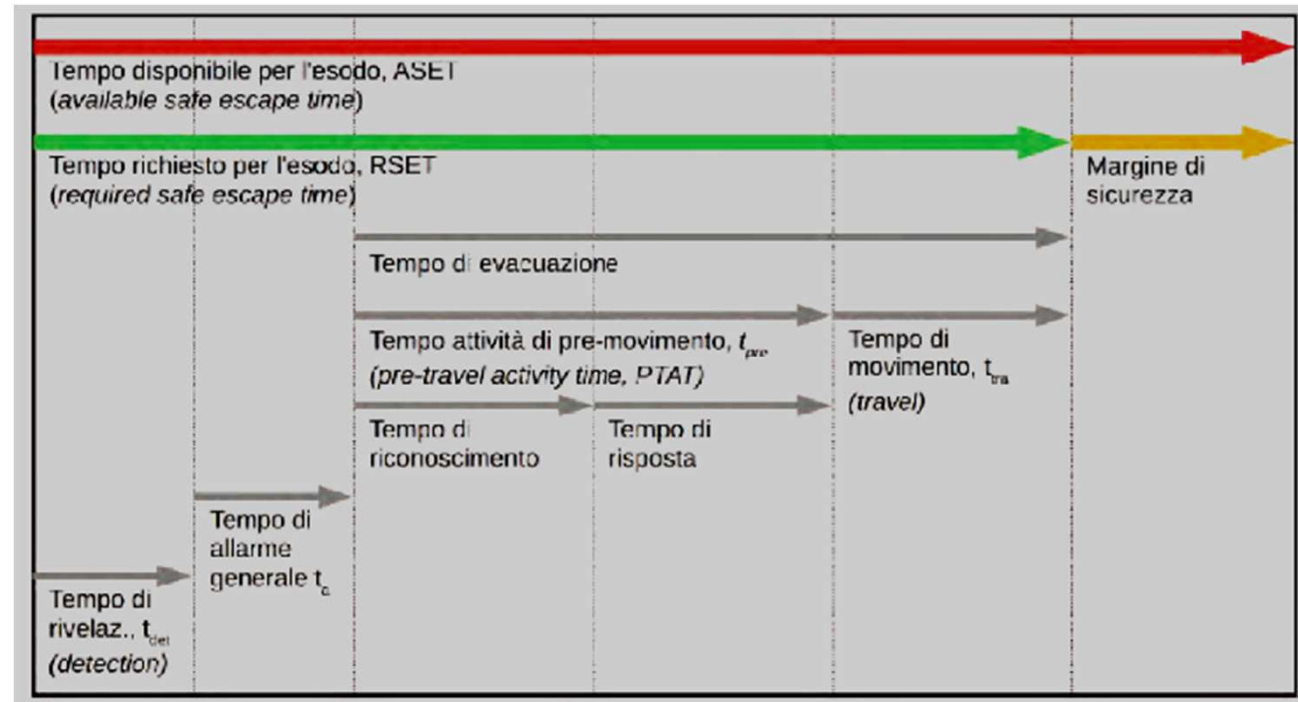
Capitolo M.3

Salvaguardia della vita con la progettazione prestazionale

Tempo richiesto per l'esodo, RSET

Il documento di riferimento per il calcolo di RSET e la ISO/TR 16738.

Anche **RSET** dipende dalle interazioni del **sistema incendio-edificio-occupanti**: la fuga degli occupanti è fortemente condizionata dalle geometrie dell'edificio ed è rallentata dagli effetti dell'incendio



Capitolo M.3

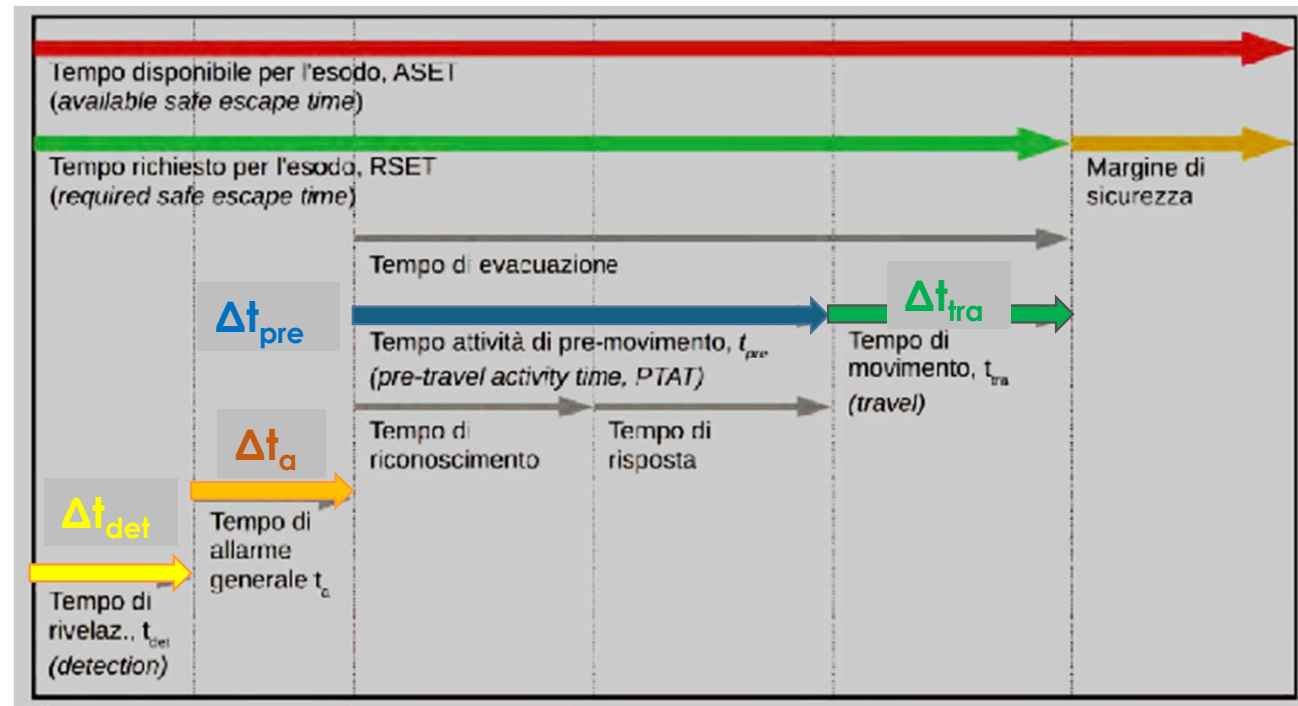
Salvaguardia della vita con la progettazione prestazionale

Tempo richiesto per l'esodo, RSET

RSET è determinato da varie componenti, come il **tempo di rivelazione** (detection) t_{det} , il **tempo di allarme generale** t_a , il **tempo attività di pre-movimento** (pre-travel activity time, PTAT) t_{pre} , il **tempo di movimento** (travel) t_{tra} :

$$RSET = \Delta t_{det} + \Delta t_a + \Delta t_{pre} + \Delta t_{tra}$$

Come per ASET, ciascun occupante possiede un proprio valore anche di RSET.



Capitolo M.3

Salvaguardia della vita con la progettazione prestazionale

Tempo richiesto per l'esodo, RSET

M.3.4.1 Tempo di rilevazione

Il **tempo di rivelazione** t_{det} è determinato dalla **tipologia di sistema di rivelazione e dallo scenario di incendio**. E' il tempo necessario al sistema di rivelazione automatico per accorgersi dell'incendio. Viene calcolato analiticamente o con apposita modellizzazione numerica degli scenari d'incendio e del sistema di rivelazione.

Viene calcolato

analiticamente o con apposita **modellizzazione numerica degli scenari d'incendio e del sistema di rivelazione**.



Esempi

Albergo

Progettista

M.3.4.1 Tempo di rilevazione



Tempo di rivelazione:

Il t_{det} è il tempo necessario al sistema di rilevazione automatico per accorgersi dell'incendio. Nel nostro edificio è installato l'impianto di rilevazione automatica esteso a tutta l'attività, si assume come valore il seguente:

$$t_{det} = 60 \text{ s}$$



Capitolo M.3

Salvaguardia della vita con la progettazione prestazionale

M.3.4.2 Tempo di allarme generale

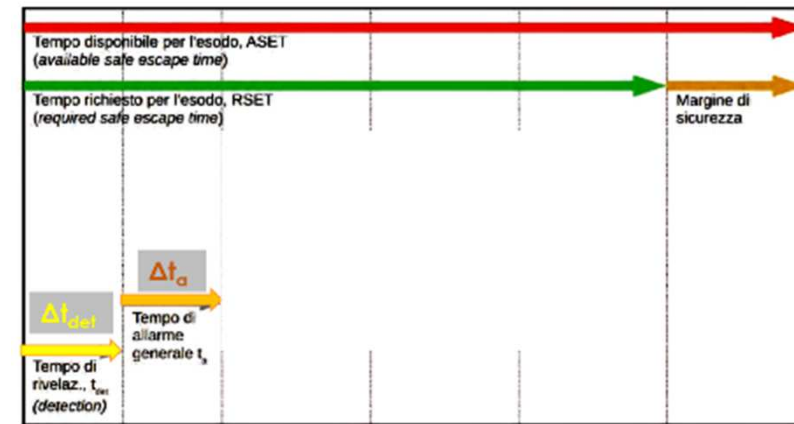
Il **tempo di allarme generale t_a** è il tempo che intercorre tra la rivelazione dell'incendio e la diffusione dell'informazione agli occupanti, l'allarme generale.

Sarà dunque:

- a. **pari a zero**, quando la rivelazione attiva direttamente l'allarme generale dell'edificio;
- ➔ b. **pari al ritardo valutato dal professionista antincendio**, se la rivelazione allerta una centrale di gestione dell'emergenza che verifica l'evento ed attiva poi l'allarme manuale.

Negli edifici grandi e complessi si deve tenere conto della modalità di allarme che può essere diversificata, ad esempio, nel caso di una evacuazione per fasi multiple.

Tempo richiesto per l'esodo, RSET

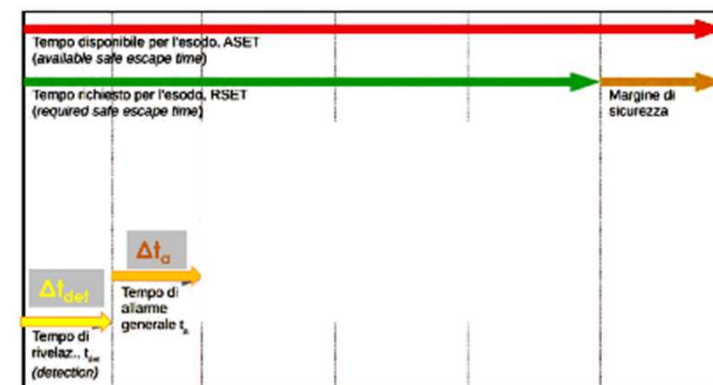


Esempi

Albergo

Progettista

M.3.4.2 Tempo di allarme generale



Tempo di allarme generale:

Il tempo t_a è quello che intercorre tra la rilevazione dell'incendio e la diffusione dell'informazione agli occupanti, dell'allarme generale. Nell'edificio è previsto che la rilevazione attivi automaticamente l'allarme generale.

Il tempo di allarme generale sarà dunque:

$$t_a = 0 \text{ min}$$

..... da una prima lettura
**sembra coerente con le
indicazione degli standard
internazionali ...**

Esempi

Albergo

Progettista

M.3.4.2 Tempo di allarme generale

Tempo di allarme generale:

Il tempo t_a è quello che intercorre tra la rilevazione dell'incendio e la diffusione dell'informazione agli occupanti, dell'allarme generale. Nell'edificio è previsto che la rilevazione attivi automaticamente l'allarme generale.

Il tempo di allarme generale sarà dunque:

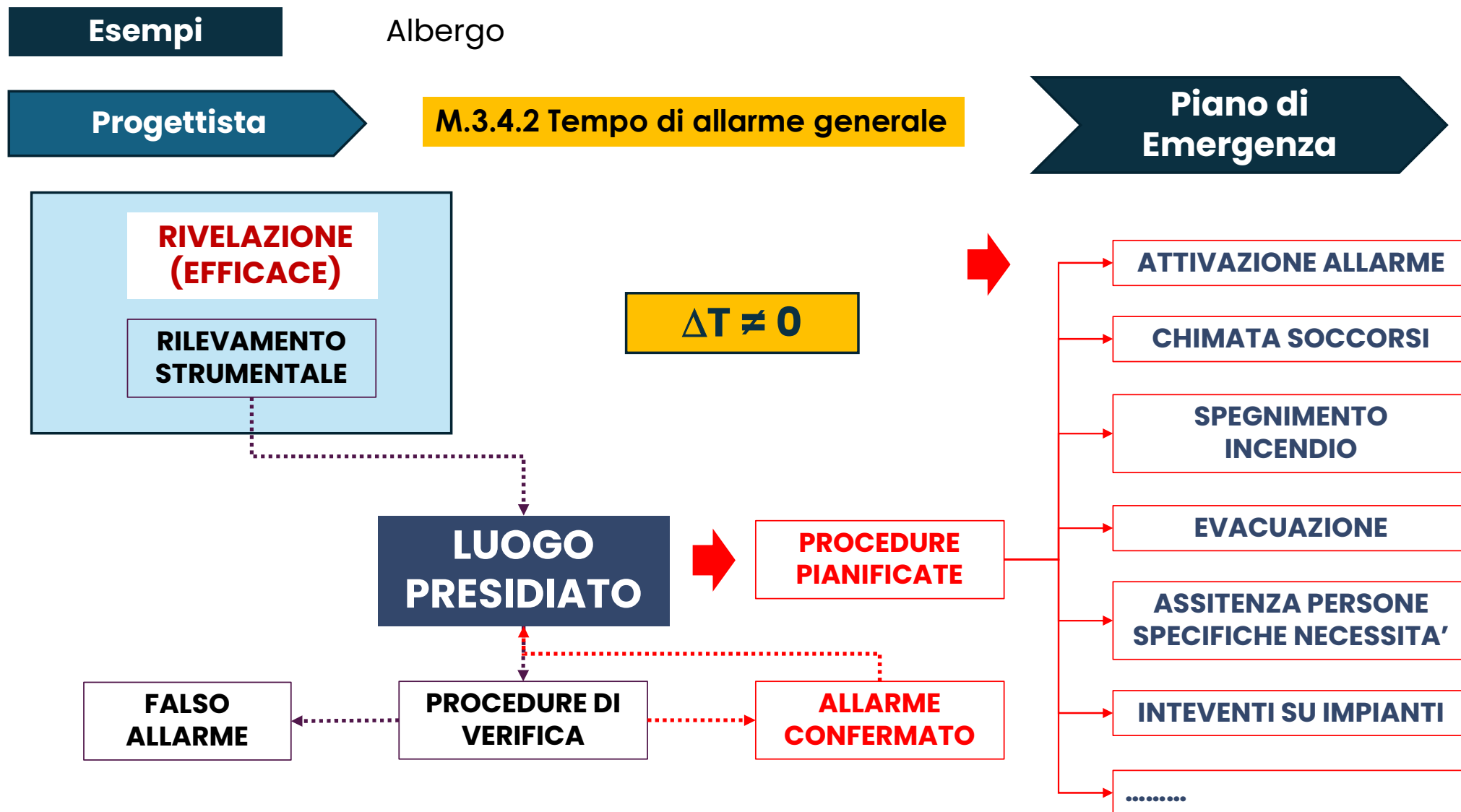
$$t_a = 0 \text{ min}$$



G.S.A

Piano di
Emergenza

...modalità di allarme
diversificata...



Capitolo M.3

Salvaguardia della vita con la progettazione prestazionale

M.3.4.3 Tempo di attività di pre-movimento

Il **tempo di attività pre-movimento** t_{pre} è l'oggetto della valutazione più complessa, perché si tratta del tempo necessario agli occupanti per svolgere una serie di **attività che precedono il movimento vero e proprio** verso il luogo sicuro.

- Il tempo t_{pre} è **composto** da un **tempo di riconoscimento** (recognition) e da uno di **risposta** (response)

La letteratura indica che **questa fase occupa spesso la maggior parte del tempo totale di esodo**

Tempo richiesto per l'esodo, RSET



Capitolo M.3

Salvaguardia della vita con la progettazione prestazionale

M.3.4.3 Tempo di attività di pre-movimento

A seconda dello scenario comportamentale di progetto, **questi tempi possono durare anche alcune decine di minuti**.....

Il professionista antincendio **può impiegare valori diversi da quelli indicati in letteratura** purché **adeguatamente giustificati**, anche in riferimento a prove di evacuazione riportate nel registro dei controlli.

Nella tabella M.3-1 del codice si riportano alcuni esempi di valutazione secondo ISO TR 16738.

Tempo richiesto per l'esodo, RSET

Parametri di descrizione dell'attività tratto da ISO TR 16738	Tempi di attività di pre-movimento ISO TR 16738	
	$\Delta t_{pre} (1st)$ primi occupanti in fuga	$\Delta t_{pre} (99th)$ ultimi occupanti in fuga
Esempio 1: albergo di media complessità - occupanti: <i>Ciii, sleeping and unfamiliar</i>; - sistema di allarme: rivelazione automatica ed allarme generale mediato dall'intervento di verifica dei dipendenti; - complessità geometrica edificio: <i>edificio multipiano e layout semplice</i>; - gestione della sicurezza: <i>ordinaria</i>.	20'	40'
Esempio 2: grande attività produttiva - occupanti: <i>A, awake and familiar</i>; - sistema di allarme: rivelazione automatica ed allarme generale mediato dall'intervento di verifica dei dipendenti; - complessità geometrica edificio: <i>edificio multipiano e layout complesso</i>; - gestione della sicurezza: <i>ordinaria</i>.	1' 30"	3' 30"
Esempio 3: residenza sanitaria assistenziale - occupanti: <i>D, sleeping and unfamiliar</i>; - sistema di allarme: rivelazione automatica ed allarme generale mediato dall'intervento di verifica dei dipendenti; - complessità geometrica edificio: <i>edificio multipiano e layout semplice</i>; - gestione della sicurezza: <i>ordinaria</i>; - presenza di addetti in quantità sufficiente a gestire l'evacuazione dei diversamente abili.	5'	10'

Tabella M.3-1: Esempi di valutazione del tempo di pre-movimento, tratto da ISO TR 16738

Capitolo M.3

Salvaguardia della vita con la progettazione prestazionale

M.3.4.3 Tempo di attività di pre-movimento

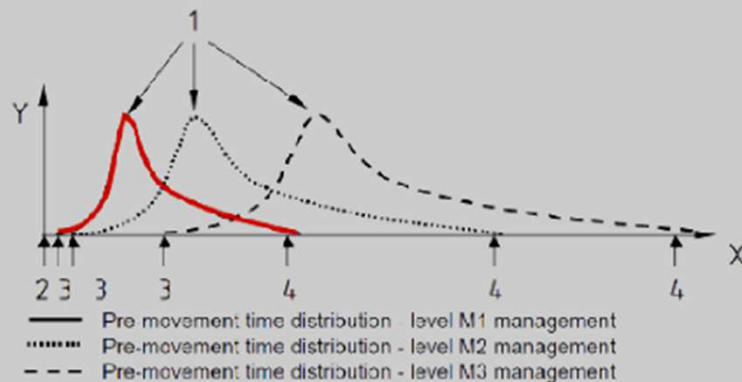


Figura 5. Distribuzioni dei tempi di attività di premovimento e effetto del differente livello di gestione della sicurezza antincendio.

Category	Occupant alertness	Occupant familiarity	Occupant density	Enclosure/s/ complexity	Examples of Occupancy types
A	Awake	Familiar	Low	One or many	Office or industrial
B1	Awake	Unfamiliar	High	One or few	Shop, restaurant, circulation space
B2	Awake	Unfamiliar	High	One with focal point	Cinema, theatre
Ci	Asleep Long term: individual occupancy.	Familiar	Low	Few	Dwelling Without 24 h on site management.
Cii	Managed occupancy:				Serviced flats, halls of residence, etc.
Ciii	Asleep	Unfamiliar	Low	Many	Hotel, hostel
D	Medical care	Unfamiliar	Low	Many	Residential (institutional)
E	Transportation	Unfamiliar	High	Many	Railway station/Airport

Figura 3. Scenari comportamentali di progetto e destinazioni d'uso.

Scenario category and modifier	First occupants Δt_{pre} (1st percentile)	Occupant distribution Δt_{pre} (99th percentile) ^a
A: awake and familiar		
M1 B1 - B2 A1 - A2	0.5	1.0
M2 B1 - B2 A1 - A2	1	2
M3 B1 - B2 A1 - A3	> 1.5	> 1.5
For B3, add 0.5 for wayfinding		
M1 would normally require voice alarm/PA if unfamiliar visitors likely to be present		

Figura 4. Tempi di attività di premovimento proposti per differenti categorie di scenari comportamentali di progetto.

Esempi

Albergo

Progettista

M.3.4.3 Tempo di attività di pre-movimento

G.S.A

Effetti del sistema di allarme sul tempo t_{pre} :

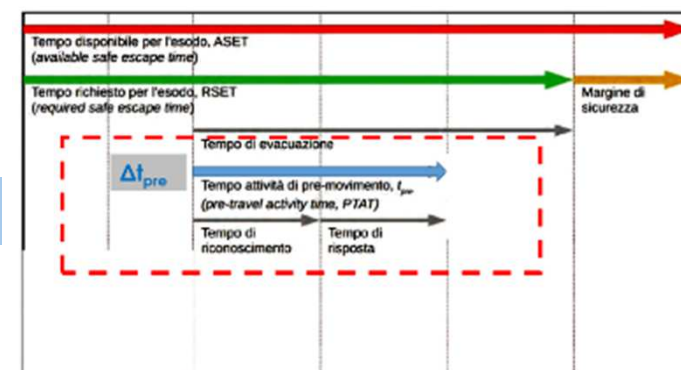
- Livello A1 sistema d'allarme: Rilevazione automatica in tutto l'edificio, con attivazione dell'allarme generale istantaneo;
- Livello A2 sistema d'allarme a 2 passaggi: Rilevazione automatica in tutto l'edificio che genera un segnale di pre-allarme che deve essere convalidato manualmente da un addetto.
- Livello A3 sistema d'allarme: Rilevazione automatica locale con allarme nella sola area soggetta ad incendio, oppure senza rilevazione automatica, con attivazione manuale dell'allarme generale.

Effetti della complessità dell'edificio sul tempo t_{pre} :

Livello B1: (ad esempio semplice supermercato) rappresenta un semplice edificio al piano terra di forma rettangolare, con un layout semplice, buon accesso visivo, progettato con distanze d'esodo brevi, e un buon livello di prestazione in termini di sfollamento direttamente all'esterno dell'edificio;

Livello B2: (ad esempio blocco di uffici a più piani), caratterizzato dalla maggior parte delle caratteristiche prescrittivamente ben progettate e semplici layout interni;

Livello B3: Comprende grandi edifici complessi con l'eventuale integrazione di una serie di edifici esistenti sullo stesso sito, tipico di edifici storici come hotel o grandi magazzini, ma anche grandi complessi moderni quali centri ricreativi, centri commerciali e aeroporti. Caratteristiche importanti sono il layout interno complesso che rende agli occupanti difficoltoso il wayfinding durante l'evacuazione. La gestione dell'evacuazione presenta pertanto problemi particolari.



Effetti della qualità della gestione dell'emergenza in caso di incendio sul tempo t_{pre} :

Livello M1: gli occupanti tipici (personale o residenti) sono addestrati ad un alto livello di gestione della sicurezza antincendio, un ben sviluppato piano di emergenza con l'esecuzione di esercitazioni regolari. Per lo stato di "sveglia e non familiare" deve esserci un alto rapporto di personale qualificato per numero di visitatori, ed essere presente un controllo di accesso all'edificio. Il sistema e le procedure sono soggette a certificazione indipendente, tra cui una revisione regolare con evacuazioni monitorate per le quali il rendimento deve corrispondere alle prestazioni assunto in fase di progettazione. Videocassette di sicurezza da eventuali incidenti o allarmi indesiderati devono essere messi a disposizione. Se utilizzato dal pubblico, dovrebbe essere previsto un sistema di allarme vocale.

Livello M2: simile al livello 1, ma con un più basso rapporto personale qualificato per numero di visitatori, e il controllo di accesso all'edificio non può essere sempre garantito. Non ci può essere alcuna verifica indipendente. Le caratteristiche dell'edificio possono essere di livello B2 o B3 e il livello di allarme A2. I tempi di evacuazione saranno più conservativi rispetto a un sistema di livello M1.

Livello M3: rappresenta i servizi standard di gestione della sicurezza antincendio. Non vi è alcuna verifica indipendente. L'edificio può essere livello B3 e sistema di allarme di livello A3. Questo non è adatto per un progetto di ingegneria prestazionale a meno che non vengano adottate altre misure per garantire la sicurezza, quali restrizioni del carico d'incendio, elevati livelli di protezione passiva e/o di sistemi attivi.

Esempi

Albergo

Progettista

M.3.4.3 Tempo di attività di pre-movimento

Scenario 3 – Camera

Nel nostro edificio individuiamo i seguenti livelli:

- A1
- B2
- M2

Il professionista antincendio **può impiegare valori diversi da quelli indicati in letteratura** purché **adeguatamente giustificati**, anche in riferimento a prove di evacuazione riportate nel registro dei controlli.

ISO TR 16738



20 – 40 minuti

$t_{pre} = 900 \text{ sec}$

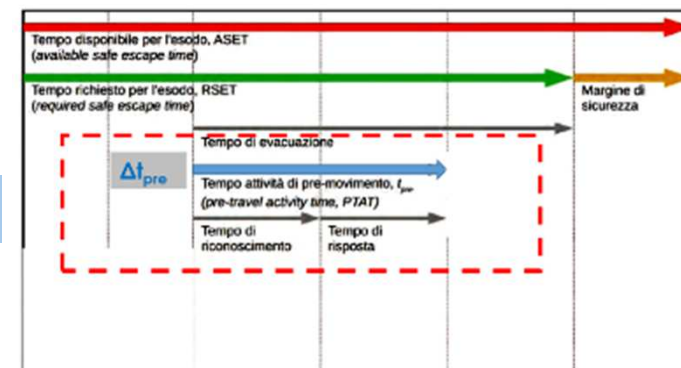


Table E.2 – Suggested pre-travel activity times for different design behavioural scenario categories

Scenario category and modifier levels (see Annex D)	First occupants	Occupant distribution
	Δt_{pre} (1st percentile)	Δt_{pre} (99th percentile)
Civil sleeping and unfamiliar (e.g. hotel, boarding house)		
M1 B2 A1 – A2	15	30
M2 B2 A1 – A2	20	40
M3 B2 A1 – A3	>20	>40
For B3, add 1.0 for wayfinding		
M1 would normally require voice alarm/PA		

Il tempo di pre-movimento è fissato pari a:

Esempi

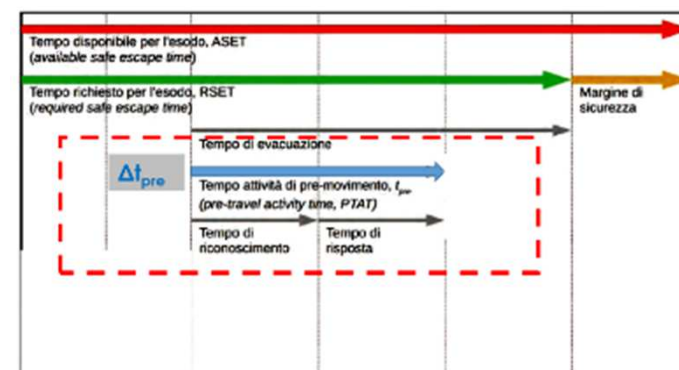
Albergo

Progettista

M.3.4.3 Tempo di attività di pre-movimento

Scenario 1 - Hall

Scenario 2 - Ristorante



Sveglia e familiare



albergo

Table E.2 – Suggested pre-travel activity times for different design behavioural scenario categories

Scenario category and modifier levels (see Annex D)	First occupants Δt_{pre} (1st percentile)	Occupant distribution Δt_{pre} (99th percentile)
A: awake and familiar:		
M1 B1 – B2 A1 – A2*	0.5	1.5
M2 B1 – B2 A1 – A2	1	3
M3 B1 – B2 A1 – A3	>15	>30
For B3, add 0.5 for wayfinding		
M1 would normally require voice alarm/PA if unfamiliar visitors likely to be present		

Il tempo di pre-movimento è fissato pari a:

$$t_{pre} = 150 \text{ sec}$$

Il professionista antincendio **può impiegare valori diversi da quelli indicati in letteratura** purché **adeguatamente giustificati**, anche in riferimento a prove di evacuazione riportate nel registro dei controlli.

Capitolo M.2

Valutazione delle soluzioni progettuali

❑ Scelta del Modello di calcolo

Sviluppata una ipotesi progettuale il passo successivo consiste nella **scelta dei modelli di calcolo** da applicare al caso in esame per la valutazione dello sviluppo dell'incendio e delle sue possibili conseguenze

Il **progettista**, sulla base di valutazioni inerenti la complessità del progetto, **può optare tra i modelli di calcolo che le attuali conoscenze tecniche di settore mettono a disposizione**

Metodi **Analitici**

Si utilizzano **formule analitiche semplici**, ad esempio le formule per il *plume* (colonna calda sopra l'incendio) o per il getto d'aria sopra il soffitto

Modelli **Numerici**

I modelli avanzati **consentono di rappresentare l'andamento dell'incendio** attraverso la soluzione delle equazioni che governano: • il bilancio di massa, • il bilancio di energia, • le proprietà dei gas

Capitolo M.2

Valutazione delle soluzioni progettuali

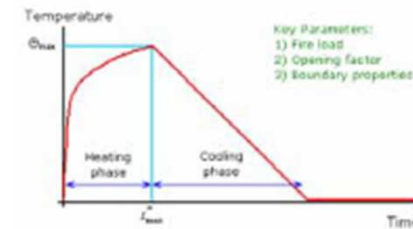
Metodi **Analitici**
(Semplificati)

Modelli **Numerici**
(Avanzati)

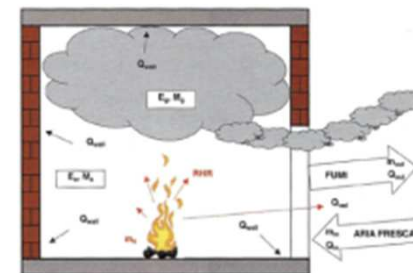
Evaluate trial designs



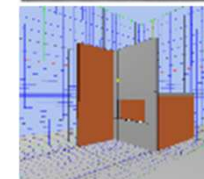
Curve Nominali



Curve Parametriche



Modello a
Zone



Modello di
campo

Capitolo M.2

Valutazione delle soluzioni progettuali

i metodi numerici sono molto sensibili ai parametri d'ingresso perciò diventa estremamente rilevante la fase preparatoria dei dati; i **risultati ottenuti** devono essere valutati attentamente e criticamente, **non applicati alla realtà ad occhi chiusi**.

→ Più simulazioni, condotte **variando i dati in ingresso entro intervalli plausibili** e debitamente confrontate, possono condurre ad una migliore comprensione del fenomeno incendio atteso nelle circostanze studiate. **(Analisi di Sensibilità)**

I metodi numerici di modellazione si presentano interessanti, ma **estremamente laboriosi** perché richiedono la definizione precisa dell'incendio di progetto; **ad ogni passo è in agguato un errore**, per cui è necessaria una grande attenzione.



Esempi

Albergo

Modellazioni avanzate di incendio

La validazione è fondamentale per stabilire il campo di utilizzo e le limitazioni di un modello definito accettabile. Durante le fasi dello sviluppo di FDS sono state eseguite varie forme di validazione, sia dal NIST che da altri enti e laboratori.

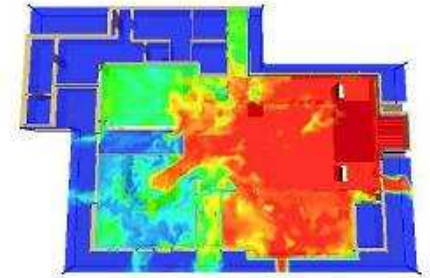
Il processo di validazione può essere riassunto in 3 passi:

1. confrontare le risultanze della modellazione con i risultati della sperimentazione;
2. quantificare le differenze in funzione delle incertezze sia delle misurazioni che nei dati di input del modello;
3. decidere se il modello è appropriato per la specifica analisi.

Il manuale di FDS relativo alla validazione "Fire Dynamics Simulator Technical Reference Guide Volume 3: Validation" tratta esclusivamente i punti 1 e 2. La decisione di cui al punto 3 è responsabilità dell'utente finale.

È possibile affermare che FDS è "Validato" in quanto è stata quantificata l'incertezza del modello per questa applicazione e lo si ritiene appropriato.

FDS può essere utilizzato per modellare la maggior parte degli scenari d'incendio e determinare quasi qualsiasi quantità di interesse (prodotti della combustione, trasmissione del calore, ecc.).



Esempi

Albergo

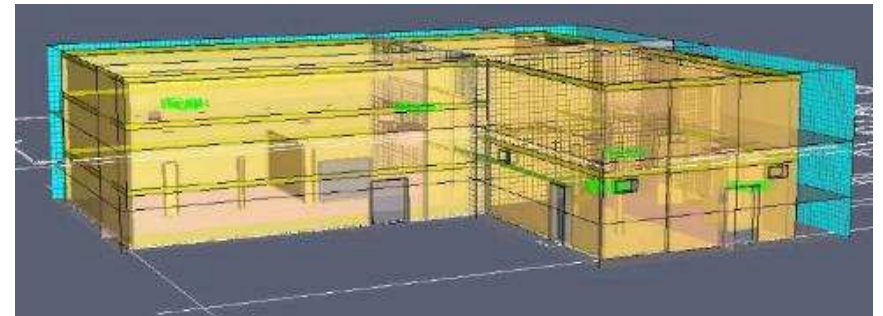
Modellazioni avanzate di incendio

FDS

La simulazione di incendio è condotta con metodologia avanzata mediante l'utilizzo di modelli di campo con software FDS 6.7.0. L'edificio è caratterizzato da scala di esodo verticale principale sul fianco del fabbricato, le porte EI sono attivate dalla rilevazione (ad eccezione di quelle delle camere, che risultano normalmente chiuse), esse sono state modellate nella sua attivazione con tempi ragionevoli di entrata in funzione. Si porrà particolare attenzione all'eventuale stratificazione dei fumi, nelle prime fasi dell'incendio, quelle caratterizzanti l'esodo.



→ ... ragionevole



Capitolo M.3

Salvaguardia della vita con la progettazione prestazionale

Si impiega per il calcolo del tempo di movimento il modello idraulico modellando l'edificio in 3D in scala reale all'interno del software Pathfinder, ed inserendo il reale affollamento (sia in termini di numero che di layout) all'interno dell'edificio.



Figura 12 - 0s

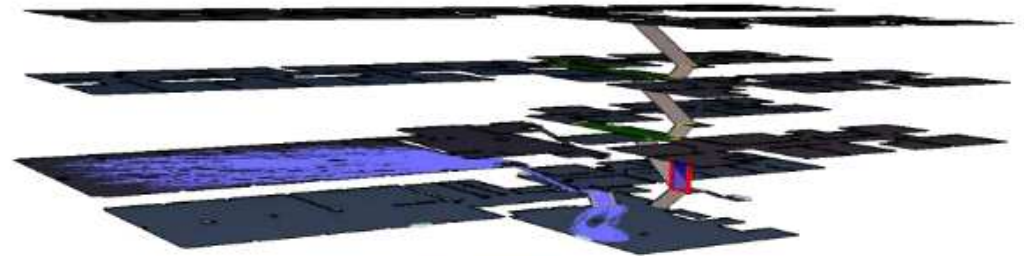


Figura 14 - 285s



Figura 13 - 200s



... dati di «input» per
caratterizzare le persone ...

Esempi

Albergo

Progettista

Scenario 1 - Hall

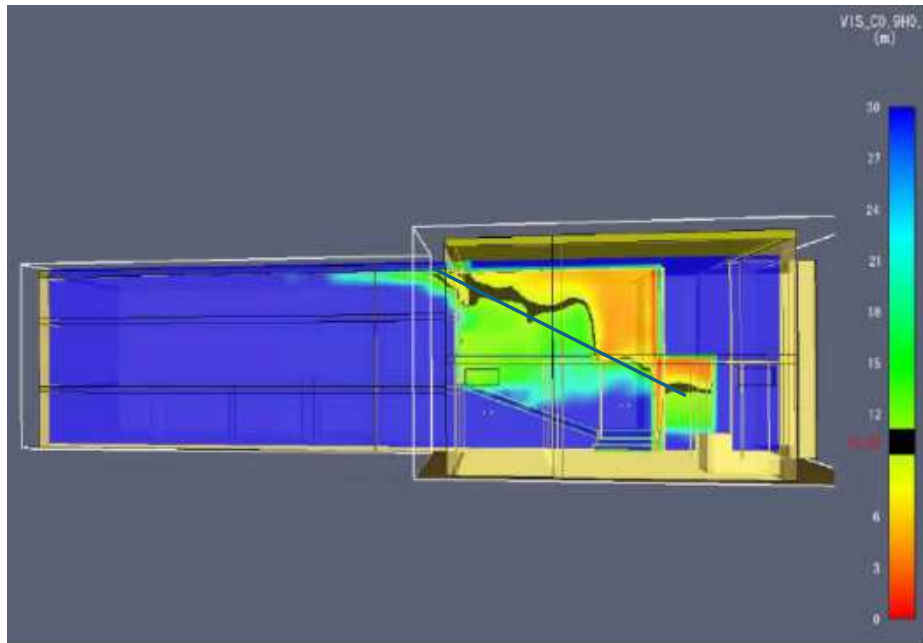


Figura 11 sezione trasversale visibilità scala

a 380s



Scala con porta aperta ????

Esodo degli occupanti		
Visibilità (z=1,8m)	10	m

Sono state posizionate in punti sensibili delle sonde che leggono e grandezze oggetto di studio in modo puntuale, mentre dagli "slice" è possibile, tramite una scala cromatica studiare l'andamento qualitativo delle predette grandezze. All'interno della hall, cioè nel locale di primo innesco le condizioni di esodo sono garantite per i primi 380s, le persone, se presenti sono in stato di veglia, hanno a disposizione la via di esodo principale dell'hotel, e i tempi di ricognizione sono estremamente contratti, così come i potenziali occupanti della sala ristorante, i quali sono serviti da scala.

Locale	ASET
Hall	> 380s
Scale protette	Zero exposure

Esempi

Albergo

Progettista

Scenario 1 - Hall

a seguito di quanto detto e calcolato, si definisce quanto segue:

$$RSET = t_{det} + t_a + (t_{pre} + t_{tra})$$

$$RSET = 60sec + 0sec + 285sec = 345sec$$

$$RSET = 345sec (\sim 6min)$$

Verifica $ASET > RSET$ scenario di progetto 1

A seguito delle valutazioni fatte in termini di ASET e di RSET la verifica prestazionale per l'esodo completo degli occupanti si riconduce a:

$$ASET (380sec) > RSET (345sec)$$

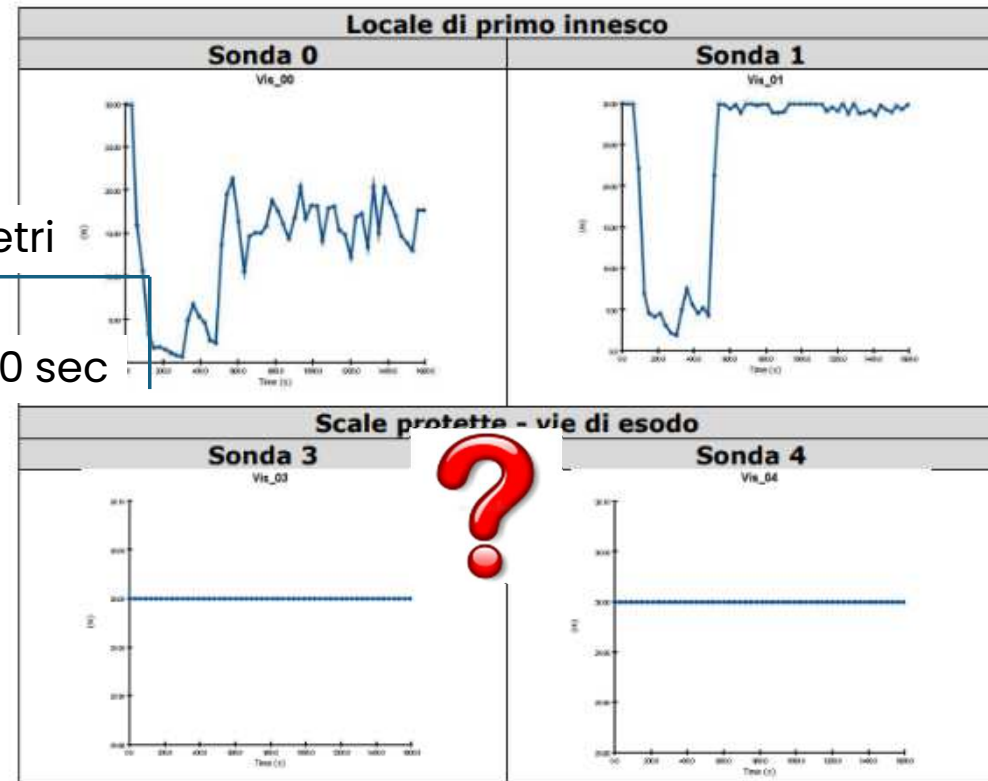
$$t_{marg} = 10\%$$



Esodo degli occupanti		
Visibilità (z=1,8m)	10	m

10 metri

< 200 sec



- ☐ A meno di specifiche valutazioni si assume $t_{marg} \geq 100\% RSET$.
- ☐ In caso di specifiche valutazioni sull'affidabilità dei dati di input impiegati nella progettazione prestazionale, è consentito assumere $t_{marg} \geq 10\% RSET$
- ☐ In ogni caso, il valore t_{marg} non dovrà mai essere inferiore a 30 secondi

Esempi

Albergo

Progettista

Esodo degli occupanti		
Visibilità (z=1,8m)	10	m

Scenario 2 - Ristorante

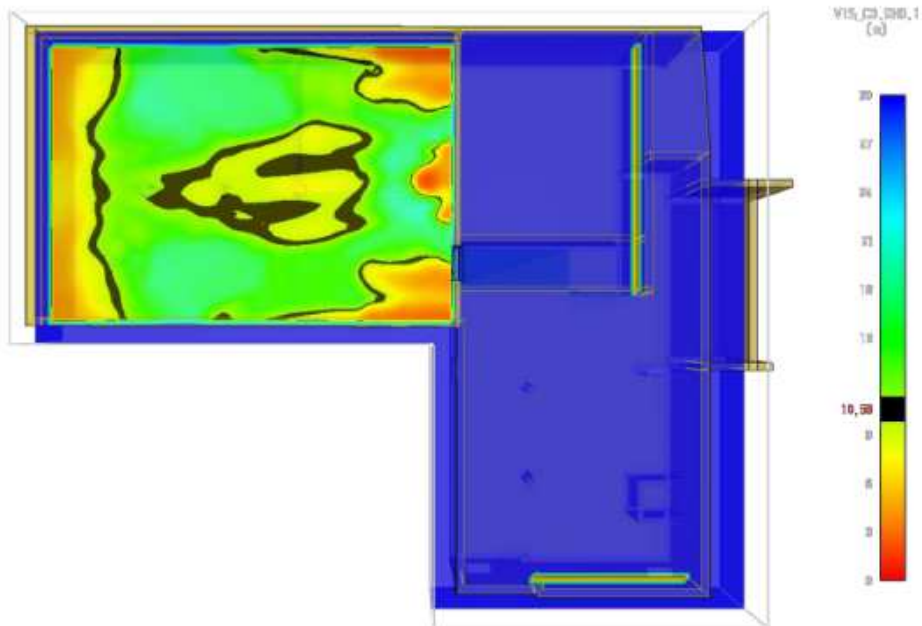


Figura 15 visibilità a 380s

Porta scala chiusa

**Analisi di
Sensibilità**

Porta aperta



Esempi

Albergo

Progettista

Scenario 2 - Ristorante

Esodo degli occupanti		
Visibilità (z=1,8m)	10	m

$$ASET_{camere} = \text{zero exposure}$$

$$ASET_{ristorante} = > 380 \text{ sec } (\sim 6 \text{ min})$$

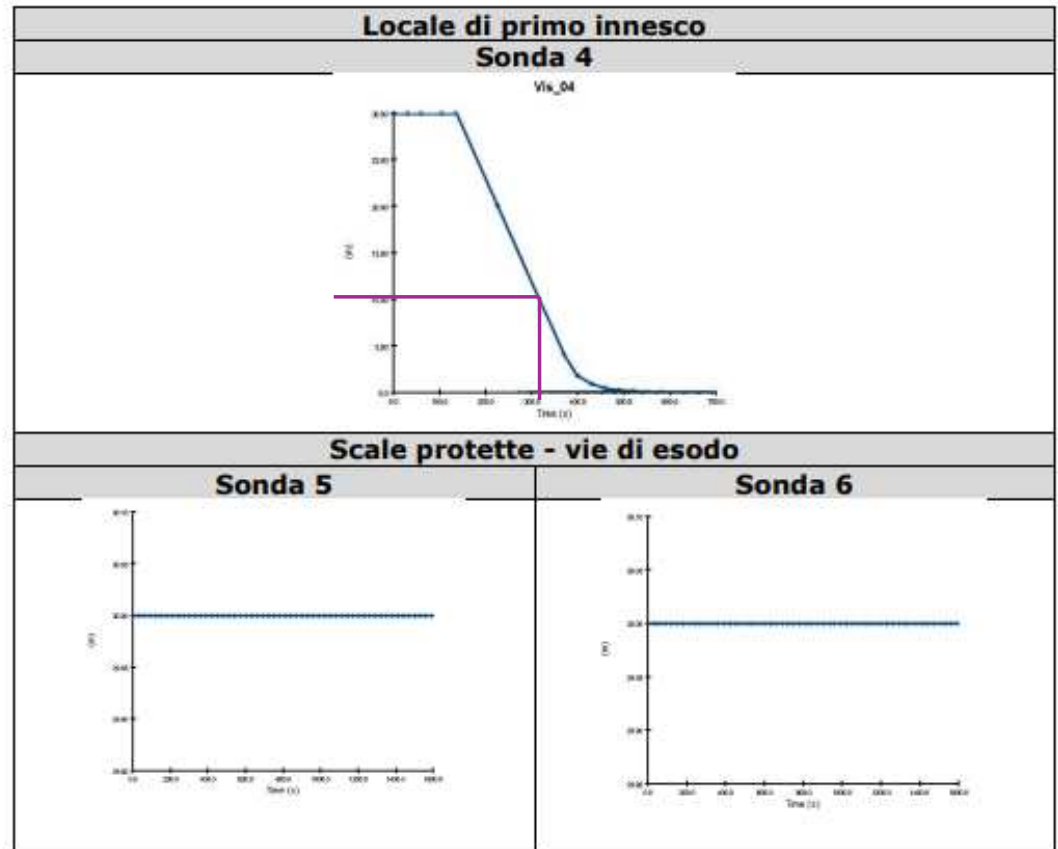
$$RSET = t_{det} + t_a + (t_{pre} + t_{tra})$$

$$RSET = 60 \text{ sec} + 0 \text{ sec} + 285 \text{ sec} = 345 \text{ sec}$$

$$RSET = 345 \text{ sec } (\sim 6 \text{ min})$$

$$ASET (380 \text{ sec}) > RSET (345 \text{ sec})$$

$$t_{margin} = 10\%$$



Locale	ASET
ristorante	380s
Scale protette	Zero exposure

Esempi

Albergo

Progettista**Scenario 3 - Camere**

TEMPI DI RICOGNIZIONE + PERCORRENZA		
CORRIDOIO	914	s
EDIFICIO	1002	s

a seguito di quanto detto e calcolato, si definisce quanto segue:

$$RSET = t_{det} + t_a + (t_{pre} + t_{tra})$$

$$RSET = 60sec + 0 sec + 1001 sec = 1061 sec$$

$$RSET = 1061 sec (\sim 18min)$$

.... considerando sempre le scale «protette»
non coinvolte da nessun effetto dell'incendio ...

G.S.A**Verifica ASET > RSET scenario di progetto 2**

A seguito delle valutazioni fatte in termini di ASET e di RSET la verifica prestazionale per l'esodo completo degli occupanti si riconduce a:

$$ASET (2122sec) > RSET (1061sec)$$

$$t_{marg} = 100\%$$



Esempi

Albergo

Progettista

G.S.A

In tutta l'attività è previsto un livello di **prestazione II** conformemente alla sezione S.5.



... formazione e informazione
... obbligo [D.M 2 settembre 2021]

... addetti H 24 ... obbligo
[D.M 2 settembre 2021]

... addetti «commisurati»
all'attività... ?????

I punti integrativi sono limitati ai soli aspetti trattati nella progettazione prestazionale.

Organizzazione del personale

È predisposta idonea formazione ed informazione, affinché il personale sia messo a conoscenza delle limitazioni all'attività imposte dall'approccio ingegneristico. Deve essere garantita h24 la presenza di addetti antincendio commisurati all'attività.

Pericoli derivanti dall'attività

Le vie di esodo devono essere mantenute sgombre da materiale combustibile, e/o materiale che possa intralciare la chiusura delle porte a servizio del vano scala. Nelle fasi di pulizia è severamente vietato mantenere le porte delle camere aperte mediante carrello di servizio al personale.

I materiali installati nell'atrio (hall) devono essere conformi di classe di reazione al fuoco non superiore a 1 in ragione del 50 % massimo della loro superficie totale (pavimento + pareti + soffitto + proiezioni orizzontali delle scale); per le restanti parti devono essere impiegati materiali non combustibili". In tale ambiente non devono essere installate apparecchiature da cui possano derivare pericoli di incendio, ad eccezione di una postazione PC portatile che dovrà essere mantenuta alimentata solo in presenza di personale.

I materiali installati nell'atrio (hall) devono essere conformi di classe di reazione al fuoco non superiore a 1 in ragione del 50 % massimo della loro superficie totale (pavimento + pareti + soffitto + proiezioni orizzontali delle scale); per le restanti parti devono essere impiegati materiali non combustibili". In tale ambiente non devono essere installate apparecchiature da cui possano derivare pericoli di incendio.

Controllo operativo

Verifica semestrale delle condizioni di progetto relative ad: accessibilità dei mezzi di soccorso e superfici di ventilazione. Segnalazione di eventuali scostamenti dai valori di progetto.

Esempi

Albergo

Progettista

G.S.A

In tutta l'attività è previsto un livello di **prestazione II** conformemente alla sezione S.5.

... obbligo «generale» ... [D.M 2 settembre 2021] ... come è attuato????



... reazione al fuoco materiali
D.M alberghi... obbligo [D.M 2 settembre 2021]

... quali sono i «valori di progetto» da controllare ... ogni 6 mesi ?????...

I punti integrativi sono limitati ai soli aspetti trattati nella progettazione prestazionale.

Organizzazione del personale

È predisposta idonea formazione ed informazione, affinché il personale sia messo a conoscenza delle limitazioni all'attività imposte dall'approccio ingegneristico. Deve essere garantita h24 la presenza di addetti antincendio commisurati all'attività.

Pericoli derivanti dall'attività

Le vie di esodo devono essere mantenute sgombre da materiale combustibile, e/o materiale che possa intralciare la chiusura delle porte a servizio del vano scala. Nelle fasi di pulizia è severamente vietato mantenere le porte delle camere aperte mediante carrello di servizio al personale.

I materiali installati nell'atrio (hall) devono essere conformi di classe di reazione al fuoco non superiore a 1 in ragione del 50 % massimo della loro superficie totale (pavimento + pareti + soffitto + proiezioni orizzontali delle scale); per le restanti parti devono essere impiegati materiali non combustibili". In tale ambiente non devono essere installate apparecchiature da cui possano derivare pericoli di incendio, ad eccezione di una postazione PC portatile che dovrà essere mantenuta alimentata solo in presenza di personale.

I materiali installati nell'atrio (hall) devono essere conformi di classe di reazione al fuoco non superiore a 1 in ragione del 50 % massimo della loro superficie totale (pavimento + pareti + soffitto + proiezioni orizzontali delle scale); per le restanti parti devono essere impiegati materiali non combustibili". In tale ambiente non devono essere installate apparecchiature da cui possano derivare pericoli di incendio.

Controllo operativo

Verifica semestrale delle condizioni di progetto relative ad: accessibilità dei mezzi di soccorso e superfici di ventilazione. Segnalazione di eventuali scostamenti dai valori di progetto.

Esempi

Albergo

Progettista

G.S.A

In tutta l'attività è previsto un livello di **prestazione II** conformemente alla sezione S.5.

... obbligo ... [D.M 2 settembre 2021] ...
come è attuato????

... **UNI 11224** - 3 mesi ?????

... obbligo ... [D.M 1 settembre 2021]
... come è attuato????



Gestione delle modifiche

Modifiche all'attività, nella disposizione interna dei locali e servizi, modifiche sostanziali all'edificio, nelle quantità di materiali stoccati e loro layout dovranno essere comunicati ad un tecnico antincendio.

Nel caso fossero ritenute significative si dovrà predisporre nuova valutazione del progetto per le parti modificate.

Pianificazione di emergenza

Il piano di emergenza sarà essere integrato con le indicazioni per gli ospiti disabili. Gli ospiti disabili devono essere informati della presenza degli spazi calmi, e del loro funzionamento operativo in caso di incendio.

Sicurezza delle squadre di soccorso

Le squadre di soccorso esterne dovranno essere informate della presenza di luoghi sicuri all'interno della struttura. E il titolare dell'attività e/o l'addetto antincendio dovrà informare il caposquadra dei VV.F della presenza effettiva di ospiti disabili al loro interno.

Controllo delle prestazioni

La prova di attivazione del sistema di allarme e relativa chiusura delle porte EI30 a servizio del vano scala dovrà essere effettuata trimestralmente.

Manutenzione dei sistemi di protezione

La manutenzione dei sistemi di protezione attiva dovrà essere affidata ad azienda di comprovata esperienza nelle manutenzioni di impianti antincendio in possesso di sistema di certificazione ISO 9001.

Controllo e revisione

Con cadenza annuale dovrà essere realizzato un documento di sintesi in cui verranno indicati:

- valori medi dei materiali stoccati e occupanti presenti per compartimento,
- eventuali variazioni layout aziendale,
- eventuali modifiche all'edificio,
- problematiche connesse con la gestione degli impianti di protezione attiva, eventuali falsi allarmi, indicazioni sulla risoluzione della problematica.

Esempi

Albergo

Progettista

G.S.A

Controllo delle prestazioni

La prova di attivazione del sistema di allarme e relativa chiusura delle porte EI30 a servizio del vano scala dovrà essere effettuata trimestralmente.

DOCUMENTAZIONE DI PROGETTO

❑ IMPIANTI DI RIVELAZIONE INCENDI: UNI 11224

Sorveglianza (mensile): Controllo visivo atto a verificare che le attrezzature siano nelle normali condizioni operative, siano facilmente accessibili e non presentino danni materiali accertabili tramite esame visivo. La sorveglianza può essere effettuata dal personale normalmente presente nelle aree protette dopo aver ricevuto adeguate istruzioni

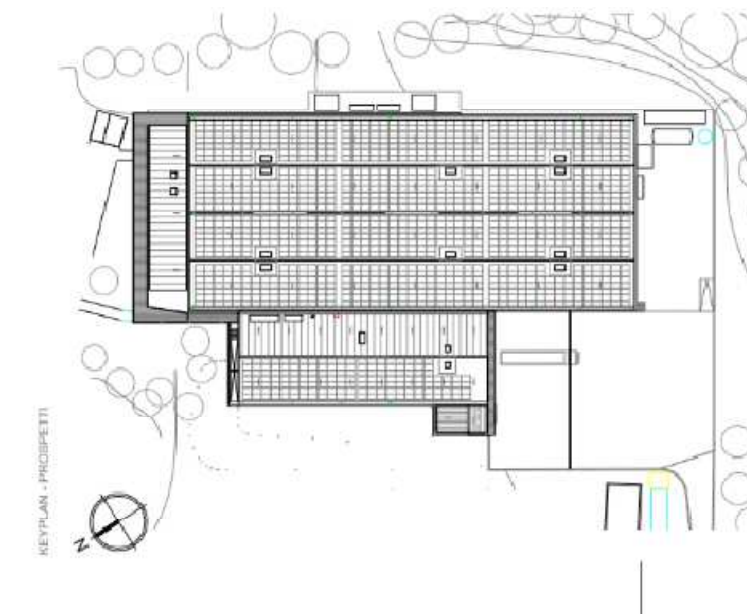
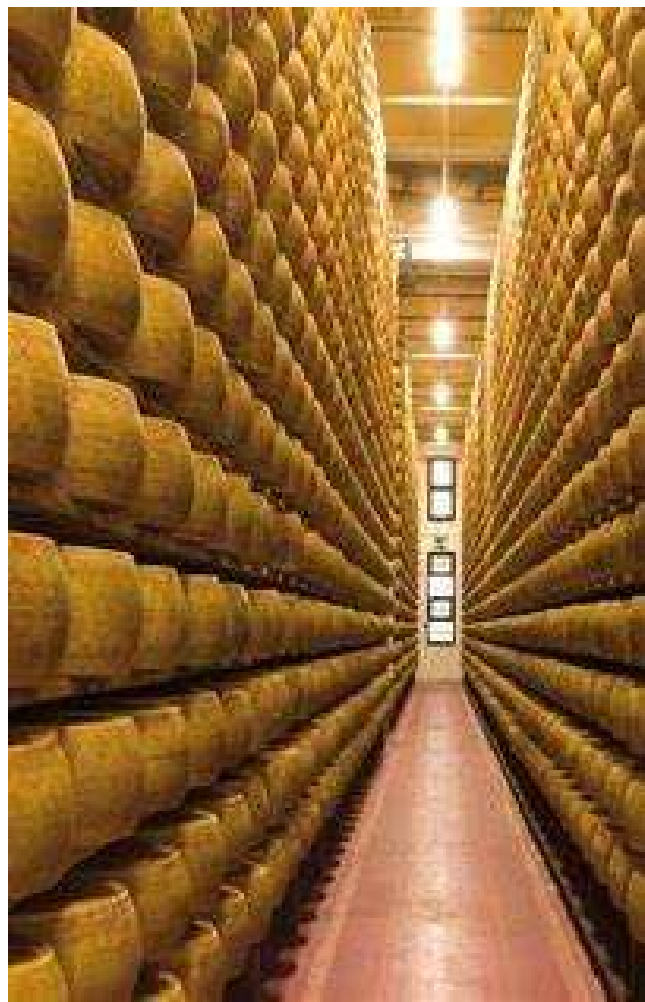
Fase	Periodicità	Circostanza
Controllo iniziale	Occasionale	Prima della consegna di un nuovo sistema o nella presa in carico di un sistema in manutenzione
Sorveglianza	Almeno ogni 30 giorni	Secondo il piano di manutenzione programmata dal responsabile del sistema
Controllo periodico	Almeno ogni 6 mesi	Secondo il piano di manutenzione programmata dal responsabile del sistema
Manutenzione ordinaria	Occasionale	Secondo esigenza per riparazioni di lieve entità
Manutenzione straordinaria	Occasionale	Secondo esigenza per riparazioni di particolare importanza
Revisione sistema	Almeno ogni 10 anni	Secondo indicazioni normative e legislative in funzione delle apparecchiature impiegate o delle istruzioni dei costruttori delle apparecchiature

Esempio di operazioni di sorveglianza: simulare i seguenti interventi:

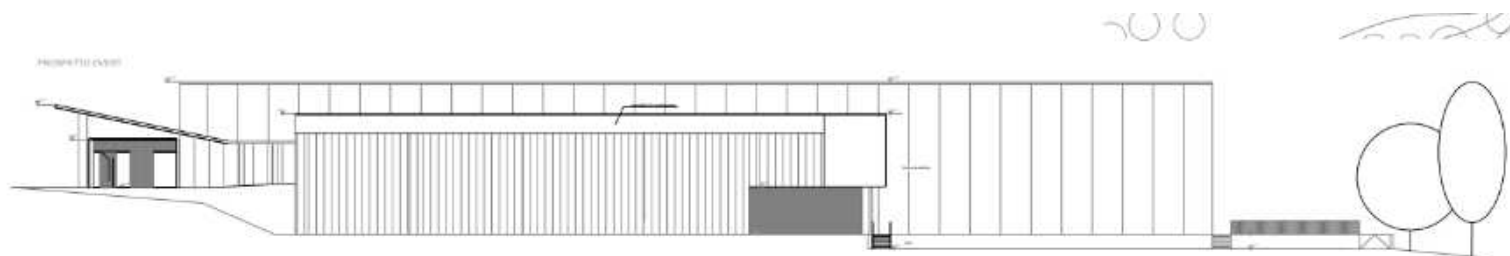
- un rivelatore automatico,
 - un rivelatore manuale
 - due rivelatori automatici contemporaneamente e controllare: intervalli di tempo prima dell'attivazione dell'allarme
- attivazioni automatiche (chiusura porte, arresto climatizzazione, ...)*

Esempi

Deposito Stagionatura Formaggi



...strutture S.2



Esempi

Deposito Stagionatura Formaggi

... comparto C.1 «Non ISOLATO»

In sintesi, la progettazione antincendio prestazionale che segue, avvalendosi delle metodologie dell'ingegneria della sicurezza antincendio previste dal D.M. 3/08/2015 e s.m. e i., è volta a dimostrare che, in caso di incendio all'interno delle aree in oggetto, le soluzioni progettuali adottate garantiscano la salvaguardia della vita degli occupanti e dei soccorritori presenti, ovvero, nello specifico:

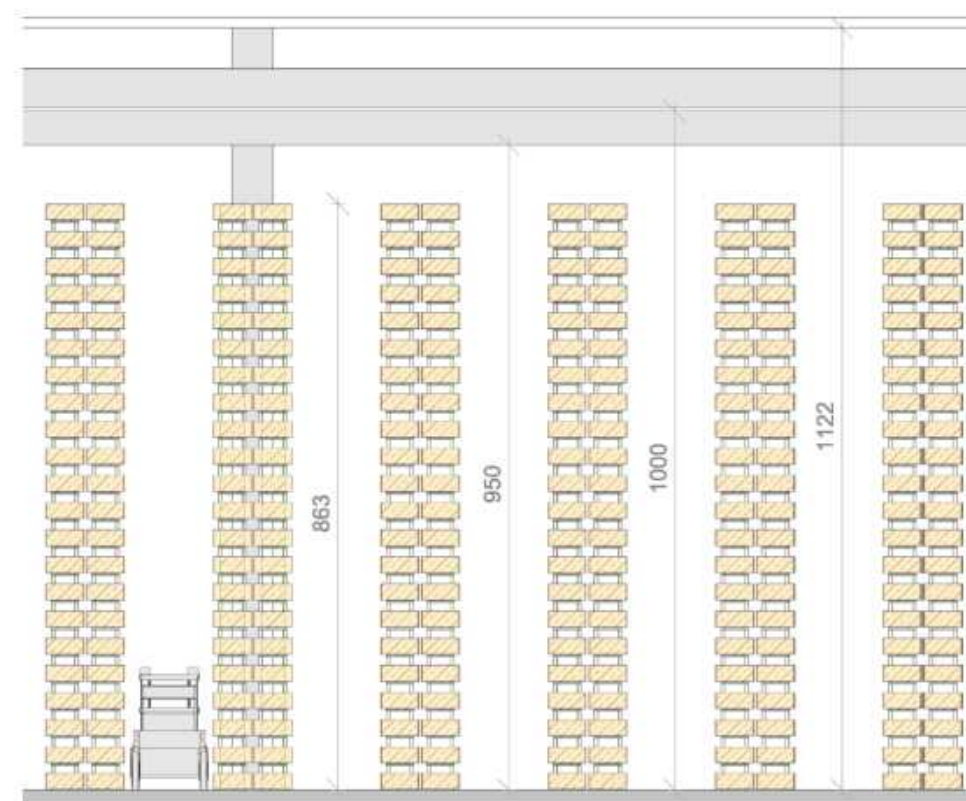
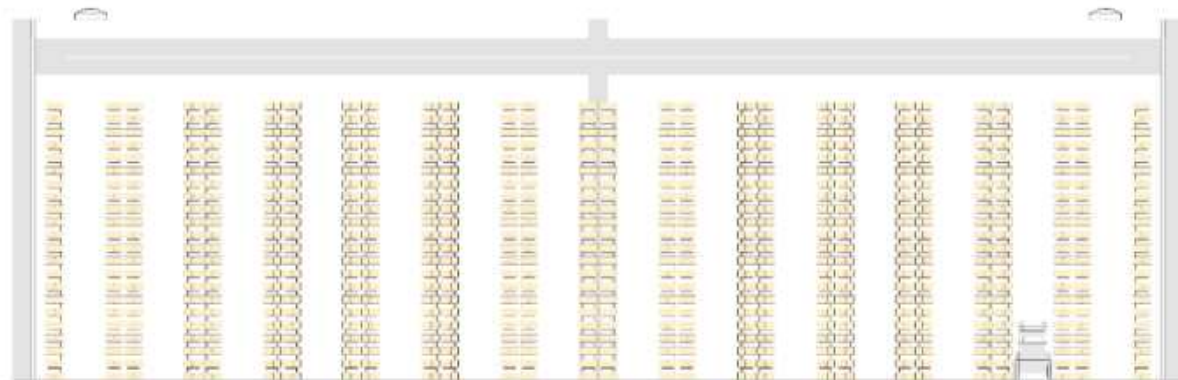
- che le strutture portanti mantengano il requisito di resistenza al fuoco per un periodo sufficiente all'evacuazione degli occupanti in luogo sicuro all'esterno della costruzione;
- che gli occupanti raggiungano un luogo sicuro prima che l'incendio determini condizioni incapacitanti negli ambiti dell'attività attraversati durante l'esodo;
- che sia possibile smaltire fumi e calore dell'incendio dal compartimento al fine di facilitare le operazioni delle squadre di soccorso.



→ Livello II di prestazione S.2 – S.3

Esempi

Deposito Stagionatura Formaggi



Esempi

Deposito Stagionatura Formaggi

SOGLIE DI PRESTAZIONE

CAPACITÀ PORTANTE DELLE STRUTTURE

Obiettivo della verifica è quello di dimostrare il mantenimento dei requisiti di resistenza al fuoco delle suddette strutture per un periodo sufficiente all'evacuazione degli occupanti in luogo sicuro all'esterno della costruzione.



Il mantenimento della capacità portante viene determinato in relazione alle temperature raggiunte dagli elementi strutturali.

Esempi

Deposito Stagionatura Formaggi

SOGLIE DI PRESTAZIONE

CAPACITÀ PORTANTE DELLE STRUTTURE



Si vuole, pertanto, verificare che il calore prodotto dall'incendio non causi una riduzione significativa della capacità portante (resistenza meccanica R) degli elementi strutturali in esame.

Per le strutture in c.a.p., con riferimento al paragrafo 5.2 ed alla figura 5.1 di cui all'Eurocodice UNI EN 1992-1-2, si impiega la seguente soglia di prestazione conservativa:

- Temperatura media degli elementi strutturali

$$T \leq 450^{\circ}\text{C}$$

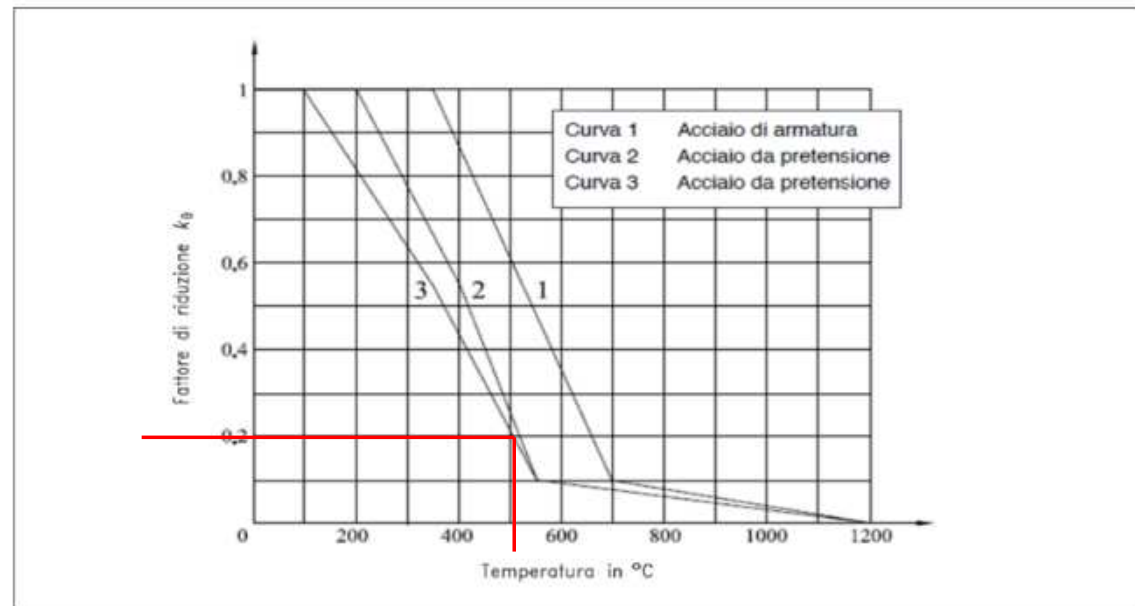


Grafico 1 : Figura 5.1 EC UNI EN 1992-1-2

Esempi

Deposito Stagionatura Formaggi

SOGLIE DI PRESTAZIONE

Decreto 3 agosto 2015 – **Capitolo S.2**

Implementazione di **soluzioni alternative** di resistenza al fuoco – **Chiarimenti e indirizzi applicativi**

In alcuni casi sono state tratte **conclusioni semplicistiche** ed affrettate in merito al collasso impulsivo con riferimento **ad analisi su singoli elementi basate sulla sola resistenza**, anche di singole membrature **senza individuare l'effettivo meccanismo di collasso in condizioni d'incendio in termini cinematici**; ciò può portare a soluzioni non corrette dal punto di vista tecnico

Pertanto, **le relative valutazioni** in tale complesso ambito **devono essere fondate su una corretta, seppur molto complessa, analisi termo-strutturale**, nella quale il cimento termico sia stato correttamente valutato in termini di scenari d'incendio di progetto, tenendo conto delle fondamentali **preliminari e conseguenti misure gestionali**, e **valutando**, altresì, anche **lo stato di sollecitazione e di deformazione al variare di gradienti termici negli elementi in funzione del tempo**, in modo da **definire il cinematicismo di collasso** e dimostrare che, nelle condizioni di incendio considerate, esso sia implosivo o meno

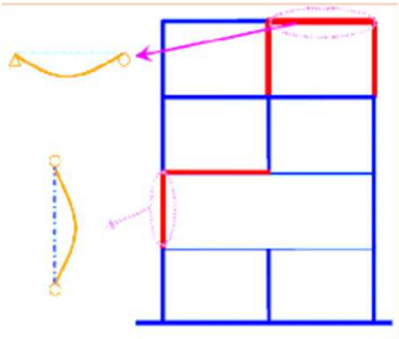


Esempi

Deposito Stagionatura Formaggi

SOGLIE DI PRESTAZIONE

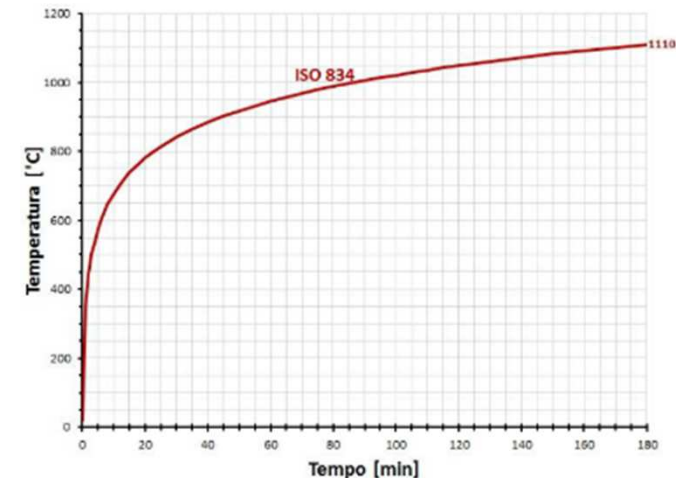
CRITERI DI PROGETTAZIONE STRUTTURALE IN CASO DI INCENDIO (S.2.8)



- ❑ Le **deformazioni** ed **espansioni imposte o impedit**e dovute ai cambiamenti di temperatura per effetto dell'esposizione al fuoco **producono sollecitazioni** indirette, forze e momenti nei singoli elementi strutturali, **che devono essere tenuti in considerazione, ad eccezione** dei seguenti casi

- è **riconoscibile a priori** che esse **sono trascurabili o favorevoli**;
- i **requisiti di sicurezza all'incendio** sono valutati in riferimento ad una **curva nominale d'incendio** di cui al paragrafo S.2.7.

- ❑ Uso della **combinazione dei carichi per azioni eccezionali** prevista dalle vigenti **NTC**



Esempi

Deposito Stagionatura Formaggi

SOGLIE DI PRESTAZIONE

... da verificare con curva Naturale

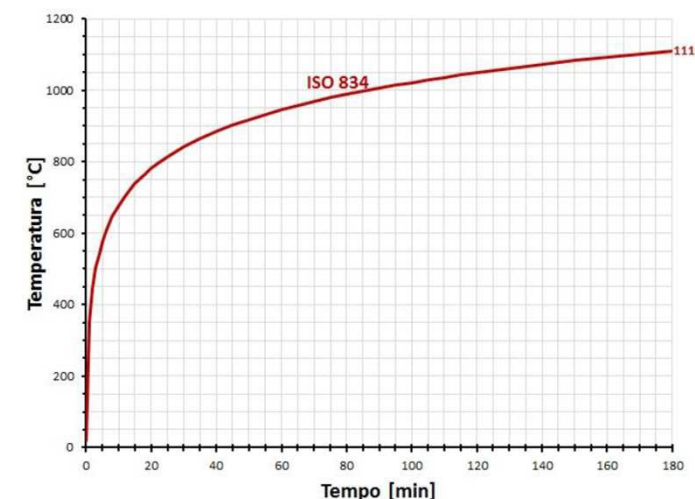
Si precisa che, nonostante il livello di prestazione II comporti la verifica della capacità portante per un tempo pari a $t_{\text{marg}} \geq 100\% \cdot \text{RSET}$ e comunque ≥ 15 min, *a vantaggio di sicurezza, per le strutture portanti del compartimento in oggetto si verifica il mantenimento del requisito di resistenza al fuoco per almeno 60 minuti, ovvero per un periodo congruo con quello della classe di resistenza al fuoco più gravosa richiesta ai compartimenti adiacenti.*



CLASSE DI RESISTENZA AL FUOCO

È riferita ad una **curva di
incendio NOMINALE**

$$T = T_0 + 345 \log(8t+1) \quad [^{\circ}\text{C}]$$



Esempi

Deposito Stagionatura Formaggi

2.5.2 DURATA DEGLI SCENARI D'INCENDIO

La durata delle simulazioni viene stabilita in funzione degli obiettivi prefissati.

Nella fattispecie viene fissata pari a 1800 s, in quanto i risultati raggiungono o un valore di stazionamento o una riduzione progressiva.

30 minuti



Esempi

Deposito Stagionatura Formaggi

2.5.3.1 SCENARI D'INCENDIO S1 e S2



CURVA RHR

RHR _{totale}	≈ 2 900 kW	(Valore di rilascio termico globale)
RHR _{innesco}	≈ 800 kW	(Valore di rilascio termico muletto)
RHR _{merce}	≈ 285 kW / m ²	(Valore di rilascio termico merce)
T _{propagazione}	≈ 250 °C	(Temperatura autoignizione merce)

PRODOTTI DELLA
COMBUSTIONE

Si assumono le seguenti caratteristiche della combustione:

$Y_{SOOT} = 0,18 \text{ kg/kg}$ | $Y_{CO} = 0,10 \text{ kg/kg}$ | $Y_{CO2} = 1,5 \text{ kg/kg}$ | $Y_{H2O} = 0,82 \text{ kg/kg}$

Parametro	Focolare predefinito	
	per attività civile	per altre attività
Velocità caratt. di crescita dell'incendio t_i	150 s (fast)	75 s (ultra-fast)
RHR _{totale}	5 MW	50 MW
RHR _{max} per m ² di superficie del focolare	250-500 kW/m ² [1]	500 -1000 kW/m ² [1]
Resa in particolato Y_{smk}	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_{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] "CVM2 Verification method: Framework for fire safety design", New Zealand Building Code
 [4] "SFPE handbook of fire protection engineering", NFPA, 4^a 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_{CO} e Y_{H2O} , si può imporre nel codice di calcolo il combustibile generico $CH_2O_{1,5}$.

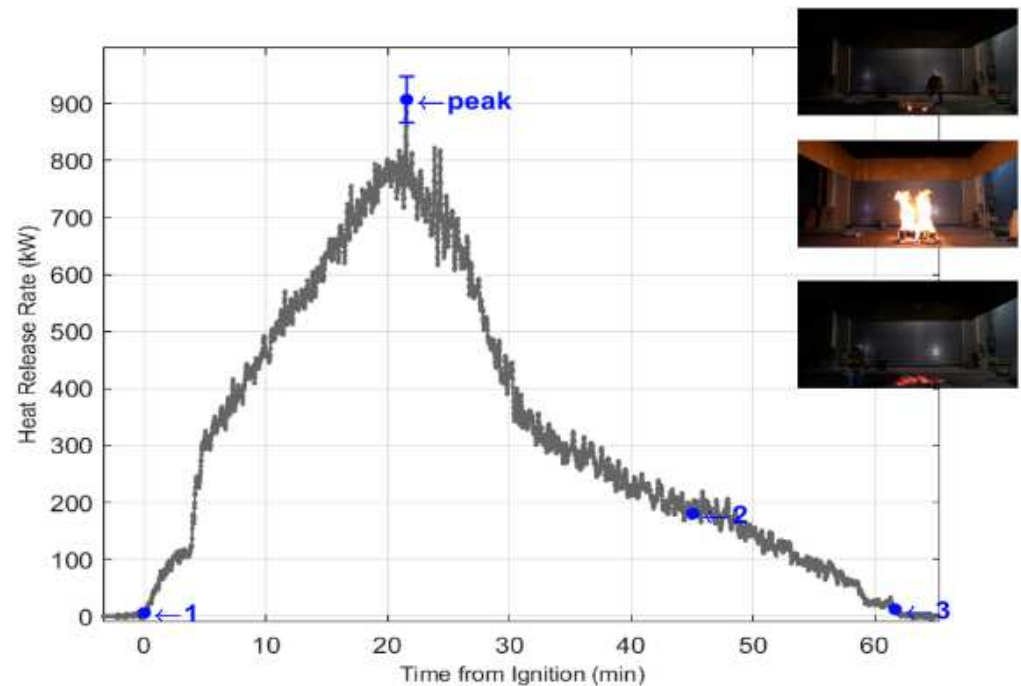
Tabella M.2-2: Focolari predefiniti

Esempi

Deposito Stagionatura Formaggi

NOTA: a titolo cautelativo, in assenza di un riferimento sperimentale relativo al **formaggio** stoccato nel compartimento, è stata attribuita a **tutta** la merce compresa nel deposito la medesima potenza di rilascio termico della curva RHR two wood Crib, massimizzando perciò le condizioni di innesco e di propagazione dell'incendio.

Formaggio Due «pedane» in legno



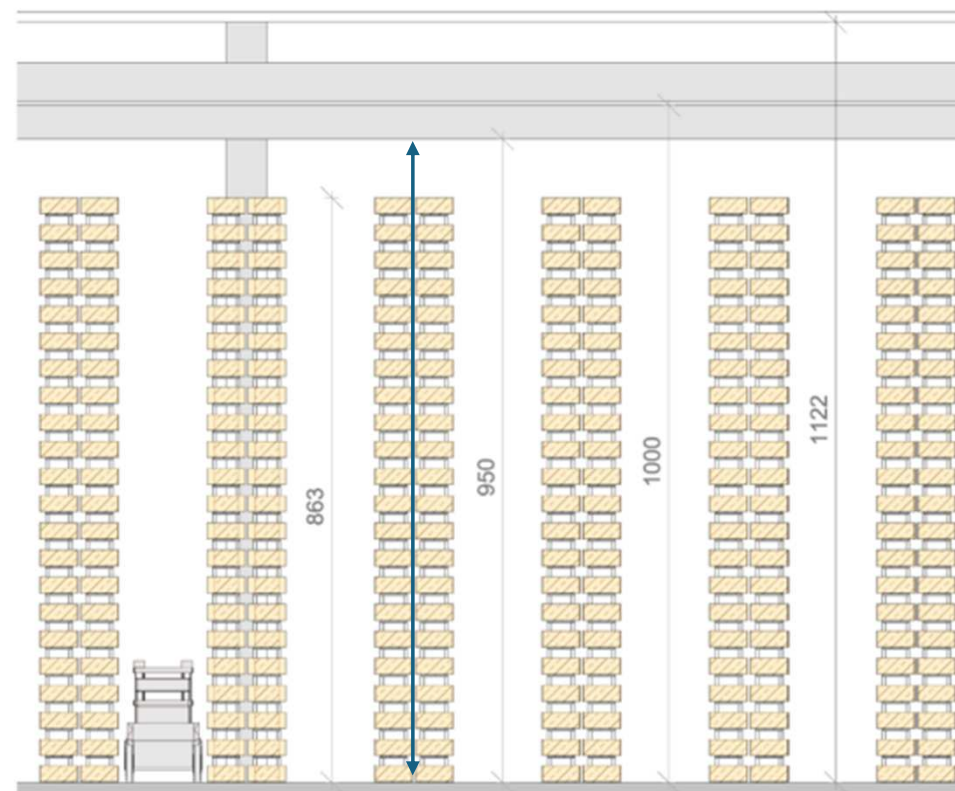
Esempi

Deposito Stagionatura Formaggi

2.6.1.1 TEMPO DI RIVELAZIONE t_{det}

Il tempo di rivelazione t_{det} è il tempo che intercorre tra il momento d'innesco al momento in cui il sistema automatico di rivelazione o un occupante sono in grado di accorgersi dell'incendio.

Il valore t_{det} viene identificato come tempo al quale si attiva il primo sensore dell'impianto IRAI. Ai fini della presente determinazione, si assume, a titolo cautelativo, t_{det} pari a 60 secondi.



Esempi

Deposito Stagionatura Formaggi

Nello specifico, come di seguito illustrato, ci si è riferiti ad una prova effettuata presso il laboratorio di Reazione al Fuoco dell'Istituto Giordano, nella quale è stato ricreato l'ambiente di stagionatura posizionando alcune forme di formaggio (Parmigiano Reggiano) sopra ad un asse di legno, sottoponendo i campioni di formaggio alle seguenti diverse tipologie di innesco:

- a) sigaretta;
- b) bruciatore a gas propano;
- c) pannello radiante;
- d) termo-resistenza elettrica;
- e) liquido idrocarburico.



Immagine 1 - Caso a) sigaretta accesa appoggiata nello spigolo tra forma e sostegno di legno



Immagine 2 - Caso b) bruciatore portatile a gas propano per un tempo di esposizione pari a 10 s sul piano di appoggio e 20 s sulla fascia laterale sulla prima forma e pari a 25 s sulla seconda forma



Immagine 3 - Caso c) esposizione a pannello radiante secondo la norma UNI 9174 per 30 minuti



Immagine 4 - Caso d) applicazione di una termo-resistenza scaldato fino a 350°C



Immagine 5 - Caso e) pozza di liquido idrocarburico (500 ml di benzina da autotrazione)

Esempi

Deposito Stagionatura Formaggi

Alla luce di quanto sopra esposto, data la natura del materiale effettivamente presente all'interno dell'area stagionatura, nonché le tipologie di innesco ragionevolmente credibili per l'attività di cui trattasi, si ritiene plausibile che eventuali incendi di formaggio/legno nell'area scaffalata si possano sviluppare con un tasso di crescita medio-basso.

Tuttavia, nelle presenti analisi, per il compartimento in oggetto si assumono cautelativamente incendi con un tasso di crescita **rapido** $t_{gr}=150$ s (profilo di rischio $R_{vita} = A3$).

Le prove sperimentali di cui sopra, hanno restituito i seguenti risultati:

- a) nel caso di innesco mediante **sigaretta** accesa, vi è stata una **lieve carbonizzazione** della superficie del piano in **legno**;
- b) nel caso di innesco mediante **bruciatore** portatile a gas **propano** si è verificato quanto segue:
 - l'attacco per 10 s sul piano di appoggio in legno ha generato una combustione del grasso e del legno esauritasi automaticamente in circa 80 s, mentre l'attacco di 20 s sulla faccia laterale ha generato una combustione dello spigolo inferiore della forma propagatasi in seguito alla superficie laterale, **esauritasi** anch'essa automaticamente dopo **180 s**;
 - l'attacco durato 25 s sulla seconda forma non ha invece scatenato **alcun innesco**;
- c) nel caso di innesco mediante **esposizione a pannello radiante** secondo la norma UNI 9174, **l'esposizione per 30 minuti** alla radiazione di circa 12 kW/m^2 (sullo scalzo delle forme, nel punto più vicino al pannello il flusso termico era pari a $16,7 \text{ kW/m}^2$), ha provocato **un'emissione di fumi e gas di pirolisi senza alcuna combustione**. I gas di pirolisi si sono incendiati solo quando è stata applicata una fiamma libera innescando la **combustione** appunto (fuoco estinto dall'operatore dopo 2 minuti);
- d) nel caso di innesco mediante applicazione di una **termo-resistenza elettrica**, scaldata fino a circa 350°C e posizionata (una volta scollegata l'alimentazione elettrica) sulla superficie superiore della forma, la termo-resistenza elettrica ha provocato l'emissione di gas, fumi e scioglimento della materia grassa che era a contatto con la piastra di alluminio **senza** alcun effetto di carbonizzazione né tantomeno di **combustione**;
- e) nel caso di innesco mediante pozza di 500 ml di **benzina** incendiata all'interno di un contenitore metallico in modo da generare un fronte di fiamma tale da investire completamente un terzo della superficie laterale del campione in prova, all'esaurimento dei 500 ml di benzina (**circa 4 minuti e 15 secondi**), il campione ha **proseguito la combustione** (fuoco estinto dall'operatore dopo 15 minuti).

Esempi

Deposito Stagionatura Formaggi

Punto 1: non viene giustificata la scelta degli scenari d'incendio di progetto come i più gravosi; di essi manca una descrizione completa come indicato dal Codice di p.i. "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".

Ad integrazione di quanto riportato all'interno della *Relazione Tecnica FSE* agli atti, si forniscono le motivazioni che hanno portato ad identificare come più gravosi ed allo stesso tempo più credibili gli scenari di incendio S1 ed S2 analizzati nelle analisi fluidodinamiche. Si rimanda pertanto alla *Relazione Tecnica Integrativa* allegata.

Punto 2: lo scenario valutato corrisponde di fatto ad un incendio localizzato, di cui il carrello elevatore costituisce il focolare, e non viene presa in considerazione la possibilità di propagazione nel tempo agli altri materiali presenti, né viene giustificata l'esclusione della possibilità di tale propagazione.

Ad integrazione di quanto riportato all'interno della *Relazione Tecnica FSE* agli atti, si forniscono precisazioni in merito all'incendio di tipologia *propagante* valutato in entrambe gli scenari analizzati. Si rimanda pertanto alla *Relazione Tecnica Integrativa* allegata.

Punto 3: non è dimostrato analiticamente il meccanismo di danno della struttura, nonché gli altri requisiti di cui al punto S.2.4.6 del D.M. 03.08.2015.

Ad integrazione di quanto riportato all'interno della *Relazione Tecnica FSE* agli atti, si forniscono dettagli inerenti i meccanismi di danno della struttura. Si rimanda pertanto alla *Relazione Tecnica Integrativa* allegata.

Punto 4: non viene dimostrata la capacità di compartimentazione da parte degli elementi separanti; inoltre viene associata la durata di un incendio naturale con la classe di resistenza al fuoco; quest'ultima è riferita unicamente a curve nominali, mentre la durata dell'incendio naturale non ha alcuna relazione con la classe di resistenza.

Ad integrazione di quanto riportato all'interno della *Relazione Tecnica FSE* agli atti, si forniscono dettagli inerenti agli elementi separanti, nonché la durata degli scenari di incendio prevista. Si rimanda pertanto alla *Relazione Tecnica Integrativa* allegata.

Punto 5: la valutazione di problematiche legate all'esodo delle persone deve tenere conto della definizione degli scenari di cui al punto precedente, compresa la presenza del controsoffitto.

Ad integrazione di quanto riportato all'interno della *Relazione Tecnica FSE* agli atti, si forniscono dettagli sull'interazione esodo-controsoffitto. Si rimanda pertanto alla *Relazione Tecnica Integrativa* allegata.

Punto 6: i chiarimenti pervenuti a seguito della richiesta formulata in sede di CDS in data 01/3/2023 risultano incompleti in particolare:

- non risulta giustificata da idonei calcoli la scelta del volume della vasca progettata per l'alimentazione dell'impianto idrico antincendio e del suo eventuale reintegro

A servizio del complesso industriale verrà realizzata apposita riserva idrica antincendio avente una capacità effettiva pari a 72 mc nel rispetto di quanto previsto dalla UNI10779 per un livello di pericolosità 2 (4 attacchi DN70 con 300 l/min cadauno per una durata di 60 minuti).

- non risulta indicata l'ubicazione dei componenti dell'impianto fotovoltaico al fine di verificare l'interferenza degli stessi con i sistemi di protezione progettati ai fini della sicurezza antincendio.

Ad integrazione di quanto riportato all'interno del progetto di prevenzione incendi agli atti, si forniscono precisazioni in merito alla tipologia dell'impianto indicando l'ubicazione, i componenti e l'interferenza con i sistemi di protezione progettati ai fini della sicurezza antincendio. Si rimanda pertanto alla *Relazione Tecnica Integrativa* allegata.

Esempi



Locale aperto al pubblico – Edificio Storico

Analisi di Sensitività

Esempi

Locale aperto al pubblico – Edificio Storico

Analisi di Sensitività

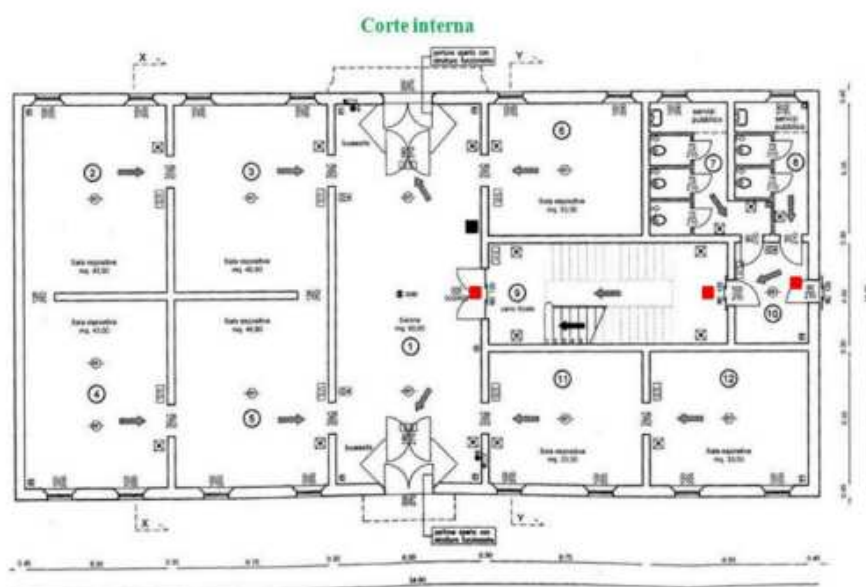


Fig. 3.7 "Planimetria del Piano terra"

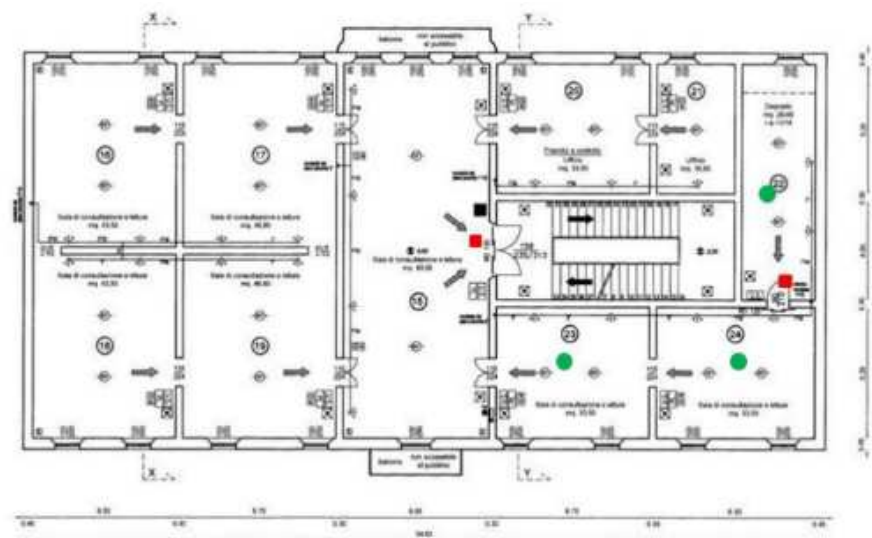
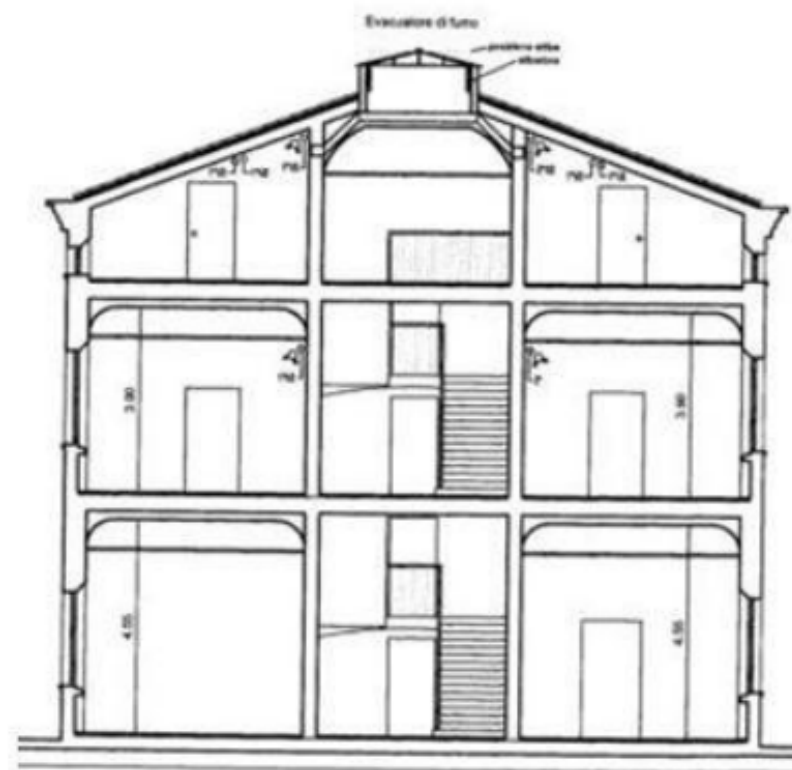
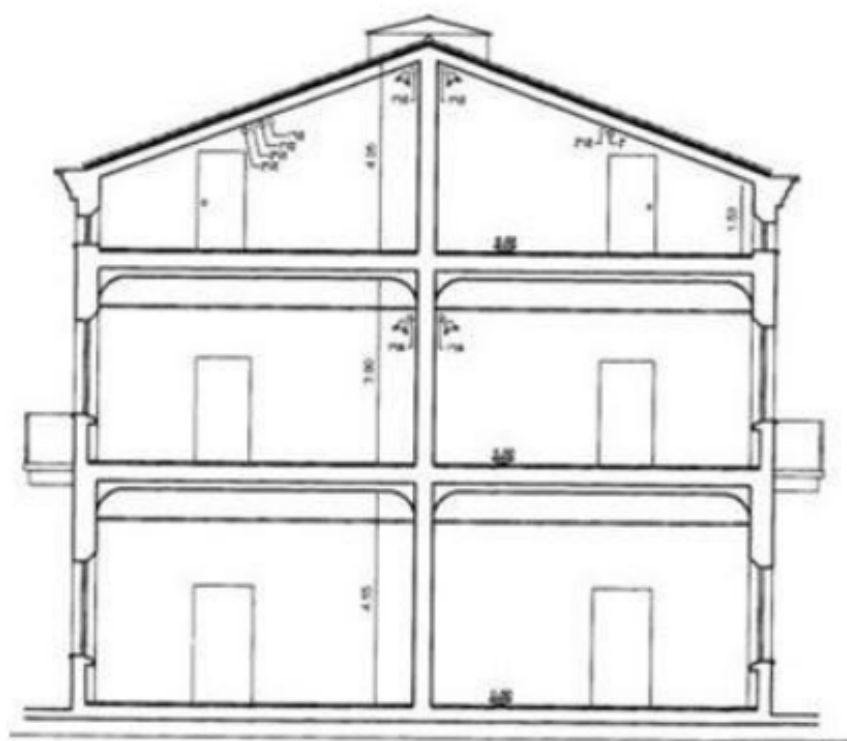


Fig. 3.8 "Planimetria del Piano primo"

Esempi

Locale aperto al pubblico – Edificio Storico

Analisi di Sensività



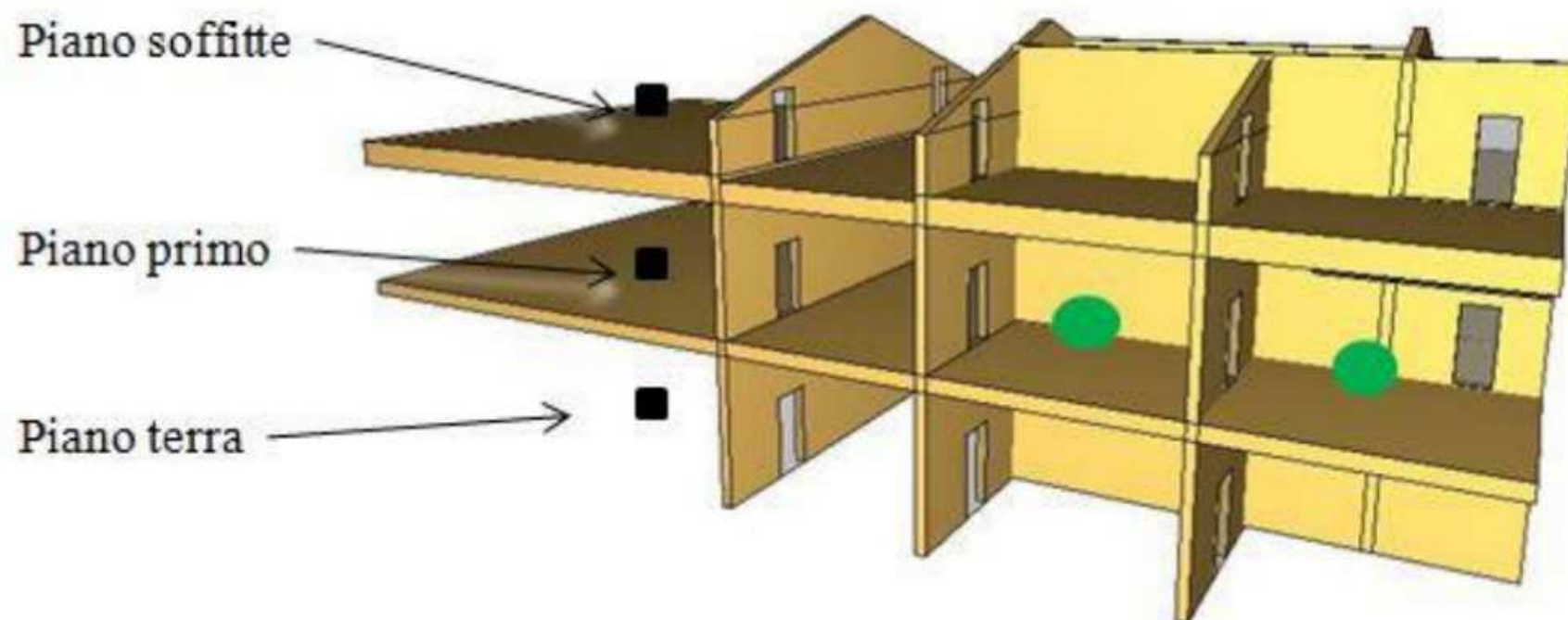


Fig. 3.13 “Visuale delle compartimentazioni interne: i cerchi verdi identificano le due sale della biblioteca dove si simulerà l’incendio; i quadrati neri identificano la sala grande per tutti i piani dell’edificio”

Esempi

Locale aperto al pubblico – Edificio Storico

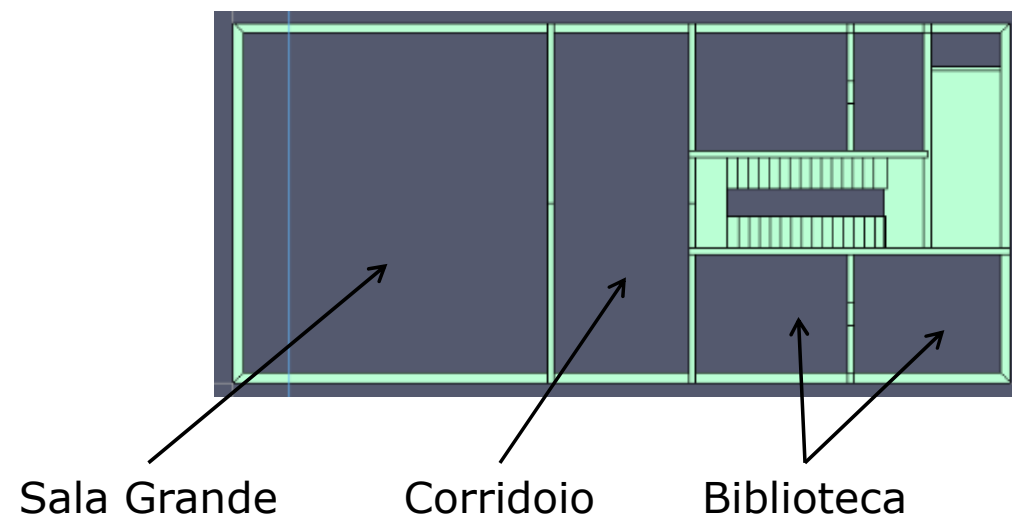
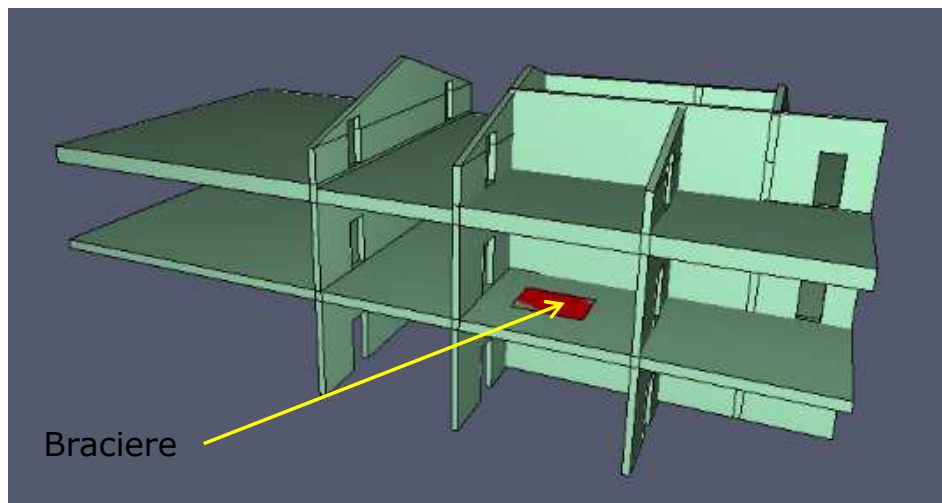
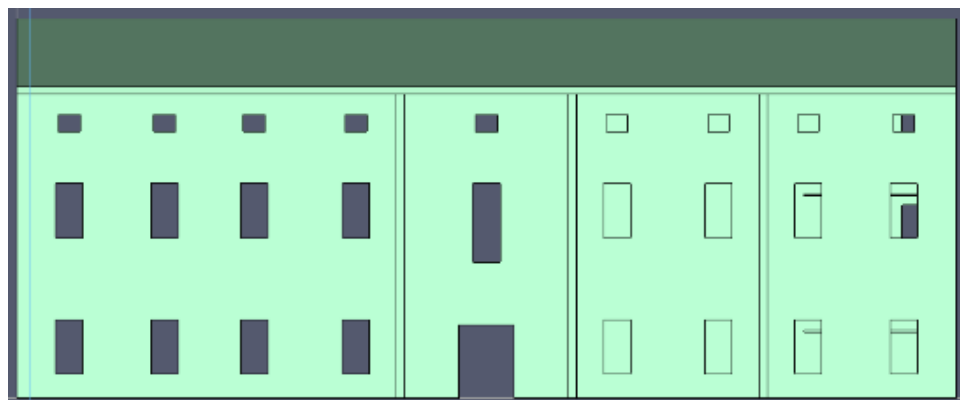
Analisi d Sensitività

❑ salvaguardia delle persone

- Temperatura massima di esposizione degli individui: una temperatura dell'aria umida pari 60° è sopportabile da un individuo per un massimo di 45 minuti [6];
- Flusso termico convettivo e radiante: se la persona non è investita dal fumo e da gas tossici, si considera come limite sopportabile 2.5 kW/m²;
- Altezza libera da fumo: il valore di riferimento è tendenzialmente 2 m di altezza dal piano del pavimento;
- Visibilità delle vie di esodo;
- Concentrazione nell'aria inalata di gas asfissianti e/o irritanti: questi valori possono essere utilizzati per il calcolo della F.E.D. (Fractional Effective Dose); in base a studi medici [1], da questo procedimento di calcolo è possibile ricavare un numero, da rapportare a un valore soglia, con il quale si stima la quantità di gas tossici e irritanti con cui l'individuo può venire a contatto durante l'evacuazione.

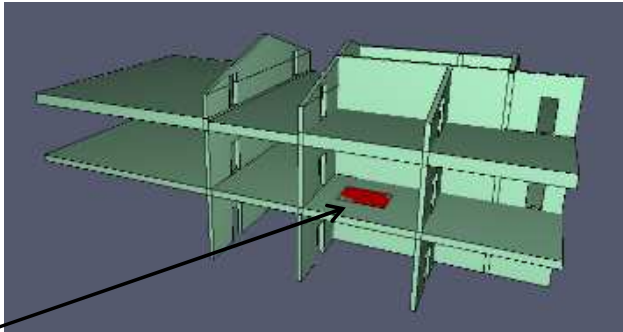
Esempi

Locale aperto al pubblico – Edificio Storico

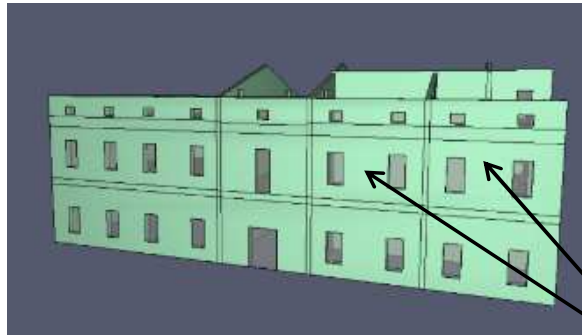


Esempi

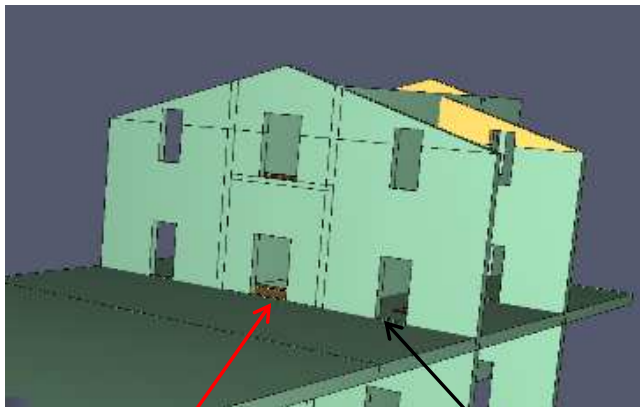
Locale aperto al pubblico – Edificio Storico



Braciere



Finestre chiuse



Porta EI

**Porta biblioteca
chiusa**

- **Porta EI aperta**
- **Porta EI chiusa**

Influenza gestione sicurezza errata

Esempi

Locale aperto al pubblico – Edificio Storico

Analisi di Sensitività

Scenari di incendio quantificazione

Incendio – M.2.4.3

A) Definizione e calcolo del carico di incendio

il contenuto energetico del locale, riferito alla pianta lorda dello stesso e deve comprendere tutti i **materiali potenzialmente combustibili, compresi infissi, soffitti, pareti di separazione, ecc...**

$$A = 69,56 \text{ m}^2$$

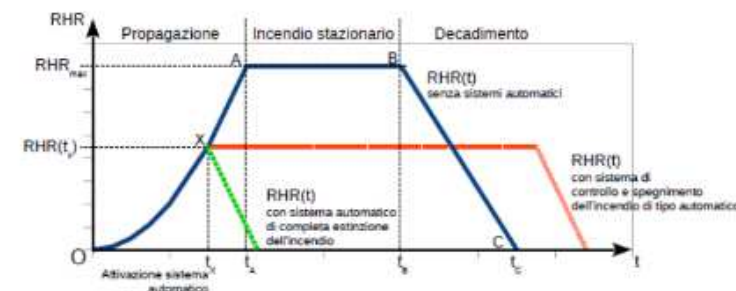
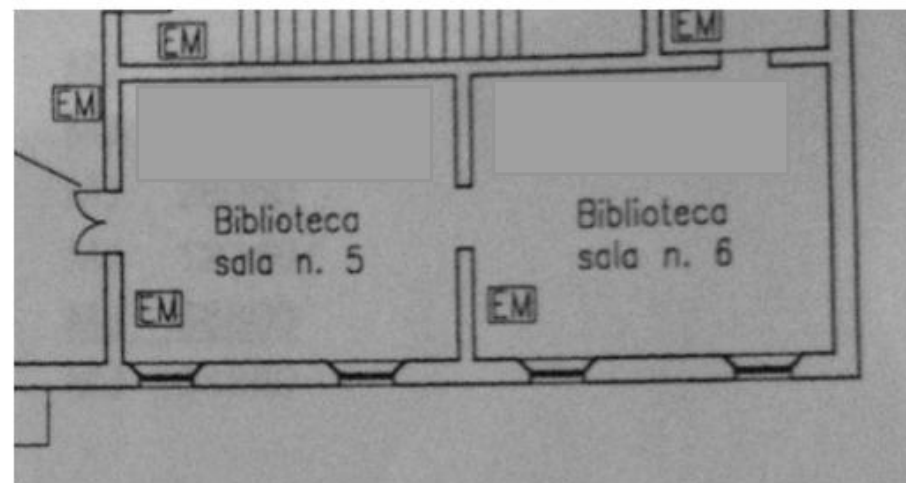


Illustrazione M.2-1: Fasi dell'incendio



Esempi

Locale aperto al pubblico – Edificio Storico

Scenari di incendio quantificazione**Incendio – M.2.4.3****A) Definizione e calcolo del carico di incendio**

...calcolo analitico  G.S.A

Tab. 3.1 “Valori utilizzati per il calcolo del carico di incendio”

SALA n°5					
Arredo	Massa [kg]	Potere calorifico [MJ/kg]	m_i	ψ_i	Energia i-esima [MJ]
1 Tavolo	250	17,5	0,8	1	3500
12 Sedie	60	17,5	0,8	1	840
5 Librerie	750	17,5	0,8	1	10500
1 Porta	112,5	2,4	0,8	1	216
Libri	2280	11,84	0,8	1	21596,16
SALA n°6					
Arredo	Massa [kg]	Potere calorifico [MJ/kg]	m_i	ψ_i	Energia i-esima [MJ]
1 Tavolo	250	17,5	0,8	1	3500
12 Sedie	60	17,5	0,8	1	840
9 Librerie	1350	17,5	0,8	1	18900
1 Porta	67,5	2,4	0,8	1	129,6
Libri	4180	11,84	0,8	1	39592,96
Energia Totale [MJ]					99614,72
Carico d'incendio specifico [MJ/m ²]					1432,07

Esempi

Locale aperto al pubblico – Edificio Storico

Analisi di Sensitività

Scenari di incendio

quantificazione

Incendio – M.2.4.3

A) Definizione e calcolo del carico di incendio

B) Calcolo RHR max

La potenza termica rilasciata può essere ricavata in due modi:

- In relazione alla superficie di ventilazione del locale;
- In relazione alla destinazione d'uso del locale;

$$RHR_{\max} = 0,10 * m * H * A_v * h_{eq}^{0,5}$$

$$RHR_{\max} = RHR_s * A$$

Esempi

Locale aperto al pubblico – Edificio Storico

Analisi di Sensitività

Scenari di incendio

quantificazione

Incendio – M.2.4.3

B) Calcolo RHR max

Eurocodice 1

$RHR_s = 500 \text{ kW/m}^2$ come valore di riferimento per una biblioteca

$$RHR_{\max} = RHR_s \cdot A \quad A = 69,56 \text{ m}^2$$

$$RHR_{\max} = 34.78 \text{ MW.}$$

Esempi

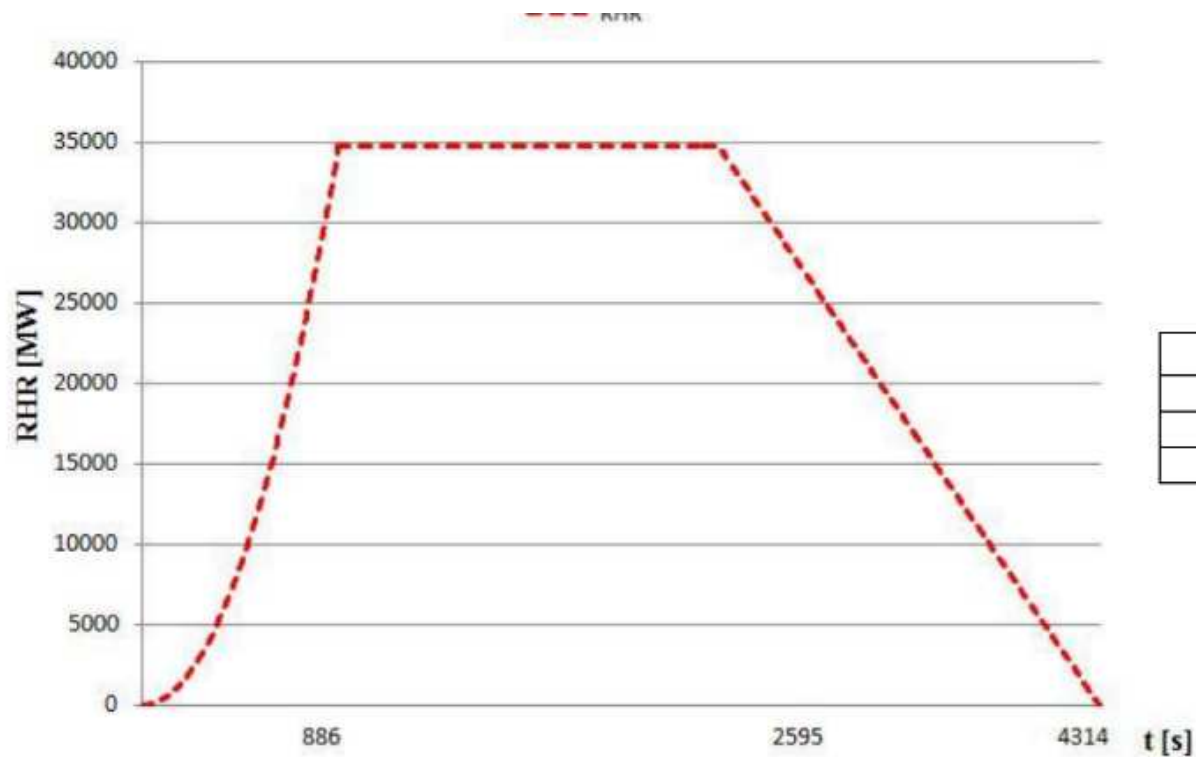
Locale aperto al pubblico – Edificio Storico

Scenari di incendio

quantificazione

Incendio – M.2.4.3

B) Calcolo RHR Biblioteca



Tab. 3.2 “Valori caratteristici della curva RHR biblioteca”

RHR _{max} = 34,78 MW	
t_A (s)	886
t_B (s)	2595
t_C (s)	4314

Esempi

Locale aperto al pubblico – Edificio Storico

Scenari di incendio**quantificazione****Incendio – M.2.4.3****B) Calcolo RHR Biblioteca**

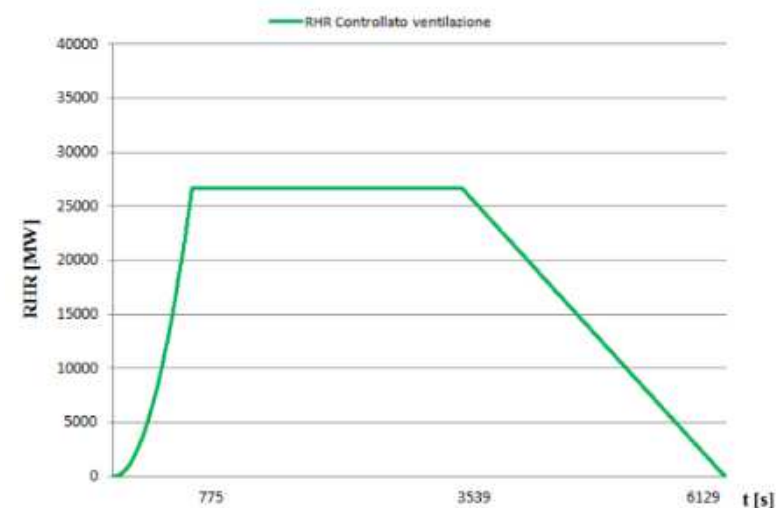
« il valore della potenza sprigionata nel caso l'incendio sia *controllato dalla ventilazione*, è minore rispetto alla potenza calcolata in riferimento alla superficie del compartimento che, invece, è ricavata in aria libera. I valori che caratterizzano la curva controllata dalla ventilazioni sono riportati in Tabella 3.4. Nonostante la maggior parte degli incendi in ambiente confinato siano controllati dalla ventilazione, **non si hanno certezze a riguardo per i casi studiati**. Per questo motivo nelle simulazioni è *utilizzata come curva di riferimento quella con potenza maggiore*....»

Tab. 3.3 “Dimensioni delle aperture nella biblioteca”

	Base (m)	Altezza (m)	Area (m ²)	Numero
Finestra	1	2	2	4
Porta	1,15	2,24	5,77	2
$A_p = 13,15$ (m)		$h_{eq} = 2,09$ (m)		

Tab. 3.4 “Valori caratteristici della curva, nel caso di incendio controllato da ventilazione”

$RHR_{max} = 26,64$ MW	
t_A [s]	775
t_B [s]	3539
t_C [s]	6129



Esempi

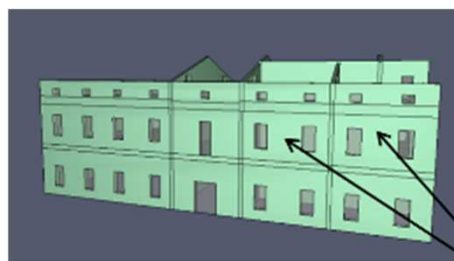
Locale aperto al pubblico – Edificio Storico

Scenari di incendio

Lo scenario scelto è definito “tipo”, in quanto viene simulato un contesto abituale all’interno di musei con presenza di una biblioteca:

- Finestre e porte esterne chiuse, per mantenere costante la temperatura interna;
- Porte aperte all’interno, per agevolare lo spostamento delle persone;
- Porta di accesso biblioteca chiusa, per assicurare silenzio all’interno della stessa;
- Porte REI di tutto il modello chiuse, ipotizzando una corretta gestione della prevenzione.

Quindi, nel caso in esame, si studia un contesto ragionevolmente abituale nei musei, nel quale l’incendio divampa senza nessun intervento esterno.



Finestre chiuse



**Porta biblioteca
chiusa**

Esempi

Locale aperto al pubblico – Edificio Storico

4.2 Obiettivi

1. Simulare l'incendio nella biblioteca e valutare il trasporto dei fumi e dei gas di combustione all'interno dell'edificio.
2. Studiare i valori dell'altezza libera da fumo restituiti dal codice di calcolo e valutare il tempo al quale l'altezza di 2 m sul livello del pavimento non è più rispettata.
3. Studiare i valori di temperatura restituiti dal codice di calcolo.

M.3.3.3 Campo di applicabilità del metodo semplificato

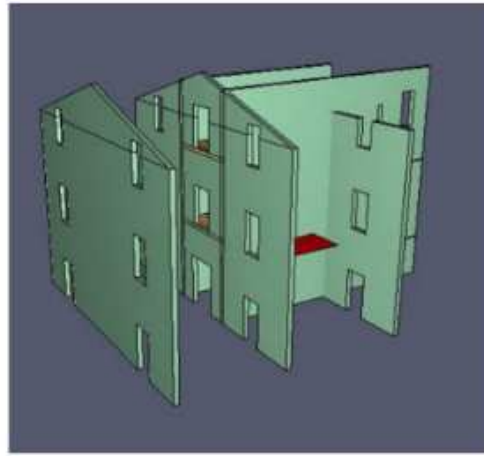
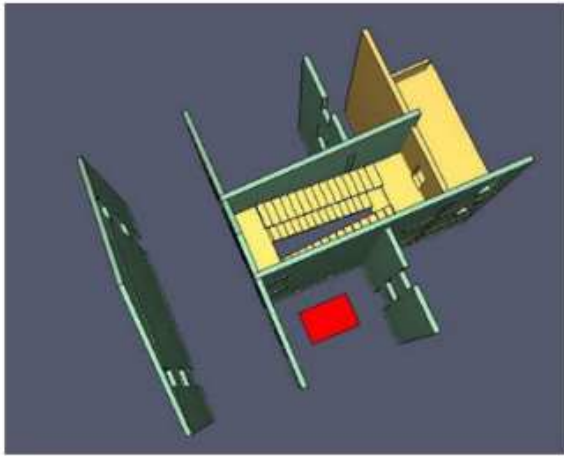
Il **metodo di calcolo semplificato** di cui al paragrafo M.3.3.2 è applicabile, solo se la **potenza del focolare rapportata alla geometria dell'ambiente è sufficiente a garantire la formazione dello strato di fumi caldi superiore**: il professionista antincendio e tenuto a verificare che tale condizione si verifichi.



- a. **altezza minima dei fumi** stratificati dal piano di calpestio pari a **2 m**, al di sotto del quale permanga lo strato d'aria indisturbata e
- b. **temperatura media** dello strato di fumi caldi **non superiore a 200°C**.

Esempi

Locale aperto al pubblico – Edificio Storico



4.3 Impostazioni scelte e considerazioni per la simulazione

Nel software sono implementati.....

4.3.3.1 Impostazioni “Heat Detector Models”:

- “Activation Temperature”: 300 °C per quello relativo alle finestre [3], 180 °C per quello relativo alla porta; I valori scelti sono rappresentativi della temperatura alla quale i vetri si rompono, per quanto riguarda le finestre, e della temperatura di ignizione per quanto riguarda la porta.
- “Response Time Index”: $100 \sqrt{m * s}$; Costante relativa all’algoritmo RTI, con cui FDS misura la temperatura; è lasciato il valore di default.

I device “*Heat Detector*” sono collocati al centro delle finestre e al centro della porta, con il relativo “*Heat Detector Models*” associato.

Esempi

Locale aperto al pubblico – Edificio Storico

4.3.3.2 Impostazioni sensori di temperatura puntuale degli ambienti al Piano primo:

Il software permette di valutare l'evoluzione temporale della temperatura in un punto; nel caso in esame le zone di interesse sono le stanze del piano primo e il vano scale.

Per avere un quadro più preciso del comportamento della temperatura, i sensori sono distribuiti con omogeneità nelle stanze di interesse, come illustrato in Figura 4.3.

Un ulteriore accorgimento è relativo all'altezza a cui collocare questi sensori. Per ogni punto di misura, infatti, sono presenti tre sensori a tre altezze diverse dal pavimento (vedi Figura 4.2):

- $Z = 0.65$ m, altezza presa come riferimento nel caso di fuga a carponi;
- $Z = 1.7$ m, altezza media delle vie respiratorie umane [3];
- $Z = 2.5$ m, altezza massima di interesse per il caso in esame.

Per quanto riguarda le scale, i sensori di misura sono in numero minore, per la minore estensione dell'ambiente; i punti ritenuti più significativi, illustrati in Figura 4.3, sono i pianerottoli e quelli a metà di ogni rampa.



Fig 4.2 "Vista laterale; dettaglio della distribuzione verticale dei sensori di temperatura, nella sala grande e del corridoio"

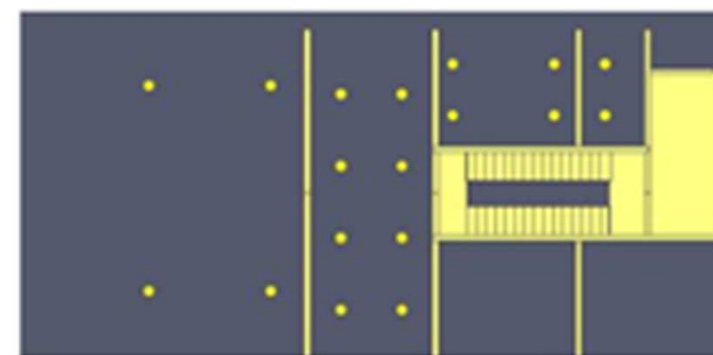


Fig 4.3 "Vista superiore; distribuzione orizzontale dei sensori di temperatura, nella sala grande e del corridoio"

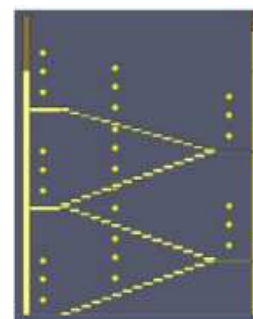


Fig 4.4 "Vista laterale; dettaglio della distribuzione verticale dei sensori di temperatura, nel vano scala"

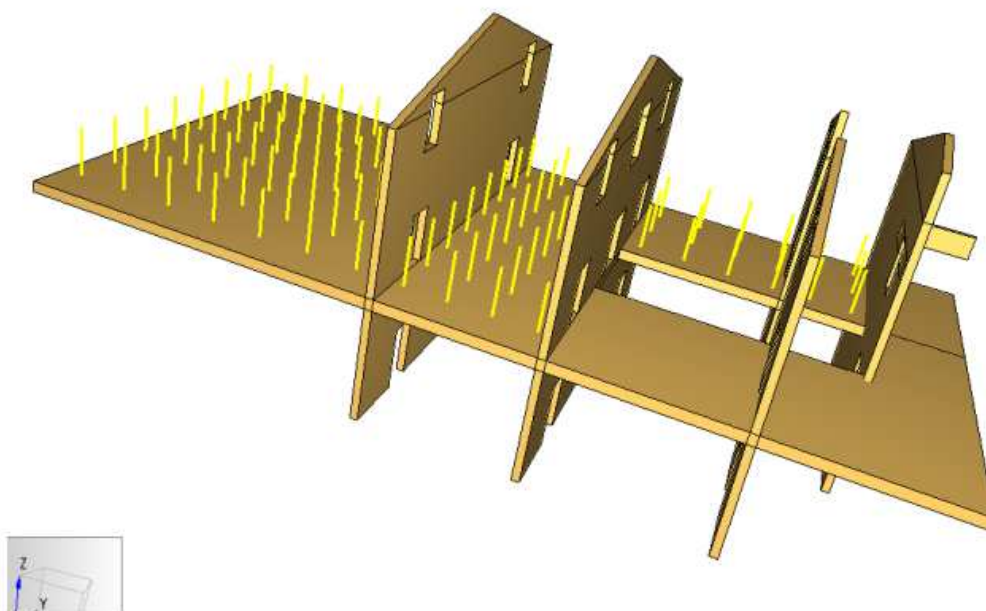


Fig 4.5 “Distribuzione dei sensori Layer Zoning Device nella sala grande, nel corridoio e negli uffici”

Esempi

Locale aperto al pubblico – Edificio Storico

4.5 Risultati e conclusioni

La simulazione è stata volutamente interrotta a circa 2000 s, in seguito all'osservazione dell'evoluzione dei fumi e dei risultati, poiché la situazione raggiunta è ampiamente inabitante e mortale per gli esseri umani.

1. I fumi prodotti dalla combustione rimangono confinati nella biblioteca fino allo step temporale 207 s, quando il control “Porta Biblioteca A/C” impone l'apertura della porta che separa la biblioteca dal corridoio, come mostrato in Figura 4.8. A questo punto, come evidenziato in Figura 4.9, i fumi invadono rapidamente il corridoio da dove si propagano in breve tempo alla sala espositiva e agli uffici posti sul lato opposto alla biblioteca.

I fumi rimangono comunque confinati nel piano interessato, poiché le porte REI sono considerate correttamente chiuse e la temperatura, in nessun altro locale, raggiunge valori tali da giustificare la rottura delle finestre presenti al piano.

All'interno della biblioteca si giunge alla rottura di tutte le finestre in seguito all'attivazione dei control “Apertura finestra 1”, “Apertura finestra 2”, “Apertura finestra 3” e “Apertura finestra 4” (vedi Figura 4.10).

Fig. 4.8 “Control Porta Biblioteca A/C: grafico stato attivazione/tempo”

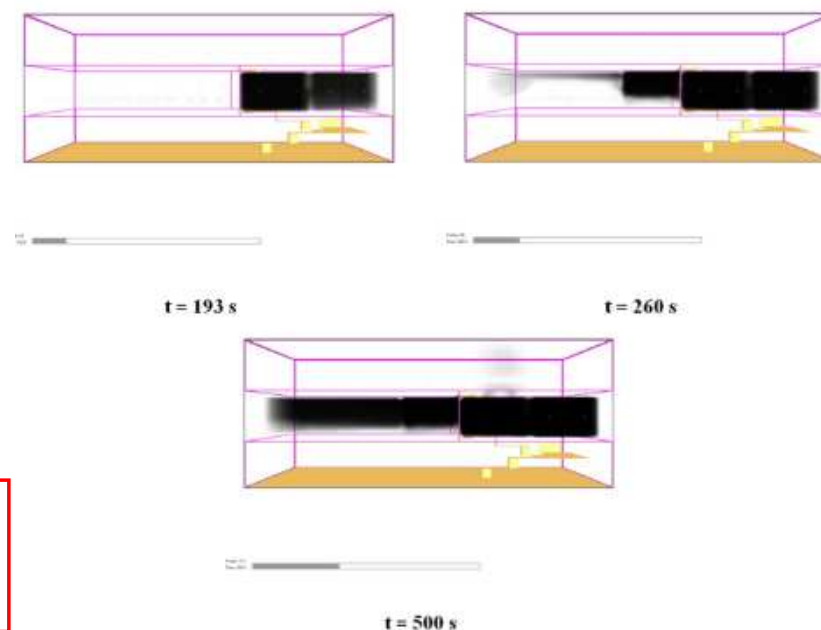


Fig. 4.9 “Vista laterale dell'edificio; andamento temporale dei fumi a step significativi: step 193 s, step 260 s e step 500 s”

Esempi

Locale aperto al pubblico – Edificio Storico

Osservando la Tabella 4.1 in cui sono riportati i tempi di rottura restituiti dal codice di calcolo, si nota che le rotture degli infissi nelle due sale avvengono in due momenti diversi:

- Inizialmente si rompono i vetri della sala dove è collocato il braciere;
- Successivamente il calore trasmesso nella sala adiacente è sufficiente per giungere alla temperatura di rottura degli infissi anche in questo ambiente.

Tab. 4.1 “Tempi di rottura degli infissi della biblioteca”

	step temporale
“Apertura finestra 1”	311 s
“Apertura finestra 2”	306 s
“Apertura finestra 3”	621 s
“Apertura finestra 4”	680 s

Esempi

Locale aperto al pubblico – Edificio Storico

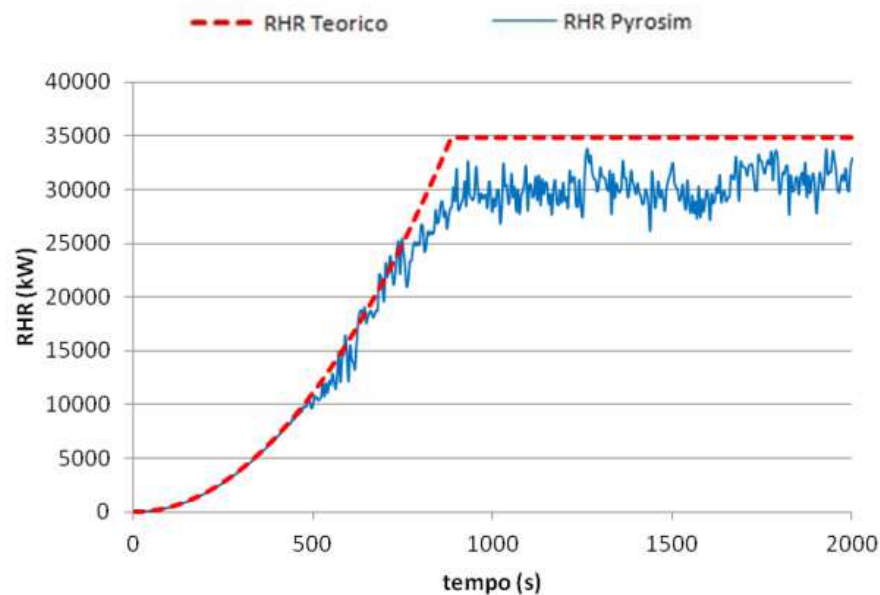


Fig. 4.11 (a) “Andamento dell’RHR in funzione del tempo. Il grafico mette a confronto la potenza termica calcolata in aria libera (curva rossa tratteggiata) con la potenza termica restituita dal codice di calcolo (curva blu continua)”

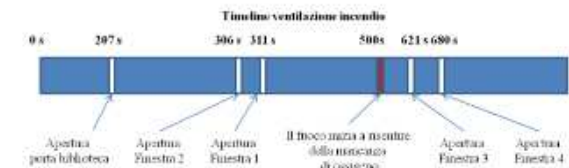


Fig. 4.11 (b) “Timeline degli eventi che caratterizzano l’apporto di aria alla combustione”

Esempi

Locale aperto al pubblico – Edificio Storico

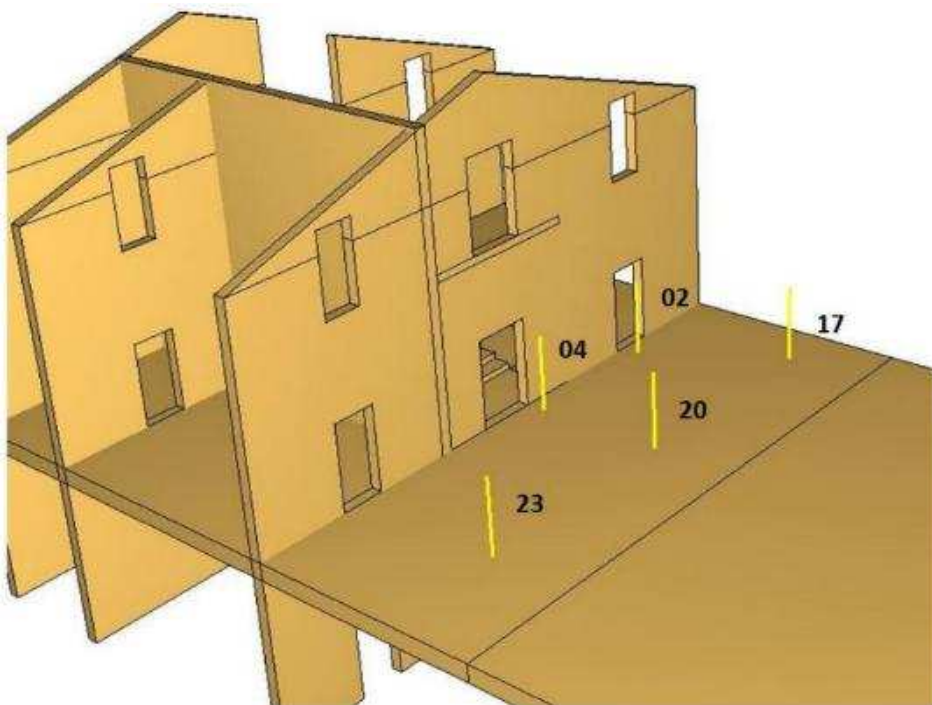


Fig. 4.12 “Layer Zoning Device presi in considerazione per l’analisi del parametro prestazionale”

2. Il tempo ricercato nell’analisi dei risultati è quello al quale i fumi scendono sotto il criterio prestazionale richiesto (2 m di altezza libera da fumo).

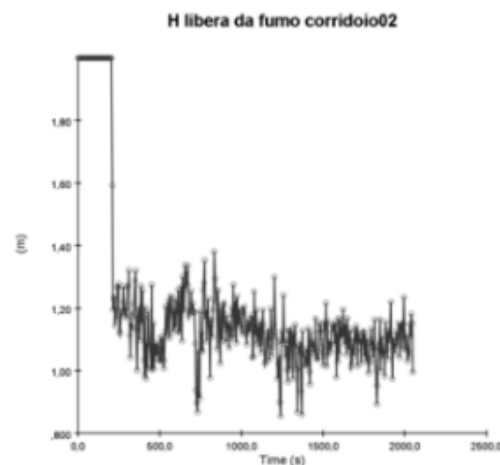
Nella Figura 4.12, sono raffigurati i “*Layer Zoning Device*” più rappresentativi tra quelli collocati nel corridoio.

Il comportamento dei “device” numeri 02 e 04 è riportato in Figura 4.13; i valori che hanno restituito sono:

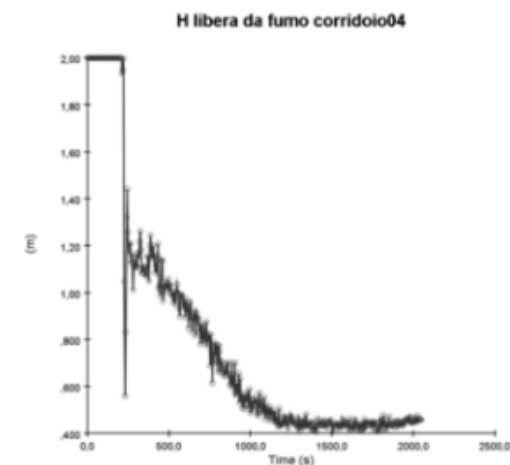
- numero 02: 207 s
- numero 04: 212 s

Il numero 02 è collocato proprio davanti alla porta della biblioteca e, come ci si poteva aspettare, restituisce il valore più basso del modello.

Più interessante è il valore restituito dal “device” numero 04 che, essendo collocato vicino all’unica via di fuga, fornisce un dato importante.



(a)



(b)

Esempi

Locale aperto al pubblico – Edificio Storico

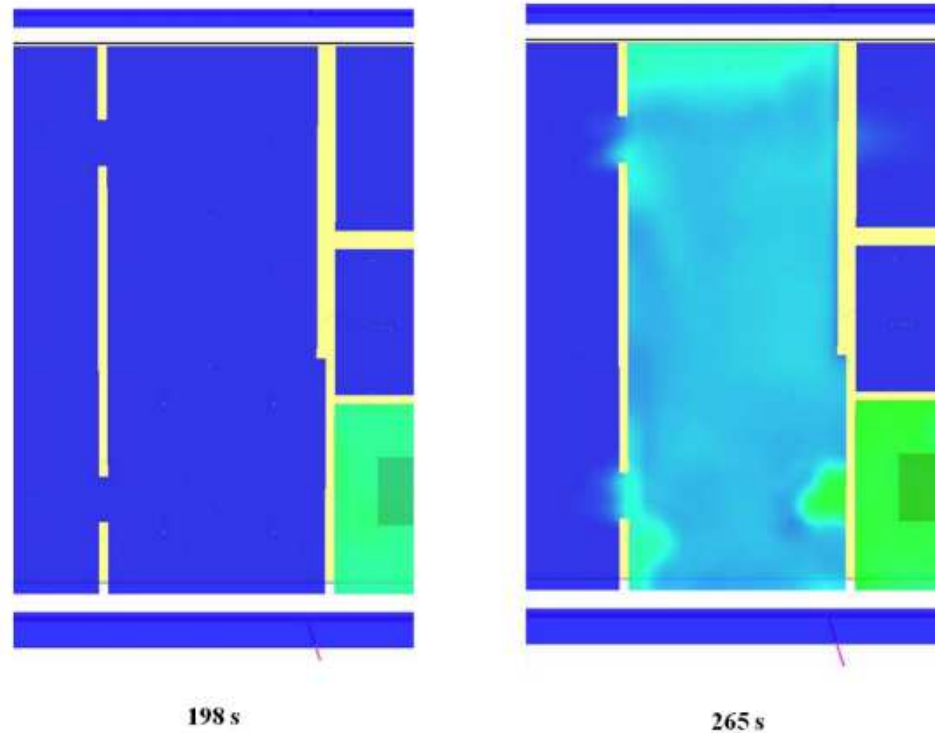
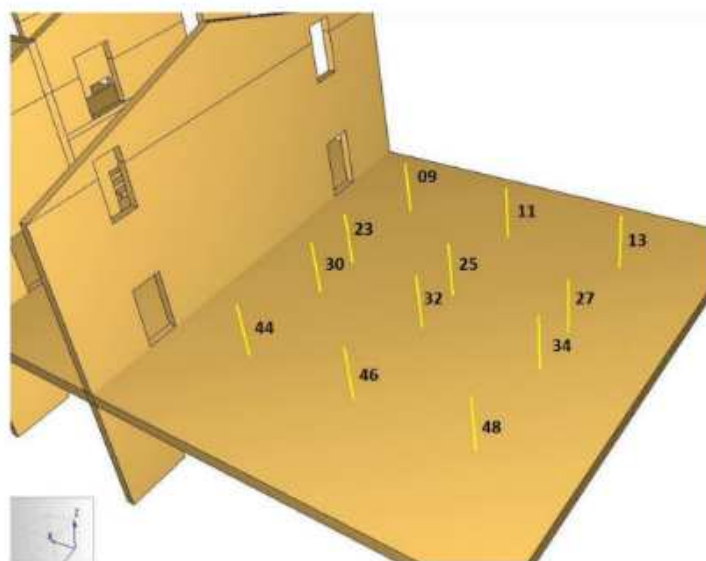


Fig. 4.15 "Slice orizzontale $Z = 2$ m relativa al parametro "Optical Density"; allo step 198 s l'altezza libera da fumi è ancora garantita, allo step 265 s l'altezza non è più garantita".

Esempi

Locale aperto al pubblico – Edificio Storico



Tab. 4.2 “Tempi ai quali l’altezza libera da fumo non è più garantita”

numero 09: 400 s	numero 23: 383 s	numero 30: 387 s	numero 44: 387 s
numero 11: 392 s	numero 25: 378 s	numero 32: 328 s	numero 46: 392 s
numero 13: 365 s	numero 27: 360 s	numero 34: 365 s	numero 48: 383 s

«.....l’altezza libera dal fumo, nella sala espositiva grande, è garantita per più tempo. A favorire questa evoluzione dei fumi intervengono due fattori:

- La distanza dalla sorgente dei fumi;
- Le dimensioni maggiori della sala che, unite all’altezza del soffitto, garantiscono un notevole volume di accumulo dei fumi prima che possano raggiungere l’altezza di 2 m dal pavimento.....»

Fig. 4.16 “Device presi in considerazione nella sala grande per l’analisi dell’altezza libera da fumo”.

Esempi

Locale aperto al pubblico – Edificio Storico

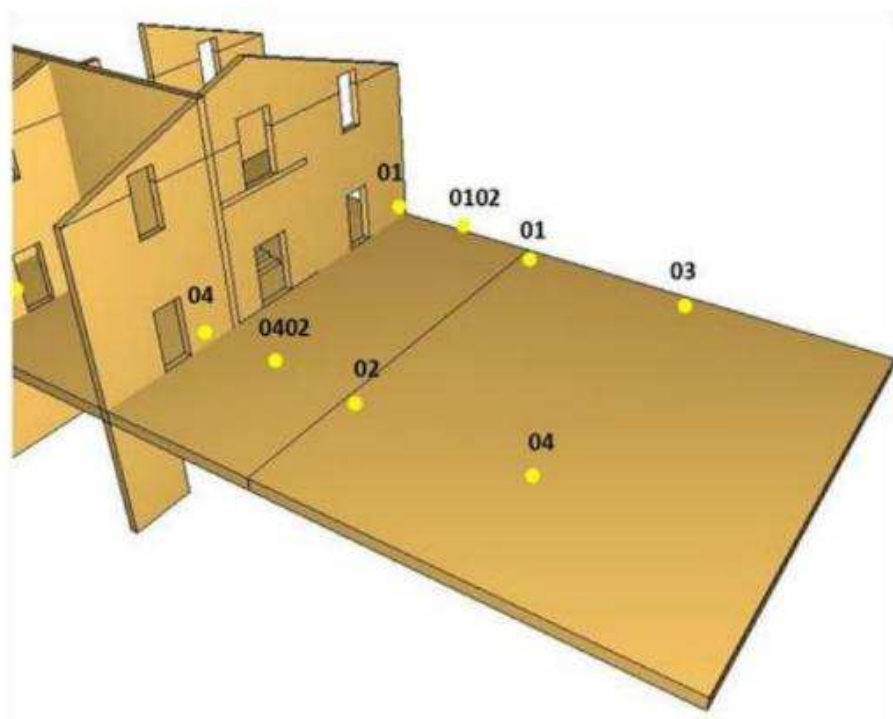


Tabella 4.3 “Valori della temperatura restituiti dai device collocati nel corridoio tra lo step temporale 207 s e lo step temporale 239 s”

	207 s	239 s
device 01	20 °C	38 °C
device 04	20 °C	45 °C
device 0102	20 °C	41 °C
device 0402	20 °C	38 °C

Fig. 4.23 “Device presi in considerazione per l’analisi della andamento della temperatura nel corridoio nella sala grande”.

Esempi

Locale aperto al pubblico – Edificio Storico

4. Si conclude che l'altezza libera da fumo è il parametro più critico da tenere in considerazione per studiare l'evacuazione; nel caso in esame infatti, l'altezza di 2 m sul piano del pavimento è garantita per un tempo minore rispetto al limite di esposizione alla temperatura (fissato a 60 °C).

➡ Il corridoio è la zona più critica per il primo piano, è la prima sala infatti in cui il fumo scende sotto i 2 m ed è anche la sala in cui è collocata l'unica via di fuga di tutto il piano (porta REI120 che conduce al vano scale). In base ai parametri prestazionali scelti il corridoio è compromesso tra gli step temporali 207 s e 225 s; in Tabella 4.3 si può notare come la temperatura sia ancora accettabile al passo temporale 239 s, quando il parametro prestazionale relativo all'altezza libera da fumo è oramai decaduto.

Esempi

Locale aperto al pubblico – Edificio Storico

5. SIMULAZIONE DELL'INCENDIO TIPO CON GESTIONE DELLA SICUREZZA ERRATA

5.1 Descrizione scenario

Lo scenario è analogo a quello presentato nel Capitolo 4 con la differenza che in questo caso si considera una gestione errata della sicurezza. È fondamentale sottolineare l'importanza del “Sistema di gestione della sicurezza antincendio” per prevenire i danni derivanti da un incendio e come l'eventuale negligenza nei confronti dello stesso, abbia gravi ripercussioni sull'esito dell'emergenza. Nell'ipotesi di una gestione della sicurezza errata è stato ipotizzato che la porta REI120, che collega il corridoio del primo piano al vano scale, sia volontariamente bloccata per agevolare il passaggio delle persone; nonostante sia palesemente pericoloso, è un'azione frequentemente messa in atto per mezzo di cunei fermaporta, con lo scopo di favorire il passaggio delle persone.

Lo scenario presenta, quindi le seguenti caratteristiche:

- Finestre e porte esterne chiuse, per mantenere costante la temperatura interna;
- Porte aperte all'interno, per agevolare lo spostamento delle persone;
- Porta di accesso biblioteca chiusa, per assicurare silenzio all'interno della stessa;
- **Porte REI di tutto il modello chiuse, tranne quella che collega il corridoio del primo piano al vano scale.**



Esempi

Locale aperto al pubblico – Edificio Storico

La simulazione è stata interrotta a circa 2000 s; a tale istante la situazione ambientale all'interno dell'edificio è ampiamente inabilitante e mortale per gli individui.

1. I fumi prodotti dalla combustione rimangono confinati nella biblioteca fino allo step temporale 212 s, quando il control “Porta Biblioteca A/C” impone l'apertura della porta che separa la biblioteca dal corridoio, come mostrato in Figura 5.1. A questo punto, come evidenziato in Figura 5.2, i fumi invadono rapidamente il corridoio, da dove si propagano in breve tempo al vano scale, alla sala espositiva e agli uffici posti sul lato opposto alla biblioteca. I fumi rimangono comunque confinati nel primo piano e nel vano scale, poiché tutte le altre porte REI sono considerate correttamente chiuse. All'interno della biblioteca si giunge alla rottura di tutte le finestre, in seguito all'attivazione dei control “Apertura finestra 1”, “Apertura finestra 2”, “Apertura finestra 3” e “Apertura finestra 4” (vedi Figura 5.3).

Esempi

Locale aperto al pubblico – Edificio Storico

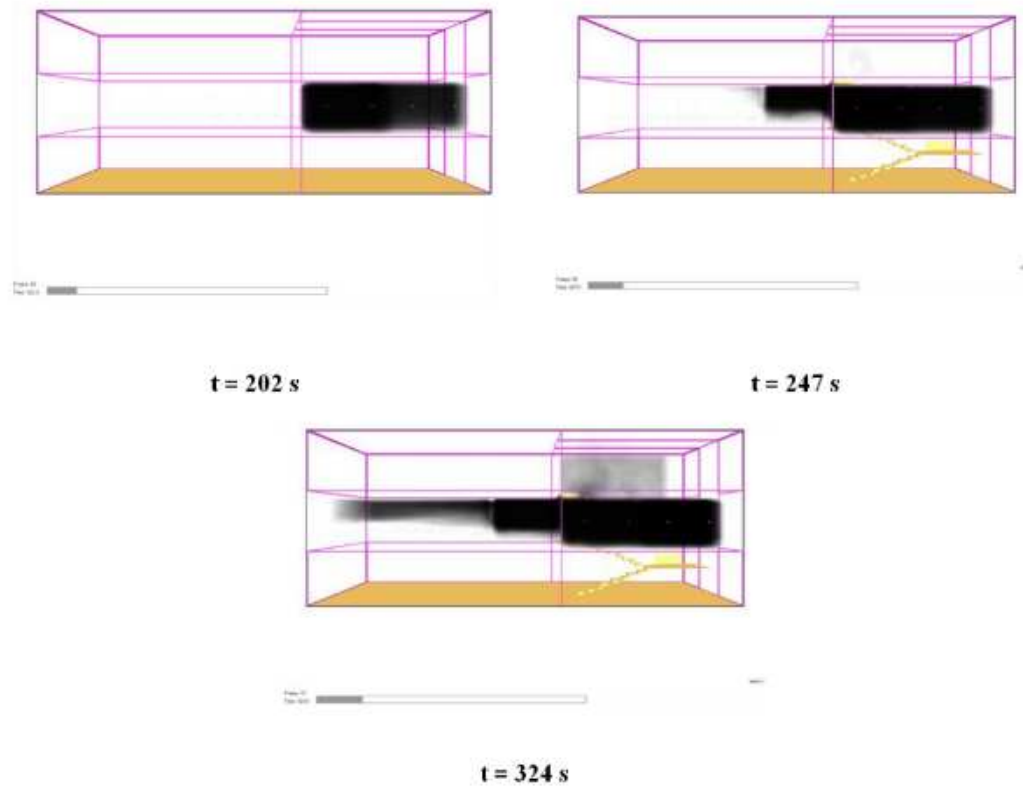


Fig. 5.2 “Vista laterale dell’edificio; andamento temporale dei fumi a step significativi: step 202 s, step 247 s e step 324 s”

Esempi

Locale aperto al pubblico – Edificio Storico

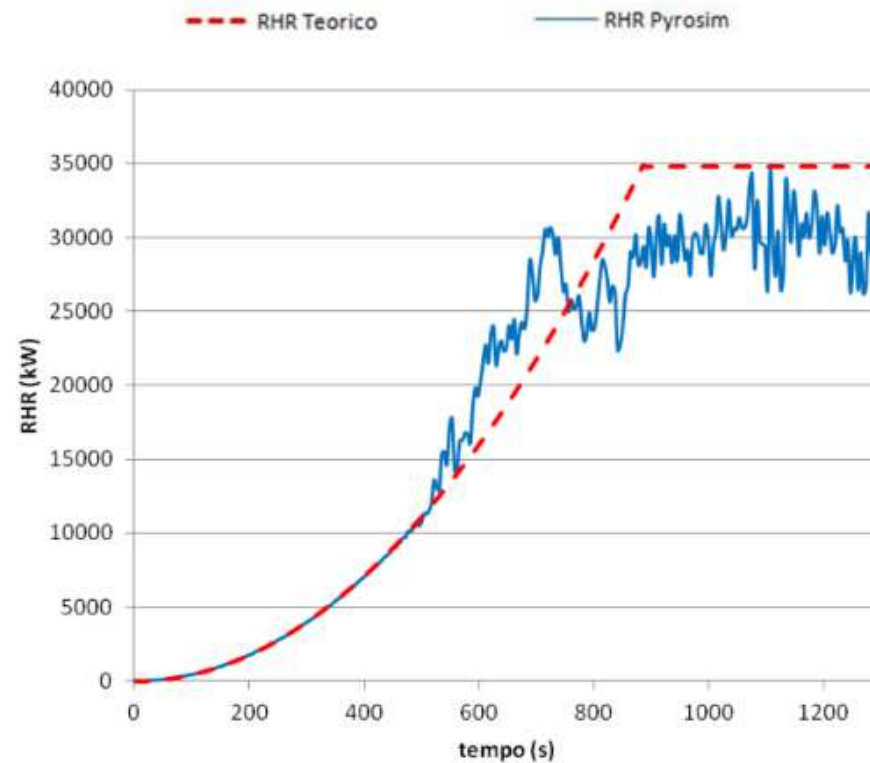


Fig. 5.4 “Andamento dell’RHR in funzione del tempo. Il grafico mette a confronto la potenza termica calcolata in aria libera (curva rossa tratteggiata) con la potenza termica restituita dal codice di calcolo (curva blu continua)”

Esempi

Locale aperto al pubblico – Edificio Storico

2. In Figura 4.11, sono raffigurati i “*Layer Zoning Device*” più rappresentativi tra quelli collocati nel corridoio; per paragonare i risultati alla “Simulazione incendio tipo” sono stati presi in considerazione gli stessi device anche per questa simulazione.

Il comportamento dei “device” numeri 02, numero 04 e numero 23 è riportato in Figura 5.7; i valori che hanno restituito sono i minori tra quelli del corridoio:

- numero 02: 212 s
- numero 04: 225 s
- numero 23: 230 s

Il numero 02 è collocato proprio davanti alla porta della biblioteca e, anche in questa simulazione, restituisce il valore più basso del modello. Il “device” numero 04 fornisce l’altezza libera da fumo in prossimità della porta REI che collega il corridoio del primo piano al vano scale; si sottolinea come, nel caso di gestione della sicurezza corretta, questo tempo è da considerarsi relativo solo al corridoio. È evidente che in un caso come questo di gestione errata della sicurezza, la situazione critica si estende anche al pianerottolo e conseguentemente al vano scale collegato. Il comportamento degli altri due “device”: il numero 17 e il numero 20, è mostrato in Figura 5.8; i risultati ottenuti con il codice di calcolo sono:

- numero 17: 243 s
- numero 20: 234 s

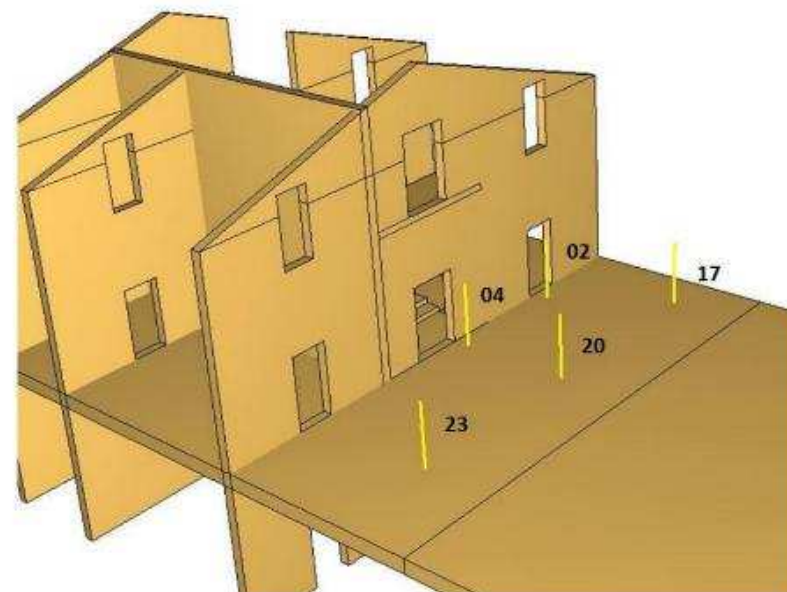
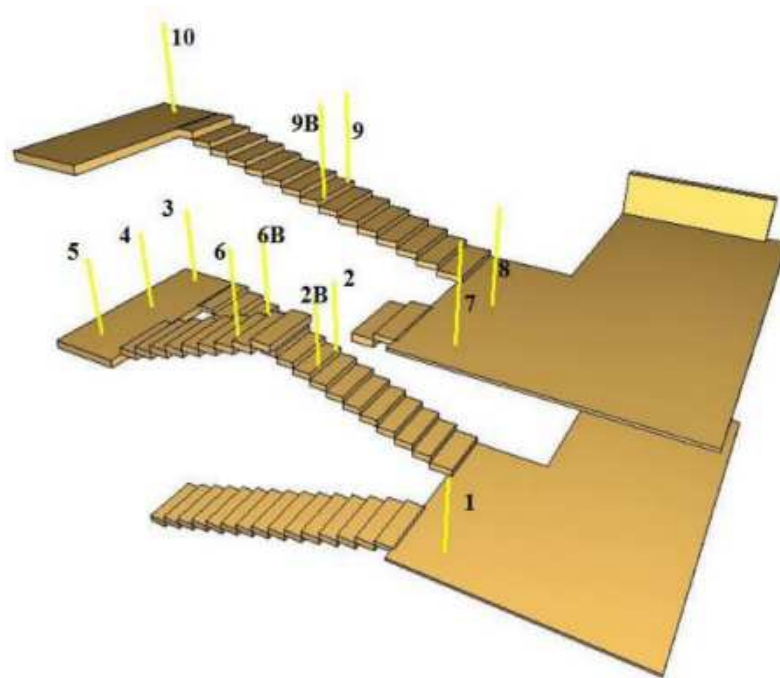


Fig. 4.12 “Layer Zoning Device presi in considerazione per l’analisi del parametro prestazionale”

Esempi

Locale aperto al pubblico – Edificio Storico



Tab. 5.2 “Tempi di decadimento del parametro prestazionale nel vano scale”

	Step temporale
numero 01	909 s
numero 02	450 s
numero 02B	450 s
numero 03	369 s
numero 04	270 s
numero 05	365 s
numero 06	617 s
numero 06B	531 s
numero 07	599 s
numero 08	617 s
numero 09	603 s
numero 09B	549 s
numero 10	594 s

Fig. 5.10 “Device presi in considerazione per l’analisi dell’altezza libera da fumo”

Esempi

Locale aperto al pubblico – Edificio Storico

Gli stessi device studiati nella “Simulazione incendio tipo”, sono stati presi in considerazione anche per la sala espositiva grande, vedi Figura 4.15; l'altezza libera da fumo, per questo compartimento, è garantita per più tempo rispetto al corridoio, come evidenziato in Tabella 5.2. L'andamento temporale delle altezze libere da fumo per i “device” numero 09, numero 11 e numero 13, sono riportati in Figura 5.17; quelli relativi ai numeri 23, numero 25 e numero 27 in Figura 5.18; i comportamenti del numero 30, del numero 32 e del numero 34, sono illustrati in Figura 5.19 mentre in Figura 5.20, sono riportati quelli del numero 44, del numero 46 e del numero 48

Tab. 5.2 “Tempi ai quali l'altezza libera da fumo non è più garantita”

numero 09: 396 s	numero 23: 392 s	numero 30: 387 s	numero 44: 387 s
numero 11: 387 s	numero 25: 392 s	numero 32: 383 s	numero 46: 396 s
numero 13: 374 s	numero 27: 369 s	numero 34: 369 s	numero 48: 387 s

Tab. 4.2 “Tempi ai quali l'altezza libera da fumo non è più garantita”

numero 09: 400 s	numero 23: 383 s	numero 30: 387 s	numero 44: 387 s
numero 11: 392 s	numero 25: 378 s	numero 32: 328 s	numero 46: 392 s
numero 13: 365 s	numero 27: 360 s	numero 34: 365 s	numero 48: 383 s

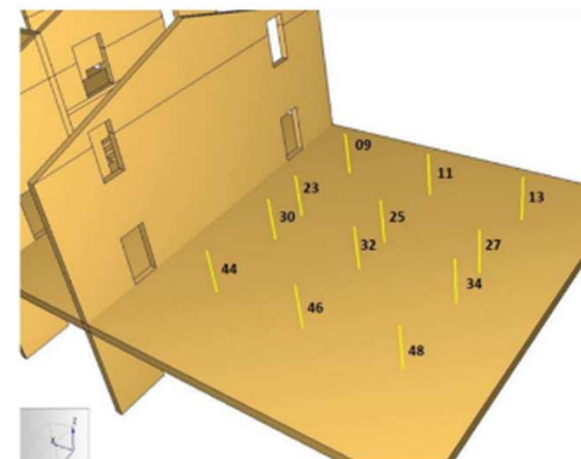


Fig. 4.16 “Device presi in considerazione nella sala grande per l'analisi dell'altezza libera da fumo”.

Esempi

Locale aperto al pubblico – Edificio Storico

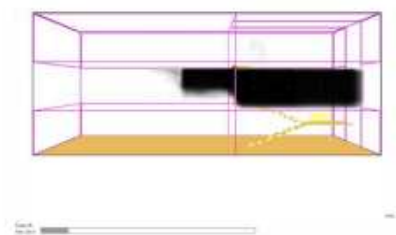
4. Si conclude che, anche in questa simulazione l'altezza libera da fumo è il parametro più critico da tenere in considerazione per studiare l'evacuazione; l'altezza di 2 m sul piano del pavimento infatti è garantita per un tempo minore rispetto al limite di esposizione alla temperatura (fissato a 60 °C). Il corridoio è sempre la zona più critica per il primo piano. È la prima sala infatti, in cui il fumo scende sotto i 2 m ed è anche la sala in cui è collocata l'unica via di fuga di tutto il piano (porta REI120 che conduce al vano scale). In base ai parametri prestazionali scelti, il corridoio è compromesso tra gli step temporali 212 s e 243 s; in Tabella 5.3 si può notare come la temperatura sia ancora accettabile al passo temporale 239 s, quando il parametro prestazionale relativo all'altezza libera da fumo è oramai decaduto

Lo scenario è comunque potenzialmente più pericoloso rispetto alla “Simulazione dell'incendio tipo”, nonostante la situazione nel corridoio e nella sala grande sia equiparabile. I fumi infatti coinvolgono il vano scale che rappresenta l'unica via di fuga; la sua implicazione nello scenario può compromettere l'evacuazione delle persone che si trovano nel piano superiore.

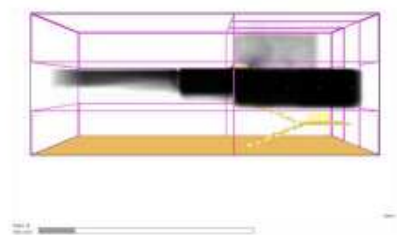


Esempi

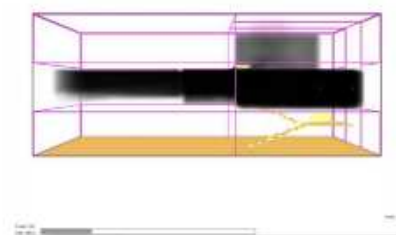
Locale aperto al pubblico – Edificio Storico



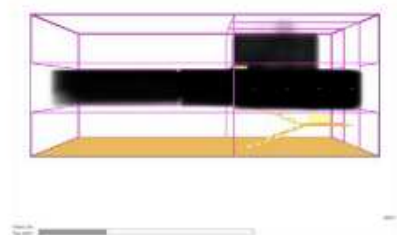
(a) 247 s



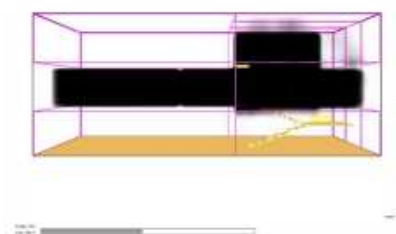
(b) 324 s



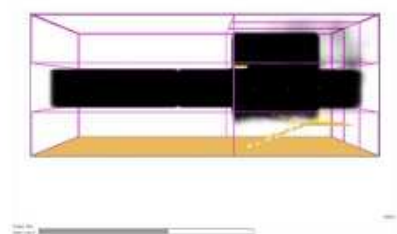
(c) 450 s



(d) 603 s



(e) 900 s



(f) 1143 s

Esempi

Locale aperto al pubblico – Edificio Storico

7. “SIMULAZIONE DELL’INCENDIO TIPO”: DIFFERENZE TRA MURI INERTI E MURI CONDUTTIVI

..... i muri vengono considerati inerti. In questo modo assorbono calore dall’ambiente, ma non lo trasferiscono. Con questa impostazione quindi, si esclude dalla simulazione il passaggio del calore attraverso i muri stessi e il successivo trasferimento per irraggiamento e convezione all’ambiente limitrofo di cui il muro è confine; come conseguenza di questa impostazione lo scambio termico nella simulazione avviene solo per circolazione naturale da parte dei fumi. L’obiettivo finale è quello di confrontare i risultati ottenuti nella presente simulazione con quelli restituiti nel Capitolo 4 e valutare eventuali difformità.....

Esempi

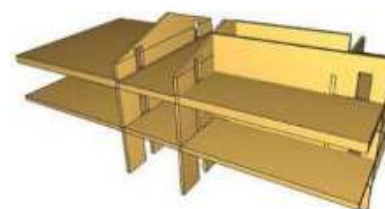
Locale aperto al pubblico – Edificio Storico

7. “SIMULAZIONE DELL’INCENDIO TIPO”: DIFFERENZE TRA MURI INERTI E MURI CONDUTTIVI

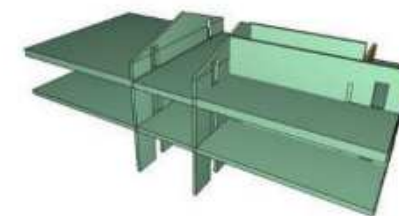
7.3 Descrizione scenario

Lo scenario è analogo a quello presentato nel Capitolo 4, l’unica differenza tra le due simulazioni è l’implementazione dei muri che, nella simulazione di questo Capitolo sono considerati inerti (vedi Figura 7.1). Si ricorda che lo scenario scelto è definito “tipo” in quanto viene simulato un contesto abituale all’interno di musei con presenza di una biblioteca:

- Finestre e porte esterne chiuse, per mantenere costante la temperatura interna;
- Porte aperte all’interno, per agevolare lo spostamento delle persone;
- Porta di accesso biblioteca chiusa, per assicurare silenzio all’interno della stessa;
- Porte REI di tutto il modello chiuse, per una corretta gestione della sicurezza.



(a)



(b)

Esempi

Locale aperto al pubblico – Edificio Storico

7.5 Risultati e conclusioni La simulazione è stata interrotta a circa 2000 s;

1. La porta della biblioteca si sfonda a un tempo simile in entrambe le simulazioni; i tempi restituiti dal codice di calcolo sono infatti:
 - control “Porta Biblioteca A/C” inerti: 203 s;
 - control “Porta Biblioteca A/C” conduttivi: 207 s.

Tab. 7.1 “Apertura finestre: confronto tra i tempi di rottura degli infissi nelle due simulazioni”

	Inerti	Conduttivi
“Apertura finestra 1”	329 s	311 s
“Apertura finestra 2”	324 s	306 s
“Apertura finestra 3”	mai	621 s
“Apertura finestra 4”	mai	680 s

Esempi

Locale aperto al pubblico – Edificio Storico

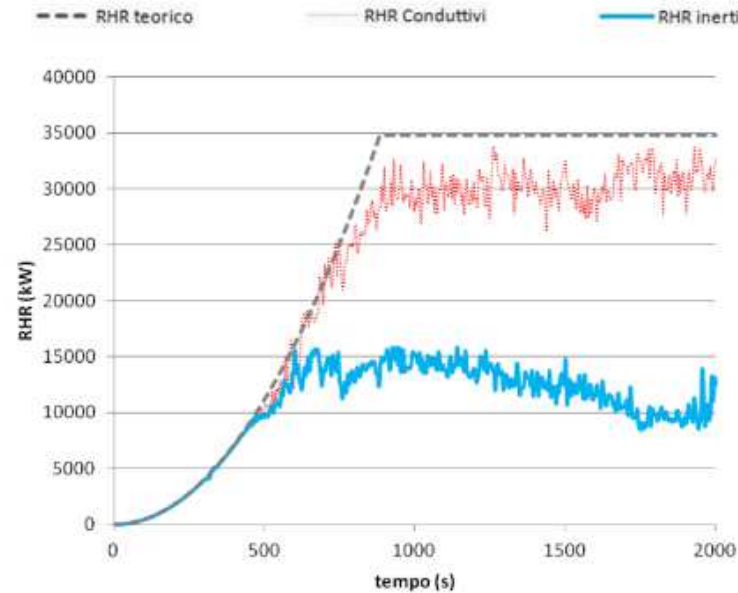
Rispetto all'apertura della porta il comportamento delle finestre è maggiormente influenzato dall'implementazione dei muri conduttivi piuttosto che inerti; in particolare risentono di questa differenza la Finestra 3 e la Finestra 4. I tempi ai quali si rompono la Finestra 1 e la Finestra 2 sono sostanzialmente paragonabili e questa leggera differenza può essere attribuita a semplici fluttuazioni numeriche tra le due simulazioni. I tempi relativi alla Finestra 3 e alla Finestra 4 sono invece totalmente diversi; considerando i muri conduttivi infatti, il calore trasmesso nella sala adiacente è sufficiente per giungere alla rottura degli infissi, rottura alla quale non si perviene nella simulazione con muri considerati inerti.

In Tabella 7.1 sono riportati i tempi di apertura ottenuti dalle simulazioni; in Figura 7.3 sono confrontati i grafici attivazione/tempo dei control “Apertura finestra 1”, “Apertura finestra 2”, “Apertura finestra 3” e “Apertura finestra 4” che gestiscono la rottura delle finestre.

Esempi

Locale aperto al pubblico – Edificio Storico

Le differenze riscontrate nella rottura dei vetri nelle due simulazioni hanno come conseguenza una ventilazione diversa dell'incendio. In particolare la rottura della Finestra 3 e della Finestra 4 nella simulazione effettuata con i muri conduttivi, consente un maggior apporto di ossigeno all'incendio. L'effetto è un aumento della potenza sprigionata che, nel caso in cui i muri siano considerati conduttivi, raggiunge valori compresi tra 34 MW e 30 MW, mentre nel caso i muri siano considerati inerti si ferma a valori di potenza compresi tra 10 MW e 15 MW



Esempi

Locale aperto al pubblico – Edificio Storico

2. In Figura 4.12, sono raffigurati i “*Layer Zoning Device*” più rappresentativi tra quelli collocati nel corridoio; per paragonare i risultati sono stati ovviamente considerati gli stessi device per entrambe le simulazioni. I tempi di decadimento del parametro prestazionale sono posti a confronto in Tabella 7.2: per entrambe le simulazioni e per ognuno dei device considerati è riportato il tempo al quale l’altezza libera da fumo non è più rispettata; viene inoltre riportato il Δt , calcolato utilizzando la Formula 7.1

Tab. 7.2 “Confronto tra i tempi di decadimento del parametro prestazionale nel corridoio”

	Simulazione muri inerti	Simulazione muri conduttivi	Δt (s)
numero 02	203 s	207 s	4
numero 04	216 s	212 s	- 4
numero 17	203 s	207 s	4
numero 20	216 s	225 s	9
numero 23	212 s	225 s	13

il Δt aumenta con la distanza
dalla porta della biblioteca

Esempi

Locale aperto al pubblico – Edificio Storico

Per la sala espositiva grande sono stati presi in considerazione gli stessi device studiati nella “Simulazione incendio tipo”, mostrati in Figura 4.12. L’altezza libera da fumo, per questo compartimento, è garantita per più tempo rispetto al corridoio; il riempimento più lento della sala grande è dovuto ai seguenti fattori:

- La distanza dalla sorgente dei fumi;
- Le dimensioni maggiori della sala che, unite all’altezza del soffitto, garantiscono un notevole volume di accumulo dei fumi.

Tab. 7.3 “Confronto tra i tempi di decadimento del parametro prestazionale nella sala grande”

	Simulazione muri inerti	Simulazione muri conduttivi	Δt (s)
numero 09	320 s	400 s	80
numero 11	320 s	392 s	72
numero 13	320 s	365 s	45
numero 23	324 s	383 s	59
numero 25	320 s	378 s	58
numero 27	315 s	360 s	45
numero 30	329 s	387 s	58
numero 32	320 s	328 s	8
numero 34	302 s	365 s	63
numero 44	342 s	387 s	45
numero 46	288 s	392 s	104
numero 48	279 s	383 s	104

un Δt maggiore rispetto al corridoio,

Esempi

Locale aperto al pubblico – Edificio Storico

4. Il confronto tra le due simulazioni evidenzia come considerare i muri inerti o conduttivi influenzi i risultati. In particolare, con i muri inerti, la loro temperatura rimane fissata a 20 °C (la temperatura di 20 °C è quella scelta nella fase di impostazione dei parametri della simulazione); in questo modo il calore contenuto nei fumi viene assorbito dai muri, ma non viene re immesso nell'ambiente per convezione e irraggiamento, in quanto le pareti non aumentano di temperatura. I fumi quindi cedono calore più velocemente e si raffreddano in minor tempo; di conseguenza scendono ad altezze più basse più velocemente. Considerare i muri inerti quindi, riduce notevolmente i tempi di evacuazione; nel corridoio infatti, i fumi scendono all'altezza critica circa 15 s prima che nel caso in cui i muri siano conduttivi. Nella vano scale e nella sala grande l'effetto della modifica ai muri è ancora più evidente, il codice di calcolo ha restituito infatti, differenze di oltre 1 min in alcuni device.

Esempi

Locale aperto al pubblico – Edificio Storico

Corridoio

Porta REI chiusa

Device	t (s)
numero 02	207
numero 20	225

Porta REI aperta

Device	t (s)
numero 02	212
numero 17	243

Sala Grande

Device	t (s)
numero 09	400
numero 32	328

Device	t (s)
numero 27	369
numero 46	396

Vano scale

Device	Step temporale
numero 01	909 s
numero 04	270 s
numero 08	617 s
numero 10	594 s

Porta REI aperta

Esempi

Locale aperto al pubblico – Edificio Storico

Nella “Simulazione dell’incendio tipo” il corridoio è compromesso in circa 30 s dall’apertura della porta e dopo circa 4 min dall’ignizione dell’incendio; nella sala grande l’altezza libera da fumo è garantita per più tempo, ma ha poca importanza poiché, per una corretta gestione dell’evacuazione, tutte le persone all’interno del primo piano devono essere evacuate prima del momento in cui il corridoio diventa inagibile.

Nel caso della “Simulazione dell’incendio tipo con gestione della sicurezza errata” il blocco della porta REI120, che collega il primo piano al vano scale (unica via di fuga), non influisce sull’evoluzione dei fumi nel piano della biblioteca; il corridoio infatti è compromesso anche in questo caso dopo circa 30 s dall’apertura della porta e dopo circa 4 min dall’ignizione dell’incendio. Tuttavia la scorretta gestione della sicurezza ha come conseguenza un’evoluzione dell’incendio più pericolosa. Il fumo infatti, immediatamente dopo aver compromesso il corridoio, invade il vano scale raggiungendo in breve tempo il pianerottolo che comunica con il piano delle soffitte, dove sono collocati gli uffici; l’evacuazione da questo piano è dunque compromessa dopo circa 6/7 min dall’ignizione dell’incendio. Nella “Simulazione dell’incendio tipo” invece, il vano scale non risulta coinvolto nell’incendio e l’evacuazione dal piano delle soffitte può svolgersi correttamente.

Esempi

Locale aperto al pubblico – Edificio Storico

Nelle ultime due simulazioni infine, i muri sono considerati inerti invece che conduttivi; con questa impostazione la temperatura dei muri rimane fissata a 20 °C; per questo motivo essi assorbono calore e non lo re-immettono nel modello per irraggiamento e convezione. Dall'osservazione dei risultati emerge come, impostare i muri inerti implichi un tempo di discesa dei fumi più veloce; i fumi si raffreddano prima e scendono più velocemente. La differenza di tempo maggiore è stata riscontrata nella sala grande, nel vano scale e nell'ufficio più lontano dalla biblioteca, in cui questa differenza di tempo ha raggiunto in alcuni punti valori superiori al minuto. Il corridoio risulta invece compromesso anche per queste due simulazione intorno ai 4 min dall'ignizione e circa 30 s dopo lo sfondamento della porta; esso è infatti il primo locale in cui i fumi si diffondono e la differenza tra considerare i muri inerti o conduttivi, è ancora marginale. Si può notare che la velocità di discesa dei fumi è maggiore all'aumentare della distanza dalla sorgente degli stessi: maggiore è la distanza, maggiore è la superficie di muro con la quale i fumi possono interagire e di conseguenza maggiore è l'influenza sui risultati.

Esempi

Locale aperto al pubblico – Edificio Storico

L'evacuazione è sempre pregiudicata dopo circa 30 s dall'apertura della porta della biblioteca e dopo circa 4 min dall'ignizione dell'incendio.

Il tempo di 4 min dall'ignizione dell'incendio è un tempo critico, perché molto breve. Occorre considerare infatti, che gli individui non iniziano l'evacuazione nello stesso istante in cui avviene l'ignizione dell'incendio. In generale il tempo di evacuazione, è suddiviso in 3 fasi:

- Tempo di rilevazione o segnalazione;
- Tempo di inizio evacuazione;
- Tempo di raggiungimento di un luogo sicuro.

All'interno di queste tre fasi inoltre, sono compresi ulteriori fattori che influenzano (e spesso allungano) i tempi di esodo, poiché il comportamento umano, soprattutto in situazioni di stress come quella di un incendio, risulta molto complesso. Non va trascurato il fatto che all'interno del museo è altamente probabile la presenza di scolaresche di scuole inferiori e quindi di individui che necessitano di un'attenzione particolare durante le fasi dell'emergenza. Diventa quindi necessario effettuare uno studio ulteriore e approfondito, focalizzato all'evacuazione, per verificare che l'esodo avvenga entro i tempi di discesa dei fumi restituiti dalle simulazioni.

In base alle considerazioni effettuate e ai risultati ottenuti, si possono dunque percorrere due strade per migliorare la gestione della sicurezza:

- Ridurre i tempi di evacuazione;
- Ridurre i tempi di discesa dei fumi.



Esempi

Locale aperto al pubblico – Edificio Storico

Per ridurre i tempi di evacuazione è possibile agire accelerando il tempo di rilevazione e segnalazione dell'incendio; una soluzione è rappresentata dall'installazione di un impianto di rilevazione fumi (se non presente), oppure dall'installazione di sensori più sensibili (se disponibili sul mercato), con lo scopo appunto, di ridurre il più possibile il tempo di rilevazione e segnalazione. Agire sul tempo utile per raggiungere un luogo sicuro è più difficile, è possibile abbreviare il tempo che intercorre tra rilevazione e segnalazione dell'incendio e l'inizio evacuazione; a questo scopo una procedura di emergenza correttamente pianificata è fondamentale, così come la preparazione e l'addestramento del personale di servizio nei confronti di tale procedura. È consigliato quindi studiare una procedura di emergenza efficiente e mantenerla tale, non trascurando la manutenzione del personale (intendendo con questo l'addestramento e la verifica periodica). Per ridurre i tempi di discesa dei fumi, scontata l'ipotesi di montaggio di un impianto automatico di spegnimento o controllo dell'incendio, sono possibili più alternative.

Esempi

Locale aperto al pubblico
– Edificio Storico



Installare una porta REI tra la biblioteca e il corridoio bloccherebbe la diffusione dei fumi nello stesso, ma come già esposto, tale installazione potrebbe essere impossibile, trattandosi di un edificio storico e di pregio. Un'altra soluzione percorribile, è invece focalizzata all'aumento di resistenza della porta (quindi al ritardo della diffusione nei fumi nel corridoio), che si potrebbe ottenere con la verniciatura della porta con vernici intumescenti.

L'installazione di evacuatori di fumo è un'altra opzione da tenere in considerazione. Le stanze candidate all'installazione sono:

1. Biblioteca;
2. Corridoio;
3. Vano scale.

Un dispositivo installato nel vano scale, potrebbe garantire l'evacuazione dei fumi da questo compartimento nel caso di gestione della sicurezza errata, ma non influisce in nessun caso sulla discesa dei fumi nel corridoio; infatti, il fumo passa nel vano scale quando il corridoio del primo piano è oramai compromesso. Nel caso in cui la gestione della sicurezza sia corretta invece, la porta REI120 tra corridoio e vano scale è chiusa e il fumo non può passare.

L'installazione di un dispositivo nel corridoio è un'altra soluzione percorribile, le porte-finestre che si affacciano sul cortile (vedi Figura 9.1) potrebbero essere sfruttate per l'altezza che le contraddistingue (2.9 m), in accordo con un impatto estetico accettabile dei dispositivi stessi.

L'ultima opzione infine, prevede l'installazione di un evacuatore nella biblioteca; una scelta di questo tipo ha lo scopo di impedire il passaggio dei fumi nel corridoio dirottandoli all'esterno; occorre considerare, in questo caso, la massa di fumi da evacuare, l'eventuale influenza del dispositivo sulla ventilazione dell'incendio e non ultima la resistenza di tale dispositivo al calore generato, essendo collocato in prossimità dell'incendio.

Esempi

Univeristà – Edificio Tutelato con strutture in acciaio

Edificio Tutelato

Strutture in acciaio



Ex Zuccherificio

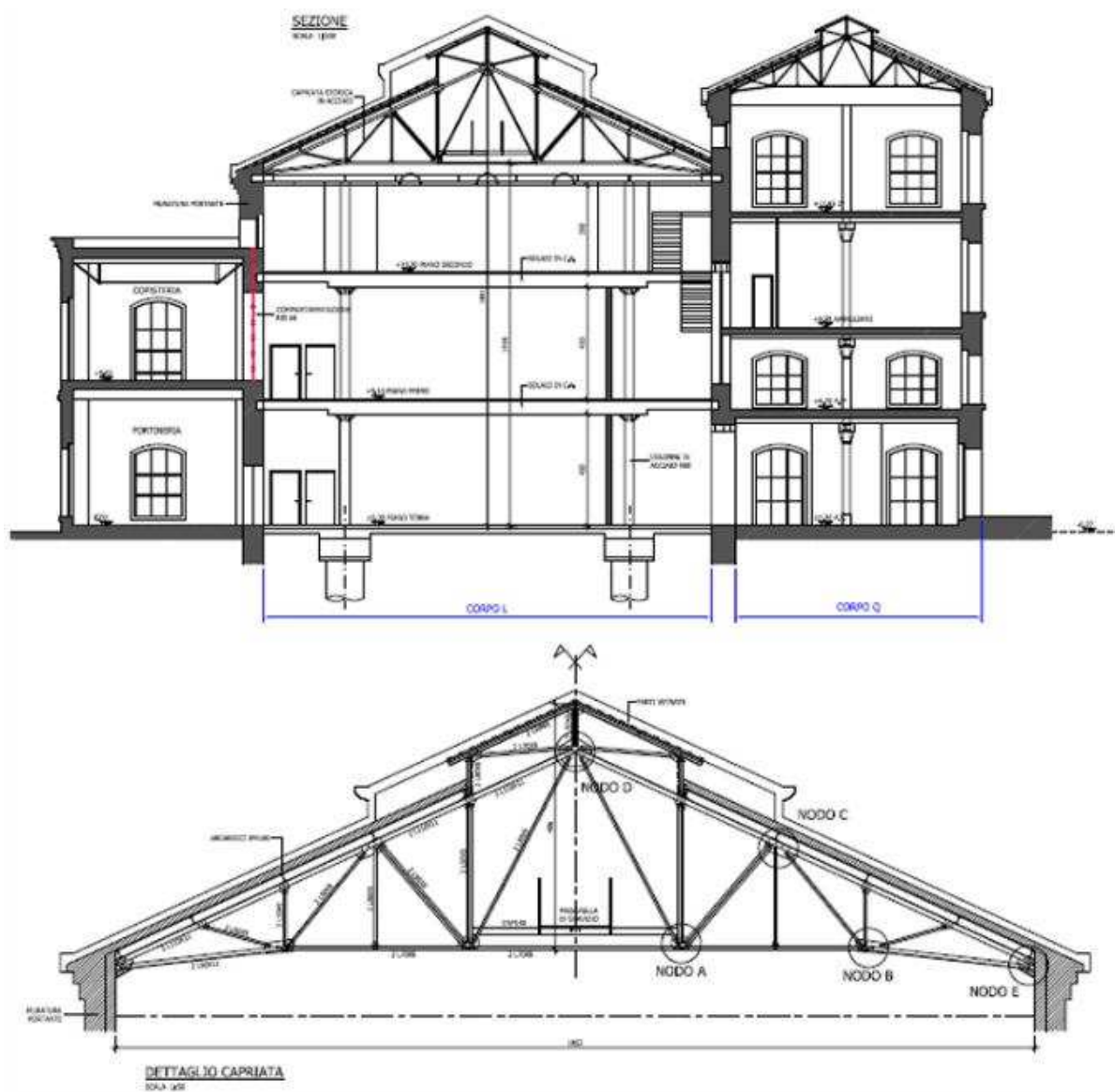


Polo Scientifico Tecnologico

Il complesso storico è sottoposto a tutela per l'interesse storico architettonico ai sensi del D.lgs. 22 gennaio 2004, n. 42,



Gestione di una pratica istruttoria; esempi di applicazione nella valutazione dei progetti



PARTICOLARE NODO D



PARTICOLARE NODO C



PARTICOLARE NODO B



VISTA IN L'INTERNO DEL PAVIMENTO



VISTA LUCERNARIO



PARTICOLARE NODO A



VISTA PARTE CENTRALE



**Quale soluzione
progettuale**

DM 26 agosto 1992

R 60

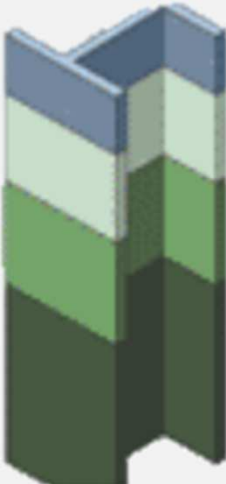
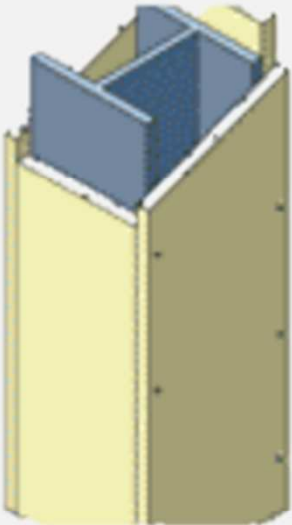
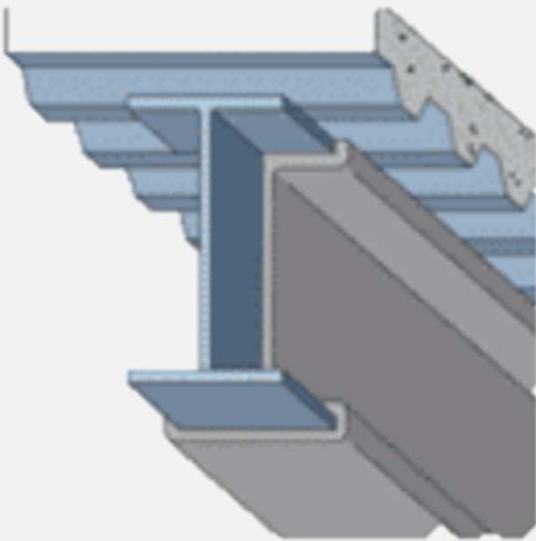
R 60

**Analitico
Curva ISO 834**

**Vernici
Lastre
Intonaco**

Esempi

Univeristà – Edificio Tutelato con strutture in acciaio

Vernici intumescenti	Lastre in calcio silicato	Intonaco a spruzzo
		
UNI 10898-1:2012 Sistemi protettivi antincendio - Modalità di controllo dell'applicazione - Sistemi intumescenti	UNI 10898-2:2013 Sistemi protettivi antincendio - Modalità di controllo dell'applicazione - Sistemi in lastre	UNI 10898-3:2012 Sistemi protettivi antincendio - Modalità di controllo dell'applicazione - Sistemi isolanti spruzzati

Gestione di una pratica istruttoria; esempi di applicazione nella valutazione dei progetti



**Quale soluzione
progettuale**

DM 26 agosto 1992

R 60

R 60

**Analitico
Curva ISO 834**

**Vernici
Lastre
Intonaco**



DEROGA



FSE

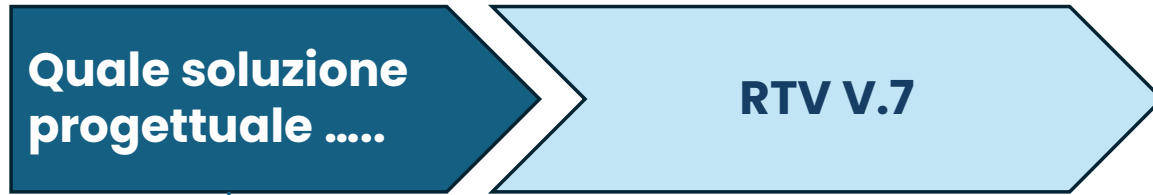
**Quale soluzione
progettuale**

RTV V.7

**Soluzione Conforme
R 60**

Soluzione Alternativa

Sezione M



Esempi

Univeristà – Edificio Tutelato con strutture in acciaio

M 1.3.2 – Identificazione degli obiettivi di sicurezza antincendi

Unicamente per le strutture in acciaio che sostengono la copertura, per la strategia S2 è prevista l'adozione di una soluzione alternativa al livello di prestazione III (Art. S.2.4.8).

La resistenza al fuoco di tale struttura viene verificata in base a scenari di incendio di progetto rappresentati da curve naturali di incendio secondo modelli di incendio numerici avanzati (Art. S.2.6) con riferimento anche al carico di incendio presente.

PARTICOLARE NODO D



PARTICOLARE NODO C



PARTICOLARE NODO B



VISTA LUCERNARIO



PARTICOLARE NODO A



VISTA PARTE CENTRALE



Esempi

Univeristà – Edificio Tutelato con strutture in acciaio



Atrio

L'atrio principale di ingresso alla cattedrale costituisce un ampio spazio al piano terra con la configurazione di hall da terra a cielo, con l'individuazione di un volume che collega la superficie del piano terra direttamente con la copertura e con le sue strutture in acciaio a vista.

E' l'unica superficie della Cattedrale che si trova in diretto collegamento con la copertura e con le strutture in acciaio oggetto di esame e quindi come tale ritenuta significativa.

➡ Durante l'esercizio ordinario dell'attività didattica, l'atrio non presenta particolare arredo ed è praticamente vuoto, senza significativi quantitativi di materiale combustibile (carico di incendio specifico pari a 87 MJ/m² come già riportato al paragrafo S2 della relazione tecnica).

M 1.3.4 – Individuazione degli scenari



Scala a doppia rampa nell'atrio principale

Esempi

Univeristà – Edificio Tutelato con strutture in acciaio

Durante alcuni eventi limitati nell'anno accademico, l'atrio può essere allestito con materiale che mette in mostra l'attività didattica e di ricerca che si svolge all'interno del Polo Scientifico Tecnico o con eventi che mirano a presentare la formazione universitaria svolta nel complesso agli studenti delle scuole superiori che cercano il loro indirizzo di studio per la carriera scolastica.



Durante tali eventi il carico di incendio massimo che può risultare presente nell'atrio risulta pari a circa 330 MJ/m².

Si ritiene significativo esaminare l'eventuale sviluppo di un incendio in questa area nella sua configurazione con MASSIMO carico di incendio specifico per verificare gli effetti del calore dei fumi sulle strutture in acciaio che in questo caso risultano esposte DIRETTAMENTE alla loro azione.



La condizione che si può presentare durante un incendio in tale area di sviluppo complessivo pari a circa 450 m² è stata identificata con **SCENARIO DI INCENDIO N.1**

Risulta inoltre la condizione più gravosa per il piano terra.

Esempi

Univeristà – Edificio Tutelato con strutture in acciaio



Aula Tipo

Come già più volte riportato, l'attività principale che si svolge nella Cattedrale è quella legata alla didattica frontale, con lezioni in presenza in aule appositamente allestite.

Scartando le aule del piano terra che non costituiscono la condizione più gravosa in termini di carico di incendio per questo piano (costituita invece dall'atrio), si è ritenuto opportuno esaminare anche l'eventuale insorgenza di un incendio in una delle aule di maggiori dimensioni che si trovano al primo piano e che quindi si trovano maggiormente vicine alle strutture in acciaio in esame.

Per la loro dimensione le aule del piano primo sono tutte di tipo protetto, con compartimentazione REI60 ma lo sviluppo dell'incendio viene esaminato nella condizione, seppur remota, di avere le porte dell'aula aperte verso il corridoio interno alla Cattedrale.

L'aula in esame è quella più vicina all'atrio perché presenta il minore percorso per i fumi per raggiungere le strutture di copertura e perciò la condizione che comporta MINORE dispersione di calore.

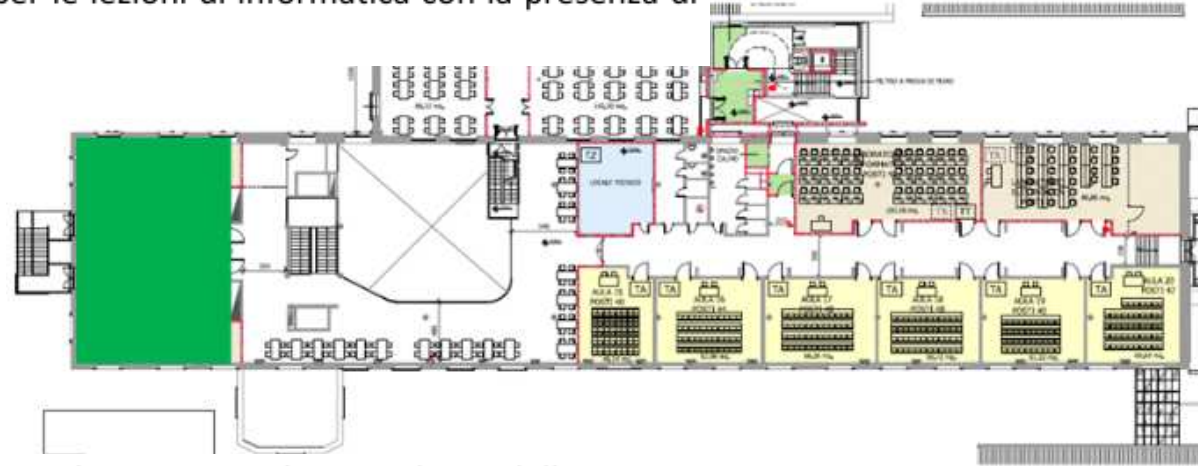
La condizione che si può presentare durante un incendio in tale aula di superficie pari a circa 190 m² è stata identificata con **SCENARIO DI INCENDIO N.2**

Esempi

Univeristà – Edificio Tutelato con strutture in acciaio

Aule Elettronica

Infine, al secondo ed ultimo piano della Cattedrale sono presenti aule di ridotte dimensioni, per un numero contenuto di occupanti ma fra queste alcune sono allestite per le lezioni di informatica con la presenza di postazioni dotate di personal computer.



Si ritiene la più significativa, l'aula di maggiori dimensioni che si trova subito a ridosso dello spazio aperto sopra all'atrio e quindi la più vicina alle strutture in acciaio di copertura.

Anche in questo caso l'aula risulta di tipo protetto e quindi con compartimentazione REI60 che la definisce al suo perimetro, la condizione di incendio è stata esaminata nella ipotesi anche seppur remota che l'aula abbia le porte aperte verso il plenum presente.

La condizione che si può presentare durante un incendio in tale aula di superficie pari a circa 244 m² è stata identificata con **SCENARIO DI INCENDIO N.3**

Esempi

Univeristà – Edificio Tutelato con strutture in acciaio

Identificazione dei possibili scenari di incendio

In tutti i compartimenti in cui è suddivisa la Cattedrale si svolge la medesima attività di didattica con ambienti che presentano circa lo stesso carico di incendio e la stessa natura dei materiali combustibili.

Alla luce di tale condizione abbastanza omogenea nella distribuzione del carico di incendio e nella tipologia dei materiali combustibili presenti, di natura prevalentemente cellulosica e/o legati alle apparecchiature elettriche/elettroniche in dotazione, gli scenari più severi sono stati individuati in posizioni che massimizzano gli effetti delle temperature sulla struttura di copertura:

- Scenari che hanno il carico di incendio più elevato
- Scenari che presentano la minore distanza del focolare dalla struttura in esame e soprattutto che presentano il percorso più breve per la propagazione dei fumi caldi.

Tutti gli scenari esaminano il pieno sviluppo dell'incendio, per tutta la sua durata (non solo le fasi iniziali) andando ad esaminare le condizioni post-flashover qualora questo venga raggiunto.

Nella identificazione di ogni scenario si è fatto riferimento alla seguente impostazione:

evento iniziatore: guasto di una apparecchiatura elettrica/elettronica con innesco del materiale combustibile presente

propagazione: massima produzione di fumi liberi di propagarsi negli ambienti

azione degli impianti: NESSUNA (trascurata anche la presenza degli EFC)

azioni della squadra antincendio aziendale: inizialmente impegnata nelle operazioni di esodo

Esempi

Univeristà – Edificio Tutelato con strutture in acciaio

Identificazione dei possibili scenari di incendio



Nella individuazione degli scenari più significativi sono stati presi in considerazione i seguenti aspetti :

- Insorgenza dell'incendio in posizioni che vedono “direttamente” esposte le strutture in acciaio all'azione del fuoco (Atrio)
- Insorgenza dell'incendio in locali chiusi posti però alla quota più elevata, prossima alle strutture in acciaio di copertura con carico di incendio significativo (Laboratorio informatica)
- Insorgenza dell'incendio in locali che caratterizzano prevalentemente l'attività nel suo insieme in condizioni particolari ove risulta massimo il carico di incendio rispetto alle condizioni di ordinario esercizio (Atrio ed Aula Piano Primo).
- Dovendo esaminare tutti gli scenari più gravosi che comportano il raggiungimento del massimo effetto dell'incendio sulle strutture in acciaio di copertura, dopo una breve valutazione non sono state esaminate tutte quelle condizioni che per carico di incendio ed esposizione si trovano notevolmente lontane dalle strutture in esame e che darebbero effetti sulle strutture in acciaio di scarsa rilevanza.
- Lo sviluppo dell'incendio adottato negli scenari è stato esaminato anche tenendo conto delle possibili diverse condizioni di ventilazione che possono verificarsi durante l'evoluzione della combustione.

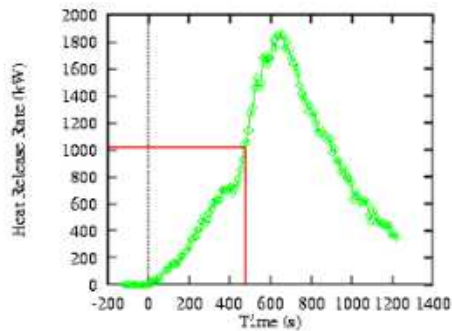


In particolare, sono stati esaminati scenari ove tutte le aperture verso l'esterno e tutte le porte interne dei locali (aule, sale studio, ecc) risultano chiuse, tranne quelle specifiche del locale ove nasce l'incendio.

Esempi

Univeristà – Edificio Tutelato con strutture in acciaio

Incendio CATASTA DI PALLETS (NIST)

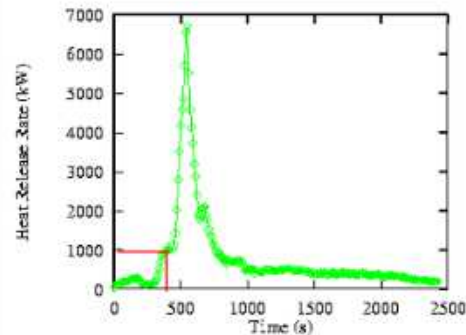


Velocità caratteristica prevalente di crescita dell'incendio compresa fra 300 s (velocità media) e 600 s (velocità lenta)

Valore assunto da EUROCODICE 1 Parte 1-2: Classroom of a school - t_{α} : medio = 300 s

DATI RECUPERATI DAL SITO DEL NIST
<http://fire.nist.gov/fire/fires/fires.html>

Incendio POSTAZIONE COMPUTER (NIST)



Velocità caratteristica prevalente di crescita dell'incendio compresa fra 300 s (velocità media) e 600 s (velocità lenta)

Max Rate of heat release RHR_t			
Occupancy	Fire growth rate	t_{α} [s]	RHR_t [kW/m ²]
Dwelling	Medium	300	250
Hospital (room)	Medium	300	250
Hotel (room)	Medium	300	250
Library	Fast	150	500
Office	Medium	300	250
Classroom of a school	Medium	300	250
Shopping centre	Fast	150	250
Theatre (cinema)	Fast	150	500
Transport (public space)	Slow	600	250

Esempi

Univeristà – Edificio Tutelato con strutture in acciaio

SCENARIO DI INCENDIO N.1 – ATRIO**□ STIMA CARICO DI INCENDIO**

Si riporta la stima effettuata nella condizione particolare in cui si prevede che nell'atrio venga svolto un evento espositivo (massimo carico di incendio):

PIANO TERRA – ATRIO (mostra) Elemento combustibile	#	Potere calorifico	U.M.	ψ_i	m_i	TOT [MJ]
Pannelli espositivi in legno	1000	17,5	MJ/kg	1	0,8	14.000
Tavoli	12	1000	MJ/cad	1	0,8	9.600
Materiale elettrico	1	8000	MJ/cad	1	1	8.000
Materiale cartaceo - rinfusa	1000	17	MJ/kg	1	0,8	13.600
Materiale cartaceo – pacchi	1500	47	MJ/kg	1	0,8	56.400
Sedie	50	67	MJ/cad	1	1	3.350
Materiale in plastica	1500	20	MJ/kg	1	1	30.000
Cappotti	200	30	MJ/cad	1	1	6.000
Infissi ed altro in legno	515	17,5	MJ/kg	1	0,8	7.210
TOTALE						148.160

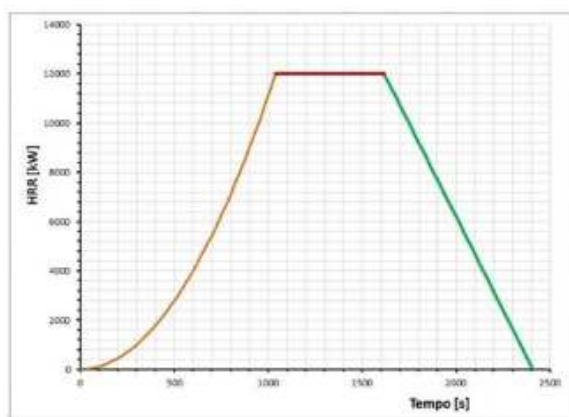
$$q_f = 148160/450 = 329 \text{ MJ/m}^2$$

Esempi

Univeristà – Edificio Tutelato con strutture in acciaio

SCENARIO DI INCENDIO N.1 – ATRIO

CARATTERISTICHE



Esempio di Stima della Curva HRR per le tre diverse fasi

$$HRR_{\max} = 250 \times 297 = 74.250 \text{ kW (teorica, senza vincoli alla ventilazione)}$$

a) Localizzazione del focolare

Intera superficie dell'atrio con focolare pari a 297 m^2

b) Tipologia del focolare:

Focolare con fiamma e produzione fumi, tipico di materiale prevalentemente celluloso con sviluppo medio (non si considera alcuna fase che possa dare origine a incendio covante)

c) Quantità, qualità e distribuzione spaziale del materiale combustibile

Come già riportato ai paragrafi precedenti il materiale combustibile che può essere presente è solamente di natura cellulosa e plastica secondo i quantitativi già descritti nella valutazione del Carico di incendio.

Il materiale combustibile si considera uniformemente distribuito sull'intera superficie dell'atrio, con una rappresentazione molto severa che non tiene conto di percorsi di esodo e transito.

Superficie complessiva focolare. 297 m^2 trascurando, a favore di sicurezza, i corridoi di passaggio fra le diverse parti in esposizione.

d) Fonti di innesco

Anche se si ritengono estremamente remote le condizioni che possano portare all'innesco del materiale presente, si assume che un ipotetico guasto di una apparecchiatura elettronica possa dare origine per attrito e/o per arco elettrico e/o surriscaldamento delle componenti elettriche/elettroniche all'innesco del materiale combustibile presente.

e) Curva HRR

Con riferimento al paragrafo M.2.6 del D.M. 24.11.2021 la definizione quantitativa delle varie fasi dell'incendio viene ricondotta alla individuazione delle seguenti caratteristiche:

- 1- Fase di propagazione (con velocità caratteristica pari a media)
- 2- Fase con incendio stazionario (mantenimento della massima potenza in funzione della ventilazione e del carico di incendio presenti)
- 3- Fase di decadimento (fase di esaurimento del combustibile presente)

Esempi

Univeristà – Edificio Tutelato con strutture in acciaio

SCENARIO DI INCENDIO N.1 – ATRIO

SCENARIO N.1A – (Ipotesi di limitazione della ventilazione)

*Esame dello sviluppo della temperatura alla quota della copertura a seguito di un incendio che si sviluppi nell'**atrio principale** in occasione di evento eccezionale come una mostra espositiva, mantenendo aperte solamente le aperture che collegano l'atrio principale con quello adiacente nel Corpo Q e chiuse tutte le aperture verso l'esterno evidenziate nell'immagine seguente.*

Carico di incendio specifico: 329 MJ/m^2

Caratteristiche di ventilazione presenti: tutte le aperture verso l'esterno chiuse

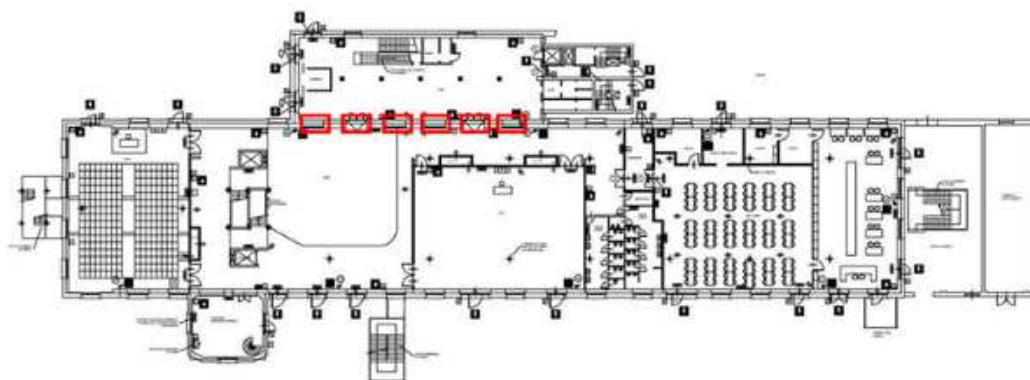
Area in pianta del compartimento interessata dall'incendio (focolare): 297 m^2

Sviluppo dell'incendio: medio

Potenza termica massima: $\text{RHR}_{\text{max}} = 74250 \text{ kW}$ in corrispondenza di $t_A = 2584 \text{ s}$

Termine della fase di incendio stazionario: $t_B = 2729 \text{ s}$

Termine dell'intero processo di combustione: $t_C = 3592 \text{ s}$



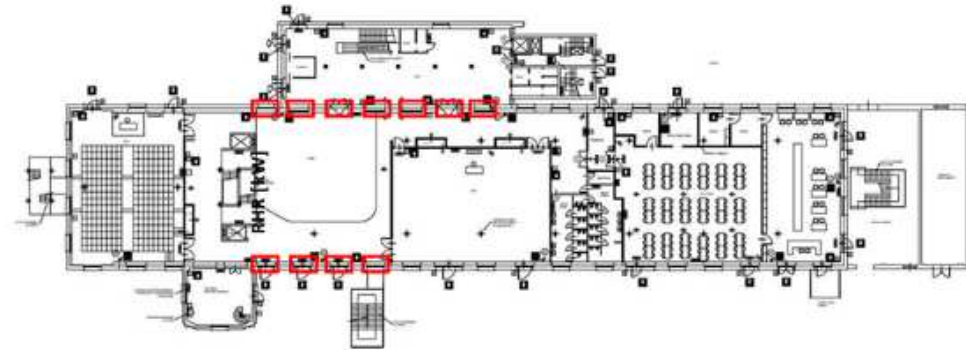
In rosso le uniche aperture aperte che mettono in collegamento l'Atrio con l'ingresso del Corpo Q

Esempi

Univeristà – Edificio Tutelato con strutture in acciaio

SCENARIO DI INCENDIO N.1 – ATRIO

SCENARIO N.1B – (Ipotesi di incendio governato dal combustibile)



Esame dello sviluppo della temperatura alla quota della copertura a seguito di un incendio che si sviluppi nell'atrio principale in occasione di evento eccezionale come una mostra espositiva, mantenendo aperte le aperture posizionate al piano terra evidenziate nell'immagine seguente.

Carico di incendio specifico: 329 MJ/m^2

Caratteristiche di ventilazione presenti: 3 porte $2 \times 3,1 \text{ m}$, 2 finestre $2 \times 2,6 \text{ m}$

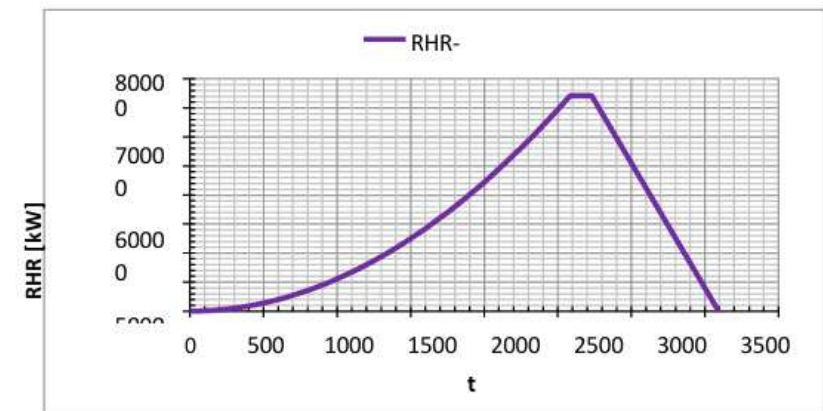
Area in pianta del compartimento interessata dall'incendio (focolare): 297 m^2

Sviluppo dell'incendio: medio

Potenza termica massima: $\text{RHR}_{\text{max}} = 74250 \text{ kW}$ in corrispondenza di $t_A = 2584 \text{ s}$

Termine della combustione stabilizzata: $t_B = 2729 \text{ s}$

Termine dell'intero processo di combustione: $t_C = 3592 \text{ s}$



CURVA HRR/t PER LO SCENARIO 1B

Esempi

Univeristà – Edificio Tutelato con strutture in acciaio

SCENARIO DI INCENDIO N.1 – ATRIO

▪ Dati Input

f) Generazione dei prodotti della combustione presi in considerazione

Occorre evidenziare che per esaminare condizioni particolarmente severe ed a favore di sicurezza, nei calcoli dell'incendio sono state assunte le seguenti condizioni:

Reazione di combustione: è stata ritenuta idonea e adottata la reazione di combustione impostata di default da Pyrosim che utilizza come gas infiammabile equivalente alla base della miscela di combustione il **propano** (FUEL), secondo il modello *Mixture Fraction Combustion*:



La reazione di combustione richiede poi l'esplicitazione delle percentuali di gas emessi dalla combustione (fumi) con particolare attenzione ai valori di CO, di particolato solido (soot), di idrogeno H_2 , la quantità di N_2 : il riferimento assunto da Pyrosim risulta quello proprio del **poliuretano** con parametri desunti dagli studi riportati sul SFPE Handbook of Fire Protection Engineering- edito da SFPE e NFPA

```
REAC ID='POLYURETHANE_REAC',
FYI='SFPE Handbook, GM27',
FUEL='REAC_FUEL',
C=1.0,
H=1.7,
O=0.3,
N=0.08,
CO_YIELD=0.042,
SOOT_YIELD=0.198/
```



In pratica, tale impostazione particolarmente severa e conservativa, prevede l'adozione di un bruciatore teorico che possa raggiungere velocemente le massime temperature di combustione (propano) e dia origine alla massima quantità di fumo derivante dalla reazione stechiometrica di combustione (poliuretano).

In tali condizioni non solo vengono esaltate le temperature prodotte dall'incendio (non ricondotto alla pirolisi del materiale cellulosico) ma viene esaltata anche la massima trasmissione del calore attraverso fumi di particolare elevata densità (la massima riscontrata in laboratorio e derivante dal poliuretano - NIST).

Nello specifico caso non è risultata particolarmente significativa la valutazione sulla concentrazione di gas tossici, inabilitanti, irritanti nei fumi perché le analisi hanno come obiettivo la verifica della Resistenza al fuoco delle strutture.

Esempi

Univeristà – Edificio Tutelato con strutture in acciaio

SCENARIO DI INCENDIO N.2 – AULA PRIMO PIANO

AULA DIDATTICA Elemento combustibile	#	Potere calorifico	U.M	ψ_i	mi	TOT [MJ]
Banchi con sedie in legno	120	240	MJ/m	1	0,8	23.040
Proiettore	2	85	MJ/cad	1	1	170
Computer portatile	80	167	MJ/cad	1	1	13.360
Cattedra in legno	2	4350	MJ/kg	1	0,8	6.960
Materiale elettrico	1	4000	MJ/cad	1	1	4.000
Sedie cattedra o libere	6	67	MJ/cad	1	1	402
Materiale cartaceo - pacchi	300	47	MJ/kg	1	0,8	11.280
Materiale cartaceo - rinfusa	600	17	MJ/kg	1	0,8	8.160
Materiale plastico	300	20	MJ/kg	1	1	6.000
Infissi in legno (porte), battiscopa	50	17,5	MJ/kg	1	0,8	700
Cappotti	180	30	MJ/cad	1	1	5.400
TOTALE						79.472

$$q_f = 79472/185 = 430 \text{ MJ/m}^2$$

Limite di esercizio – GSA

$$\text{HRR}_{\text{max}} = 420 \times 185 = 77.700 \text{ kW (teorica, senza vincoli alla ventilazione)}$$



Esempi

Univeristà – Edificio Tutelato con strutture in acciaio

SCENARIO DI INCENDIO N.2 – AULA PRIMO PIANO

Esame dello sviluppo della temperatura alla quota della copertura della Cattedrale a seguito di un incendio che si sviluppa nell'aula 5 posta al primo piano in occasione di evento eccezionale come una seduta di laurea, mantenendo aperte le aperture al piano primo evidenziate nell'immagine seguente.

Carico di incendio specifico: 430 MJ/m^2

Caratteristiche di ventilazione presenti: 3 finestre $2 \times 3,6 \text{ m}$, 4 porte $1,2 \times 2,2 \text{ m}$

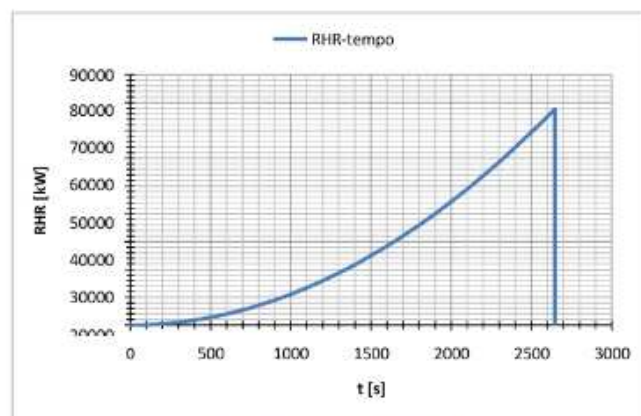
Area in pianta del compartimento (AULA): 185 m^2

Area totale della superficie interessata dall'incendio (focolare): 185 m^2

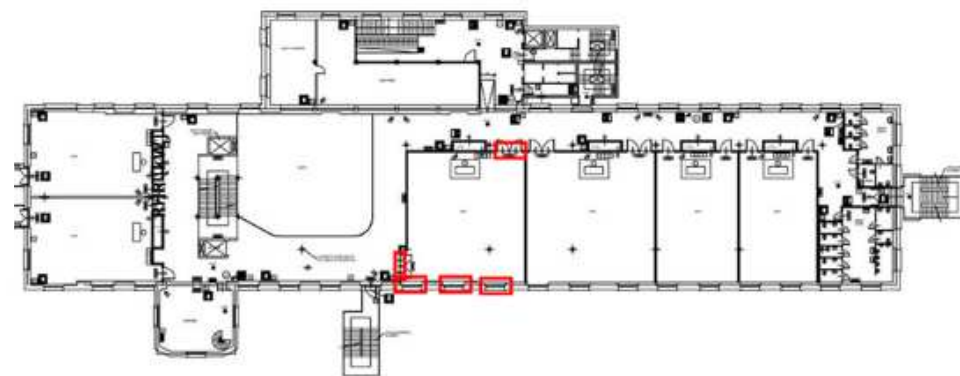
Sviluppo dell'incendio: medio

Potenza termica massima: $\text{RHR}_{\text{max}} = 77700 \text{ kW}$ in corrispondenza di $t_A = 2645 \text{ s}$

Termine della combustione stabilizzata: esaurimento del combustibile



CURVA HRR/t PER LO SCENARIO 2



In rosso le aperture che sono impostate come aperte

Come si può immediatamente comprendere, in questo scenario, il carico di incendio presente nell'aula NON è sufficiente a mantenere nel tempo la Fase stazionaria, raggiunto il valore di "picco" – HRR_{max} – il carico di incendio risulta esaurito e conseguentemente inizia la fase di decadimento

Esempi

Univeristà – Edificio Tutelato con strutture in acciaio

SCENARIO DI INCENDIO N.3 – LABORATORIO DI INFORMATICA GRANDE SECONDO PIANO

LABORATORIO INFORMATICA GRANDE Elemento combustibile	#	Potere calorifico	U.M.	ψ_i	m_i	TOT [MJ]
Sedie imbottite	100	75	MJ/cad	1	1	7.500
Tavolo in legno	70	590	MJ/cad	1	0,8	33.040
Materiale cartaceo - pacchi	300	47	MJ/kg	1	0,8	11.280
Materiale cartaceo - rinfusa	600	17	MJ/kg	1	0,8	8.160
Computer	100	167	MJ/cad	1	1	16.700
Cappotti	100	30	MJ/cad	1	1	3.000
Proiettore	2	85	MJ/cad	1	1	170
Materiale elettrico	1	8000	MJ/cad	1	1	8.000
Materiale cellulosico	50	17,5	MJ/kg	1	0,8	700
Materiale plastico	500	20	MJ/kg	1	1	10.000
TOTALE						98.550

$$q_f = 98550/247 = 399 \text{ MJ/m}^2$$

$$\text{HRR}_{\max} = 315 \times 247 = 77.800 \text{ kW (teorica, senza vincoli alla ventilazione)}$$



Esempi

Univeristà – Edificio Tutelato con strutture in acciaio

SCENARIO DI INCENDIO N.3 – LABORATORIO DI INFORMATICA GRANDE SECONDO PIANO

SCENARIO N.3

Esame di un incendio che si sviluppa nel laboratorio di informatica grande, mantenendo aperte le aperture posizionate al piano secondo evidenziate nell'immagine seguente.

Carico di incendio specifico: 399 MJ/m²

Caratteristiche di ventilazione presenti: 8 finestre 2x1,6 m, 2 porte 1,2x2,2, 1 porta 1,8x2,8 m

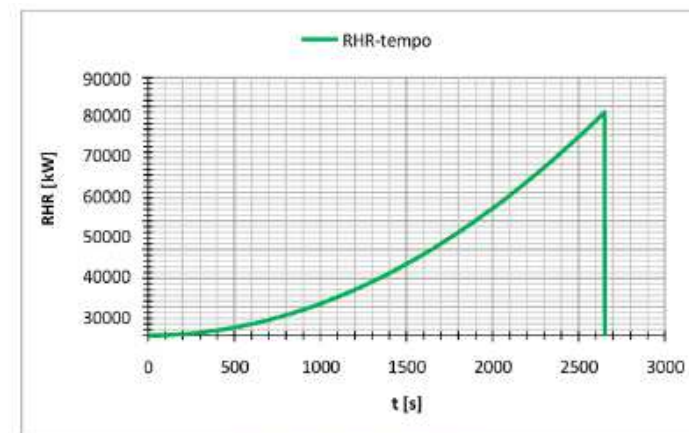
Area in pianta del compartimento (AULA): 247 m²

Area totale della superficie interessata dall'incendio (focolare): 247 m²

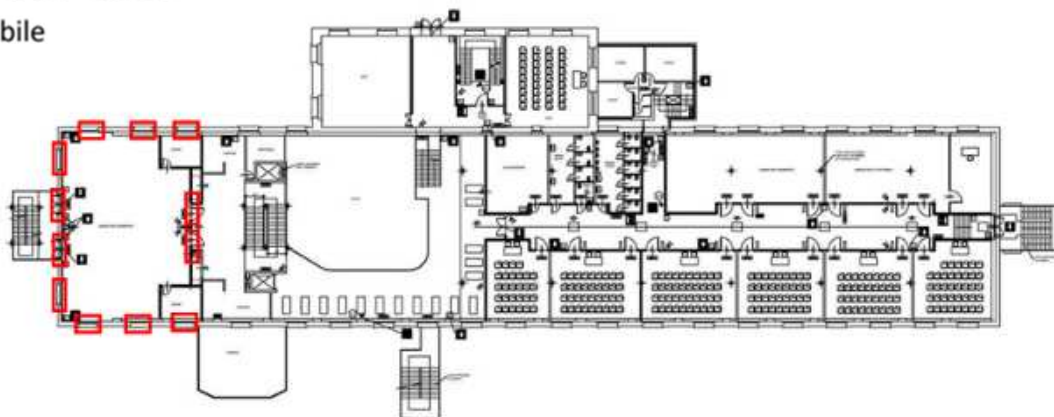
Sviluppo dell'incendio: medio

Potenza termica massima: RHR_{max} = 77800 kW in corrispondenza di t_A = 2651 s

Termine della combustione stabilizzata: esaurimento del combustibile



CURVA HRR/t PER LO SCENARIO 3



In rosso le aperture che sono impostate come aperte

Esempi

Univeristà – Edificio Tutelato con strutture in acciaio

Occorre evidenziare che un calcolo conservativo del Fattore di ventilazione

$$O = [A_V \sqrt{h_{eq}}] / A_t$$

Porta sempre a valori compresi $0,04 < O < 0,09$ evidenziando che NON sono spiccate le caratteristiche dei locali nel favorire la formazione del Flashover

Esempi

Univeristà – Edificio Tutelato con strutture in acciaio

Come già evidenziato, i tre scenari individuati fanno riferimento ad una situazione eccezionale, che comporta la presenza di un carico di incendio maggiormente gravoso rispetto all'esercizio ordinario dell'attività didattica.

Non è stata presa in considerazione l'ipotesi di uno scenario che prenda in esame un incendio che possa generarsi immediatamente al di sotto delle strutture di copertura in quanto:

- gli spazi dislocati lungo i percorsi del secondo piano sono caratterizzati da un carico di incendio modesto (quasi nullo), costituito da qualche tavolo e sedia in legno, con limitata attitudine all'ignizione e praticamente assenza di sorgenti di innesco.
- Inoltre, tali spazi risultano utilizzati unicamente durante l'orario di apertura dell'edificio e sono caratterizzati dalla costante presenza di persone in transito e da studenti che possono usare alcuni tavoli per lo studio, pertanto, risultano costantemente presidiati e un possibile innesco sarebbe immediatamente rilevato e segnalato
- non sono presenti possibili fonti di ignizione durante l'orario notturno di chiusura in quanto non sono presenti apparecchiature elettroniche e al termine delle attività didattiche avviene lo spegnimento degli impianti presenti

Esempi

Univeristà – Edificio Tutelato con strutture in acciaio

Lo studio di dettaglio, affrontato con l'Approccio Ingegneristico alla sicurezza antincendio è riportato di seguito ed ha tenuto conto di assunzioni poste alla base della modellazione e dei calcoli piuttosto severe/conservative, secondo anche i seguenti aspetti a favore di sicurezza :

- 1) Tutti gli scenari d'incendio previsti, seguendo criteri avanzati già consolidati nelle normative internazionali del settore e dalla normativa italiana (Capitoli M.1 e M.2 del D.M. 24.11.2021 e EUROCODE 1 Parte 1-2) sono stati modellati con una curva di potenza termica rilasciata nel tempo (HRR-t) ed applicata alla intera superficie del locale in esame.

Nel caso della modellazione dell'incendio che si sviluppa nell'atrio principale (scenari 1a e 1b) è stata adottato un valore di potenza termica pari a 250 kW/m^2 distribuito su tutta la superficie dell'atrio, assumendo come ipotesi che l'incendio sia controllato dal combustibile data l'altezza dell'atrio e il consistente volume di ossigeno a disposizione all'interno dell'edificio.

Nel caso della modellazione dell'incendio relativo allo scenario 2 (incendio nell'aula 5 al primo piano) e allo scenario 3 (incendio nel laboratorio di informatica grande), è stato invece tenuto conto delle caratteristiche di ventilazione presenti per i locali, pertanto, la potenza termica è stata riferita a condizioni che consentano di raggiungere il massimo valore di HRR compatibilmente con la geometria dei locali.

Per tenere conto in modo MOLTO CONSERVATIVO di variazioni del carico di incendio e della tipologia di allestimento/frequentazione il valore di HRR per unità di superficie è stato incrementato del 60% per lo scenario 2 e del 20% per lo scenario 3

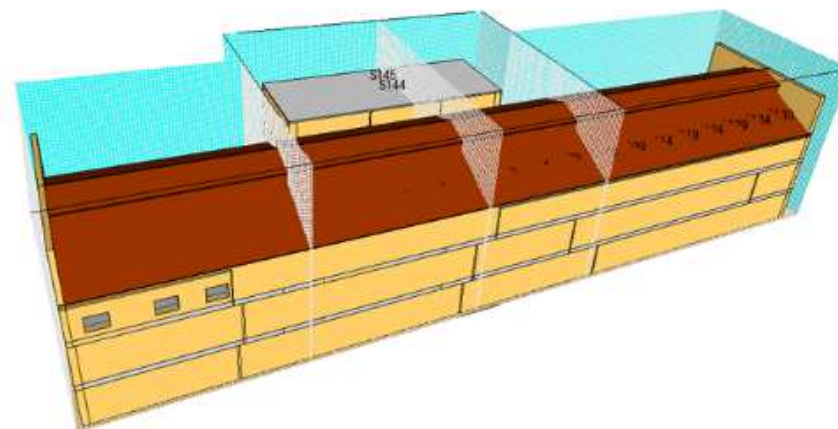
Esempi

Univeristà – Edificio Tutelato con strutture in acciaio

Modello

Data la complessità nello studio dello sviluppo dei fumi caldi e delle temperature all'interno della Cattedrale del Polo Scientifico Tecnologico, si è resa necessaria l'esecuzione di una modellazione dell'edificio con il simulatore di incendio FDS (*Fire Dynamics Simulator*), sviluppato presso il NIST (*National Institute of Standards and Technology*). FDS simula l'incendio sulla base della CFD – *Fluidodinamica Computazionale*, ottimizzata per basse velocità.

L'interfaccia grafica utilizzata per il codice FDS è il programma Pyrosim, prodotto dalla Società Thunderhead Engineering.



Modello di calcolo – Vista assonometrica

Esempi

Univeristà – Edificio Tutelato con strutture in acciaio

Modello

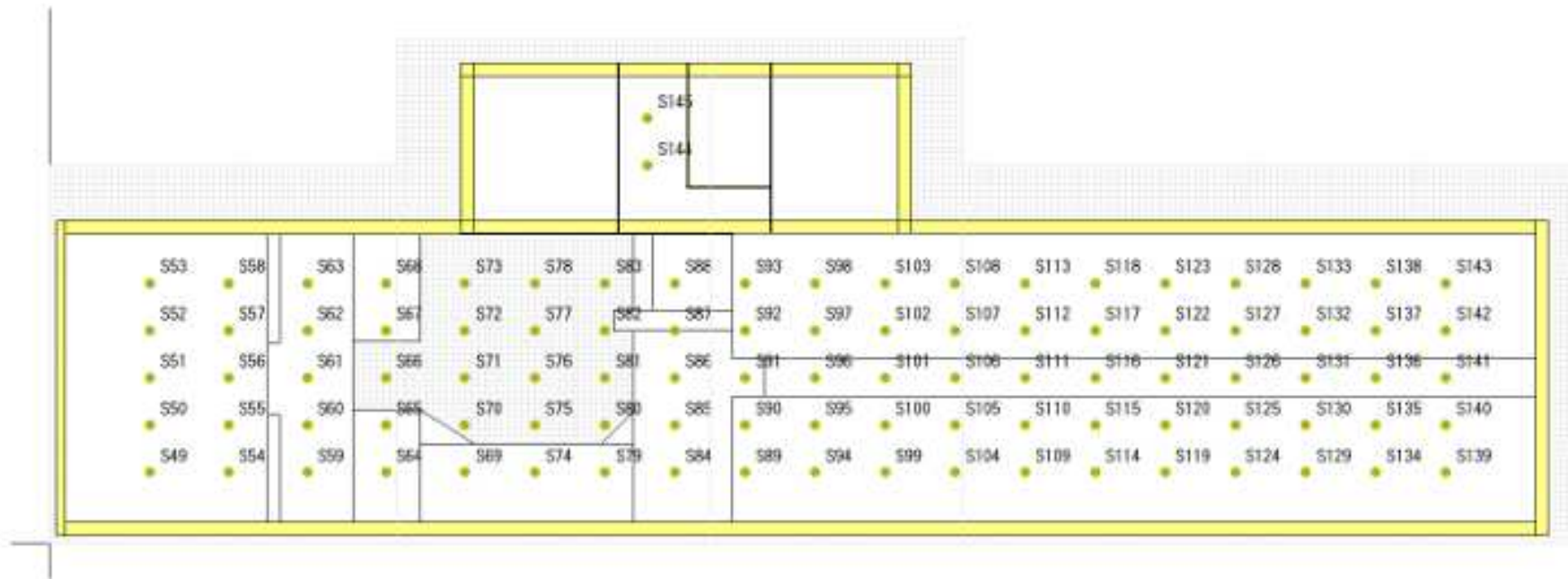
- Mesh computazionale Tutte le mesh sono caratterizzate da celle cubiche di lato pari a 20/40 cm
- Proprietà delle pareti pareti con temperatura pari a quella dell'ambiente circostante
per limitare il raffreddamento dei fumi che vengono in contatto con le pareti
- Rappresentazione dell'incendio: l'incendio è stato rappresentato tramite curve HRR/tempo, già descritte in precedenza, applicate ai focolari disposti sull'intera superficie del locale in esame.
- Reazione di combustione

Esempi

Univeristà – Edificio Tutelato con strutture in acciaio

Modello

“devices” rilevatori di temperatura in posizioni significative



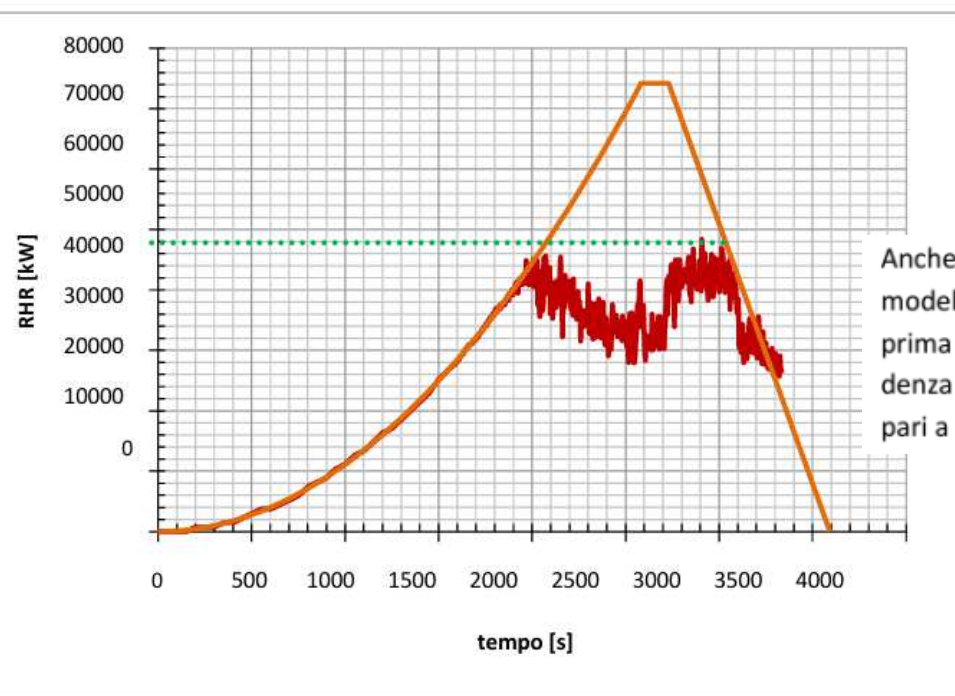
Posizione rilevatori di temperatura in copertura

Esempi

Univeristà – Edificio Tutelato con strutture in acciaio

RISULTATI DELLE MODELLAZIONI CON FDS

Modellazione 2 – SCENARIO 1b – Incendio nell'atrio principale, ventilazione esterna al piano terra



Anche in questo caso è stata ottenuta una buona sovrapposizione della curva HRR ottenuta dalla modellazione di FDS con la curva calcolata in precedenza ed immessa come input di calcolo nella prima fase di crescita dell'incendio. La fase di combustione stabilizzata non si verifica in corrispondenza della potenza termica massima calcolata teoricamente (74.250 kW) ma per un valore medio pari a circa la metà (40.000kW).

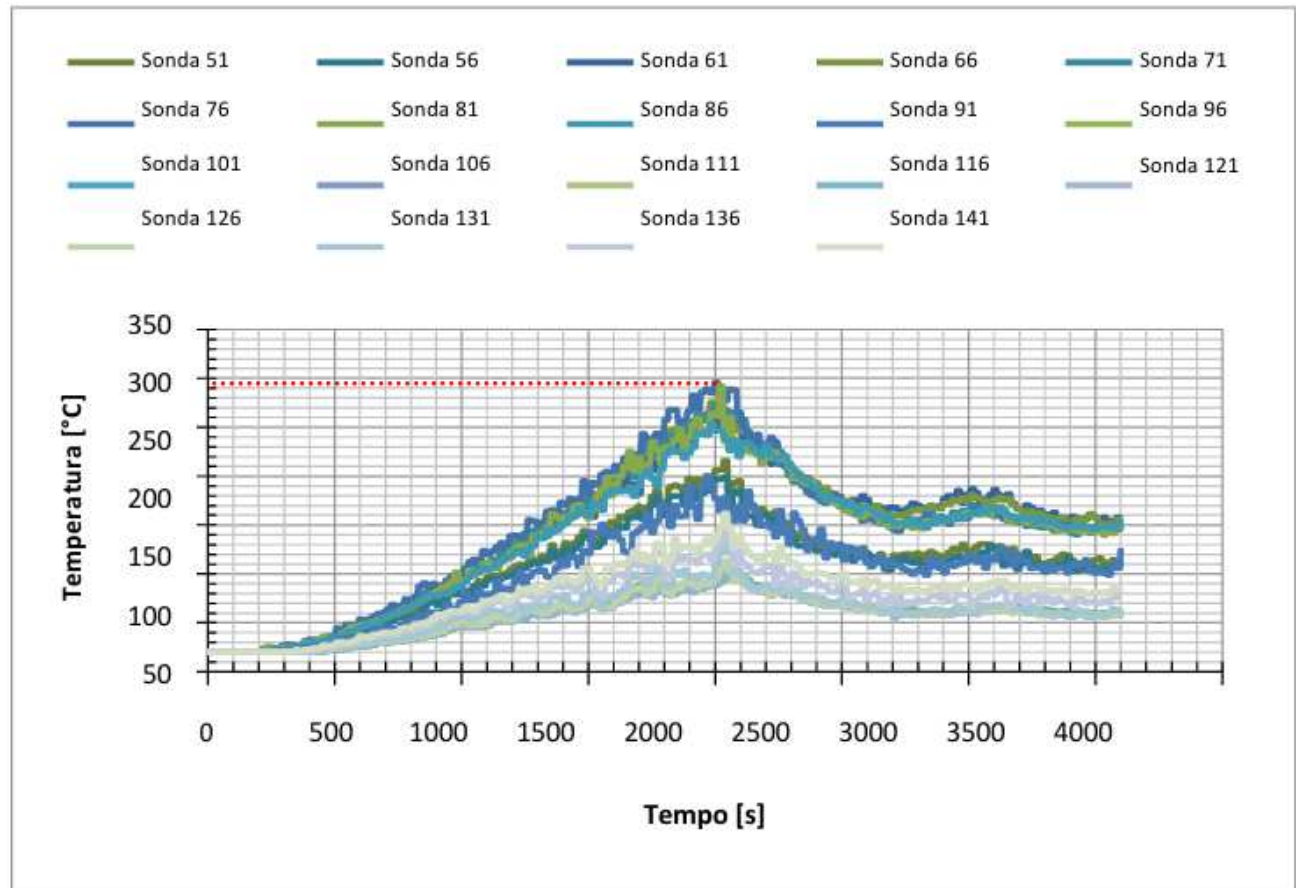
Confronto curva RHR/tempo di input (arancione) e curva RHR/tempo di output (rosso)
modellazione incendio nell'atrio – apertura finestre al piano terra

Esempi

Univeristà – Edificio Tutelato con strutture in acciaio

RISULTATI DELLE MODELLAZIONI CON FDS

**Modellazione 2 – SCENARIO 1b –
Incendio nell'atrio principale,
ventilazione esterna al piano terra**



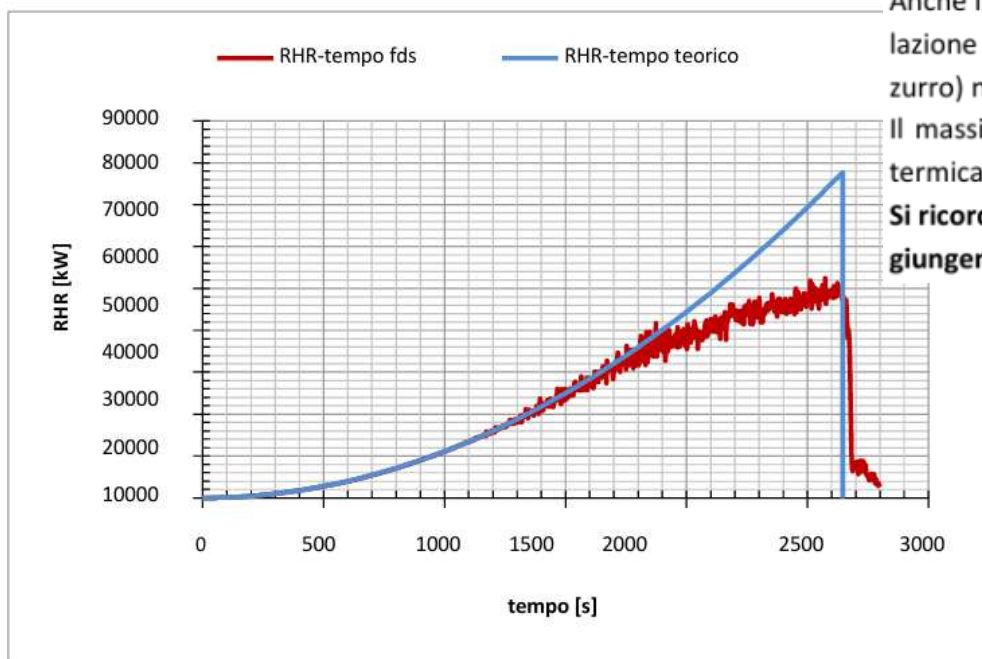
Andamento della temperatura in corrispondenza delle capriate in acciaio

Esempi

Univeristà – Edificio Tutelato con strutture in acciaio

RISULTATI DELLE MODELLAZIONI CON FDS

Modellazione 3 – SCENARIO 2 – Incendio nell'aula didattica al primo piano



Confronto curva RHR/tempo di input (azzurro) e curva RHR-tempo di output (rosso)
modellazione incendio nell'aula didattica

Anche in questo caso è stata ottenuta una buona sovrapposizione della curva ottenuta dalla modellazione con FDS (rosso) con la curva calcolata in precedenza ed immessa come input di calcolo (azzurro) nella prima fase di crescita dell'incendio.

Il massimo valore della potenza termica ottenuto risulta pari a 52.506 kW, inferiore alla potenza termica massima calcolata in via teorica e pari a 77.700 kW.

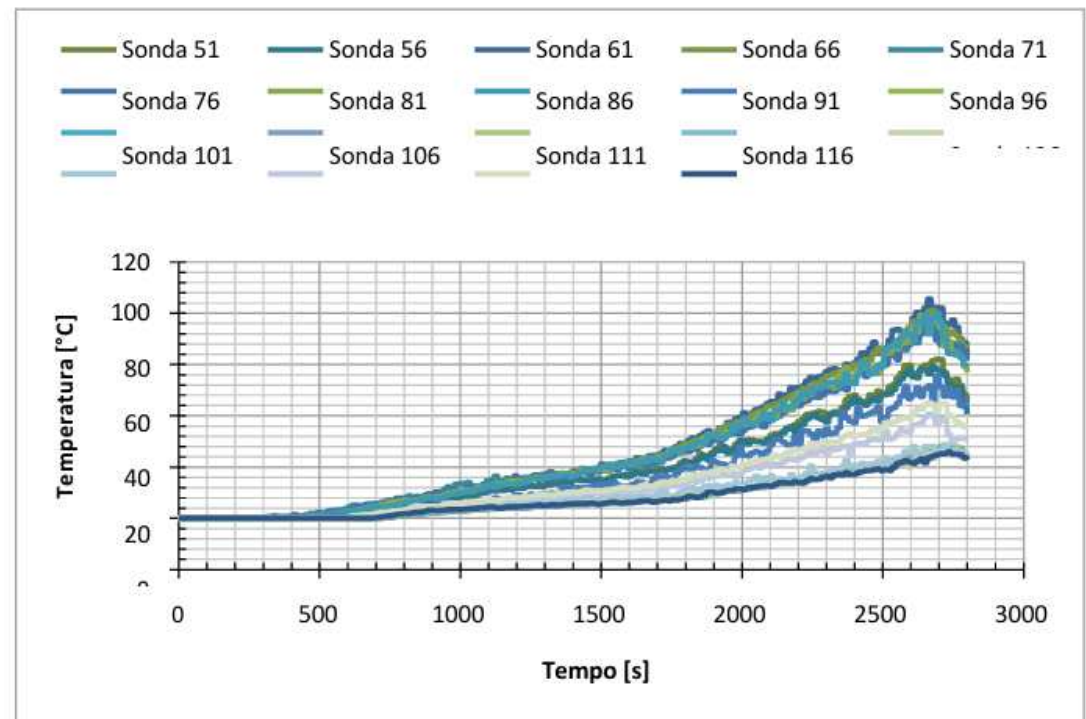
Si ricorda che in questo caso la potenza per unità di superficie è stata incrementata del 60%, raggiungendo valori "estremi" caratteristici più di altre attività come biblioteche e depositi.

Esempi

Univeristà – Edificio Tutelato con strutture in acciaio

RISULTATI DELLE MODELLAZIONI CON FDS

Modellazione 3 – SCENARIO 2 – Incendio nell'aula didattica al primo piano



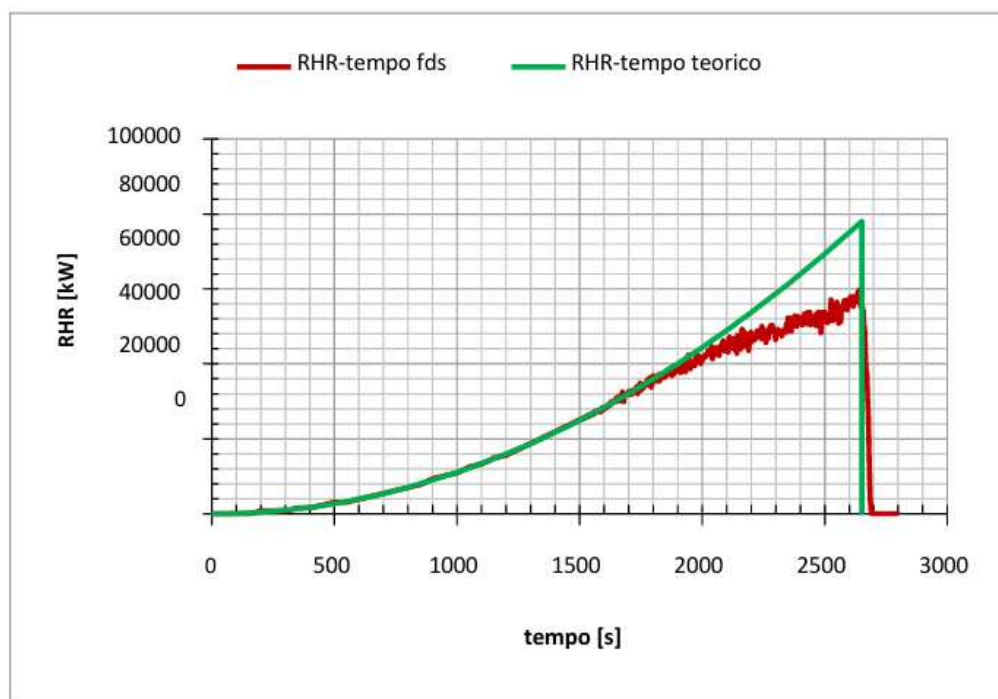
Andamento della temperatura in corrispondenza delle capriate in acciaio

Esempi

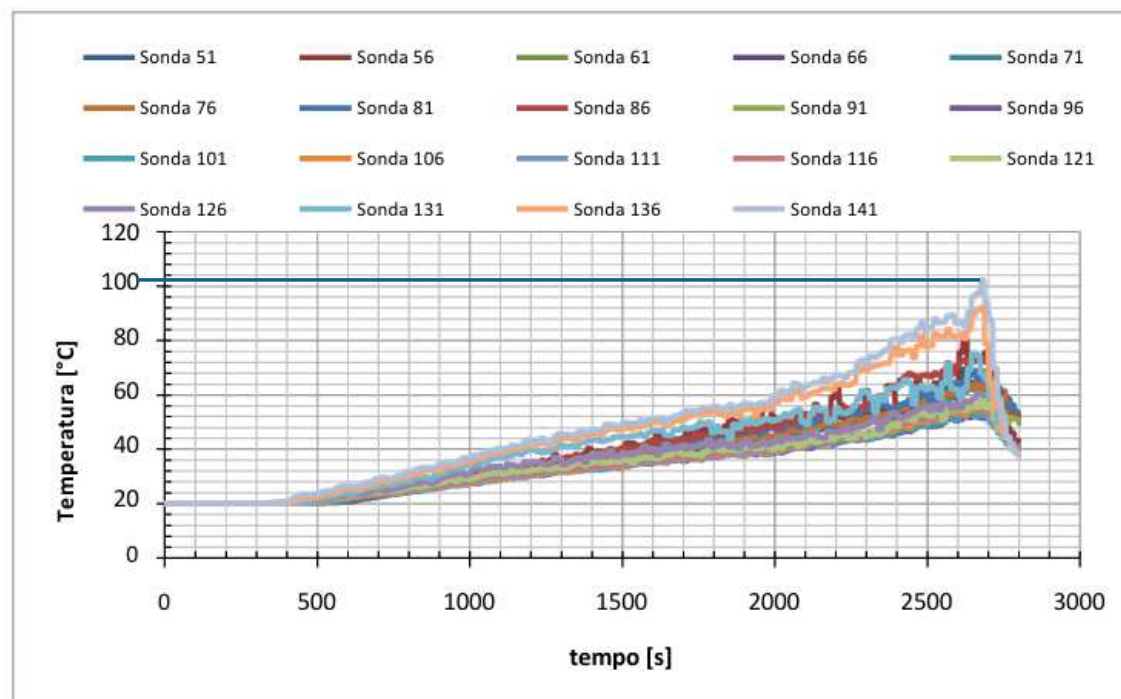
Univeristà – Edificio Tutelato con strutture in acciaio

RISULTATI DELLE MODELLAZIONI CON FDS

Modellazione 4 – SCENARIO 3 – Incendio nel laboratorio di informatica al secondo piano



Confronto curva RHR/tempo di input (verde) e curva RHR-tempo di output (rosso)
modellazione incendio nel laboratorio di informatica



Andamento della temperatura in corrispondenza delle capriate in acciaio

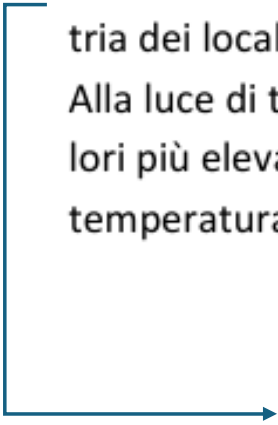
Esempi

Univeristà – Edificio Tutelato con strutture in acciaio

RISULTATI DELLE MODELLAZIONI CON FDS

Si può comprendere che lo studio affrontato, è stato svolto con l'adozione di valori di HRRmax per unità di superficie estremamente elevati in rapporto al carico di incendio stimato pessimisticamente, che massimizzano la potenza termica nell'ambiente e che vengono scarsamente influenzati dalla ventilazione, per verificare le condizioni "limite" che possono dare origine alle temperature più elevate in funzione della geometria dei locali presenti.

Alla luce di tutte le assunzioni conservative descritte nei paragrafi precedenti, lo scenario N. 1b ha dato i valori più elevati di temperatura, significativi per le analisi della resistenza al fuoco delle strutture, con una temperatura massima raggiunta in corrispondenza della catena della capriata di copertura pari a 297 °C.

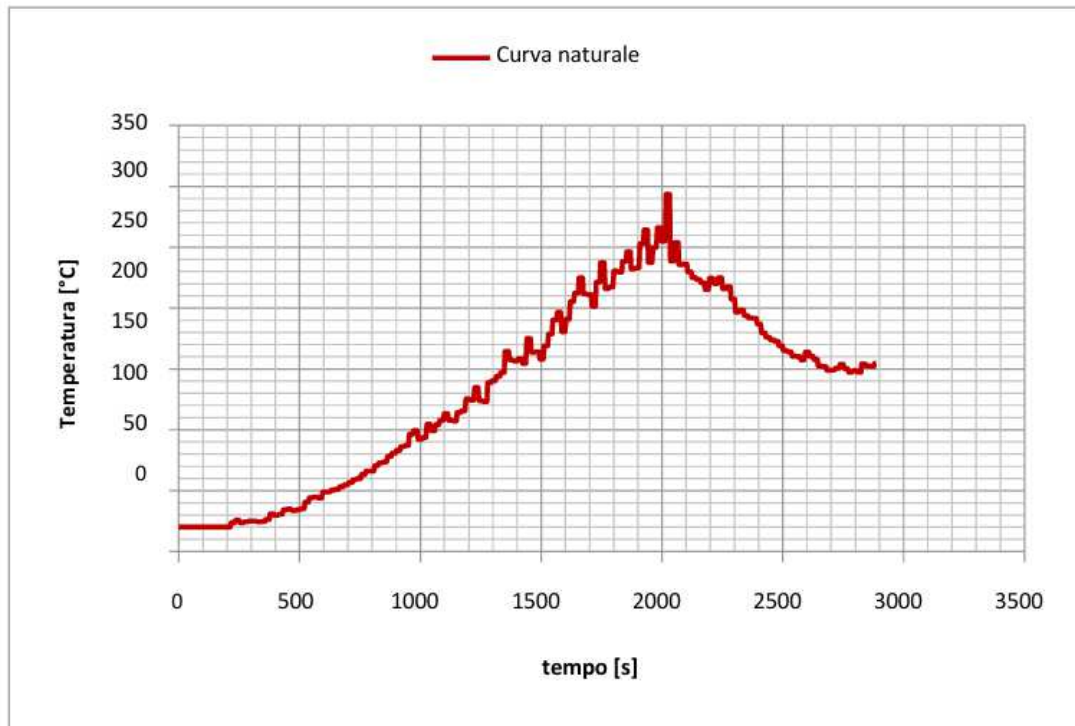


verifiche di sicurezza in ambito strutturale svolte per la determinazione della Resistenza al Fuoco delle strutture in acciaio della copertura della cattedrale

Esempi

Univeristà – Edificio Tutelato con strutture in acciaio

CALCOLO DELLA RESISTENZA AL FUOCO DELLE CAPRIATE IN ACCIAIO DI COPERTURA



Curva naturale derivante dalla modellazione FDS che raggiunge il valore massimo di temperatura (297 °C)

curva naturale di incendio ottenuta dalla modellazione che comporta le temperature più elevate in corrispondenza della struttura di copertura

Esempi

Univeristà – Edificio Tutelato con strutture in acciaio

CALCOLO DELLA RESISTENZA AL FUOCO DELLE CAPRIATE IN ACCIAIO DI COPERTURA

Secondo quanto indicato dal Codice di Prevenzione Incendi D.M. 24.11.2021 al paragrafo S.2.14 *“Modalità per la classificazione in base ai risultati di calcoli”* la verifica delle strutture secondo la curva naturale deve essere eseguita tenendo conto della seguente durata (Tabella M.2-1)

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
---	--

Esempi

Univeristà – Edificio Tutelato con strutture in acciaio

CALCOLO DELLA RESISTENZA AL FUOCO DELLE CAPRIATE IN ACCIAIO DI COPERTURA

Nello sviluppo delle analisi strutturali svolte tenendo conto anche della condizione di incendio, sono state affrontate verifiche preliminari sull'influenza delle dilatazioni termiche agenti sugli elementi metallici. Per riportare in modo completo i risultati di tali esami preliminari occorre tenere conto:

- Le strutture in acciaio di copertura risultano appoggiate sulle murature perimetrali del fabbricato ed esplicano con queste un vincolo prossimo al carrello. L'attrito fra le due componenti che costituisce oggi il "ritegno e vincolo" non lo si ritiene sufficientemente elevato da poter limitare gli spostamenti longitudinali della struttura in condizioni di riscaldamento.

Il movimento che può scaturire per l'innalzamento della temperatura negli elementi di acciaio lungo l'asse stesso della capriata risulterebbe impedito soltanto dalla cornice in muratura di ridotto spessore e senza alcun cordolo in cemento armato presente, condizione propria del fabbricato storico esistente. Tale fenomeno per valori contenuti non dovrebbe costituire condizione per la perdita dell'appoggio stesso da parte della capriata in acciaio.

- Le dilatazioni termiche trasversali della struttura risultano invece impedito dall'intero sviluppo della muratura perimetrale ed offrono sufficiente vincolo al mantenimento "in sede" delle strutture di copertura

La libertà consentita alla dilatazione della struttura reticolare lungo il proprio asse rende praticamente trascurabili gli effetti di incremento della tensione all'interno dei singoli elementi strutturali.

Il contenimento invece in direzione trasversale si oppone a dilatazioni termiche che risultano per entità del tutto ininfluenti sullo stato di sollecitazione della struttura principale.

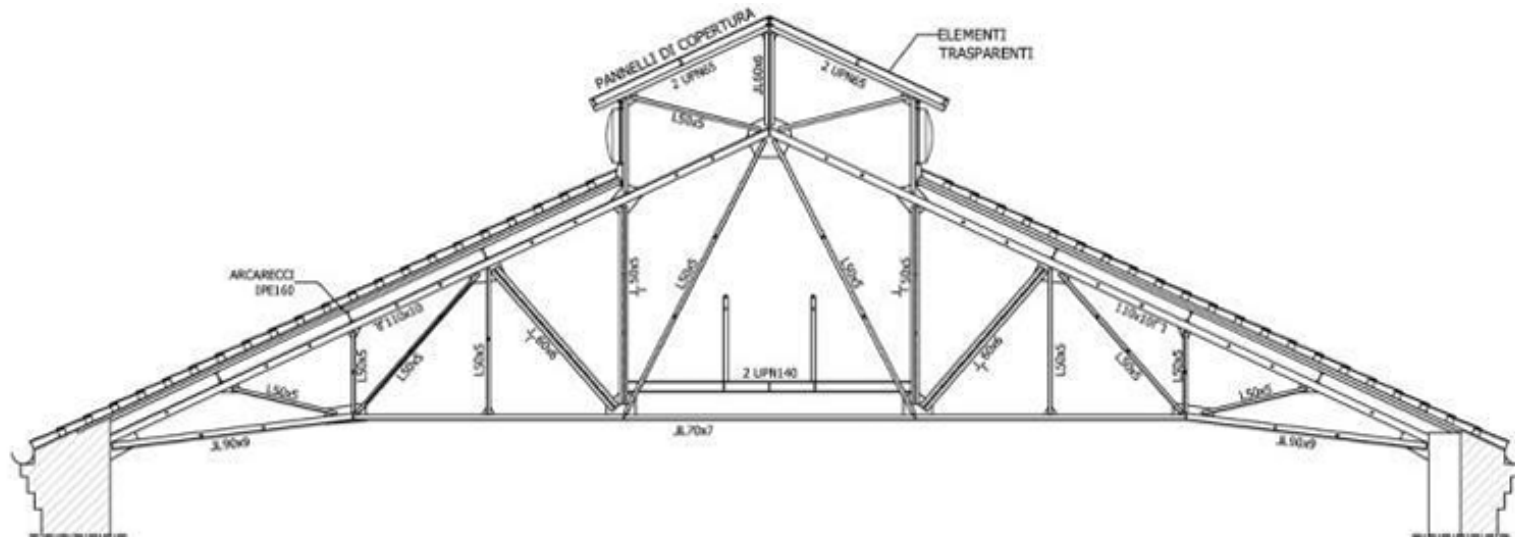


Particolare appoggio capriata sulla muratura

Esempi

Univeristà – Edificio Tutelato con strutture in acciaio

CALCOLO DELLA RESISTENZA AL FUOCO DELLE CAPRIATE IN ACCIAIO DI COPERTURA



Esempi

Univeristà – Edificio Tutelato con strutture in acciaio

CALCOLO DELLA RESISTENZA AL FUOCO DELLE CAPRIATE IN ACCIAIO DI COPERTURA

CARATTERIZZAZIONE DEI MATERIALI

Data l'epoca di realizzazione della struttura reticolare, si può ritenere che l'acciaio adottato per la realizzazione della carpenteria possa essere ricondotto al tipo FE360 (l'acciaio con le caratteristiche meccaniche più basse per l'epoca di costruzione) che presentava caratteristiche del tutto simili all'attuale acciaio S235 caratterizzato da:

- tensione ammissibile $\sigma = 160 \text{ N/mm}^2$ (riferimento usato all'epoca)
- tensione caratteristica di snervamento $f_{yk} = 235 \text{ N/mm}^2$
- tensione caratteristica a rottura $f_{tk} = 360 \text{ N/mm}^2$
- modulo elastico $E = 210000 \text{ N/mm}^2$
- modulo di elasticità trasversale $G = 80769 \text{ N/mm}^2$

Le connessioni tra le aste sono realizzate con piastre di spessore 10 mm e chiodi di diametro massimo rilevato pari a 20 mm e diametro inferiore pari a 12 mm. La resistenza a taglio dei chiodi, secondo quanto ordinariamente previsto all'epoca di costruzione veniva assunta pari a 1400 kg/cm^2 , si ipotizza, a favore di sicurezza che tale valore sia pari alla resistenza **ultima** di progetto.

Esempi

Univeristà – Edificio Tutelato con strutture in acciaio

CALCOLO DELLA RESISTENZA AL FUOCO DELLE CAPRIATE IN ACCIAIO DI COPERTURA

Come precedentemente anticipato, non avendo a disposizione alcuna documentazione risalente all'epoca del progetto originale, secondo quanto riportato nella Circolare 21.01.2019 n. 7 al Capitolo 8 il Livello di Conoscenza congruo, per il caso in esame, risulta essere pari a LC1 – *Conoscenza limitata* a seguito delle seguenti condizioni:

- *Geometria*: la geometria della struttura è nota in base al rilievo di dettaglio
- *Proprietà dei materiali*: non sono disponibili informazioni sulle caratteristiche meccaniche dei materiali, né da disegni costruttivi né da certificati di prova. Si adottano valori usuali della pratica costruttiva dell'epoca
-

Tabella C8.5.IV – Livelli di conoscenza in funzione dell'informazione disponibile e conseguenti metodi di analisi ammessi e valori dei fattori di confidenza, per edifici in calcestruzzo armato o in acciaio

Livello di conoscenza	Geometrie (carpenterie)	Dettagli strutturali	Proprietà dei materiali	Metodi di analisi	FC (*)
LC1		Progetto simulato in accordo alle norme dell'epoca e <i>indagini limitate</i> in situ	Valori usuali per la pratica costruttiva dell'epoca e <i>prove limitate</i> in situ	Analisi lineare statica o dinamica	1,35
LC2	Da disegni di carpenteria originali con rilievo visivo a campione; in alternativa rilievo completo ex-novo	Elaborati progettuali incompleti con <i>indagini limitate</i> in situ; in alternativa <i>indagini estese</i> in situ	Dalle specifiche originali di progetto o dai certificati di prova originali, con <i>prove limitate</i> in situ; in alternativa da <i>prove estese</i> in situ	Tutti	1,20
LC3		Elaborati progettuali completi con <i>indagini limitate</i> in situ; in alternativa <i>indagini esaustive</i> in situ	Dai certificati di prova originali o dalle specifiche originali di progetto, con <i>prove estese</i> in situ; in alternativa da <i>prove esaustive</i> in situ	Tutti	1,00

(*) A meno delle ulteriori precisazioni già fornite nel § C8.5.4.

A favore di sicurezza, per correttamente interpretare il grado di incertezza nella conoscenza completa di strutture esistenti, seguendo le indicazioni fornite dalla Circolare 21 gennaio 2019 n° 7/C.S.LL.PP. (Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018) è stato adottato il coefficiente di sicurezza PIU' SEVERO, legato al livello di conoscenza della struttura.

Esempi

Univeristà – Edificio Tutelato con strutture in acciaio

CALCOLO DELLA RESISTENZA AL FUOCO DELLE CAPRIATE IN ACCIAIO DI COPERTURA

- ANALISI DEI CARICHI E COMBINAZIONE DELLE AZIONI
SECONDO D.M. 17.01.2018 (NTC 2018) § 2.5

CARICHI PERMANENTI PORTATI NON STRUTTURALI:

I carichi permanenti presenti sulla struttura sono:

Pannelli di copertura in polycarbonato	20 daN/m ²	zona centrale
Passerella per manutenzione	50 daN/m ²	zona centrale inferiore
Lamiera grecata e manto in coppi	70 daN/m ²	zona laterale

Interasse massimo tra le capriate: 5 m

I carichi permanenti relativi al peso proprio delle aste strutturali vengono automaticamente considerati dal programma di calcolo agli elementi finiti, mentre non viene considerata l'azione variabile dovuta alla neve in quanto la norma indica che tale tipo di azione non si combina con altre azioni eccezionali come l'incendio:

Esempi

Univeristà – Edificio Tutelato con strutture in acciaio

CALCOLO DELLA RESISTENZA AL FUOCO DELLE CAPRIATE IN ACCIAIO DI COPERTURA

- ANALISI DEI CARICHI E COMBINAZIONE DELLE AZIONI
SECONDO D.M. 17.01.2018 (NTC 2018) § 2.5

Si adotta perciò:

Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto

Ad (incendio):

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} Q_{k1} + \psi_{22} Q_{k2}$$

dove:

- G_1 è il peso proprio degli elementi strutturali, valutato automaticamente dal programma di calcolo
- G_2 è il peso proprio di tutti gli elementi non strutturali calcolato in precedenza
- P è l'azione di pretensione o precompressione che in questo caso non è presente
- A_d gli effetti della azione eccezionale (incendio)
- Q_k è l'azione variabile agente sulla struttura e ψ_{21} è il coefficiente di combinazione che nel caso dell'azione della neve è nullo.

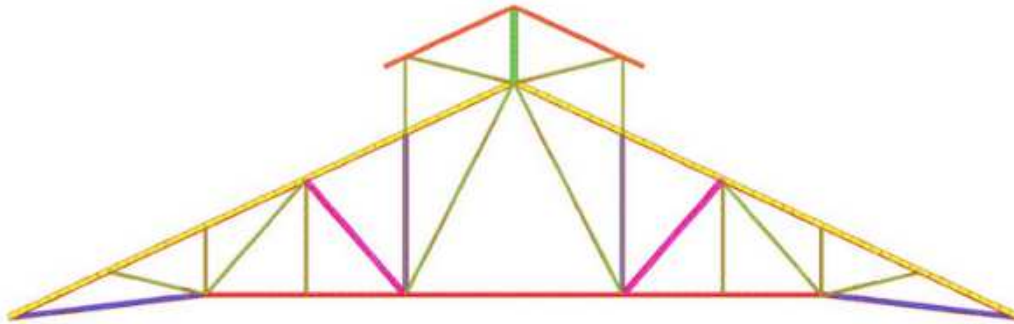
Esempi

Univeristà – Edificio Tutelato con strutture in acciaio

CALCOLO DELLA RESISTENZA AL FUOCO DELLE CAPRIATE IN ACCIAIO DI COPERTURA

Con assunzioni FORTEMENTE CAUTELATIVE, si suppone che l'intera struttura e non solo la catena, sia esposta all'azione dell'incendio e delle sue temperature massime ($\approx 300^{\circ}\text{C}$)

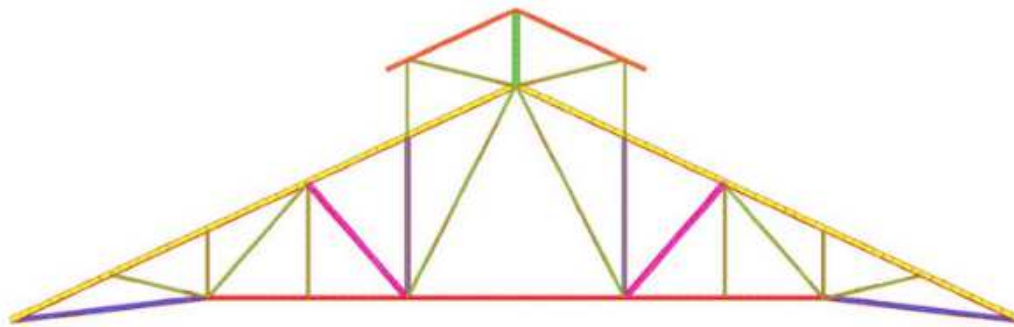
La massima temperatura raggiunta in prossimità della struttura è pari a 297°C e viene applicata all'intera struttura.



Modellazione della capriata agli elementi finiti

Esempi

Univeristà – Edificio Tutelato con strutture in acciaio

CALCOLO DELLA RESISTENZA AL FUOCO DELLE
CAPRIATE IN ACCIAIO DI COPERTURA

Modellazione della capriata agli elementi finiti

Profilo	c/t	(b+h)/2	CLASS
2L 110x10	11	11	4
2L 90x9	10	10	4
2L 50x5	10	10	4
2L 60x6	10	10	4
2 UPN 65	4,4	-	1

Posizione	Profilo	Azione	[N]
Catena	2L 90x9	trazione	96903
Catena	2L 70x7	trazione	69317
Puntone	2L 110x10	compressione	107758
Diagonale	2L 50x5	compressione	10792
Diagonale	2L 50x5	trazione	20027
Diagonale	2L 60x6	compressione	20030
Corrente	2L 50x5	compressione	7093
Corrente	2L 50x5	trazione	120
Corrente	2L 60x6	compressione	11866
Diagonale	2 UPN 65	trazione	12006

Tabella riassuntiva degli sforzi presenti nelle singole aste

Poiché la temperatura negli elementi **non supera 350 °C**, secondo quanto indicato dall'Eurocodice 3 per la verifica degli elementi di classe 4 nel § 4.2.3.6 **tutti i profili in classe 4 risultano verificati**, mentre occorre svolgere la verifica del diagonale costituito da due profili UPN 65.

4.2.3.6 Members with Class 4 cross-sections

(1) For members with class 4 cross-sections other than tension members it may be assumed that 4.2.1(1) is satisfied if at time t the steel temperature θ_a at all cross-sections is not more than θ_{crit} .

NOTE 1 : For further information see annex E.

NOTE 2 : The limit θ_{crit} may be chosen in the National Annex. The value $\theta_{crit} = 350^\circ\text{C}$ is recommended.

Esempi

Univeristà – Edificio Tutelato con strutture in acciaio

CALCOLO DELLA RESISTENZA AL FUOCO DELLE CAPRIATE IN ACCIAIO DI COPERTURA

❑ VERIFICHE DI RESISTENZA A CALDO

Le verifiche del profilo in acciaio costituito da 2 UPN65 vengono svolte nel pieno rispetto della norma UNI EN 1993-1-2 “Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture di acciaio – Parte 1-2: Regole generali – Progettazione strutturale contro l’incendio”.

VERIFICA DI RESISTENZA A TRAZIONE (Eurocodice 3 § 4.2.3.1)

La resistenza di progetto a trazione $N_{fi,\theta,Rd}$ di una sezione tesa sottoposta ad una distribuzione di temperatura uniforme θ può essere determinata come:

$$N_{fi,\theta,Rd} = k_{y,\theta} N_{Rd} [\gamma_{M0} / \gamma_{M,fi}]$$

dove:

- $k_{y,\theta}$ è il fattore di riduzione della resistenza a snervamento dell’acciaio corrispondente alla temperatura θ (nel caso in esame per la temperatura di 300° C, $k_{y,\theta} = 1$ – nessuna riduzione)
- N_{Rd} è la resistenza di progetto della sezione $N_{pl,Rd}$ a temperatura ambiente (a freddo) e per sezioni con fori è pari al valore minimo tra:
 - La resistenza plastica di progetto della sezione lorda (senza considerare i fori) $N_{pl,Rd} = A f_y / \gamma_{M0}$
 - La resistenza ultima di progetto della sezione netta $N_{u,Rd} = 0,9 A_{net} f_u / \gamma_{M0}$

Ove occorre porre attenzione ai valori f_y (resistenza allo snervamento) e f_u (resistenza alla rottura) che devono essere opportunamente parzializzati dal Fattore di Confidenza, $FC = 1,35$,
 $f_y \rightarrow f_y/1,35$ e $f_u \rightarrow f_u/1,35$ secondo quanto già evidenziato precedentemente.

$\gamma_{M0} = 1$, $\gamma_{M,fi} = 1$ (Eurocodice 3 § 2.3)

$$N_{Ed} = 12006 \text{ N} \ll N_{fi,\theta,Rd} = 314378 \text{ N}$$

Esempi

Univeristà – Edificio Tutelato con strutture in acciaio

CALCOLO DELLA RESISTENZA AL FUOCO DELLE CAPRIATE IN ACCIAIO DI COPERTURA

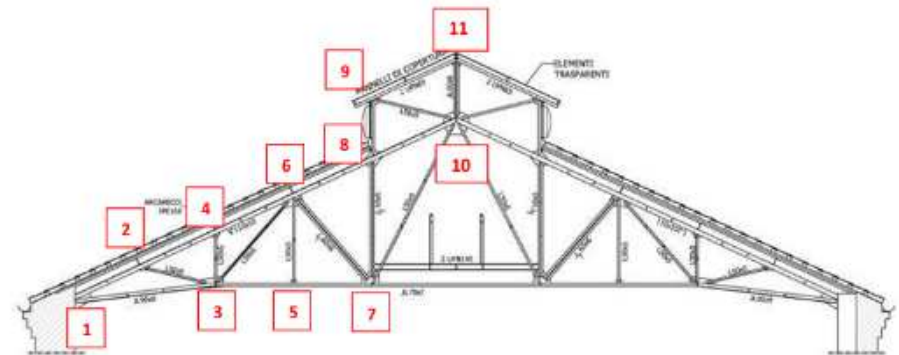
VERIFICA DEI NODI

A favore di sicurezza, si assume che la temperatura nelle connessioni sia la medesima delle aste e pertanto si procede alla verifica del nodo considerando una temperatura massima uniforme pari a 297 °C, ne consegue che la resistenza a snervamento dell'acciaio non subisce alcuna diminuzione dovuta all'innalzamento della temperatura.

Le verifiche delle connessioni faranno riferimento alla numerazione riportata nel seguito e sono state svolte le verifiche della metà dei nodi presenti nella struttura in quanto la capriata risulta simmetrica rispetto all'asse centrale.

resistenza a taglio del chiodo

verificare la piastra di connessione nei confronti del fenomeno di rifollamento



Vista struttura capriata - Numerazione nodi

Esempi

Univeristà – Edificio Tutelato con strutture in acciaio

CONCLUSIONI

A seguito delle analisi svolte secondo approccio ingegneristico per le strutture di copertura in acciaio esistenti e sulla base delle specifiche verifiche strutturali, si riscontra che anche nelle condizioni di incendio più gravose la Resistenza al Fuoco delle Strutture di copertura risulta sufficiente a garantire l'esodo e l'intervento delle squadre di soccorso

I termini numerici derivanti dalle analisi sono il risultato di valutazioni **“particolarmente conservative”** e conseguentemente con ampi margini di sicurezza, le condizioni di sicurezza antincendio presenti nella Cattedrale, alla luce anche della severità adottata nella fase di input del calcolo, possono ritenersi rispettate con, inoltre le seguenti misure di sicurezza integrative che affrontino anche gli aspetti di gestione e pianificazione dell'attività e della sua emergenza:

- Tutte le verifiche periodiche sugli impianti e le attrezzature ordinarie e su quelle specifiche per la prevenzione e la lotta antincendio dovranno essere svolte con particolare attenzione e seguendo opportune procedure anticipatamente codificate.
- Dovrà essere svolto il mantenimento aggiornato del Piano di Emergenza e dell'SGSA con istruzione di tutto il personale sui compiti e le procedure da attuare in caso di incendio

Esempi

Univeristà – Edificio Tutelato con strutture in acciaio

CONCLUSIONI

Si ritiene inoltre particolarmente importante e rilevante ai fini antincendio il rispetto e l'adozione delle seguenti misure di sicurezza che il personale addetto dovrà sottoporre a controllo e verifica durante lo svolgimento dell'attività per il mantenimento di un elevato livello di sicurezza e di protezione:

1. Rispetto tassativo del divieto di fumare in qualsiasi ambiente, in qualsiasi momento.
2. Divieto assoluto nell'uso e nell'organizzazione di eventi che possano prevedere fiamme libere, prodotti pirotecnici o similari che possano dare origine ad un rapido sviluppo dell'incendio.
3. Divieto assoluto nel portare all'interno dei locali batterie, mezzi che fanno uso di batterie (biciclette assistite, monopattini, ecc.) che possano dare origine a fenomeni di autoaccensione.
4. Controllo costante del Carico di Incendio e dei quantitativi dichiarati nella presente relazione.
5. Controllo della gestione delle condizioni di sicurezza antincendio e del corretto mantenimento di tutti i percorsi di esodo e delle uscite di sicurezza.
6. Spegnimento di tutte le apparecchiature elettriche/elettroniche a fine giornata tranne per un numero limitato (non superiore a 5) che eventualmente potrebbe restare in funzione (computer con calcoli prolungati nel tempo).
7. Mantenimento in efficienza del Controsoffitto previsto al secondo piano di Classe REI120 che costituisce separazione fra l'attività didattica e le strutture di copertura
8. Divieto di disporre in prossimità delle strutture di copertura materiale o apparecchiature combustibili/inflammabili
9. Divieto di accumulo di materiale cartaceo in grandi quantità, disordinato e non suddiviso ed organizzato in apposito arredo di tipo metallico
10. Divieto di attraversare i controsoffitti REI del secondo piano senza opportuni accorgimenti che mantengano in essere la compartimentazione.

GSA «FSE»

APPENDICE C
del progetto
di oltre 10 pg

GRAZIE PER L'ATTENZIONE

Corso formazione per Vice Direttori

Fire Safety Engineering

Gestione di una istruttoria

**Esempi di applicazione nella valutazione dei
progetti**



Francesco Scarito