



Ordine degli Ingegneri
di Forlì-Cesena



FSE PROGETTI
Ingegneria Antincendio - Fire Safety Engineering

CODICE DI PREVENZIONE INCENDI E FIRE SAFETY ENGINEERING

Il corso è finalizzato all'aggiornamento tecnico di prevenzione incendi anche al fine del mantenimento dell'iscrizione dei professionisti negli elenchi del Ministero dell'Interno ai sensi del DM 05/08/2011

Forlì, 26/06/2017

Ing. Filippo Battistini



Programma

- 1 Codice di prevenzione incendi: le **soluzioni alternative**
- 2 **Metodologia** per l'ingegneria della sicurezza antincendio
- 3 **Scenari di incendio** per la progettazione prestazionale
- 4 **Salvaguardia della vita** con la progettazione prestazionale
- 5 Esempi
- 6 Conclusioni



1

2

3

4

5

6

Codice di prevenzione incendi: le soluzioni alternative



1 Codice di prevenzione incendi: le soluzioni alternative

Capitolo G.2 GENERALITÀ Progettazione per la sicurezza antincendio

G.2.5.4 Individuazione delle soluzioni progettuali

1. Per ogni *livello di prestazione* di ciascuna misura antincendio sono previste diverse *soluzioni progettuali*. L'applicazione di una delle *soluzioni progettuali* deve garantire il raggiungimento del *livello di prestazione* richiesto.
2. Sono definite tre tipologie di *soluzioni progettuali*:
 - a. *soluzioni conformi*;
 - b. *soluzioni alternative*;
 - c. *soluzioni in deroga*.

S.1.4.4 Soluzioni alternative
1. Sono ammesse *soluzioni alternative* per tutti i livelli di prestazione.

2. Al fine di dimostrare il raggiungimento del collegato *livello di prestazione* il progettista deve impiegare uno dei metodi di cui al paragrafo G.2.6.

Nota: Le soluzioni alternative possono essere ricercate dimostrando *ad esempio* la ridotta produzione di fumi e calore, la precoce rivelazione dell'incendio ed il suo rapido controllo tramite impianti di protezione attiva.

G.2.5.4.2 Applicazione di soluzioni alternative

1. Il progettista può fare ricorso alle *soluzioni alternative* proposte nei pertinenti paragrafi della sezione *Strategia antincendio*, laddove presenti, e qualora non siano formulate può proporre specifiche soluzioni alternative con le procedure di cui al punto successivo.
2. Il progettista che fa ricorso alle *soluzioni alternative* è tenuto a dimostrare il raggiungimento del collegato livello di prestazione, impiegando uno dei *metodi di progettazione della sicurezza antincendio* ammessi per ciascuna misura antincendio tra quelli del paragrafo G.2.6.
3. Al fine di consentire la valutazione di tale dimostrazione da parte del Corpo nazionale dei Vigili del fuoco, è ammesso l'impiego di soluzioni alternative solo nelle attività con valutazione del progetto.

Nota La definizione di *attività con valutazione del progetto* si trova nel capitolo G.1.

S.2.4.8

Soluzioni alternative per il livello di prestazione III

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

Solo cat. B,C del DPR 151/2011,
altrimenti Deroga



1 Codice di prevenzione incendi: le soluzioni alternative

G.2.6 Metodi ordinari di progettazione della sicurezza antincendio

1. La tabella G.2-1 elenca i metodi per la progettazione della sicurezza antincendio impiegabili per:
 - a. la verifica delle soluzioni alternative al fine di dimostrare il raggiungimento del collegato livello di prestazione;
 - b. la verifica del livello di prestazione attribuito alle misure antincendio al fine di dimostrare il raggiungimento dei pertinenti obiettivi di sicurezza antincendio.

Metodi	Descrizione e limiti di applicazione
Applicazione di norme o documenti tecnici	Il progettista applica norme o documenti tecnici adottati da organismi europei o internazionali, riconosciuti nel settore della sicurezza antincendio. Tale applicazione, fatti salvi gli obblighi connessi all'impiego di prodotti soggetti a normativa comunitaria di armonizzazione e alla regolamentazione nazionale, deve essere attuata nella sua completezza, ricorrendo a soluzioni, configurazioni e componenti richiamati nelle norme o nei documenti tecnici impiegati, evidenziandone specificatamente l'idoneità, per ciascuna configurazione considerata, in relazione ai profili di rischio dell'attività.
Applicazione di prodotti o tecnologie di tipo innovativo	L'impiego di prodotti o tecnologie di tipo <i>innovativo</i> , frutto della evoluzione tecnologica ma sprovvisti di apposita specifica tecnica, è consentito in tutti i casi in cui l'idoneità all'impiego possa essere attestata dal progettista, in sede di verifica ed analisi sulla base di una valutazione del rischio connessa all'impiego dei medesimi prodotti o tecnologie, supportata da pertinenti certificazioni di prova riferite a: <ul style="list-style-type: none">• norme o specifiche di prova nazionali;• norme o specifiche di prova internazionali;• specifiche di prova adottate da laboratori a tale fine autorizzati.
Ingegneria della sicurezza antincendio	Il progettista applica i metodi dell'ingegneria della sicurezza antincendio, secondo procedure, ipotesi e limiti indicati nel presente documento, in particolare nei capitoli M.1 , M.2 e M.3 , e secondo le procedure previste dalla normativa vigente.

Tabella G.2-1: Metodi ordinari di progettazione della sicurezza antincendio

Capitolo M.1 METODI
Metodologia per l'ingegneria della sicurezza antincendio

Capitolo M.2 METODI
Scenari di incendio per la progettazione prestazionale

Capitolo M.3 METODI
Salvaguardia della vita con la progettazione prestazionale

1 Codice di prevenzione incendi: le soluzioni alternative

Che cos'è l'Ingegneria della sicurezza antincendio?

E' un metodo che si basa sulla predizione della dinamica evolutiva dell'incendio tramite l'applicazione di idonei modelli di calcolo. Punto di forza di questa strategia è la sua estrema flessibilità.

Flessibilità? analogia del sarto!

Approccio prescrittivo



XXL

Approccio semi-prestazionale DM 03/08/2015



XS



S



M



L



XL



XXL

Approccio prestazionale FIRE SAFETY ENGINEERING





1

2

3

4

5

6

Metodologia per l'Ingegneria della Sicurezza Antincendio



2 Metodologia per l'ingegneria della sicurezza antincendio

La metodologia di progettazione prestazionale si compone di due fasi:

- a) prima fase: **analisi preliminare**: 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;
- b) seconda fase: **analisi quantitativa**: 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.

1° FASE
ANALISI
PRELIMINARE

2° FASE
ANALISI
QUANTITATIVA

DOCUMENTAZIONE DI PROGETTO



2 Metodologia per l'ingegneria della sicurezza antincendio

1° FASE : ANALISI PRELIMINARE

1.1) definizione del progetto

- destinazione d'uso dell'attività;
- **finalità della progettazione** antincendio prestazionale;
- eventuali **vincoli progettuali** derivanti da previsioni normative o da esigenze peculiari dell'attività;
- **pericoli di incendio** connessi con la destinazione d'uso prevista;
- **condizioni al contorno** per l'individuazione dei dati necessari per la valutazione degli effetti che si potrebbero produrre;
- **caratteristiche degli occupanti** in relazione alla tipologia di edificio ed alla destinazione d'uso prevista.

Definizione del progetto

Allo scopo della progettazione antincendio identifichiamo e documentiamo i seguenti aspetti:

- destinazione d'uso dell'attività: L'edificio in oggetto è adibito a produzione e deposito di carta e cartone (di seguito nominato "Cartiera").
- finalità della progettazione antincendio prestazionale: garantire l'esodo degli occupanti in caso di incendio e verificare la resistenza al fuoco delle strutture;
- eventuali vincoli progettuali derivanti da previsioni normative o da esigenze peculiari dell'attività: a causa delle geometrie dei locali e dei macchinari presenti in azienda, non è possibile ridurre significativamente le lunghezze dei percorsi di esodo, nonché aumentarne il numero. Non è inoltre economicamente perseguibile la strada di proteggere passivamente le strutture a seguito della classe di resistenza al fuoco valutata in funzione dei quantitativi di materiali presenti;
- pericoli di incendio connessi con la destinazione d'uso prevista: i pericoli principali derivano dai materiali contenuti nei locali deposito, oltre che come propagazione soprattutto per magnitudo degli eventi, e i tempi di esodo necessari a seguito delle geometrie dei percorsi di esodo;
- condizioni al contorno per l'individuazione dei dati necessari per la valutazione degli effetti che si potrebbero produrre: tutti i compartimenti sono coperti da rivelazione incendio, l'intero edificio è munito di allarme e protetto da impianto sprinkler;
- caratteristiche degli occupanti in relazione alla tipologia di edificio ed alla destinazione d'uso prevista: Gli occupanti sono in numero contenuto, in stato di veglia e hanno familiarità con l'edificio.

2 Metodologia per l'ingegneria della sicurezza antincendio

1° FASE : ANALISI PRELIMINARE

1.2) Identificazione degli obiettivi di sicurezza antincendio

Dopo aver stabilito lo scopo del progetto, si specificano gli obiettivi di sicurezza antincendio, in relazione alle specifiche esigenze dell'attività in esame ed alle finalità della progettazione.

Con gli obiettivi di sicurezza antincendio si specificano **qualitativamente**, ad esempio, il livello di **salvaguardia dell'incolumità degli occupanti**, il **massimo danno tollerabile all'attività** ed al suo contenuto, la continuità d'esercizio a seguito di un evento incidentale.

Identificazione degli obiettivi di sicurezza antincendio

Dopo aver stabilito lo scopo del progetto, in particolare la destinazione e le modalità di impiego dell'attività, si specificano gli obiettivi di sicurezza antincendio, tra quelli previsti nel presente documento, in relazione alle specifiche esigenze dell'attività in esame ed alle finalità della progettazione.

- **Esodo completo degli occupanti** in tutti i locali dell'attività deve poter avvenire in sicurezza l'esodo simultaneo di tutti gli occupanti;
- **Resistenza al fuoco delle strutture** in tutti i locali dell'attività deve essere garantita la resistenza al fuoco delle strutture in accordo al livello di prestazione individuato.



2 Metodologia per l'ingegneria della sicurezza antincendio

1° FASE : ANALISI PRELIMINARE

1.3) Definizione delle soglie di prestazione

Si tratta di soglie di tipo quantitativo e qualitativo rispetto alle quali si può svolgere la valutazione oggettiva di sicurezza antincendio. Con la scelta delle *soglie di prestazione* si rendono quindi **quantitativi** gli effetti termici sulle strutture, la propagazione dell'incendio, i danni agli occupanti, ai beni ed all'ambiente.

Resistenza al fuoco delle strutture:

Le strutture in acciaio, risentono prevalentemente della temperatura massima raggiunta, in quanto possiedono una bassissima inerzia termica, e trascurabile gradiente all'interno della sezione. Si posizionano sonde di temperatura in corrispondenza degli elementi che vengono verificati identificando quindi una temperatura critica della struttura per essere paragonata a quella realmente sviluppata all'interno del locale.

TIPOLOGIA	PARAMETRO	Unità di misura
Acciaio	Temperatura max.	°C

Conformemente al paragrafo M.2.5, la durata degli scenari di incendio di progetto sarà conforme all'obiettivo di sicurezza relativo al mantenimento della capacità portante in caso di incendio, dall'evento iniziatore fino all'arresto della dell'analisi strutturale in cui gli effetti dell'incendio sono ritenuti non significativi in termini di variazioni temporale delle caratteristiche delle sollecitazioni e spostamenti.

Definizione delle soglie di prestazione

Il passo successivo consiste nella traduzione degli obiettivi antincendio in soglie di prestazione (performance criteria). Si tratta di soglie di tipo quantitativo e qualitativo rispetto le quali si può svolgere la valutazione oggettiva di sicurezza antincendio.

Sicurezza degli occupanti lungo le vie di esodo:

Al fini della progettazione per la salvaguardia della vita si stabiliscono le soglie di prestazione per la vita. Si tratta delle soglie impiegate per definire l'incapacitazione degli occupanti esposti al fuoco ed ai suoi prodotti. Nel capitolo M.3 sono riportati esempi di valori numerici utilizzabili per tali progettazioni.

Modello	Prestazione	Soglia di prestazione	Riferimento
Occupamento della visibilità da fumo	Visibilità minima di pannelli n-feretri, non rettilineari, valutata ad altezza 1,80 m dal piano di calpestio	Occupanti: 10 m Occupanti in locali di superficie lorda < 100m ² : 5 m Secconitori: 5 m Secconitori in locali di superficie lorda < 100m ² : 2,5 m	ISO 13871-2012. [1]
Gas tossici	FEE, frazioni effettive dose e FEC, frazioni effettive concentrazione per esposizione a gas tossici e gas irritanti, valutata ad altezza 1,80 m dal piano di calpestio	Occupanti: 0,1 Secconitori: nessuna valutazione	ISO 13871-2012, limitando a 1,19% gli occupanti incapaci di raggiungere la soglia [1]
Calore	Temperatura massima di esposizione	Occupanti: 60°C Secconitori: 80°C	ISO 13871-2012 [1]
Calore	Irraggiamento termico massimo da tutte le sorgenti (incendio, effluenti dell'incendio, struttura di esposizione degli occupanti)	Occupanti: 2,5 kW/m ² Secconitori: 3 kW/m ²	ISO 13871-2012, per esposizione maggior di 30 minuti, senza modifica significativa dei tempi di esodo (2,5 kW/m ²). [1]

[1] Ai fini di questa tabella, per accconitori 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 condizione di incerta visibilità. Ulteriori indicazioni possono essere desunte ad esempio dai documenti dell'Australian Fire Authorities Council (AFAC) per Australian conditions.

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

Per definizione, gli occupanti raggiungono l'incapacitazione quando diventano inabili a mettersi al sicuro autonomamente. Tale condizione si raggiunge quando vengono superati i seguenti parametri (con Z = 1,8 altezza della sonda):

PARAMETRO	VALORE	Unità di misura
Visibilità	10 (z = 1,8 m)	m
Temperatura	60 (z = 1,8 m)	°C
Irraggiamento	2,5 (z = 1,8 m)	kW/m ²

Conformemente al paragrafo M.2.5, la durata degli scenari di incendio di progetto sarà conforme all'obiettivo di sicurezza relativo alla salvaguardia della vita, dall'evento iniziatore fino al momento in cui tutti gli occupanti dell'attività raggiungono o permangono in un luogo sicuro.

2 Metodologia per l'ingegneria della sicurezza antincendio

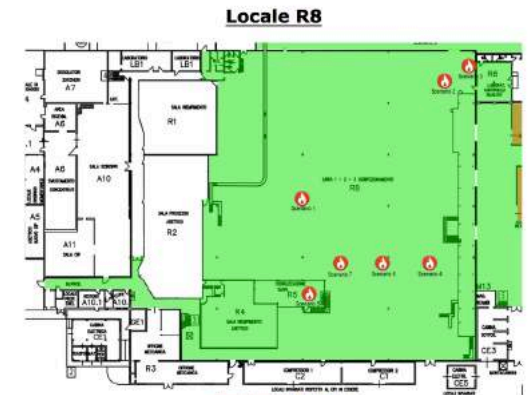
1° FASE : ANALISI PRELIMINARE

1.4) Individuazione degli scenari di incendio di progetto

Gli scenari di incendio rappresentano la **schematizzazione degli eventi che possono ragionevolmente verificarsi** nell'attività in relazione alle caratteristiche del focolare, dell'edificio e degli occupanti.

La procedura di identificazione, selezione e quantificazione degli scenari di incendio di progetto è descritta nel **capitolo M.2**.

Identificazione dei possibili scenari d'incendio
Il primo passo della procedura consiste nell'identificare tutti i possibili scenari di incendio che possono svilupparsi durante la vita utile dell'attività. In relazione a ciò si considerano tutte le condizioni di esercizio ragionevolmente prevedibili. Si identificano i seguenti scenari di incendio:



Scenario 1 (5 pallets di tappi in PE)

Livello di prestazione: Esodo

L'incendio avviene in una zona baricentrica del locale, ove è adibita un'area per lo stoccaggio di materiale plastico (Tappi in PE) in quantità non trascurabili. Le caratteristiche del materiale, del suo quantitativo, e della geometria dei locali, non permette lo sviluppo del flash-over. Il materiale è stoccato all'interno di contenitori disposti su pallets, e in numero massimo di 5. È presente l'impianto di protezione attiva (sprinkler), la rilevazione e allarme incendio e servito da SEFC.

È presente la squadra aziendale dedicata alla lotta antincendio.

Il locale è caratterizzato da linee automatiche di imbottigliamento, prevalentemente metalliche e supervisionate da operatori. Questi ultimi, di numero ridotto sono in stato di veglia e hanno familiarità con l'edificio.



2 Metodologia per l'ingegneria della sicurezza antincendio

2° FASE : ANALISI QUANTITATIVA

2.1) Elaborazione delle soluzioni progettuali

Il professionista antincendio **elabora una o più soluzioni progettuali per l'attività**, da sottoporre alla successiva verifica di soddisfacimento degli obiettivi di sicurezza antincendio.

In questo fase è **necessario condividere con il funzionario VVF** tutta la progettazione preliminare.

OPZIONE 1: a voce

OPZIONE 2: in forma scritta, tramite NOF



2 Metodologia per l'ingegneria della sicurezza antincendio

2° FASE : ANALISI QUANTITATIVA

2.2) Valutazione delle soluzioni progettuali

In questa fase si calcolano gli effetti che gli scenari d'incendio di progetto determinerebbero nell'attività **per ciascuna soluzione progettuale elaborata** nella fase precedente.

I risultati della modellazione sono utilizzati per la **verifica del rispetto delle soglie di prestazione** per le soluzioni progettuali per ciascuno scenario d'incendio di progetto.

incendio in magazzino intensivo

OPZIONE 1
SEFFC

OPZIONE 2
pannelli
basso-fondenti

incendio in hall di albergo

OPZIONE 1
vano scala in
sovrappressione

OPZIONE 2
impianto a
soppressione
dell'incendio



2 Metodologia per l'ingegneria della sicurezza antincendio

2° FASE : ANALISI QUANTITATIVA

2.3) Selezione delle soluzioni progettuali più idonee

In questa fase si **selezionano** la **soluzioni progettuali finali** tra quelle che sono state **verificate** positivamente rispetto agli scenari di incendio di progetto.

incendio in magazzino intensivo

OPZIONE 2
pannelli
basso-fondenti

incendio in hall di albergo

OPZIONE 1
vano scala in
sovrappressione

2 Metodologia per l'ingegneria della sicurezza antincendio

DOCUMENTAZIONE DI PROGETTO

ANALISI PRELIMINARE

sommario tecnico, firmato congiuntamente dal professionista antincendio e dal responsabile dell'attività, ove è sintetizzato il processo seguito per individuare gli scenari di incendio di progetto e le soglie di prestazione.

2. ANALISI PRELIMINARE

In questo capitolo viene descritta l'analisi preliminare effettuata ai sensi del DM 3 agosto 2015.

SOMMARIO TECNICO

Responsabili dell'attività:

SIG. MARIO ROSSI

Responsabile della progettazione antincendio:

ING. FILIPPO BATTISTINI

Responsabile dell'applicazione dell'ingegneria antincendio:

ING. GIANLUCA GALEOTTI

Finalità della progettazione con metodo prestazionale:

- Analisi della diffusione dei fumi
- Verifica delle vie di esodo
- Valutazione dei tempi di esodo
- Resistenza al fuoco delle strutture

Mario Rossi

Ing. Filippo Battistini

Ing. Gianluca Galeotti

2. ANALISI PRELIMINARE

In questo capitolo viene descritta l'analisi preliminare effettuata ai sensi del DM 3 agosto 2015.

SOMMARIO TECNICO

Responsabili dell'attività:

SIG. MARIO ROSSI

Responsabile della progettazione antincendio:

ING. FILIPPO BATTISTINI

Responsabile dell'applicazione dell'ingegneria antincendio:

ING. FILIPPO BATTISTINI

Finalità della progettazione con metodo prestazionale:

- Analisi della diffusione dei fumi
- Verifica delle vie di esodo
- Valutazione dei tempi di esodo
- Resistenza al fuoco delle strutture

Mario Rossi

Ing. Filippo Battistini

2 Metodologia per l'ingegneria della sicurezza antincendio

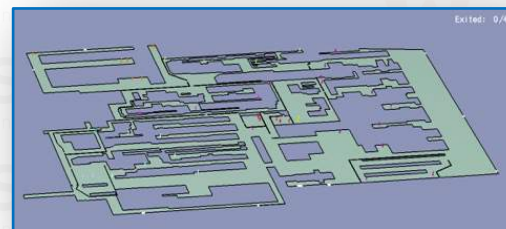
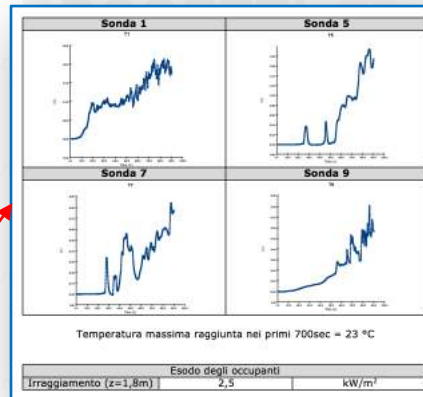
DOCUMENTAZIONE DI PROGETTO

ANALISI QUANTITATIVA

relazione tecnica ove si presentino i risultati dell'analisi ed il percorso progettuale seguito;

Nella relazione tecnica **devono risultare le soluzioni progettuali** agli scenari di incendio di progetto.

L'esito dell'analisi deve essere sintetizzato con **tabelle, disegni, schemi grafici, immagini**, che presentino in maniera quantitativa i parametri rilevanti ai fini del raggiungimento degli obiettivi di sicurezza antincendio.





2 Metodologia per l'ingegneria della sicurezza antincendio

DOCUMENTAZIONE DI PROGETTO

ANALISI QUANTITATIVA

programma per la gestione della sicurezza antincendio, con le specifiche modalità d'attuazione delle misure di *gestione della sicurezza antincendio*.

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

devono essere **limitate** agli aspetti trattati nella progettazione prestazionale.

4. S.G.S.A. AVANZATO

La metodologia prestazionale, basandosi sull'individuazione delle misure di protezione effettuata mediante scenari di incendio valutati ad hoc, richiede, affinché non ci sia una riduzione del livello di sicurezza prescelto, un attento mantenimento nel tempo di tutti i parametri posti alla base della scelta sia degli scenari che dei progetti. Conseguentemente si è reso necessario mettere in atto un sistema di gestione della sicurezza antincendio definito attraverso uno specifico documento presentato all'organo di controllo fin dalla fase di approvazione del progetto e da sottoporre a verifiche periodiche. Si richiama pertanto l'attenzione sulla circostanza che l'uso dell'opera nel rispetto delle limitazioni ipotizzate, del mantenimento delle misure di protezione previste e della gestione di eventuali modifiche, impone la realizzazione di un SGSA adeguato all'importanza dell'opera stessa.

Nell'ambito del programma per l'attuazione del SGSA sono valutati ed esplicitati i provvedimenti presi relativamente ai seguenti punti, da intendersi di tipo **integrativo** all'SGSA ordinario:

identificazione e valutazione dei pericoli derivanti dall'attività

I pericoli aggiuntivi sono individuati dall'assenza di ordinaria compartimentazione, perciò in materiali di deposito all'interno dell'attività, devono rispettare le seguenti prescrizioni:

1. Area massima per singola area di stoccaggio: 200m²;
2. Altezza massima di impilamento: 3,5m²;
3. Distanza minima di separazione tra le aree di stoccaggio: 4m;
4. Nelle aree destinate a "distanza di separazione" non deve essere stoccato materiale combustibile di qualsiasi natura e quantità, e i materiali di rivestimento devono essere di classe di reazione al fuoco GMD;
5. Non è permesso lo stoccaggio di pallets vuoti impilati all'interno dell'attività ad eccezione di quelli necessari nel processo produttivo con altezza massima di impilamento di 0,5m e area di stoccaggio 5m²;
6. Lo stoccaggio dei materiali che non costituiscono il "prodotto finito" devono essere preferibilmente stoccati nelle zone A1, B1, C1, C2, C3, D1 in quanto quelle con le migliori caratteristiche di smaltimento fumo e calore;
7. Non deve essere cambiata la tipologia di prodotto stoccata rispetto a quella attualmente prevista, fatto salvo ulteriore valutazione del rischio incendio con metodo ingegneristico;
8. Non devono essere sostituiti e/o spostati elementi di smaltimento fumo e calore come pannelli basso-fondenti e finestrate, fatto salvo ulteriore valutazione del rischio incendio con metodo ingegneristico.

controllo operativo

è compito degli addetti antincendio e del responsabile dell'attività di controllare il rispetto delle presenti prescrizioni tecnico-gestionali.

2 Metodologia per l'ingegneria della sicurezza antincendio

ITER PROCEDURALE

ANALISI PRELIMINARE

1. **definizione** del progetto
2. identificazione degli **obiettivi** di sicurezza antincendio
3. definizione delle **soglie** di prestazione
4. individuazione degli **scenari di incendio** di progetto



ANALISI QUANTITATIVA

1. **elaborazione** delle soluzioni progettuali
2. **valutazione** delle soluzioni progettuali
3. **selezione** delle soluzioni progettuali idonee

DOCUMENTAZIONE DI PROGETTO

1. sommario tecnico
2. relazione tecnica
3. programma per la gestione della sicurezza antincendio.



condivisione con
funzionario VVF
provinciale



Scenari di incendio per la progettazione prestazionale

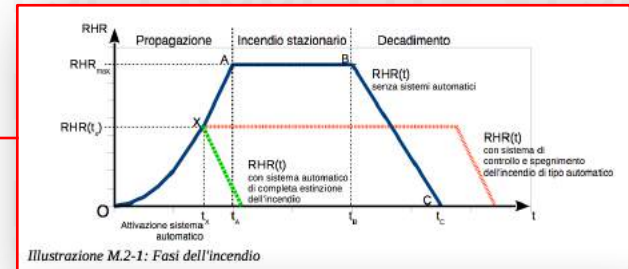


3 Scenari di incendio per la progettazione prestazionale

Capitolo M.2 METODI Scenari di incendio per la progettazione prestazionale

M.2.1 Premessa

- Il presente capitolo descrive la procedura di identificazione, selezione e quantificazione degli scenari di incendio di progetto che sono impiegati nell'analisi quantitativa da parte del professionista antincendio che si avvale dell'ingegneria della sicurezza antincendio e fornisce altresì indicazioni per eseguire la verifica del raggiungimento degli obiettivi di sicurezza antincendio per le attività.
- Gli scenari d'incendio rappresentano la descrizione dettagliata degli eventi che possono ragionevolmente verificarsi in relazione a tre aspetti fondamentali:
 - caratteristiche dell'incendio;
 - caratteristiche dell'attività;
 - caratteristiche degli occupanti.
- La documentazione della procedura di identificazione, selezione e quantificazione degli scenari di incendio di progetto deve essere conforme alle indicazioni di questo documento, per consentire la valutazione del progetto da parte delle competenti strutture dei Vigili del fuoco.
- Tale procedura consiste nei seguenti passi:
 - identificazione 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;
 - descrizione quantitativa degli scenari d'incendio di progetto selezionati.



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

[1] Quando nel presente documento si usa C la relativa indicazione è valida per Ci, Cii, Ciii

Tabella G.3-1: Caratteristiche prevalenti degli occupanti

INTERNATIONAL STANDARD

ISO 16732-1

First edition 2012-02-15

Fire safety engineering — Fire risk assessment —

Part 1: General

TECHNICAL SPECIFICATION

ISO/TS 16733

First edition 2006-07-15

Fire safety engineering — Selection of design fire scenarios and design fires



3 Scenari di incendio per la progettazione prestazionale

IDENTIFICAZIONE, SELEZIONE E QUANTIFICAZIONE DEGLI SCENARI DI INCENDIO



M.2.2

Identificazione dei possibili scenari d'incendio

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

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

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

Step 9 - Risk ranking

Rank the scenarios in order of relative risk. The relative risk is evaluated by multiplying the measure of the consequence (step 8) by the probability of occurrence (step 7) of the scenario.

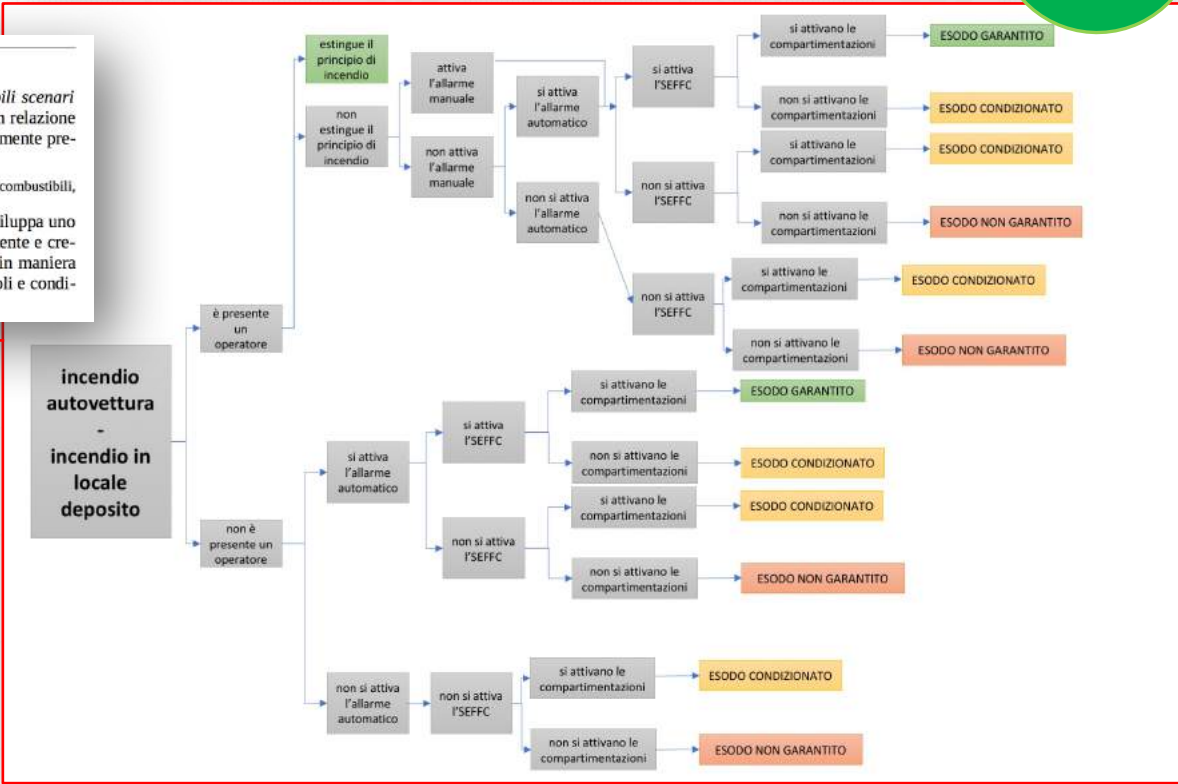
The risk associated with each scenario is computed as probability times consequence. In Table B.1, the risks of each scenario are estimated and an overall ranking provided.

Table B.1 - Risk ranking of scenarios

Fire Scenario	Probability	Consequence	Risk	Rank
S1	0.10	0 (low)	0 (low)	4
S2	0.05	0 (low)	0 (low)	4
S3	0.030	20	0.70	3
S4	0.013 5	1 000	13,5	1
S5	0.001 5	1 040	1,56	2

Magnitudo evento	
alto	morte
moderato	lesioni gravi
basso	lesioni minori
trascurabile	lesioni trascurabili

Probabilità evento	
alto	$>10^{-2}$
moderato	$10^{-2} > x > 10^{-4}$
basso	$10^{-4} > x > 10^{-6}$
trascurabile	$< 10^{-6}$





3 Scenari di incendio per la progettazione prestazionale

IDENTIFICAZIONE, SELEZIONE E QUANTIFICAZIONE DEGLI SCENARI DI INCENDIO DI PROGETTO

opzione
1
ISO

M.2.3

Selezione degli scenari d'incendio di progetto

1. Nel primo passo della procedura viene in genere identificato un elevato numero di scenari d'incendio possibili nell'attività. Lo scopo di questo secondo passo della procedura consiste nel ridurre il numero degli scenari d'incendio al minimo numero ragionevole, al fine di alleggerire il successivo lavoro di verifica delle soluzioni progettuali.
2. Il professionista antincendio seleziona gli *scenari di incendio* ed estrae il sottinsieme degli *scenari d'incendio di progetto*, esplicitando nella documentazione progettuale i motivi che portano ad escluderne alcuni dalla successiva analisi quantitativa, facendo riferimento agli alberi degli eventi già sviluppati nel precedente passo o secondo giudizio esperto.
3. Il professionista antincendio seleziona i *più gravosi* tra gli scenari di incendio *credibili*.

SCENARIO DI INCENDIO DI PROGETTO 1

Livello di prestazione: Limitazione della propagazione dell'incendio ed esodo degli occupanti

L'incendio avviene nel locale adibito a **negozio di abbigliamento**, all'interno del Blocca A, al piano terra.

Criterio di scelta

Questo scenario è stato scelto come rappresentativo in quanto il locale possiede caratteristiche di quantitativo di materiale, tipo e modalità di stoccaggio tale che la potenza sviluppata risulti essere quella maggiore di tutto il blocco A al piano terra, ed inoltre rateo di crescita e posizionamento del locale rispetto le vie di esodo del piano terra e del piano primo rappresentano una delle configurazioni più sollecitanti sugli occupanti.

4. Gli *scenari d'incendio di progetto* così selezionati rappresentano per l'attività un livello di rischio d'incendio non inferiore a quello compiutamente descritto dall'insieme di tutti gli *scenari d'incendio*. Le soluzioni progettuali, rispettose delle *soglie di prestazione* richieste nell'ambito degli *scenari d'incendio di progetto*, garantiscono quindi lo stesso grado di sicurezza anche nei confronti di tutti gli altri *scenari d'incendio*.

scenari di incendio

scenari di incendio di progetto

3 Scenari di incendio per la progettazione prestazionale

IDENTIFICAZIONE, SELEZIONE E QUANTIFICAZIONE DEGLI SCENARI DI INCENDIO DI PROGETTO

opzione
2
NFPA

NFPA® 101®

Life Safety Code®

5.5.3* Required Design Fire Scenarios. Design fire scenarios shall comply with the following:

- (1) Scenarios selected as design fire scenarios shall include, but shall not be limited to, those specified in 5.5.3.1 through 5.5.3.8.
- (2) Design fire scenarios demonstrated by the design team to the satisfaction of the authority having jurisdiction as inappropriate for the building use and conditions shall not be required to be evaluated fully.

Scenario 1 - Questo scenario descrive un incendio che si sviluppa durante una fase normale dell'attività. Nella definizione delle condizioni rappresentative dovranno essere prese in considerazione specificamente:

- le attività delle persone presenti;
- il numero e la posizione delle persone presenti;
- la dimensione dei locali, il tipo e la quantità di mobili, dei rivestimenti e del materiale contenuto nell'ambiente;
- le proprietà del combustibile presente;
- le fonti di innesco;
- le condizioni di ventilazione;
- il primo oggetto ad essere incendiato e la sua posizione.

Scenario 2 - Questo scenario descrive un incendio che si sviluppa con la combustione di un materiale con curva di crescita ultra veloce, ubicato nella via di esodo più importante. Le porte interne all'inizio dell'incendio sono aperte. In particolare:

- Parte A: questo scenario particolare deve riguardare la simulazione dell'incendio con specifica attenzione ai problemi di esodo delle persone. Infatti, in considerazione del fatto che l'incendio riduce il numero di vie di esodo disponibili, dovrà essere valutata la disponibilità ed efficacia dei sistemi di esodo alternativi.
- Parte B: questo scenario particolare deve riguardare la simulazione dell'incendio con specifica attenzione ai problemi determinati dagli effetti

di una rapida propagazione dell'incendio sui beni da proteggere, sulle finiture interne e sui componenti strutturali.



3 Scenari di incendio per la progettazione prestazionale

DESCRIZIONE QUANTITATIVA DEGLI SCENARI D'INCENDIO DI PROGETTO

M.2.4

Descrizione quantitativa degli scenari d'incendio di progetto

1. Terminata la selezione degli scenari di incendio di progetto, il professionista antincendio deve procedere con la **descrizione quantitativa di ciascuno di essi**.
2. Il professionista antincendio traduce la descrizione qualitativa degli scenari d'incendio di progetto, già elaborata nel primo passo, in dati numerici di input appropriati per la metodologia di calcolo scelta per la verifica delle ipotesi progettuali.
3. In relazione alle finalità dell'analisi, il professionista antincendio specifica i dati di input per attività, occupanti ed incendio, dettagliatamente elencati nei prossimi paragrafi.

3.4.2 SELEZIONE DEGLI SCENARI DI INCENDIO DI PROGETTO

Nel processo di individuazione degli scenari di incendio di progetto, sono valutati gli incendi realisticamente ipotizzabili nelle condizioni di esercizio previste, scegliendo i più gravosi (tra quelli di incendio) in termini di:

- Potenza massima sviluppata (HRR max)
- Rateo di produzione del particolato (Soot)
- Rateo di crescita (t_a)

Attività

Occupanti

Incendio

3 Scenari di incendio per la progettazione prestazionale

DESCRIZIONE QUANTITATIVA DEGLI SCENARI D'INCENDIO DI PROGETTO

Attività

Occupanti

Incendio

Attività

1. Le caratteristiche dell'attività influenzano l'esodo degli occupanti, lo sviluppo dell'incendio e la diffusione dei prodotti della combustione. A seconda dell'obiettivo dell'analisi, la descrizione quantitativa dell'attività potrà comprendere i seguenti elementi:

a. Caratteristiche architettoniche e strutturali:

- i. localizzazione e geometria dell'attività, dimensioni e distribuzione degli ambienti interni;
- ii. descrizione strutturale, caratteristiche dei relativi elementi costruttivi portanti e separanti;
- iii. descrizione materiali non strutturali e di finitura;
- iv. sistema d'esodo: dimensioni, distribuzione e uscite di sicurezza;
- v. dimensione, localizzazione e stato di apertura/chiusura/rottura efficace delle aperture di ventilazione di progetto e potenziali, come porte, finestre, lucernari, superfici vetrate;
- vi. barriere che influenzano il movimento dei prodotti della combustione.

b. Impiantistica:

- i. impianti di protezione attiva contro l'incendio;
- ii. impianti di rivelazione, di segnalazione e di allarme incendio;
- iii. impianti tecnologici a servizio dell'attività, come gli impianti di condizionamento, di distribuzione o di processo.

c. Aspetti gestionali ed operativi:

- i. destinazione d'uso dell'attività e processo produttivo che vi si svolge;
- ii. organizzazione dell'attività ospitata;
- iii. eventuali azioni attuate dai soccorritori, previste nel piano di emergenza, in grado di alterare la propagazione dei prodotti della combustione; tali azioni devono essere considerate solo in via eccezionale e valutate caso per caso.

Nota Ad esempio: chiusura di porte e attivazione manuale di sistemi di allarme che possono influire sullo sviluppo dell'incendio e sull'esodo degli occupanti.

d. Fattori ambientali che influenzano le prestazioni antincendio dell'attività.

Nota Ad esempio: temperature esterne, ventosità dell'area, livello di rumore che ha impatto sulla percezione dell'allarme.

Scenario di incendio di progetto 1 (3 pallets di tappi in PE)

Livello di prestazione: Esodo

Locale: R8

L'incendio avviene in una zona perimetrale del locale vicino alle vie d'esodo, non vi è adibita un'area per lo stoccaggio di materiale plastico (Tappi in PP), ma può comunque avvenire per brevi periodi. Le caratteristiche del materiale, del suo quantitativo, e della geometria dei locali, non permettono lo sviluppo del flash-over. Il materiale è stoccato all'interno di contenitori disposti su pallets, e in numero massimo di 3. Per lo studio dell'esodo si ipotizza l'innesco in uno dei tre, seguito quindi dall'attivazione di quello adiacente in caso di raggiungimento di temperatura di ignizione di 230°C (cartone dell'imballaggio), il quale a sua volta può innescare il terzo sempre a seguito del raggiungimento della temperatura di ignizione.

È presente la squadra aziendale dedicata alla lotta antincendio.

Il locale è caratterizzato da linee automatiche di imbottigliamento, prevalentemente metalliche e supervisionate da operatori. Questi ultimi, di numero ridotto sono in stato di veglia e hanno familiarità con l'edificio.

Nel compartimento è presente il sistema di rilevazione automatica e SEFC automatici collegati all'allarme e muniti di carica per auto-apertura al raggiungimento di temperatura fissata di 141°C. Essi sono comunque collegati alla rilevazione, e si attivano automaticamente (per il solo comparto interessato dall'incendio) a seguito dell'attivazione dell'allarme. L'impianto sprinkler presente nell'area, a scopo cautelativo, non lo si considera attivo nelle prime fasi caratterizzanti l'esodo.

caratteristiche dell'edificio: Il locale è posizionato al piano terreno del centro commerciale. Non vi sono finestre né superfici che si aprono o chiudono in caso di incendio in modo automatico o manuale (SEFC), ma vetri che rompendosi permettono l'evacuazione del fumo e del calore. A scopo cautelativo, le porte vengono modellate aperte in quanto sprovviste di dispositivo di autochiusura.



3 Scenari di incendio per la progettazione prestazionale

DESCRIZIONE QUANTITATIVA DEGLI SCENARI D'INCENDIO DI PROGETTO

Attività

Occupanti

Incendio

Occupanti

1. A seconda dell'obiettivo dell'analisi, il professionista antincendio descrive dettagliatamente le caratteristiche della popolazione ospitata nell'attività, che possono influenzare il comportamento e la risposta nei confronti dell'incendio.
2. In particolare, la descrizione deve tener conto almeno dei seguenti aspetti ove rilevanti ai fini della tipologia dell'analisi:

- a. affollamento complessivo e distribuzione degli occupanti negli ambienti dell'attività;
- b. tipologia degli occupanti;
- c. familiarità degli occupanti con l'attività e con il sistema di vie d'esodo;
- d. stato di veglia/sonno degli occupanti.

Nota
Ad esempio: lavoratori, visitatori occasionali, anziani, bambini, degenti, ...

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

[1] Quando nel presente documento si usa C la relativa indicazione è valida per Ci, Cii, Ciii

Tabella G.3-1: Caratteristiche prevalenti degli occupanti

Scenario di incendio di progetto 2 (sala colazione)

Questo scenario di incendio è stato scelto come il più gravoso del piano primo in quanto, al fine di verificare l'esodo degli occupanti è quello che avviene in un locale che può essere affollato nelle ore di maggiore utilizzo da parte dei clienti dell'hotel. La sala colazione comunica a mezzo di porta EI30 con il vano scala protetto, normalmente aperta con dispositivo di sgancio ed autochiusura collegato con la rilevazione incendio e relativo allarme. Nelle prime fasi dell'incendio, prima che la porta si chiuda il fumo può stratificarsi ed invadere il vano scala di tipo protetto.

Livello di prestazione: Esodo

L'incendio avviene nel locale sala colazione, al piano primo. 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 presidiato quando sono presenti ospiti all'interno della sala colazione 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, la prima attraverso la scala di tipo aperto e la seconda attraverso il vano scala di tipo protetto.

condizioni delle persone presenti: affollamento massimo dell'edificio pari a 1295 persone, gli occupanti sono in stato di veglia e possono non avere familiarità con l'edificio. All'interno del locale, in quanto luogo di lavoro è presente almeno 1 addetto antincendio formato ed informato anche delle prescrizioni integrative del GSA avanzato.

3 Scenari di incendio per la progettazione prestazionale

DESCRIZIONE QUANTITATIVA DEGLI SCENARI D'INCENDIO DI PROGETTO

Attività

Occupanti

Incendio

Incendio

- A seconda dell'obiettivo dell'analisi, la descrizione dell'incendio consiste nella caratterizzazione quantitativa del focolare, in quanto sorgente di *energia termica* e di *prodotti della combustione*, secondo i seguenti parametri ove rilevanti ai fini della tipologia dell'analisi:
 - localizzazione del focolare;
 - tipologia di focolare: covante o con fiamma;
 - quantità, qualità e distribuzione spaziale del materiale combustibile;
 - fonti d'innescio;
 - curva RHR (*rate of heat release*), quale potenza termica prodotta dal focolare al variare del tempo RHR(t);
 - generazione dei prodotti della combustione presi in considerazione (es. CO e particolato).
- Ai fini della caratterizzazione quantitativa del focolare il professionista antincendio può:
 - impiegare dati sperimentali ottenuti da misura diretta in laboratorio secondo metodologia scientifica consolidata;
 - usare dati pubblicati da fonti autorevoli e condivise. Il professionista antincendio *cita sempre* con precisione tali fonti e *verifica la corrispondenza* del campione di prova sperimentale (quantità, composizione, geometria e modalità di prova) con quello previsto nello scenario di incendio di progetto, utilizzando un approccio ragionevolmente conservativo;
 - impiegare delle *metodologie di stima*. Nel paragrafo M.2.6 si descrivono alcune metodologie di stima mutuata dalla letteratura citata al paragrafo M.2.8.
- In alternativa, può impiegare i focolari predefiniti di cui al paragrafo M.2.7 nell'ambito delle limitazioni ivi specificate.

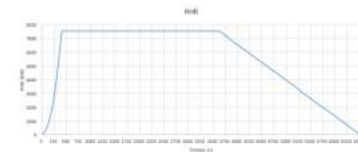
Caratteristiche

stato, tipo e quantitativo del combustibile: Il materiale combustibile presente all'interno del locale è composto da arredo in legno e materiale di vendita costituito da vestiti in tessuto di varia natura. I quantitativi massimi, vista la notevole variabilità nel tempo sono fissati, in modo cautelativo a 36'000MJ (600MJ/m²).

configurazione e posizione del combustibile: il materiale è disposto su arredi adibiti ad esposizione dei prodotti stessi, non è presente una particolare altezza di impilamento;

tasso di crescita del fuoco e picco della potenza termica rilasciata (RHR max): si utilizza una curva HRR di tipo analitico, caratterizzata come segue:

- governata dal combustibile:** il locale risulta essere molto ben ventilato in quanto sono presenti su due fronti intere pareti vetrate, caratterizzate da una temperatura di rottura di 250°C e percentuale di rottura pari al 70%. Ne segue il fattore di ventilazione $O=0,25$.
- potenza massima:** in accordo all'Eurocodice che nel prospetto E.5 fissa per la destinazione d'uso centro commerciale il valore di $RHR_f = 250kW/m^2$. Visto il fattore di ventilazione, e la distribuzione del materiale combustibile all'interno del locale si definisce, a scopo cautelativo il picco a 7,5 MW;
- rateo di crescita:** in accordo all'Eurocodice che nel prospetto E.5 fissa per la destinazione d'uso centro commerciale il valore di $t_{c_i} = 150s$. In questo caso, la potenza di picco RHR_{max} si raggiunge dopo 411s (7min);



Ta	411	s
Tb	3634	s
Tc	6514	s

tasso di sviluppo dei prodotti della combustione: in relazione al materiale prevalente all'interno del locale, si ritiene a scopo cautelativo di utilizzare una miscela di 50% Poliuretano e 50% Legno, caratterizzata quindi dai valori di Soot Yield=0,121(g/g) e CO Yield=0,018;

3 Scenari di incendio per la progettazione prestazionale

DESCRIZIONE QUANTITATIVA DEGLI SCENARI D'INCENDIO DI PROGETTO

Incendio

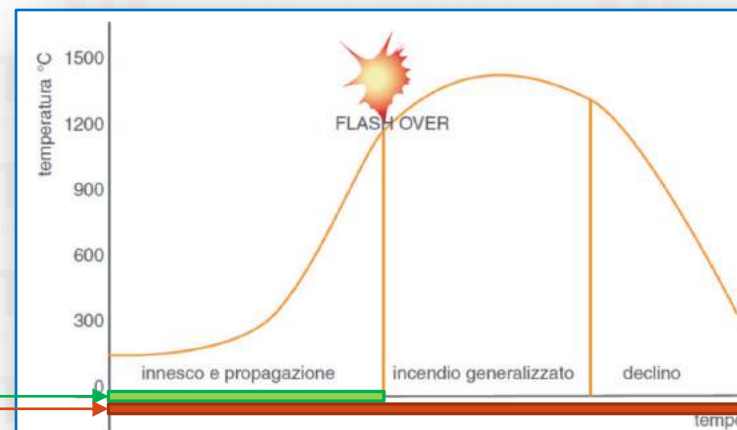
M.2.5

Durata degli scenari d'incendio di progetto

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

Obiettivo di sicurezza antincendio	Durata minima degli scenari di incendio di progetto
Salvaguardia della vita	Dall'evento iniziatore fino al momento in cui tutti gli occupanti dell'attività raggiungono o permangono in un luogo sicuro. Se il luogo sicuro è prossimo o interno all'opera da costruzione, devono essere valutate eventuali interazioni tra il mantenimento della capacità portante dell'opera da costruzione ed il luogo sicuro.
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

Tabella M.2-1: Durata minima degli scenari d'incendio di progetto



ASET > 100% RSET

es: esodo simultaneo

fino a T°_{max}

es: strutture in acciaio*

fino a $T^{\circ} < 20\% T^{\circ}_{max}$

es: strutture in c.a.



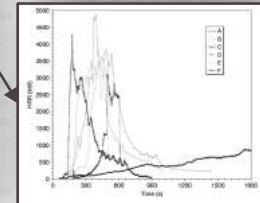
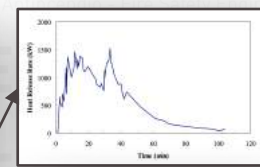
3 Scenari di incendio per la progettazione prestazionale

DESCRIZIONE QUANTITATIVA DEGLI SCENARI D'INCENDIO DI PROGETTO

Incendio

CURVA DI RILASCIO TERMICO RHR (HRR)

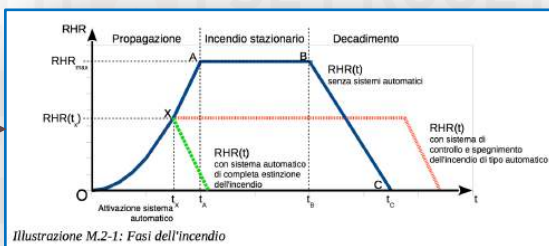
metodi sperimentali



HRR DATABASE

hrrdatabase.com

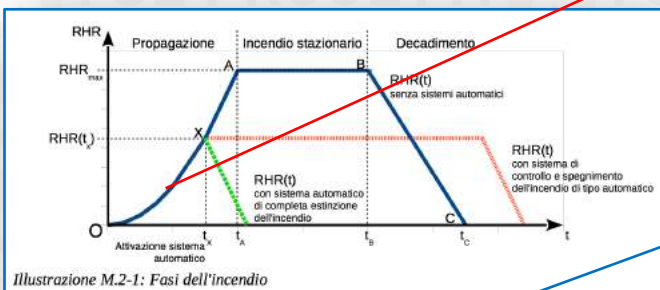
metodi analitici



3 Scenari di incendio per la progettazione prestazionale

DESCRIZIONE QUANTITATIVA DEGLI SCENARI D'INCENDIO DI PROGETTO

RHR ANALITICA



Fase di propagazione dell'incendio

1. Durante la fase di propagazione, la potenza termica rilasciata dall'incendio al variare del tempo RHR(t) può essere rappresentata da:

$$RHR(t) = 1000 \left(\frac{t}{t_\alpha} \right)^2 \quad \text{per } t < t_\alpha \quad \text{M.2-1}$$

dove:

RHR(t) potenza termica rilasciata dall'incendio [kW]

t tempo [s]

t_α tempo necessario affinché la potenza termica rilasciata raggiunga il valore di 1000 kW, come definito nel capitolo G.3. [s]

Per alcune attività, tale valore può essere desunto dai prospetti dell'appendice E dell' Eurocodice 1, UNI EN 1991-1-2. Per le altre attività il valore di t_α può essere determinato con considerazioni basate sul giudizio esperto per analogia.

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

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

prospetto E.5 Velocità di crescita dell'incendio e RHR, per differenti destinazioni d'uso

Velocità massima di rilascio di calore \dot{Q}_{max}				
Destinazione d'uso	Velocità di crescita dell'incendio	t_α [s]	RHR [kW/m ²]	
Alloggio	Media	300	250	
	Media	300	250	
Ospedale (stanza)	Media	300	250	
	Media	300	250	
Albergo (stanza)	Media	300	250	
	Media	150	500	
Biblioteca	Media	300	250	
	Media	300	250	
Ufficio	Media	300	250	
	Media	300	250	
Classe di una scuola	Media	300	250	
	Media	150	250	
Centro commerciale	Veloce	150	250	
	Veloce	150	500	
Teatro (cinema)	Veloce	150	250	
	Veloce	150	500	
Trasporti (spazio pubblico)	Lenta	600	250	
	Lenta	600	250	

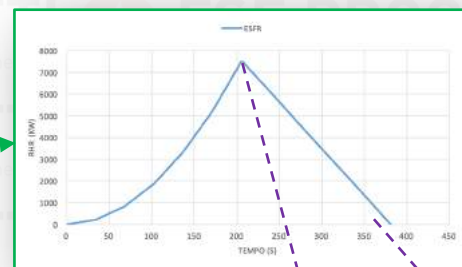
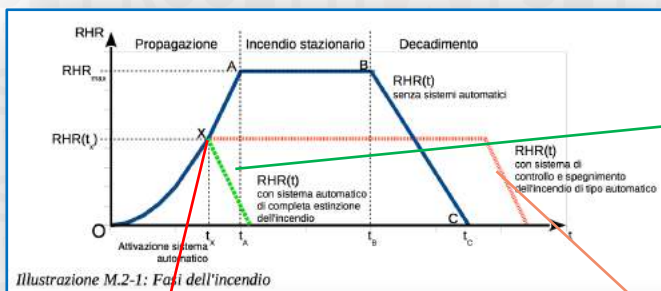




3 Scenari di incendio per la progettazione prestazionale

DESCRIZIONE QUANTITATIVA DEGLI SCENARI D'INCENDIO DI PROGETTO

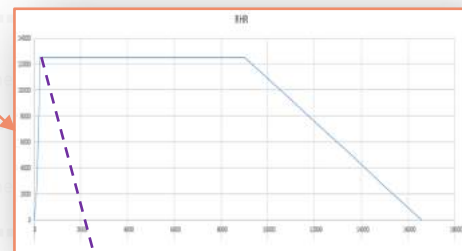
RHR ANALITICA



ESFR
CO₂
Schiuma
Sali

Effetto dei sistemi automatici di controllo dell'incendio

- Se nell'attività sono previsti sistemi di controllo dell'incendio di tipo automatico (es. impianto sprinkler), l'andamento della potenza termica rilasciata RHR(t) non raggiunge il valore massimo RHR_{max}, calcolato secondo quanto previsto al paragrafo M.2.6.3, che avrebbe potuto raggiungere in relazione alle condizioni del combustibile ed a quelle ambientali, ma può essere assunta costante e pari al valore di RHR(t_x) raggiunto all'istante t_x di entrata in funzione dell'impianto automatico. Tale valore permane per un intervallo di tempo pari alla durata di alimentazione prevista per l'impianto, entro cui si presume che l'incendio controllato venga definitivamente estinto mediante l'intervento manuale.
- A differenza dell'attivazione dei sistemi automatici, l'intervento manuale effettuato dalle squadre antincendio non può essere considerato in fase progettuale ai fini della modifica dell'andamento della curva RHR(t).

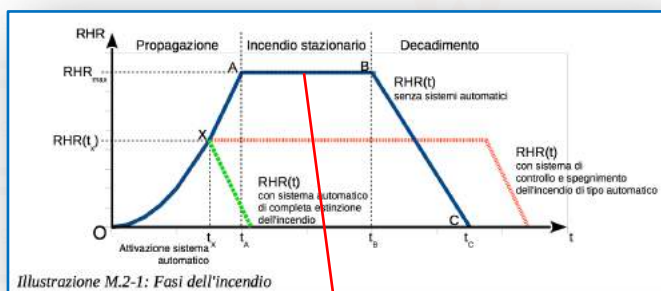


Sprinkler

3 Scenari di incendio per la progettazione prestazionale

DESCRIZIONE QUANTITATIVA DEGLI SCENARI D'INCENDIO DI PROGETTO

RHR ANALITICA



Fase dell'incendio stazionario

1. Nella maggioranza dei casi l'energia termica potenzialmente contenuta nel compartimento antincendio è sufficiente a produrre la condizione di *flashover* e si ipotizza che, anche dopo il *flashover*, la curva cresca con andamento ancora proporzionale a t^2 fino al tempo t_A che corrisponde alla massima potenza RHR_{max} rilasciata dall'incendio nello specifico compartimento antincendio.
2. Se nell'attività non sono previsti impianti di controllo o estinzione automatica dell'incendio, si suppone che dal tempo t_A fino a t_B la potenza termica prodotta dall'incendio si stabilizzi al valore massimo RHR_{max} :

$$RHR(t) = RHR_{max} \quad \text{per } t_A \leq t < t_B$$

M.2-2

GOVERNATO DAL COMBUSTIBILE

incendi all'aperto e/o in ambienti ben ventilati

GOVERNATO DALLA VENTILAZIONE

incendi in ambienti non ben ventilati



3 Scenari di incendio per la progettazione prestazionale

DESCRIZIONE QUANTITATIVA DEGLI SCENARI D'INCENDIO DI PROGETTO

RHR ANALITICA

GOVERNATO DAL COMBUSTIBILE

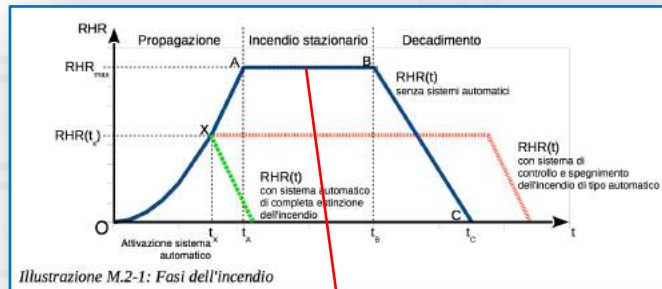


Illustrazione M.2-1: Fasi dell'incendio

3. Se lo sviluppo dell'incendio risulta **controllato dal combustibile**, come accade **all'aperto** o in edifici con **elevata superficie di ventilazione**, il valore di RHR_{max} può essere fornito dalla seguente espressione:

$$RHR_{max} = RHR_f A_f \quad \text{M.2-3}$$

dove:

RHR_f valore della potenza termica massima rilasciata per unità di superficie lorda. Per alcune attività, tale valore può essere desunto dai prospetti dell'appendice E.4 dell'Eurocodice 1, UNI EN 1991-1-2. [kW/m²]

A_f superficie lorda del compartimento in caso di distribuzione uniforme del carico d'incendio, oppure superficie lorda effettivamente occupata dal combustibile oppure area operativa di sistemi automatici di controllo dell'incendio [m²]

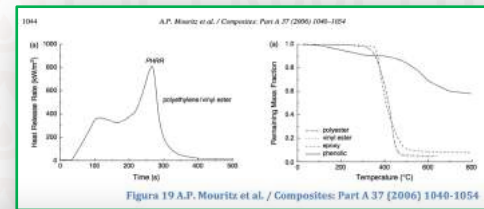


Figura 19 A.P. Mouritz et al. / Composites: Part A 37 (2006) 1046-1054

Table 1. Seven most important fire parameters of polypropylene and its mixture with fire retardants obtained at incident radiation 50 kW/m².

Sample	Time to ignition (s)	Max HRR* (kW/m ²)	3 min after ignition (kW/m ²)			Effective heat of combustion (MJ/kg)	Ratio of time/ignition/peak HRR (m ² /m ² /m ²)
			Ave. HRR**	SEA***	CO mass ratio		
PP	36	1092.6	464.1	467.4	0.026	41.1	33.0
PPMG10	41	958.8	452.5	394.0	0.019	37.3	42.8
PPMG20	44	529.7	375.0	405.9	0.019	36.1	83.0
PPMG40	48	289.5	223.9	375.9	0.019	31.2	165.8
PPMG60	70	114.2	94.9	204.9	0.011	18.6	613.0
PPAL190	23	754.2	483.4	471.2	0.029	41.0	31.0
PPAL20	25	584.1	454.4	447.6	0.020	39.1	42.8
PPAL40	32	374.2	243.6	384.8	0.018	32.3	85.6
PPAL60	46	211.4	129.0	204.3	0.011	18.1	217.6
PPSB2.5	32	1079.8	479.8	558.0	0.029	43.0	29.6
PPSB5	33	958.7	394.7	539.6	0.027	40.0	34.4
PPSB10	35	9040.8	543.6	527.5	0.030	44.5	33.6

* Max HRR: Maximum heat release rate; ** Ave. HRR: Average heat release rate; *** SEA: Specific extinction area.

Figura 23 Combustibility of Polypropylene - Mahmoud Mehrabzadeh - Polymer Research Center of Iran

prospetto E.5 Velocità di crescita dell'incendio e RHR_f per differenti destinazioni d'uso

Velocità massima di rilascio di calore RHR_f			
Destinazione d'uso	Velocità di crescita dell'incendio	t_f (s)	RHR_f [kW/m ²]
Alloggio	Media	300	250
	Alta	300	250
Ospedale (stanza)	Media	300	250
	Alta	300	250
Astergo (stanza)	Media	150	500
	Alta	150	500
Ufficio	Media	300	250
	Alta	300	250
Classe di una scuola	Media	300	250
	Alta	300	250
Centro commerciale	Media	150	250
	Alta	150	250
Teatro (cinema)	Media	150	500
	Alta	150	500
Trasporti (spazio pubblico)	Media	600	250
	Alta	600	250

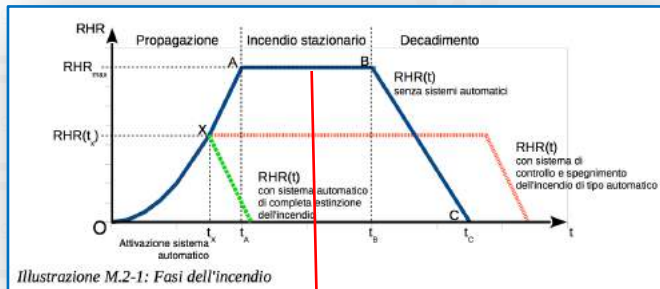


3 Scenari di incendio per la progettazione prestazionale

DESCRIZIONE QUANTITATIVA DEGLI SCENARI D'INCENDIO DI PROGETTO

RHR ANALITICA

GOVERNATO DALLA VENTILAZIONE



4. Se lo sviluppo dell'incendio risulta *limitato dal valore della superficie di ventilazione ordinaria*, allora il valore di RHR_{max} deve essere ridotto in conseguenza della quantità di comburente disponibile che può affluire dalle superfici di ventilazione presenti nella fase di post-flashover. In tal caso, se le pareti del compartimento presentano solo aperture verticali, è possibile determinare il valore di RHR_{max} ridotto tramite la seguente espressione semplificata:

$$RHR_{max} = 0,10 m H_u A_v \sqrt{h_{eq}} \quad M.2-4$$

con:

m fattore di partecipazione alla combustione di cui al capitolo S.2 del presente documento.

H_u potere calorifico inferiore del legno pari a 17500 kJ/kg.

A_v area totale delle aperture verticali su tutte le pareti del compartimento [m²]

INCENDIO GOVERNATO DALLA VENTILAZIONE

m	0,8		
H	17,5	MJ/kg	
Av	38,164	m ²	
heq	2,0	m	
RHR max	76,1	MW	

Superfici di ventilazione			
Sup vent		A	Avi * hi
b	h		
8,8	2,03	17,864	36,26392
10	2,03	20,3	41,209
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
TOT		38,164	77,47292

SI SVILUPPA IL FLASHOVER?

At	228,228		
Av	38,164	MJ/kg	
Heq	2,0	m ²	

RHR max 22,3 MW

SI FLASHOVER !!

Metodo di Thomas

Potenza MINIMA per raggiungere il Flashover

$$RHR_f [kW] = 7,8 A_t + 378 A_v \sqrt{h_{eq}} \times \sqrt{H_{vequiv}}$$

FATTORE DI VENTILAZIONE

At	228,228	m ²	
Av	38,164	m ²	
Heq	2,0	m	

O 0,24

Fattore di ventilazione - O

(negli Stati Uniti Fv)

$$O = [A_v \sqrt{h_{eq}}] / A_t \quad \text{con i seguenti limiti } 0,02 \leq O \leq 0,20$$

ove

A_v = Superficie Totale delle aperture di ventilazione a parete [m²] (non a soffitto)

A_t = Superficie totale del comparto [m²] (superfici pareti, pavimenti, soffitto)

h_{eq} = Altezza equivalente $h_{eq} = (\sum A_i h_i) / A_v$

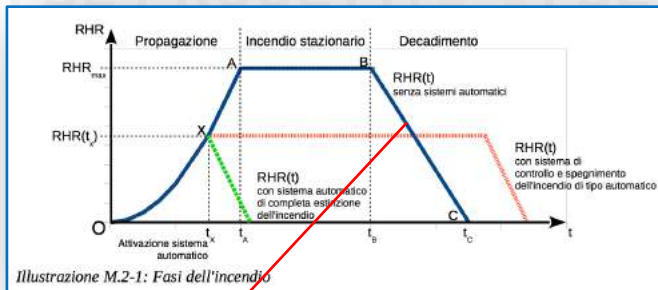
(è la media pesata delle altezze proprie di tutte le aperture di ventilazione presenti nelle pareti)



3 Scenari di incendio per la progettazione prestazionale

DESCRIZIONE QUANTITATIVA DEGLI SCENARI D'INCENDIO DI PROGETTO

RHR ANALITICA



OPPURE

Focolare predefinito

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

Fase di decadimento

1. Il tempo t_C , trascorso il quale la potenza termica rilasciata dall'incendio si annulla, viene calcolato considerando che nella fase di decadimento è consumato il restante 30% dell'energia termica inizialmente disponibile:

$$t_C = t_B + \frac{2 \cdot 30\% q_f A_f}{RHR_{max}} \quad \text{M.2-9}$$

dove:

t_C tempo con potenza termica rilasciata dall'incendio nulla [s]

2. Durante la fase di decadimento l'andamento della potenza prodotta dall'incendio è lineare e quindi:

$$RHR(t) = RHR_{max} \frac{t_C - t}{t_C - t_B} \quad \text{per } t_B \leq t \leq t_C \quad \text{M.2-10}$$

Parametro	Focolare predefinito	
	per attività civile	per altre attività
Velocità caratt. di crescita dell'incendio t_A	150 s (fast)	75 s (ultra-fast)
RHR_{max} 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_{res}	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(t) in irraggiamento (Radiative fraction)		35% [3]

- [1] Da impiegare in alternativa all' RHR_{max} totale, considerando la massima superficie del focolare, pari al compartimento antincendio nel caso di 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_{CO2} e Y_{H2O} , si può imporre nel codice di calcolo il combustibile generico $CH_2O_{0,5}$.

Tabella M.2-2: Focolari predefiniti



Salvaguardia della vita con la progettazione prestazionale



4 Salvaguardia della vita con la progettazione prestazionale

Capitolo M.3 **METODI** **Salvaguardia della vita** **con la progettazione prestazionale**

Premessa

1. Nell'applicazione del metodo prestazionale alla sicurezza antincendio per la salvaguardia della vita, gli obiettivi del professionista antincendio possono essere:
 - a. la dimostrazione diretta ed esplicita della possibilità per tutti gli occupanti di un'attività di raggiungere o permanere in un luogo sicuro, senza che ciò impedito da un'eccessiva esposizione ai prodotti dell'incendio;
 - b. la dimostrazione della possibilità per i soccorritori di operare in sicurezza, secondo le indicazioni delle tabelle M.3-2 e M.3-3.
2. La progettazione deve seguire una delle procedure riconosciute a livello internazionale per valutare la posizione e la condizione degli occupanti durante l'evoluzione degli scenari d'incendio previsti per l'attività.

[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*.

4 Salvaguardia della vita con la progettazione prestazionale

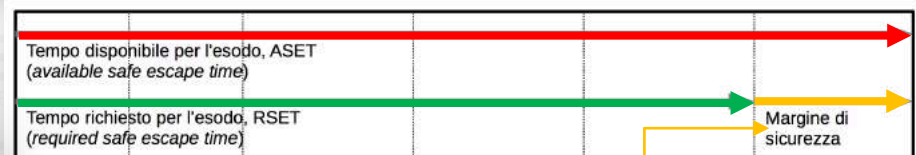
M.3.2 Progettazione prestazionale per la salvaguardia della vita

M.3.2.1 Criterio ideale

1. La progettazione ideale di un sistema d'esodo dovrebbe assicurare agli occupanti la possibilità di raggiungere un luogo sicuro in sicurezza. Questo è dunque il primo criterio da impiegare per la maggior parte degli occupanti dell'attività.
2. Esistono situazioni ove il criterio del comma 1 non è applicabile, in particolare per gli occupanti che si trovano nel compartimento di primo innesco dell'incendio.

Criterio di ASET > RSET

1. Per risolvere quanto previsto al comma 1 del paragrafo M.3.2.1, la norma introduce il criterio ASET > RSET. La progettazione prestazionale del sistema di vie d'esodo consiste sostanzialmente nel calcolo e nel confronto tra due intervalli di tempo così definiti:
 - a. ASET, tempo disponibile per l'esodo (available safe escape time);
 - b. RSET, tempo richiesto per l'esodo (required safe escape time).



La differenza tra ASET ed RSET rappresenta il *margin*e di sicurezza della progettazione prestazionale per la salvaguardia della vita:

$$t_{\text{margin}} = \text{ASET} - \text{RSET} \quad [\text{s}]$$

Nel confronto tra diverse soluzioni progettuali, il professionista antincendio rende massimo il margine di sicurezza t_{margin} in relazione alle ipotesi assunte, al fine di considerare l'incertezza nel calcolo dei tempi di ASET ed RSET.

A meno di specifiche valutazioni si assume $t_{\text{margin}} \geq 100\% \cdot \text{RSET}$. In caso di specifiche valutazioni sull'affidabilità dei dati di input impiegati nella progettazione prestazionale, è consentito assumere $t_{\text{margin}} \geq 10\% \cdot \text{RSET}$.

In ogni caso, il valore di t_{margin} non dovrà mai essere inferiore a 30 secondi.

ASET > **RSET**



4 Salvaguardia della vita con la progettazione prestazionale

ASET

>

RSET

Calcolo di ASET

1. 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.

metodo di calcolo avanzato

metodo di calcolo semplificato



4 Salvaguardia della vita con la progettazione prestazionale

ASET
metodo di calcolo avanzato

>

RSET



La norma ISO 13571 è il riferimento più autorevole per il calcolo ASET. ASET globale è ivi 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.

Modello gas tossici

1. Il modello dei gas tossici impiega il concetto di dose inalata (*exposure dose*) e di *FED (fractional effective dose)*. La *exposure dose* è definita come la misura della dose di un gas tossico disponibile per inalazione, cioè presente nell'aria inspirata, calcolata per integrazione della curva concentrazione-tempo della sostanza per il tempo di esposizione. La *FED* è il rapporto tra questa *exposure dose* e la dose del gas tossico che determina effetti incapacitanti sul soggetto medio esposto. Quando *FED* = 1 si considera incapaciato il soggetto medio.

Nota: Per esempio, la dose incapacitante di CO, monossido di carbonio, prevista nella ISO 13571:2007 è pari a 35000 ppm · min. Ciò significa ipotizzare che il soggetto medio esposto ad una concentrazione di 3500 ppm per 10 minuti risulti incapaciato. In tal caso la sua FED è pari a 1 ed il suo ASET per il CO è pari a 10 minuti.

Modello gas irritanti

1. Il modello dei gas irritanti impiega il concetto di *FEC, fractional effective concentration*. La *FEC* è definita come il rapporto tra la concentrazione di un gas irritante disponibile per inalazione e la concentrazione dello stesso gas che determina effetti incapacitanti sul soggetto medio esposto.

2. Al fine di semplificare l'analisi, qualora negli scenari di incendio di progetto non siano identificati nel focolare materiali combustibili suscettibili di costituire una sorgente di gas irritanti (es. sostanze o miscele pericolose, cavi elettrici in quantità significative...) la verifica del modello dei gas irritanti può essere omessa.

Modello calore

1. Per il modello del calore irradiato e convettivo la norma propone un approccio, basato sulla *FED*, simile a quello dei gas tossici. L'equazione proposta è la seguente:

$$X_{RED} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{t_{3d,i}} + \frac{1}{t_{conv,i}} \right) \Delta t \quad M.3-1$$

I valori di t_{3d} e t_{conv} sono i tempi di incapacitazione per calore radiante e calore convettivo calcolati con altre relazioni in funzione della condizione di abbigliamento dei soggetti, reperibili nella norma ISO 13571.

2. La verifica del modello del calore può essere semplificata assumendo conservativamente le seguenti *soglie di prestazione*:

- a. irraggiamento sugli occupanti $\leq 2,5 \text{ kW/m}^2$;
- b. temperatura ambiente sugli occupanti $\leq 60^\circ\text{C}$.

3. Tali valori corrispondono ad un ASET oltre i 30 minuti per qualsiasi condizione di abbigliamento.

Modello visibilità

1. Il modello dell'oscuramento della visibilità da fumo è basato sul concetto del minimo contrasto percepibile, cioè la minima differenza di luminosità visibile tra un oggetto e lo sfondo.

2. Per legare il valore della visibilità L alla massa volumica dei fumi ρ_{smoke} , si ricorre alla seguente correlazione sperimentale, applicata ad ogni punto del dominio di calcolo:

$$C = \sigma \rho_{smoke} L \quad M.3-2$$

dove:

- L visibilità [m]
- C costante adimensionale pari a 3 per cartellonistica di esodo riflettente non illuminata o 8 per cartellonistica retroilluminata
- σ coefficiente massico di estinzione della luce pari a $10 \text{ m}^2/\text{g}$ [m^2/g]
- ρ_{smoke} massa volumica dei fumi (*smoke aerosol mass concentration*) [g/m^3]

Grazie a questa correlazione, i codici di calcolo fluidodinamico restituiscono direttamente la ρ_{smoke} e calcolano la visibilità L per ogni punto degli ambienti simulati.

4 Salvaguardia della vita con la progettazione prestazionale

ASET

>

RSET

metodo di
calcolo
avanzato

Soglie di prestazione per la salvaguardia della vita

- Le soglie di prestazione per la salvaguardia della vita determinano l'incapacitazione degli occupanti e dei soccorritori quando sottoposti agli effetti dell'incendio.
- Il professionista antincendio sceglie idonee soglie di prestazione per la specifica attività, in relazione agli scenari di incendio di progetto, ed in particolare in riferimento alle caratteristiche degli occupanti coinvolti (es. anziani, bambini, disabilità, ...).
- Il rispetto delle soglie di prestazione per la salvaguardia della vita deve essere verificato:
 - per gli occupanti: in tutte le zone dell'attività dove esiste contemporanea presenza di occupanti, stanziali o in movimento, e di effetti dell'incendio.
 - per i soccorritori:
 - solo qualora essi abbiano un ruolo ben definito nella pianificazione d'emergenza dell'attività,
 - in tutte le zone dell'attività dove esiste contemporanea presenza di soccorritori, stanziali o in movimento, e di effetti dell'incendio.
- A titolo di esempio, si riportano nelle tabelle M.3-2 e M.3-3 delle soglie di prestazione per occupanti e soccorritori con riferimento ai metodi di calcolo avanzato e semplificato.

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, fractional effective dose e FEC, fractional effective concentration per esposizione a gas tossici e gas irritanti, valutata ad altezza 1,80 m dal piano di calpestio	Occupanti: 0,1	ISO 13571-2012, limitando a 1,1% 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 esposizione in situazioni di rischio, 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

SMOKE DENSITY AND IRRADIANCE D m ² (extinction coefficient)	APPROXIMATIVE VISIBILITY (Diffuse Illumination)	REPORTED EFFECTS
None	Unaffected	Walking speed 1.2 m/s
0.5 non-irradiant	2 m	Walking speed 0.3 m/s
0.2 irradiant	Reduced	Walking speed 0.3 m/s
0.33 mixed	3 m approx.	30% people turn back rather than enter
Suggested tenability limits for buildings with: - Small enclosures and travel distances - Large enclosures and travel distances		D m ² = 0.2 (visibility 5 m) D m ² = 0.08 (visibility 10 m)

Smoke tenability limits
(ISO 7778 Fire-safety engineering - Technical information on methods for evaluating behavior and movement of people)

SOURCE	CRITERION	NOTES
NFPA 101 ¹⁾	93°C	Area of refuge smoke layer > 1.5 m above the floor
	49°C	Area of refuge smoke layer < 1.5 m above the floor
NFPA 130 ²⁾ NFPA 502 ³⁾	60°C	Short exposures (i.e., a few seconds)
NFPA 130 NFPA 502	Average = 49°C	For the first 6 minutes of the exposure
ISO TS 13571 ⁴⁾	2.5 kW/m ²	Short exposures
NFPA 130	2.5 kW/m ²	Exposure of 30 minutes
NFPA 502	Average: 1.58 kW/m ² for a few seconds Average = 0.95 kW/m ² for longer exposures	

1) NFPA 101, Life Safety Code (2009)
2) NFPA 130, Standard for Fixed Guideway Transit and Passenger Rail Systems (2005)
3) NFPA 502, Standard for Mass Transit, Bridges, and Other Limited Access Highways (2005)
4) ISO 7778, 13571, Fire safety engineering - Technical information on methods for evaluating behavior and movement of people using fire data (2010)

Thermal endpoint criteria in codes and standards (EN 15287, "Tenability analyses in performance-based design")

Visibilità > 10m

valutato a z = 1,8m

Temperatura < 60°C

valutato a z = 1,8m

Irraggiamento < 2,5kW/m²

valutato a z = 1,8m

FED e FEC < 0,1

valutato a z = 1,8m

4 Salvaguardia della vita con la progettazione prestazionale

ASET

>

RSET

metodo di calcolo semplificato

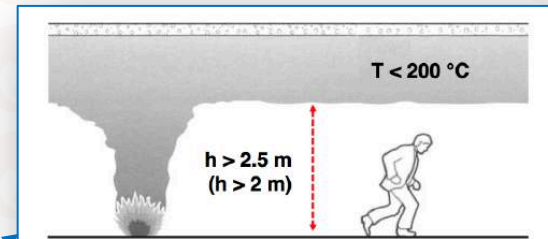
Metodo di calcolo semplificato per ASET

1. La ISO/TR 16738 prevede la possibilità di utilizzare l'ipotesi semplificativa della esposizione zero (*zero exposure*).
2. Invece di procedere alla verifica di tutti i modelli di cui al paragrafo M.3.3.1, il professionista antincendio impiega le seguenti *soglie di prestazione*, molto conservative:
 - 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.

Questi criteri permettono agli occupanti la fuga in aria indisturbata, non inquinata dai prodotti della combustione, ed un valore dell'irraggiamento dai fumi cui sono esposti inferiore a 2,5 kW/m²: sono dunque automaticamente soddisfatti tutti i modelli di cui al paragrafo M.3.3.1 e l'analisi è notevolmente semplificata perché non occorre eseguire calcoli di esposizione degli occupanti a tossici, irritanti, calore e oscuramento della visibilità. È infatti sufficiente valutare analiticamente o con modelli numerici a zone o di campo l'altezza dello strato dei fumi *pre-flashover* nell'edificio.

Campo di applicabilità del metodo semplificato

1. 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 è tenuto a verificare che tale condizione si verifichi.



UNI/DTS 16738.

11.2 Simple criteria based upon zero exposure. Where a design fire calculation is based upon a descending upper layer of hot smoke filling an enclosure or escape route, and particularly where active smoke extraction is present, *engineering tenability criteria are often based upon a minimum clear layer height of 2.5 m above the floor and a maximum upper layer temperature of 200 °C*. Occupants are considered to be willing and able to escape in clear air under such a layer and the downward heat radiation is considered tolerable.

Prestazione	Soglia di prestazione	Riferimento
Altezza minima dei fumi stratificati dal piano di calpestio al di sotto del quale permanga lo strato d'aria indisturbata	Occupanti: 2 m	Ridotto da ISO TR 16738-2009, section 11.2
	Soccorritori: 1,5 m	[1]
Temperatura media dello strato di fumi caldi	Occupanti: 200°C	ISO TR 16738-2009, section 11.2
	Soccorritori: 250°C	[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.3-3: Esempio di soglie di prestazione impiegabili con il metodo di calcolo semplificato



4 Salvaguardia della vita con la progettazione prestazionale

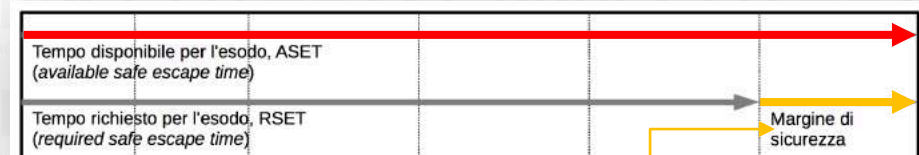
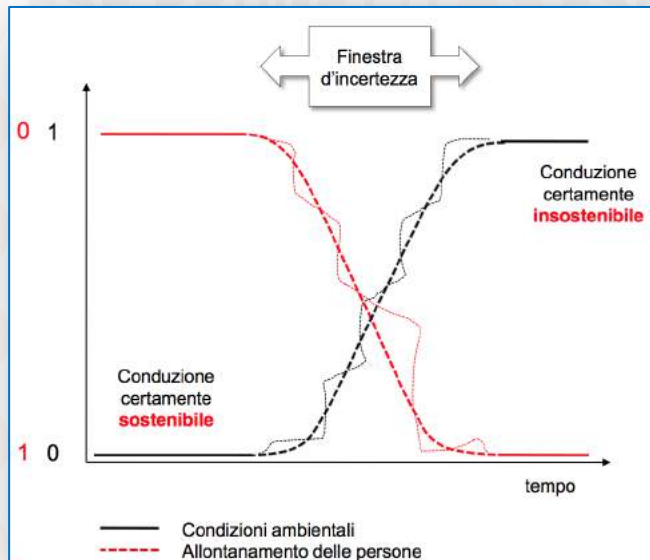
ASET

>

RSET

metodo di calcolo avanzato

metodo di calcolo semplificato



La differenza tra ASET ed RSET rappresenta il *margin*e di sicurezza della progettazione prestazionale per la salvaguardia della vita:

$$t_{\text{margin}} = \text{ASET} - \text{RSET} \quad [\text{s}]$$

Nel confronto tra diverse soluzioni progettuali, il professionista antincendio rende massimo il margine di sicurezza t_{margin} in relazione alle ipotesi assunte, al fine di considerare l'incertezza nel calcolo dei tempi di ASET ed RSET.

A meno di specifiche valutazioni si assume $t_{\text{margin}} \geq 100\% \cdot \text{RSET}$. In caso di specifiche valutazioni sull'affidabilità dei dati di input impiegati nella progettazione prestazionale, è consentito assumere $t_{\text{margin}} \geq 10\% \cdot \text{RSET}$.

In ogni caso, il valore di t_{margin} non dovrà mai essere inferiore a 30 secondi.

4 Salvaguardia della vita con la progettazione prestazionale



Calcolo di RSET

1. RSET è calcolato tra l'innesco dell'incendio ed il momento in cui gli occupanti dell'edificio raggiungono un luogo sicuro. 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.
2. Il documento di riferimento per il calcolo di RSET è la ISO/TR 16738.
3. RSET è determinato da varie componenti, come il tempo di rivelazione (detection) t_{det} , il tempo di allarme generale t_a , il tempo di pre-movimento (pre-travel activity time, PTAT) t_{pre} , il tempo di movimento (travel) t_{tra} :

$$RSET = t_{det} + t_a + t_{pre} + t_{tra} \quad M.3-3$$
4. Al fine del calcolo di RSET il professionista antincendio deve sviluppare lo scenario comportamentale di progetto più appropriato per il caso specifico, perché l'attività di pre-movimento e le velocità dell'esodo dipendono dalla tipologia di popolazione considerata e dalle modalità d'impiego dell'edificio.

Nota I parametri variano notevolmente se gli occupanti sono svegli ed hanno familiarità con l'edificio, come in un edificio scolastico, o dormono e non conoscono la struttura, come in una struttura alberghiera.

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

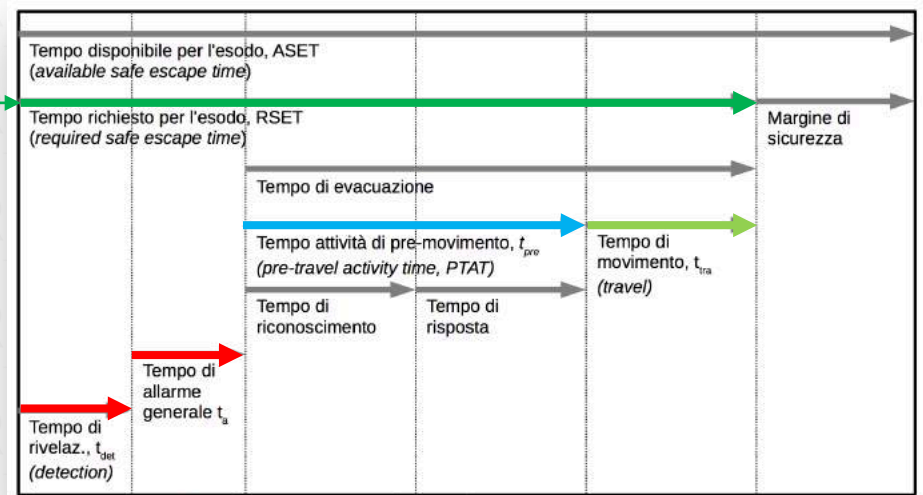
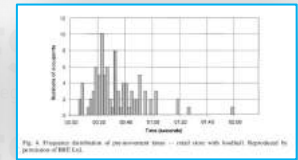


Illustrazione M.3-1: Confronto tra ASET ed RSET





4 Salvaguardia della vita con la progettazione prestazionale

ASET > **RSET**

Tempo di rivelazione

1. 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.

1-2 min

valore più frequente, è comunque influenzato dal rateo di crescita dell'incendio e/o la geometria dei locali.

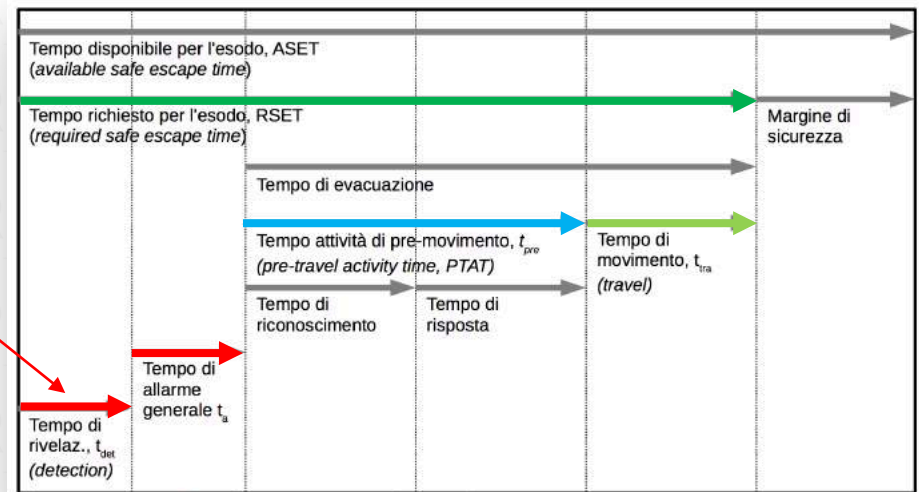
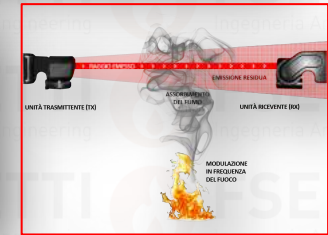


Illustrazione M.3-1: Confronto tra ASET ed RSET



4 Salvaguardia della vita con la progettazione prestazionale

ASET > RSET

Tempo di allarme generale

1. Il tempo di allarme generale t_a è il tempo che intercorre tra la rivelazione dell'incendio e la diffusione dell'informazione agli occupanti, dell'allarme generale.
2. Il tempo di 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.
3. 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.

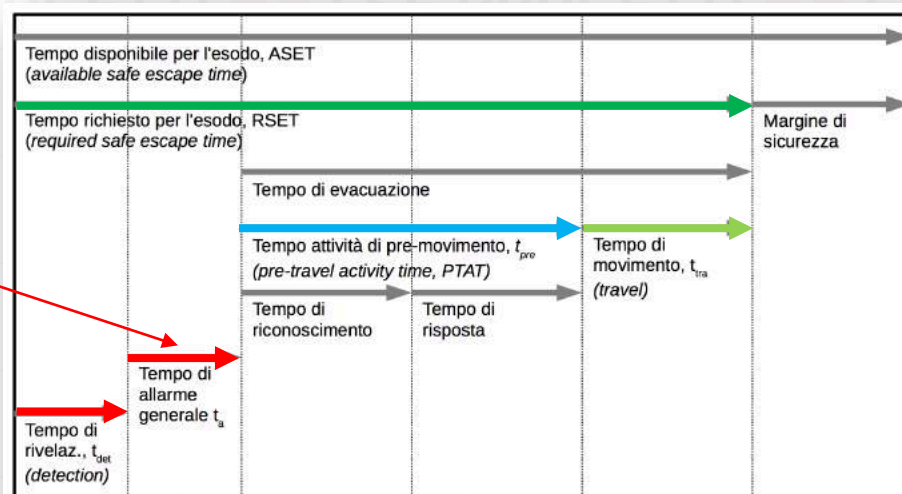


Illustrazione M.3-1: Confronto tra ASET ed RSET

0 min

se la rivelazione attiva automaticamente l'allarme

3-5 min

se la rivelazione non attiva automaticamente l'allarme



4 Salvaguardia della vita con la progettazione prestazionale

ASET > RSET

Tempo di attività pre-movimento

1. 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. La letteratura² indica che questa fase occupa spesso la maggior parte del tempo totale di esodo.
2. Il tempo t_{pre} è composto da un tempo di *riconoscimento* (*recognition*) e da uno di *risposta* (*response*).
3. Durante il tempo di riconoscimento gli occupanti continuano le attività che stavano svolgendo prima dell'allarme generale, finché riconoscono l'esigenza di rispondere all'allarme.
4. Nel tempo di risposta gli occupanti cessano le loro attività normali e si dedicano ad attività legate allo sviluppo dell'emergenza, quali: raccolta di informazioni sull'evento, arresto e messa in sicurezza delle apparecchiature, raggruppamento del proprio gruppo (lavorativo o familiare), lotta all'incendio, ricerca e determinazione della via d'esodo appropriata (*wayfinding*) ed altre attività a volte anche errate ed inappropriate.
5. A seconda dello scenario comportamentale di progetto, questi tempi possono durare anche alcune decine di minuti. Nella tabella M.3-1 si riportano alcuni esempi di valutazione tratti dal ISO TR 16738.
6. 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.

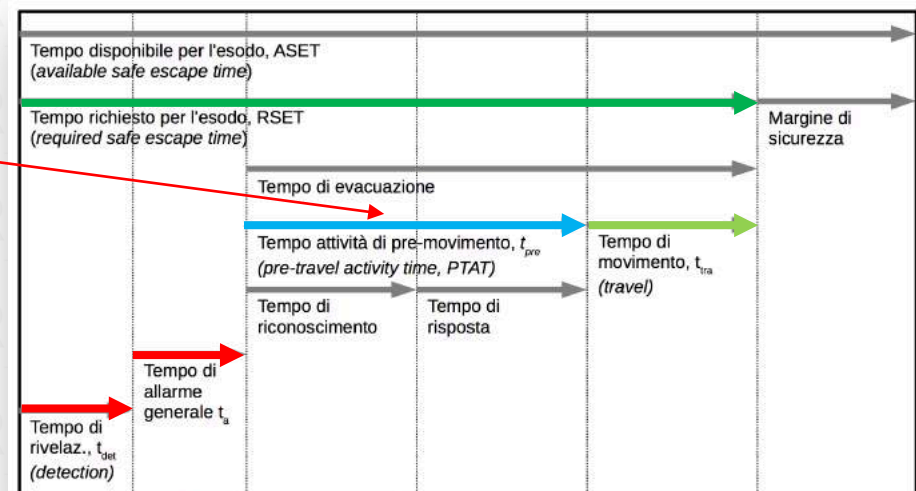


Illustrazione M.3-1: Confronto tra ASET ed RSET

1,5 min

occupanti in stato di veglia, luogo di lavoro, edificio semplice, rivelazione automatica

>40 min

occupanti addormentati, albergo, edificio complesso, senza rivelazione

4 Salvaguardia della vita con la progettazione prestazionale

ASET

>

RSET

Tempo di attività pre-movimento

1. 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. La letteratura² indica che questa fase occupa spesso la maggior parte del tempo totale di esodo.

Il comportamento degli occupanti, in questa fase è rappresentabile in funzione dei seguenti 3 parametri fondamentali (tratti dalla norma ISO/TR 16738):

- Qualità del sistema di allarme (da A1 ad A3)
- Complessità dell'edificio (da B1 a B3)
- Qualità della gestione dell'emergenza in caso di incendio (da M1 a M3)

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.

A1, A2, A3

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.

B1, B2, B3

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.

M1, M2, M3



4 Salvaguardia della vita con la progettazione prestazionale



A,B: occupanti in stato di veglia

C: occupanti addormentati

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

Scenario category and modifier levels (see Annex 2)	First occupants Δt_{ev} (in seconds)	Occupant distribution Δt_{ev} (in seconds)
A: awake and familiar M1 B1 - A1 - A2 M2 B1 - A1 - A2 M3 B1 - A1 - A3 For BS add 0.5 for wayfinding M1 would normally require voice alarm/A If unfamiliar visitors likely to be present	0.5 1 15	1.5 3 >30
B: awake and unfamiliar M1 B1 A1 - A2 M2 B1 A1 - A2 M3 B1 A1 - A3 For BS add 0.5 for wayfinding For BS add 1.0 for wayfinding M1 would normally require voice alarm/A	0.5 1.0 15	2.0 4.0 >30
C: sleeping and familiar (e.g. shelves - individual occupancy) M1 B1 A1 M3 B1 A3 For other units in a block assume one hour	8 10	10 40
C1: managed occupancy (e.g. serviced apartments, hall of residences) M1 B2 A1 - A2 M2 B2 A1 - A2 M3 B2 A1 - A3	10 18 150	30 40 40
C1: sleeping and unfamiliar (e.g. hotels, boarding houses) M1 B2 A1 - A2 M2 B2 A1 - A2 M3 B2 A1 - A3 For BS add 1.0 for wayfinding M1 would normally require voice alarm/A	15 20 150	30 40 40

Table E.2 - continued

Scenario category and modifier	First occupants Δt_{ev} (in seconds)	Occupant distribution Δt_{ev} (in seconds)
D: Medical care Awake and unfamiliar (e.g. day centre, clinic, surgery, dentist) M1 B1 A1 - A2 M2 B1 A1 - A2 M3 B1 A1 - A3 For BS add 0.5 for wayfinding For BS add 1.0 for wayfinding M1 would normally require voice alarm/A Sleeping and unfamiliar (e.g. hospital ward, nursing home, old people's home) M1 B2 A1 - A2 M2 B2 A1 - A2 M3 B2 A1 - A3 For BS add 1.0 for wayfinding M1 would normally require voice alarm/A	0.5 1.0 15 15	2 3 >15 10 [*] 20 [*] >20 [*]
E: Transportation (e.g. railway or bus station or airport) Awake and unfamiliar M1 B3 A1 - A2 M2 B3 A1 - A2 M3 B3 A1 - A3 M1 and M2 would normally require voice alarm/A <small>* These times depend upon the presence of sufficient staff to assist evacuation of handicapped occupants</small>	1.5 2.0 15	4 5 15

1,5 min
luogo di lavoro, edificio semplice, rivelazione automatica

2,5 min
occupanti in stato di veglia, luogo aperto al pubblico, edificio semplice, rivelazione automatica

3 min
occupanti in stato di veglia, luogo di lavoro, edificio complesso, rivelazione automatica

4 min
occupanti in stato di veglia, luogo aperto al pubblico, edificio complesso, rivelazione automatica

E: occupanti in transito

5 min
metropolitana, edificio semplice, rivelazione automatica

10 min
abitazione, edificio semplice, rivelazione automatica

30 min
albergo, edificio semplice, rivelazione automatica

D: occupanti ricevono cure mediche

3 min
clinica, edificio semplice, rivelazione automatica

20 min
ospedale, edificio semplice, rivelazione automatica

4 Salvaguardia della vita con la progettazione prestazionale

ASET > RSET

Tempo di movimento

- Il tempo di movimento t_{tra} è il tempo impiegato dagli occupanti per raggiungere un luogo sicuro dal termine delle attività di pre-movimento appena descritte.
- Il t_{tra} è calcolato in riferimento ad alcune variabili:
 - la distanza degli occupanti o gruppi di essi dalle vie d'esodo;
 - le velocità d'esodo, che dipendono dalla tipologia degli occupanti e dalle loro interazioni con l'ambiente costruito e gli effetti dell'incendio. È dimostrato che la presenza di fumi e calore rallenta notevolmente la velocità d'esodo in funzione delle condizioni di visibilità;
 - la portata delle vie d'esodo, dovuta a geometria, dimensioni, dislivelli ed ostacoli.
- Nella realtà, quando gli occupanti di edifici densamente affollati fuggono lungo le vie d'esodo, si formano lunghe file nei restringimenti, inoltre secondo lo sviluppo degli scenari di incendio di progetto presi in esame, alcuni percorsi possono diventare impercorribili o bloccati.
Il calcolo del t_{tra} deve tenere conto di questi fenomeni.
- Attualmente si impiegano comunemente due famiglie di modelli per il calcolo del tempo di movimento: *modelli idraulici* e *modelli agent based*.
- I modelli idraulici predicono con ragionevole precisione alcuni aspetti del movimento degli occupanti (es. flussi attraverso le uscite), ma non includono fattori importanti del comportamento umano, come la familiarità con l'edificio, le interazioni persona-persona e l'effetto del fumo sul movimento.
- Altri tipi di modelli (es. *macroscopic/microscopic*, *coarse network/fine network/continuous models*) sono oggetto di intensa ricerca scientifica e di sperimentazione; attualmente esistono ancora solo validazioni parziali dei risultati. Pertanto i risultati devono essere valutati con cautela.

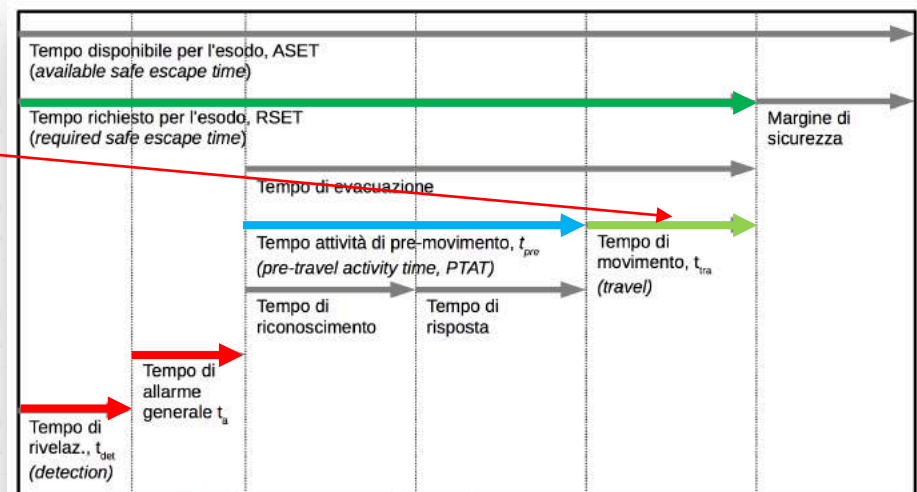
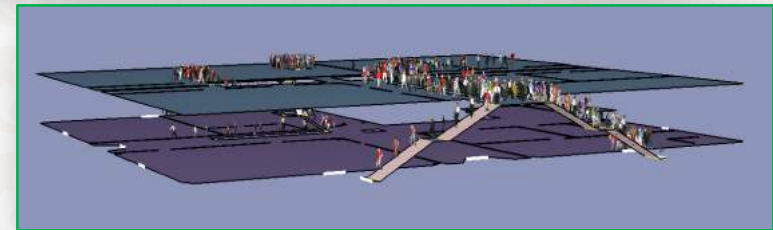


Illustrazione M.3-1: Confronto tra ASET ed RSET

1 min
attività lavorativa industriale

>10 min
attività commerciale





1

2

3

4

5

6

Esempi



5 Esempio 1: magazzino in acciaio

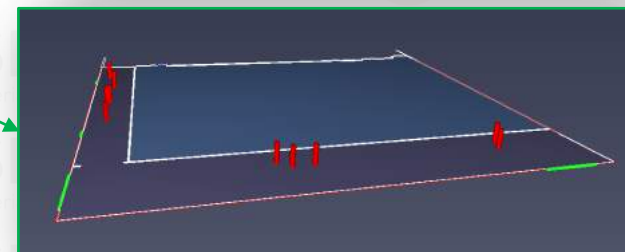
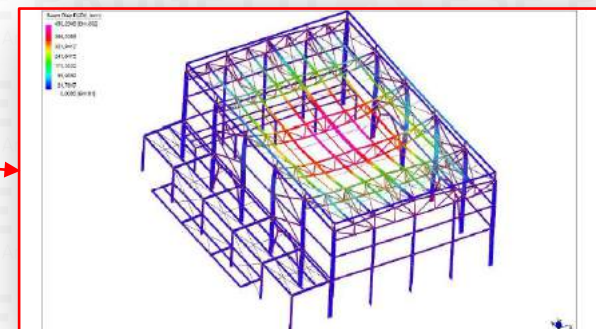
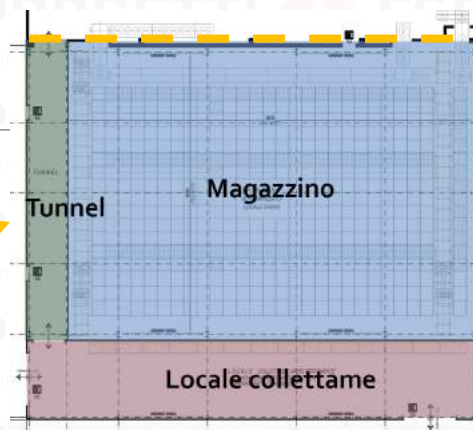
- S.1 Reazione al fuoco
- S.2 Resistenza al fuoco (II)**
- S.3 Compartimentazione
- S.4 Esodo
- S.5 Gestione sicurezza antincendio
- S.6 Controllo dell'incendio
- S.7 Rivelazione ed allarme
- S.8 Controllo fumi e calore
- S.9 Operatività antincendio
- S.10 Sicurezza impianti tecnologici

Soluzioni alternative per il livello di prestazione II

1. Sono ammesse *soluzioni alternative*, costituite da:
 - a. compartimentazione rispetto ad altre costruzioni;
 - b. assenza di danneggiamento ad altre costruzioni per effetto di collasso strutturale;
 - c. mantenimento della capacità portante in condizioni di incendio per un periodo sufficiente all'evacuazione degli occupanti in luogo sicuro all'esterno della costruzione. La capacità portante deve essere comunque tale da garantire un margine di sicurezza t_{margin} (paragrafo M.3.2.2) non inferiore a 100% RSET e comunque non inferiore a 30 minuti.

Soluzioni conformi per il livello di prestazione II

1. Deve essere interposta una distanza di separazione su spazio a cielo libero verso le altre opere da costruzione come previsto per il livello di prestazione I.
2. Devono essere verificate le prestazioni di resistenza al fuoco delle costruzioni in base agli incendi convenzionali di progetto come previsto al paragrafo S.2.5.
3. La *classe minima di resistenza al fuoco* deve essere pari almeno a 30 o inferiore, qualora consentita dal livello di prestazione III per il carico di incendio specifico di progetto $q_{f,d}$ del compartimento in esame.





5 Esempio 1: magazzino in acciaio

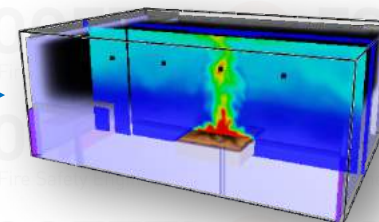
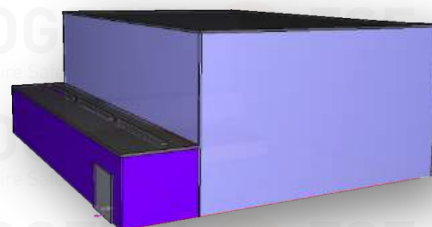
Soluzioni alternative per il livello di prestazione II

1. Sono ammesse *soluzioni alternative*, costituite da:

- a. compartimentazione rispetto ad altre costruzioni;
- b. assenza di danneggiamento ad altre costruzioni per effetto di collasso strutturale;
- c. mantenimento della capacità portante in condizioni di incendio per un periodo sufficiente all'evacuazione degli occupanti in luogo sicuro all'esterno della costruzione. La capacità portante deve essere comunque tale da garantire un margine di sicurezza t_{max} (paragrafo M.3.2.2) non inferiore a 100% · RSET e comunque non inferiore a 30 minuti.

Creazione **modello 3D**

Analisi termo-fluidodinamica in FDS

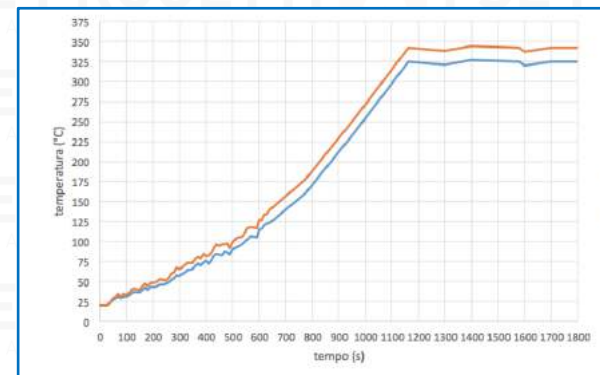
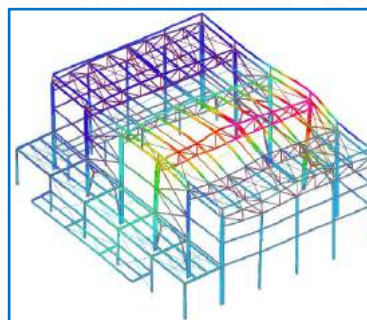
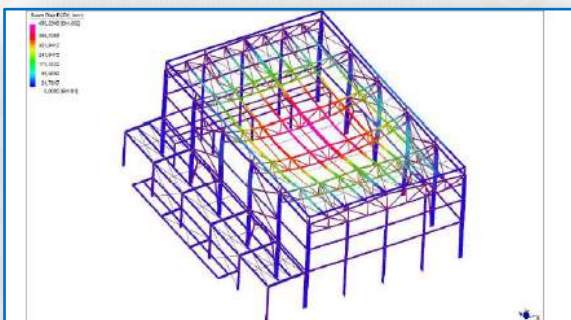


Verificato il collegato livello di prestazione II alla strategia S.2 Resistenza al fuoco

Verifica collasso di tipo **implosivo**

Verifica di **resistenza al fuoco** per i primi 30 min

Sollecitazione termica da incendio naturale



RSET+100% < 30 min



5 Esempio 2: deposito ceramico

- S.1 Reazione al fuoco
- S.2 Resistenza al fuoco (III)**
- S.3 Compartimentazione
- S.4 Esodo
- S.5 Gestione sicurezza antincendio
- S.6 Controllo dell'incendio
- S.7 Rivelazione ed allarme
- S.8 Controllo fumi e calore
- S.9 Operatività antincendio
- S.10 Sicurezza impianti tecnologici

Soluzioni alternative per il livello di prestazione III

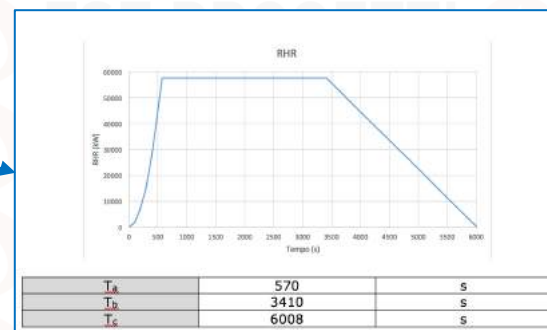
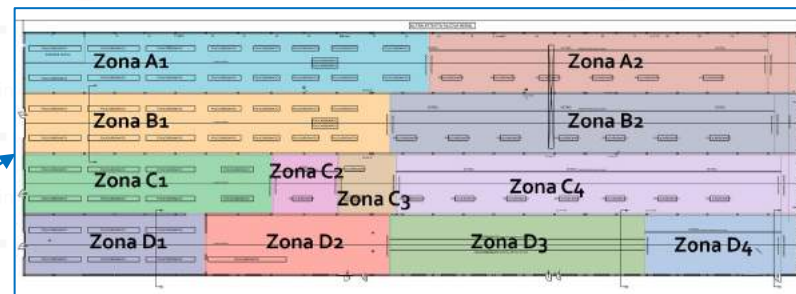
1. Sono ammesse *soluzioni alternative*.
2. Le soluzioni alternative per il livello di prestazione III si ottengono verificando le prestazioni di resistenza al fuoco delle costruzioni in base agli scenari di incendio di progetto ed ai relativi incendi convenzionali di progetto rappresentati da curve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

S.2.4.3

Soluzioni conformi per il livello di prestazione III

1. Devono essere verificate le prestazioni di resistenza al fuoco delle costruzioni in base agli incendi convenzionali di progetto come previsto al paragrafo S.2.5.
2. La *classe minima di resistenza al fuoco* è ricavata per compartimento in relazione al carico di incendio specifico di progetto q_{fs} come indicato in tabella S.2-3.

Carico di incendio specifico di progetto	Classe minima di resistenza al fuoco
$q_{fs} \leq 200 \text{ MJ/m}^2$	Nessun requisito
$q_{fs} \leq 300 \text{ MJ/m}^2$	15
$q_{fs} \leq 450 \text{ MJ/m}^2$	30
$q_{fs} \leq 600 \text{ MJ/m}^2$	45
$q_{fs} \leq 900 \text{ MJ/m}^2$	60
$q_{fs} \leq 1200 \text{ MJ/m}^2$	90
$q_{fs} \leq 1800 \text{ MJ/m}^2$	120
$q_{fs} \leq 2400 \text{ MJ/m}^2$	180
$q_{fs} > 2400 \text{ MJ/m}^2$	240



Definizione RHR:

Energia a disposizione	250'000	MJ
RHR/m ² max	250	kW/m ²
RHR max	57,7	MW
Velocità di crescita	ultra-rapida	75 s

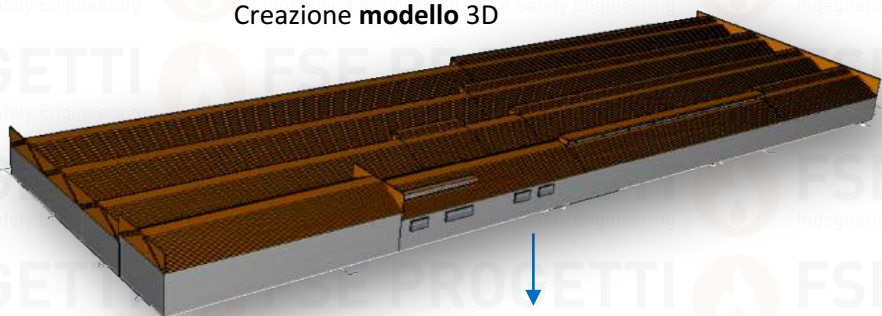


5 Esempio 2: deposito ceramico

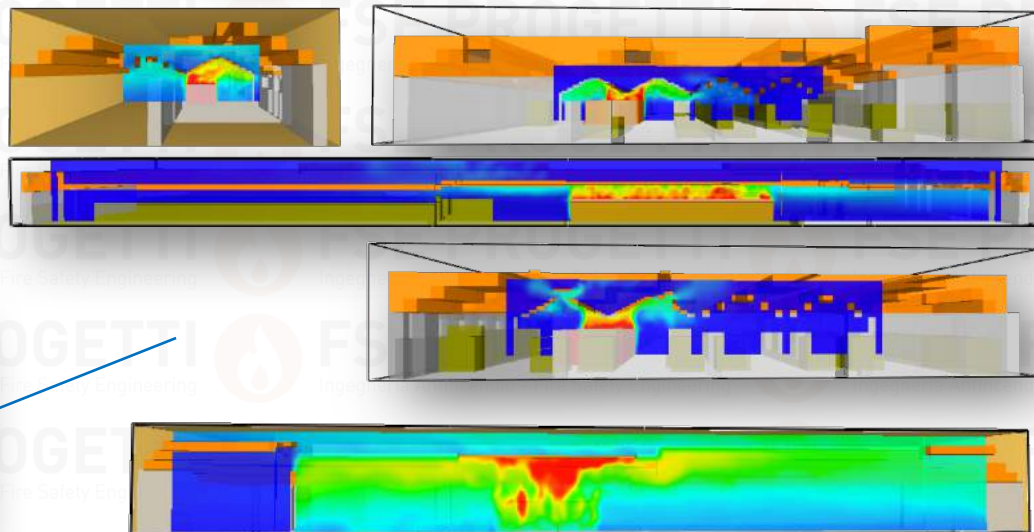
Soluzioni alternative per il livello di prestazione III

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

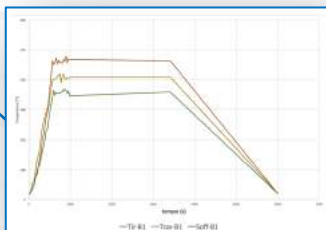
Creazione modello 3D



Analisi termo-fluidodinamica in FDS



Sollecitazione termica da incendio naturale



Verificato il collegato livello di prestazione III alla strategia S.2 Resistenza al fuoco

Consegna delle sollecitazioni termiche sugli elementi strutturali da verificare direttamente all'ingegnere strutturista.



5 Esempio 3: deposito ceramico

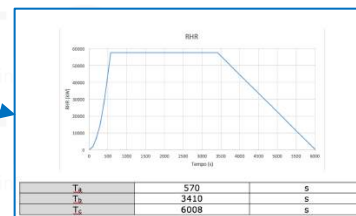
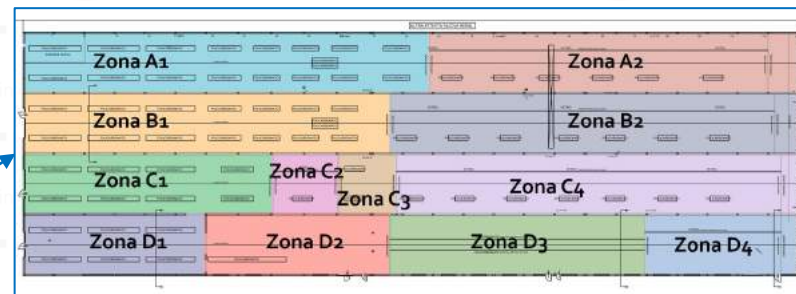
- S.1 Reazione al fuoco
- S.2 Resistenza al fuoco
- S.3 Compartimentazione (II)**
- S.4 Esodo
- S.5 Gestione sicurezza antincendio
- S.6 Controllo dell'incendio
- S.7 Rivelazione ed allarme
- S.8 Controllo fumi e calore
- S.9 Operatività antincendio
- S.10 Sicurezza impianti tecnologici

Soluzioni alternative

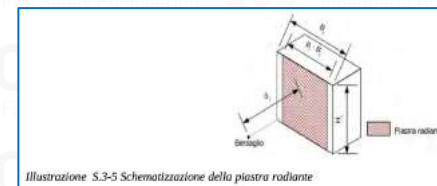
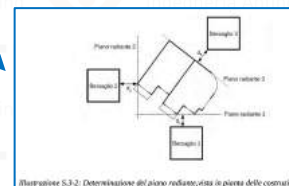
1. Sono ammesse soluzioni alternative per tutti i livelli di prestazione.
Nota: Le soluzioni alternative possono essere ricercate nell'impiego del SEFC (Capitolo S.8).
2. Al fine di dimostrare il raggiungimento del collegato livello di prestazione il progettista deve impiegare uno dei metodi di cui al paragrafo G.2.6.

Soluzioni conformi per il livello di prestazione II

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



Definizione RHR:		
Energia a disposizione	250'000	MJ
RHR/m ² max	250	kW/m ²
RHR max	57,7	MW
Velocità di crescita	ultra-rapida	75 s





5 Esempio 3: deposito ceramico

Soluzioni alternative

1. Sono ammesse soluzioni alternative per tutti i livelli di prestazione.

Nota: Le soluzioni alternative possono essere ricercate nell'impiego dei SEFC (Capitolo S.8).

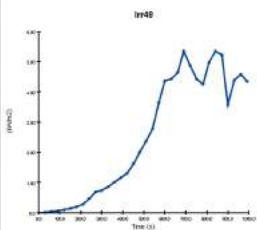
2. Al fine di dimostrare il raggiungimento del collegato livello di prestazione il progettista deve impiegare uno dei metodi di cui al paragrafo G.2.6.

Verificato il collegato livello di prestazione II alla strategia S.3 Compartimentazione

VERIFICA DISTANZA DI SEPARAZIONE

Sono state inserite sonde di irraggiamento ogni 50cm per definire la distanza di separazione "d" necessaria a garantire una intensità di irraggiamento E_{soglia} inferiore a 12,6 kW/m² sul bersaglio.

Si riporta di seguito la lettura della sonda posizionata a 6m dalla superficie incendiata



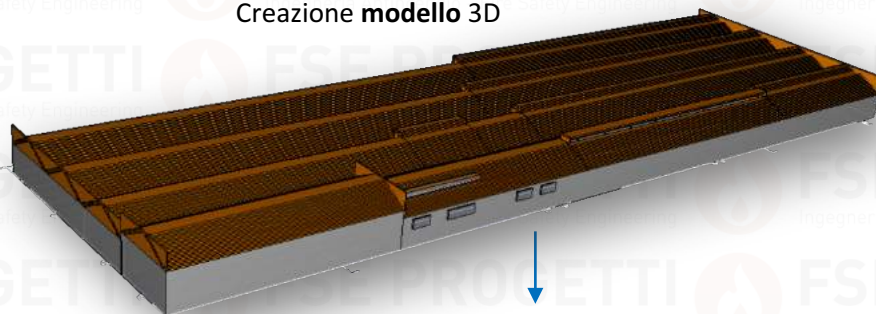
A 3m dal piano radiante abbiamo un'intensità di irraggiamento di 5kW/m², risulta perciò verificato quanto segue:

$$E < E_{soglia}$$

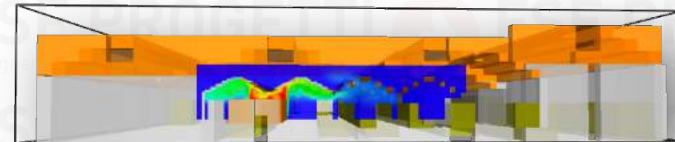
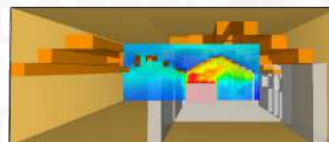
si identifica perciò come distanza di separazione cautelativamente necessaria a non propagare l'incendio, in quanto segue:

$$d = 4m$$

Creazione modello 3D



Analisi termo-fluidodinamica in FDS



Sollecitazione termica da incendio naturale (irraggiamento)

Distanza di separazione per limitare la propagazione dell'incendio

1. L'interposizione della *distanza di separazione* "d" in spazio a cielo libero tra ambiti della stessa attività o tra attività diverse consente di limitare la propagazione dell'incendio.

2. Ai fini della definizione di una *soluzione conforme* per la presente misura antincendio, il progettista impiega la *procedura tabellare* indicata al paragrafo S.3.11.2 oppure la *procedura analitica* del paragrafo S.3.11.3, imponendo ad un valore pari a 12,6 kW/m² la soglia E_{soglia} di irraggiamento termico dell'incendio sul bersaglio.

Tale soglia è considerata adeguatamente conservativa per limitare l'innescio di qualsiasi tipologia di materiale, in quanto rappresenta il valore limite convenzionale entro il quale non avviene innescio del legno in aria stazionaria.



5 Esempio 4: hotel

- S.1 Reazione al fuoco
- S.2 Resistenza al fuoco
- S.3 Compartimentazione
- S.4 Esodo (I)**
- S.5 Gestione sicurezza antincendio
- S.6 Controllo dell'incendio
- S.7 Rivelazione ed allarme
- S.8 Controllo fumi e calore
- S.9 Operatività antincendio
- S.10 Sicurezza impianti tecnologici

Soluzioni alternative

1. Sono ammesse *soluzioni alternative* per tutti i livelli di prestazione.
2. Al fine di dimostrare il raggiungimento del collegato *livello di prestazione* il progettista deve impiegare uno dei metodi di cui al paragrafo G.2.6.

Soluzioni conformi per il livello di prestazione I

1. Il sistema d'esodo deve essere progettato nel rispetto di quanto previsto al paragrafo S.4.5 e successivi.
2. Possono essere eventualmente previste le *misure antincendio* aggiuntive di cui al paragrafo S.4.10.

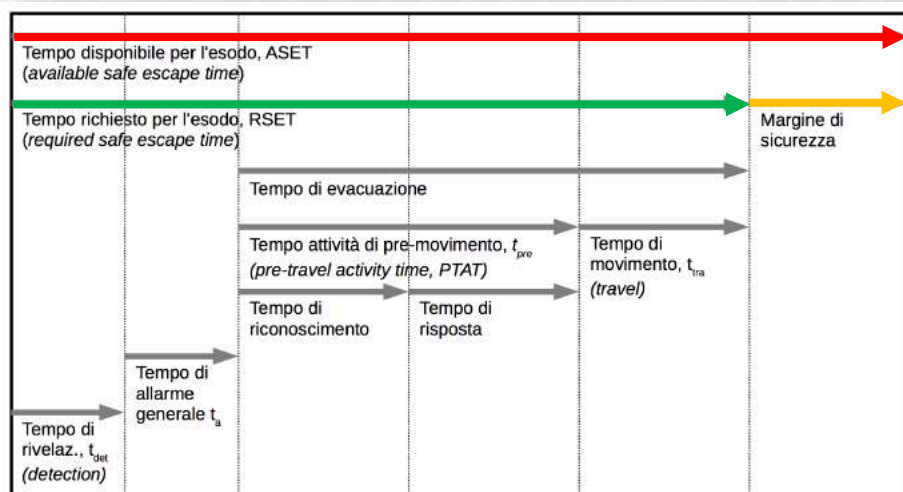


Illustrazione M.3-1: Confronto tra ASET ed RSET



5 Esempio 4: hotel

Soluzioni alternative

1. Sono ammesse *soluzioni alternative* per tutti i livelli di prestazione.
2. Al fine di dimostrare il raggiungimento del collegato *livello di prestazione* il progettista deve impiegare uno dei metodi di cui al paragrafo G.2.6.

Verificato il collegato livello di prestazione I alla strategia S.4 Esodo

VERIFICA ESODO

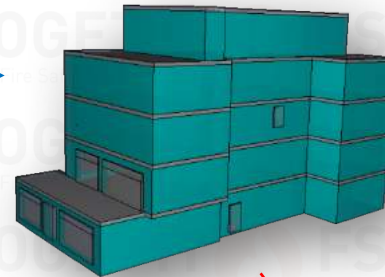
Verifica $ASET > RSET$ scenario di progetto 1

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

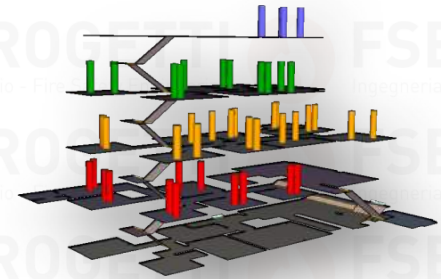
$$ASET (2100sec) > RSET (1048sec)$$

$$f_{margin} = 100\%$$

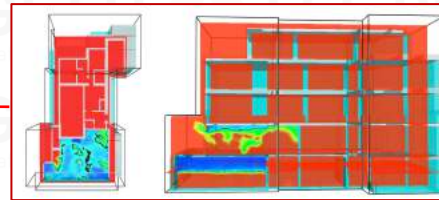
Creazione **modello 3D FDS**



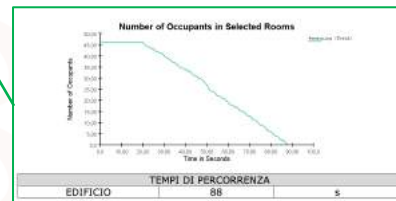
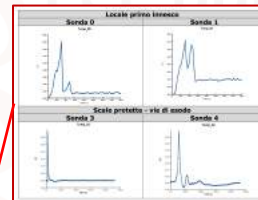
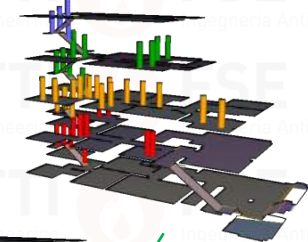
Creazione **modello 3D esodo**



Calcolo **ASET in FDS**



Calcolo **RSET**





5 Esempio 5: magazzino alimentare

- S.1 Reazione al fuoco
- S.2 Resistenza al fuoco
- S.3 Compartimentazione
- S.4 Esodo
- S.5 Gestione sicurezza antincendio
- S.6 Controllo dell'incendio
- S.7 Rivelazione ed allarme
- S.8 Controllo fumi e calore (II)**
- S.9 Operatività antincendio
- S.10 Sicurezza impianti tecnologici



Soluzioni alternative per il livello di prestazione II

1. Sono ammesse *soluzioni alternative*.

2. Al fine di dimostrare il raggiungimento del *livello di prestazione* il progettista deve impiegare uno dei metodi di cui al paragrafo G.2.6.

Nota Le soluzioni alternative possono essere ricercate nell'impiego di un impianto di ventilazione meccanica in grado di garantire il livello di prestazione richiesto

NORMA ITALIANA

Sistemi per il controllo di fumo e calore - Parte 2:
Progettazione e installazione dei Sistemi di
Evacuazione Forzata di Fumo e Calore (SEFFC)

UNI 9494-2

MARZO 2017

Soluzioni conformi per il livello di prestazione II

1. Per ogni piano e locale del compartimento deve essere prevista la possibilità di effettuare lo *smaltimento di fumo e calore d'emergenza* secondo quanto previsto al paragrafo S.8.5.

Tipo	Carico di incendio specifico q	Superficie utile minima delle aperture di smaltimento S_{sm}	Requisiti aggiuntivi
SE1	$q \leq 600 \text{ MJ/m}^2$	A/40	-
SE2	$600 < q \leq 1200 \text{ MJ/m}^2$	A, $q / 40000 + A / 100$	-
SE3	$q > 1200 \text{ MJ/m}^2$	A/25	10% di S_{sm} di tipo SEA o SEB o SEC

A = superficie lorda del piano del compartimento (m^2);
 S_{sm} = superficie utile delle aperture di smaltimento (m^2)

Tabella S.8-4: Tipi di dimensionamento per le aperture di smaltimento

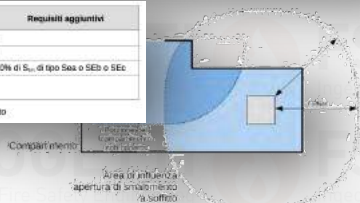


Illustrazione S.8-3: Verifica dell'uniforme distribuzione in pianta delle aperture di smaltimento

Caratteristiche minime impianto di estrazione fumi e calore di emergenza			
S - Superficie compartimento a soffitto	altezza dei locali	portata minima di estrazione	note
$S < 300 \text{m}^3$	-	modellazione fluidodinamica necessaria	
$300 \text{m}^3 < S < 1600 \text{m}^3$	$> 3 \text{m}$	$1 \text{m}^3/\text{s}$ ogni 100m^2 modellazione fluidodinamica	se $h < 3 \text{m}$ è necessaria la modellazione fluidodinamica
$1600 \text{m}^3 < S < 3000 \text{m}^3$	$> 3 \text{m}$	$1,8 \text{m}^3/\text{s}$ ogni 100m^3 modellazione fluidodinamica	dimensione lineare massima del compartimento a soffitto: 60m
$S > 3000 \text{m}^3$	-	modellazione fluidodinamica obbligatoria	

Riassunto appendice H UNI 9494:2017



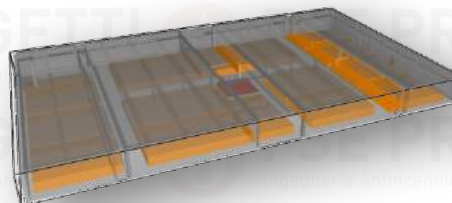
5 Esempio 5: magazzino alimentare

Soluzioni alternative per il livello di prestazione II

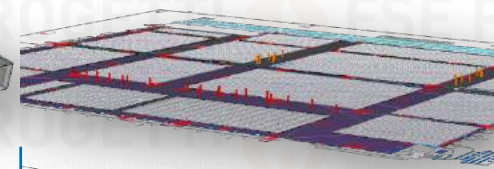
1. Sono ammesse *soluzioni alternative*.
2. Al fine di dimostrare il raggiungimento del *livello di prestazione* il progettista deve impiegare uno dei metodi di cui al paragrafo G.2.6.

Nota Le soluzioni alternative possono essere ricercate nell'impiego di un impianto di ventilazione meccanica in grado di garantire il livello di prestazione richiesto

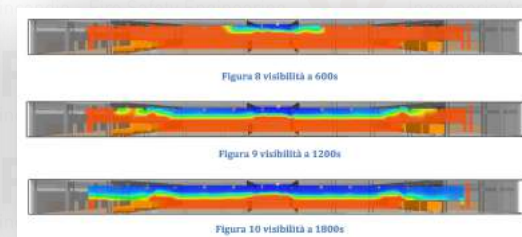
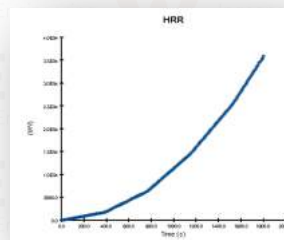
Creazione **modello 3D** in FDS



Creazione **modello di esodo**

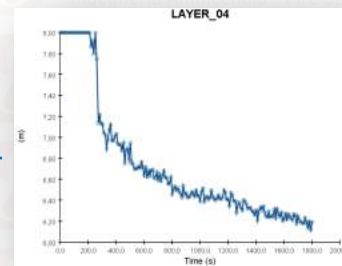


Analisi termo-fluidodinamica in FDS

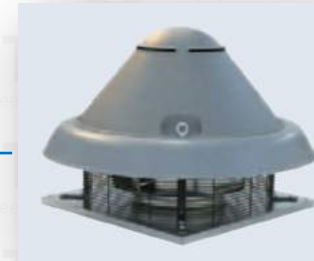


Verificato il collegato livello di prestazione II alla strategia S.8 Controllo dei fumi

Stratificazione dei fumi



dimensionamento impianto



VERIFICA TEMPI DI INTERVENTO VVF

Verifica ASET > Valore medio prospetto F.1 della UNI 9494-2

Al fine di garantire le condizioni necessarie all'intervento dei soccorritori, si prende a riferimento il tempo medio di 15min caratteristico della provincia di Vicenza, tratto dal prospetto F.1 della UNI 9494-2:

$$ASET (1800sec) > T_{medio} VVF (900sec)$$

$$t_{emerg} = 100%$$

VERIFICA ESODO

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:

$$ASET (1800sec) > RSET (299sec)$$

$$t_{furg} = 502%$$

5 Esempio 6: magazzino interrato

- S.1 Reazione al fuoco
- S.2 Resistenza al fuoco
- S.3 Compartimentazione
- S.4 Esodo
- S.5 Gestione sicurezza antincendio
- S.6 Controllo dell'incendio
- S.7 Rivelazione ed allarme
- S.8 Controllo fumi e calore (III)**
- S.9 Operatività antincendio
- S.10 Sicurezza impianti tecnologici

Soluzioni alternative per il livello di prestazione III

1. Sono ammesse *soluzioni alternative*.
2. Al fine di dimostrare il raggiungimento del *livello di prestazione* il progettista deve impiegare uno dei metodi di cui al paragrafo G.2.6.

NORMA
 ITALIANA

Sistemi per il controllo di fumo e calore - Parte 2:
 Progettazione e installazione dei Sistemi di
 Evacuazione Forzata di Fumo e Calore (SEFFC)

UNI 9494-2

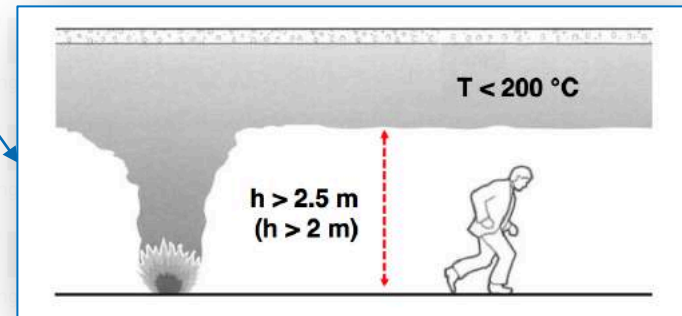
MARZO 2017

Soluzioni conformi per il livello di prestazione III

1. Deve essere installato sistema di evacuazione di fumi e calore (SEFC), naturale (SE NFC) o forzato (SEFFC), progettato, installato e gestito in conformità alla vigente regolamentazione e alle norme e documenti tecnici adottati dall'ente di normazione nazionale

Nota L'elenco, non esaustivo, delle norme e documenti tecnici adottati dall'ente di normazione nazionale è reperibile nel paragrafo S.8.8

2. Devono inoltre essere soddisfatte le seguenti prescrizioni tecniche aggiuntive:
 - a. in caso di presenza di sistemi automatici di controllo o estinzione dell'incendio (es. sprinkler) deve essere garantita la compatibilità di funzionamento con il SEFC utilizzato;
 - b. in presenza di IRAI devono essere previste funzioni di comunicazione e controllo dello stato dell'impianto SEFC.





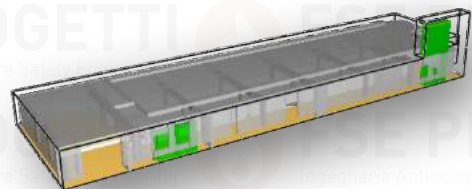
5 Esempio 5: magazzino alimentare

Soluzioni alternative per il livello di prestazione II

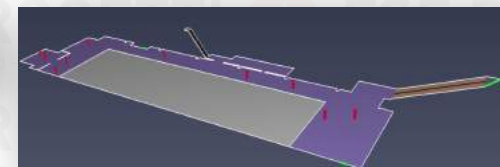
1. Sono ammesse *soluzioni alternative*.
2. Al fine di dimostrare il raggiungimento del *livello di prestazione* il progettista deve impiegare uno dei metodi di cui al paragrafo G.2.6.

Nota Le soluzioni alternative possono essere ricercate nell'impiego di un impianto di ventilazione meccanica in grado di garantire il livello di prestazione richiesto

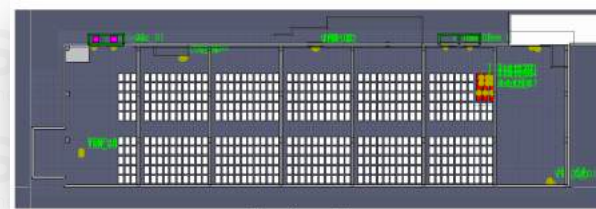
Creazione **modello 3D** in FDS



Creazione **modello di esodo**



Analisi termo-fluidodinamica in FDS



Verificato il collegato livello di prestazione III alla strategia **S.8 Controllo dei fumi**

Stratificazione dei fumi

dimensionamento impianto

Verifica della sicurezza delle squadre di soccorso

In accordo alla UNI 9494-2, il tempo di intervento delle squadre di soccorso esterno è stato definito in maniera cautelativa secondo il prospetto F1 che indica per la città di Mantova 12 minuti (720sec).

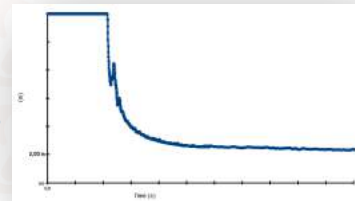
ASET_{squadre di soccorso} (730sec) > (720sec)

Verifica ASET > RSET

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 (532sec) > RSET (264sec)

$t_{\text{burg}} = 102\%$





1

2

3

4

5

6

Conclusioni



6 Conclusioni

Quando applicare l'FSE?

1. le soluzioni conformi sono inapplicabili;
2. le soluzioni conformi sono troppo onerose;
3. si vogliono ottimizzare gli impianti antincendio;
4. si è fuori dal campo di applicazione delle norme;
5. l'edificio è di tipo complesso;
6. prodotti e materiali innovativi;
7. garantire maggiore flessibilità all'attività.



i comandi VVF in cui abbiamo trattato pratiche in FSE ad oggi



6 Conclusioni

Come applicare l'FSE?

1. **come soluzione alternativa per le attività comprese all'Art. 2 del Codice**
 - **in Deroga per le attività di cat. A (DPR 151/2011);**
2. in Deroga per attività con vecchia Regola Verticale (no RTV);
3. per attività non normate verticalmente con DM 9 maggio 2007



6 Conclusioni

Chi può applicare l'FSE?

1. tutti!

S.1 Reazione al fuoco
S.2 Resistenza al fuoco (III)
S.3 Compartimentazione
S.4 Esodo
S.5 Gestione sicurezza antincendio
S.6 Controllo dell'incendio
S.7 Rivelazione ed allarme
S.8 Controllo fumi e calore
S.9 Operatività antincendio
S.10 Sicurezza impianti tecnologici

S.1 Reazione al fuoco
S.2 Resistenza al fuoco
S.3 Compartimentazione
S.4 Esodo (I)
S.5 Gestione sicurezza antincendio
S.6 Controllo dell'incendio
S.7 Rivelazione ed allarme
S.8 Controllo fumi e calore
S.9 Operatività antincendio
S.10 Sicurezza impianti tecnologici

S.1 Reazione al fuoco
S.2 Resistenza al fuoco
S.3 Compartimentazione (II)
S.4 Esodo
S.5 Gestione sicurezza antincendio
S.6 Controllo dell'incendio
S.7 Rivelazione ed allarme
S.8 Controllo fumi e calore
S.9 Operatività antincendio
S.10 Sicurezza impianti tecnologici

S.1 Reazione al fuoco
S.2 Resistenza al fuoco
S.3 Compartimentazione
S.4 Esodo
S.5 Gestione sicurezza antincendio
S.6 Controllo dell'incendio
S.7 Rivelazione ed allarme
S.8 Controllo fumi e calore (II)
S.9 Operatività antincendio
S.10 Sicurezza impianti tecnologici

La struttura e **flessibilità del Codice** permette al professionista che incontra difficoltà nell'applicare le soluzioni conformi per il proprio cliente può affidare **la sola strategia (o strategie) per le quali è necessario percorrere la soluzione alternativa con l'Approccio Ingegneristico.**



Ordine degli Ingegneri
di Forlì-Cesena

CODICE DI PREVENZIONE INCENDI E FIRE SAFETY ENGINEERING



FINE

grazie per l'attenzione



Via Cerchia di Martorano 1069, 47522 Cesena (FC)

info@fseprogetti.it

Ing. Filippo Battistini 335-384310

Ing. Gianluca Galeotti 333-1209596