

## DIREZIONE REGIONALE VVF PIEMONTE

CORSO DI AGGIORNAMENTO IN MATERIA DI  
PREVENZIONE INCENDI  
(art.7 DM 05/08/2011 e DCPREV n.7213.2012)

**DM 03/08/2015**  
**Sezione M – Metodi**

### Premessa

La sezione parla dei Metodi di Progettazione e, attualmente, contiene 3 capitoli che riguardano esclusivamente l'approccio ingegneristico:

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

In genere, l'approccio ingegneristico può essere utilizzato come ...

- **metodo di progettazione ordinario** essendo ricompreso in Tabella G.2.1
- **metodo di progettazione avanzato** essendo ricompreso in Tabella G.2.2

L'approccio ingegneristico applicato secondo procedure, ipotesi e limiti CONFORMI ai capitoli M1/M2/M3 è impiegabile nell'ambito dei metodi ordinari (da presentare secondo art.3 DPR 151) per

- l'individuazione delle **soluzioni alternative**
- per la scelta di un **livello di prestazione diverso** da quello richiesto dalla Sezione S (G.2.5.3 comma 3)

L'approccio ingegneristico applicato secondo procedure, ipotesi e limiti DIVERSE da quelle dei capitoli M1/M2/M3 (ma CONFORMI alla normativa internazionale di riferimento) è impiegabile per l'individuazione delle **soluzioni in deroga** (da presentare secondo art.7 DPR 151)

Ma prima di andare oltre occorre chiarire bene una questione ...

**Che cosa si intende per approccio ingegneristico (o FSE) ???**

Risposta:

*applicazione di **principi ingegneristici, regole e giudizi esperti basati sulla valutazione scientifica del fenomeno della combustione, degli effetti dell'incendio e del comportamento umano, finalizzati***

***alla tutela della vita umana***

***alla protezione dei beni e dell'ambiente***

***alla quantificazione dei rischi di incendio e dei relativi effetti***

***alla valutazione analitica delle misure antincendio necessarie a limitare entro livelli prestabiliti le conseguenze dell'incendio***

quindi ...

L'approccio ingegneristico (o **Fire Safety Engineering**)  
è un metodo di progettazione:

**Molto COMPLICATO**

**Molto COSTOSO**

**Molto LUNGO**

MA, quando impiegato **CORRETTAMENTE**,

**DA LE SUE SODDISFAZIONI !!!**

ATTENZIONE al termine "CORRETTAMENTE" ...

Il comma 4 del paragrafo M.1.1 dice espressamente che Il Codice non è sufficiente per la FSE e richiama ulteriori strumenti ...

• **Norme e bibliografia**

- ISO 23932:2009, FSE – General principles.
- ISO/TR 13387-1:1999 FSE – Part 1: Application of fire performance concepts to design objectives.
- BS 7974:2001 *Application of FSE principles to the design of buildings – Code of practice.*
- BS PD 7974-0:2002 *Application of FSE principles to the design of buildings – Part 0: Guide to design framework and FSE procedures.*
- SFPE *Engineering Guide to Performance-Based Fire Protection*, 2nd ed., 2007
- ISO 16732-1 *“Fire safety engineering – Fire risk assessment”*

Il comma 4 del paragrafo M.1.1 dice espressamente che Il Codice non è sufficiente per la FSE e richiama ulteriori strumenti ...

- **Norme e bibliografia**

- NFPA 551 *“Guide for the evaluation of fire risk assessment”*
- ISO/TS 16733 *“Fire safety engineering - Selection of design fire scenarios and design fires”*;
- NFPA 101 *“Life Safety Code”*.
- Eurocodice 1, UNI EN 1991-1-2:2004 Parte 1-2: Azioni in generale – Azioni sulle strutture esposte al fuoco;
- NFPA 92:2012 *“Standard for smoke control systems”*;
- NFPA 92B *“Smoke management systems in malls, atria, and large areas”*;
- NFPA 555 *“Guide on methods for evaluating potential for room flash over”*.

Il comma 4 del paragrafo M.1.1 dice espressamente che Il Codice non è sufficiente per la FSE e richiama ulteriori strumenti ...

- **Norme e bibliografia**

- “SFPE handbook of fire protection engineering”, NFPA, 4th ed., 2008
  - ISO/TR 13387-1:1999.1. (life safety)
  - ISO/TR 13387-8:1999 : Lifesafety – Occupant behaviour, location and condition.
  - ISO 13571:2007 – Guidelines for the estimation of time available for escape using fire data;
  - ISO/TR 16738:2009 – Technical information on methods for evaluating behaviour and movement of people
  - DM 07/08/2012, DM 09/05/2007 e Lett. Circ. n.427 del 31/03/08
- **Software di simulazione** (es. CFAST, FDS, EXODUS, SAFIR ...)

La progettazione FSE si compone di due fasi (M.1.2) **(anzi tre !!!)**:

### **ANALISI PRELIMINARE**

- **Definire il progetto**  
(Generalità, finalità: Life/Structural safety)
- **Individuare gli scenari di incendio di progetto**  
(mediante analisi del rischio condotta su materiali, inneschi, fabbricato, persone)
- **Individuare i livelli di prestazione richiesti dalla Sezione S per incendi di progetto**  
(gli incendi di progetto definiscono complessivamente il rischio di incendio e quindi permettono di individuare univocamente i livelli di prestazione)
- **Individuare le soluzioni alternative/in deroga per i livelli di prestazione richiesti**  
(sono quelle da verificare con la FSE)
- **Individuare i livelli di prestazione da adottare in difformità a quelli della Sezione S**  
(secondo G.2.5.3 sono da verificare con i metodi di progettazione ordinari)
- **Individuare gli obiettivi di sicurezza**  
(da conseguire con le soluzioni alternative/in deroga)
- **Individuare le soglie di prestazione per gli obiettivi da conseguire**  
(soglie parametri ambientali e/o strutturali)

La progettazione FSE si compone di due fasi (M.1.2) **(anzi tre !!!)**:

### **ANALISI QUANTITATIVA**

- **Elaborare le soluzioni progettuali**
- **Quantificare gli scenari di incendio di progetto**  
(trasformare gli scenari di progetto in dati numerici di input per la metodologia di calcolo scelta per la verifica delle ipotesi progettuali)
- **Valutare le soluzioni progettuali:**
  - Determinare in modo quali-quantitativo gli effetti dell'incendio  
(andamento temperatura, visibilità, FED, irraggiamento, ...)
  - Confrontare i risultati ottenuti con le *soglie di prestazione*
- **Scegliere la soluzione progettuale** (tra quelle che verificano le soglie di prestazione) **da sottoporre a parere**

Con l'analisi quantitativa abbiamo finito?

Risposta: ASSOLUTAMENTE NO !!! MANCA LA 3° FASE !!!

La progettazione FSE si compone di due fasi (M.1.2) **(anzi tre !!!)**:  
**GESTIONE DELLA SICUREZZA ANTICENDIO (M.1.8)**

- Per le attività progettate con la metodologia prestazionale (FSE) le ipotesi e limitazioni d'esercizio prese a riferimento per la soluzione progettuale proposta al Comando devono essere oggetto di accurato controllo durante l'esercizio in modo da rimanere congrue con tale soluzione progettuale, eventualmente modificata dal Comando/CTR all'atto della valutazione del progetto
- Per il mantenimento nel tempo delle ipotesi e limitazioni d'esercizio che incidono sulla soluzione progettuale individuata con la FSE, il titolare deve organizzare e gestire le seguenti attività ...

La progettazione FSE si compone di due fasi (M.1.2) **(anzi tre !!!)**:  
**GESTIONE DELLA SICUREZZA ANTICENDIO (M.1.8)**

- **organizzazione del personale**
- **identificazione e valutazione dei pericoli derivanti dall'attività**
- **controllo operativo**
- **gestione delle modifiche**
- **pianificazione di emergenza**
- **sicurezza delle squadre di soccorso**
- **controllo delle prestazioni**
- **manutenzione dei sistemi di protezione**
- **controllo e revisione**

## L'ANALISI PRELIMINARE

(documento corrispondente: **Sommario Tecnico**)

### **ANALISI PRELIMINARE**

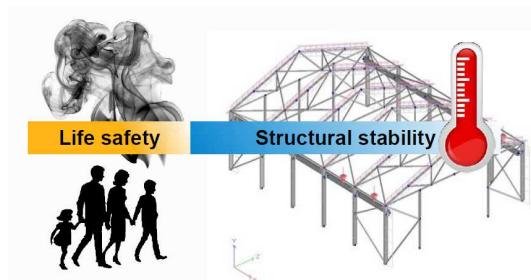
#### **Definire il progetto**

- **Generalità**
  - responsabile dell'attività
  - progettista che utilizza metodo tradizionale;
  - progettista che utilizza la FSE
  - progettista SGSA

## ANALISI PRELIMINARE

### Definire il progetto

- Finalità dell'approccio ingegneristico
  - progettazione soluzioni alternative/in deroga per Life safety
  - progettazione soluzioni alternative/in deroga per Structural safety



## ANALISI PRELIMINARE

### Individuare gli scenari di incendio di progetto

- Analisi del rischio dell'attività
  - **Pericoli: Combustibili**
    - Dati scheda di sicurezza delle sostanze CLP (Reg. 1272/2008)  
(servono per valutare conseguenze in caso di coinvolgimento in incendi)
    - Comportamento dei materiali in caso di incendio  
(serve per determinare la velocità di crescita dell'incendio)
    - Quantità,  $pc_{inf}$ , calore comb., velocità comb., distribuz., flusso critico  
(servono per calcolare il potenziale termico disponibile  $q_{fxA}$  in un incendio e il valore massimo di potenza termica che si può rilasciare nell'incendio)
    - Prodotti della combustione  
(servono come input per l'analisi quantitativa)



## ANALISI PRELIMINARE

### Individuare gli scenari di incendio di progetto

- Analisi del rischio dell'attività

**Pericoli: inneschi efficaci su attrezzature e impianti tecnologici**

Inneschi UNI EN 1127	Presente	Condizioni di innesco
Superfici calde	SI	funzionamento normale
Fiamme e gas/particelle calde	SI	disfunzione prevedibile
Scintille di origine meccanica	SI	1 disfunzione rara + 1 prevedibile
Materiale elettrico	SI	disfunzione prevedibile
Correnti vaganti, protezione catodica	NO	
Elettricità statica	SI	disfunzione rara
Fulmini	NO	
(RF) da 10 <sup>4</sup> Hz a 3 x 10 <sup>11</sup> Hz	NO	
O.Em. da 3 x 10 <sup>11</sup> Hz a 3 x 10 <sup>15</sup> Hz	NO	
Radiazioni ionizzanti	NO	
Ultrasuoni	NO	
Compressione adiabatica onde d'urto	NO	
Reazioni esotermiche	SI	disfunzione prevedibile

A proposito delle  
condizioni di  
innesco ...

## ANALISI PRELIMINARE

### Individuare gli scenari di incendio di progetto

- Analisi del rischio dell'attività

**Pericoli: inneschi efficaci su attrezzature e impianti tecnologici**

Definizioni ISO 80079-36

- **funzionamento normale (3.2)**: i prodotti svolgono la loro funzione prevista all'interno dei parametri di progettazione (identica a 3.15 EN 60079-10-1)
- **Disfunzione (3.3.1)**: mancato svolgimento della funzione prevista a causa di:
  - variazione di una caratteristica o di una dimensione del materiale lavorato
  - guasto di uno (o più) elementi costitutivi del prodotto ATEX;
  - - disturbi di origine esterna (urti, vibrazioni, campi elettromagnetici);
  - errore o un'imperfezione nella progettazione (per esempio errori software);
  - disturbo dell'alimentazione di energia o di altri servizi;
  - perdita di controllo da parte dell'operatore (specialmente per le macchine a funzionamento manuale)
- **disfunzione prevedibile (3.3.2)**: disfunzione che si può verificare normalmente
- **disfunzione rara (3.3.3)**: disfunzione che può accadere in casi rari. Due disfunzioni prevedibili indipendenti ... sono considerate come una singola disfunzione rara

## ANALISI PRELIMINARE

### Individuare gli scenari di incendio di progetto

- **Analisi del rischio dell'attività**

**Pericoli: tipo di energia rilasciata**

- Se ho combustibili solidi di **pezzatura > 500 µm** o **fluidi che generano Vex NON pericolosi**, lo scenario comporterà un rilascio di energia termica
- Se ho polveri, liquidi, gas che possono formare **Vex pericolosi o liquidi che possono formare nebbie** lo scenario può comportare u rilascio di **energia termica** e/o un rilascio di **energia barica** in funzione dell'istante di **innesco**.
  - **Per rilasci di energia termica posso applicare i metodi FSE**
  - **Per rilasci di energia barica NON posso applicare i metodi FSE**

## ANALISI PRELIMINARE

### Individuare gli scenari di incendio di progetto

- **Analisi del rischio dell'attività**

**Prestazioni del fabbricato**

- Caratteristiche costruttive che influenzano sviluppo e propagazione dell'incendio (*compartimentazione/ventilazione, distanze di separazione*)
- Caratteristiche degli impianti di protezione attiva che influenzano sviluppo e propagazione dell'incendio (*rivelazione, estinzione*)
- Caratteristiche costruttive che influenzano il tempo di esodo degli occupanti (*geometria, ridondanza dei percorsi di esodo, ...*)

**ANALISI PRELIMINARE****Individuare gli scenari di incendio di progetto**

- **Analisi del rischio dell'attività**

- **Prestazioni degli occupanti**

- Tipo di occupante (secondo G3), tipo di management, complessità dell'edificio, tipo di allarme (influenzano il tempo di pre-movimento)

**A questo punto abbiamo gli elementi per definire i possibili scenari di incendio ...**

**ANALISI PRELIMINARE****Individuare gli scenari di incendio di progetto**

- **Analisi del rischio dell'attività**

- **Scenari di incendio**

Ricavare per gli n. scenari di incendio derivanti da analisi del rischio:

- condizione di pre/post flash-over: xxxxx
- fonte di innesco: \_\_\_\_\_; condizione: \_\_\_\_\_
- materiali costituente il focolaio: \_\_\_\_\_
- possibilità di sviluppo/sostentamento del focolaio di incendio: xxx  
(macchinari coinvolti, combustibilità e distanza dei materiali distanti es. secondo norma NFPA 555 ...)
- operatività misure di sicurezza: SI/NO secondo ISO TR 13387-2 ...
- confinamento dell'incendio nel compartimento di origine: SI/NO
- rischio cedimento strutturale: SI/NO (eventuale durata REI)

**ANALISI PRELIMINARE****Individuare gli scenari di incendio di progetto**

- **Analisi del rischio dell'attività**

- **Scenari di incendio**

Ricavare per gli n. scenari di incendio derivanti da analisi del rischio:

**NFPA 555, § 10.3.2**

*combustibilità dei materiali*

- *Materiali facilmente incendiabili (accensione per  $Q_{ir} \leq 10 \text{ kW/m}^2$ )*
- *Materiali normalmente incendiabili (accensione per  $Q_{ir} \leq 20 \text{ kW/m}^2$ )*
- *Materiali difficilmente incendiabili (accensione per  $Q_{ir} \leq 40 \text{ kW/m}^2$ )*

*distanza di sicurezza dei materiali rispetto a focolaio di potenza Q (kW)*

- *$D > Q \times 0,89 / 300 - 0,008$  per i materiali con  $E_{soglia} \leq 10 \text{ kW/m}^2$*
- *$D > Q \times 0,019 / 300 - 0,05$  per i materiali con  $E_{soglia} \leq 20 \text{ kW/m}^2$*
- *$D > Q \times 0,092 / 300 - 0,02$  per i materiali con  $E_{soglia} \leq 40 \text{ kW/m}^2$*

**ANALISI PRELIMINARE****Individuare gli scenari di incendio di progetto**

- **Analisi del rischio dell'attività**

- **Scenari di incendio**

Ricavare per gli n. scenari di incendio derivanti da analisi del rischio:

**ISO TR 13387-2, § 5.2**

*Condizione operative misure di sicurezza: successo/fallimento di:*

- *infissi e finestre*
- *sistemi di ventilazione meccanica*
- *sistemi di rivelazione e allarme*
- *Compartimentazione*
- *presenza o meno di vento*
- *controllo materiali combustibili (SI/NO distanze NFPA 555)*
- *sistemi di spegnimento automatici*
- *comportamento atteso (secondo PE) per squadra aziendale*

**ANALISI PRELIMINARE****Individuare gli scenari di incendio di progetto**

- **Analisi del rischio dell'attività**

- **Scenari di incendio**

- Valutare altri scenari mediante

- Consultazione storia incidentale insediamento o attività simili
      - Verifica applicabilità scenari proposti da standard su FSE: es. NFPA 101 ...

**ANALISI PRELIMINARE****Individuare gli scenari di incendio di progetto**

- **Analisi del rischio dell'attività**

- **Scenari di incendio**

- **Scenari secondo NFPA 101**

**Scenario 1:** incendio caratteristico dell'attività; tenendo conto di: attività svolta dalle persone presenti, numero e posizione delle persone, dimensioni dei locali, mobilio e materiali contenuti, proprietà del combustibile e delle fonti di innesco, condizioni di ventilazione

**Scenario 2:** incendio a sviluppo ultra fast nella via di esodo principale con tutte le porte interne aperte all'inizio dell'incendio: consente di studiare le conseguenze in caso di riduzione del numero di vie di esodo

**Scenario 3:** incendio in un locale non frequentato da persone, ma che può costituire una minaccia per un gran numero di persone presenti in un altro locale dell'edificio: consente di studiare le conseguenze di un incendio che originatosi in un locale vuoto, può potenzialmente migrare verso un ambiente con il massimo numero di persone presenti

**Scenario 4:** incendio in un controsoffitto o in un'intercapedine di un locale ad alto affollamento: consente di valutare le conseguenze di un incendio in adiacenza di sistemi automatici di rivelazione e spegnimento e relativa propagazione in un locale con elevato affollamenti

**ANALISI PRELIMINARE****Individuare gli scenari di incendio di progetto**

- **Analisi del rischio dell'attività**

**Scenari di incendio****Scenari secondo NFPA 101**

**Scenario 5:** incendio rallentato da sistemi di protezione antincendio, sito in prossimità di un locale con un gran numero di persone: ha lo scopo di studiare come evitare l'eventualità che un piccolo incendio possa causare un incendio grave

**Scenario 6:** incendio più gravoso risultante dal maggior carico d'incendio possibile nelle normali operazioni svolte nell'edificio: utilizzato per studiare l'effetto di un incendio con sviluppo rapido

**Scenario 7:** esposizione del fabbricato ad un incendio esterno: è utilizzato per verificare l'eventuale propagazione dell'incendio dall'esterno verso l'interno, il blocco delle vie di esodo, l'insostenibilità delle condizioni all'interno dell'attività

**Scenario 8:** incendio che si sviluppa da combustibili ordinari in un locale o in un'area ove i sistemi di protezione attiva o passiva siano messi uno alla volta fuori uso: questo scenario ha lo scopo di studiare l'impatto del mancato funzionamento dei sistemi di protezione attiva o della protezione passiva

**ANALISI PRELIMINARE****Individuare gli scenari di incendio di progetto**

- **Analisi del rischio dell'attività**

**Scenari di incendio**

Selezionare gli scenari di incendio di progetto (eventi conservativi), mediante alberi guasti/eventi e giudizio esperto

*(Criterio di scelta: le soluzioni progettuali, che verificano le soglie prestazione se sottoposti agli scenari di progetto, devono essere in grado di verificare le soglie anche per gli scenari esclusi)*

**STRUMENTO APPLICABILE: NFPA 551 ...**

**ANALISI PRELIMINARE****Individuare gli scenari d'incendio di progetto secondo NFPA 551**Caratterizzazione scenari secondo entità conseguenze e probabilità

- Suddivisione dell'entità delle conseguenze in 4 fasce

Consequence Level	Definition
Catastrophic	The fire will produce death or multiple deaths or injuries, OR The impact on operations will be disastrous, resulting in long-term or permanent closing. The facility would cease to operate immediately after the fire occurred. The fire could cause significant irreversible environmental damage
Critical	The loss will have a high impact on the facility, which may have to suspend operations. Significant monetary investments may be necessary to restore to full operations. Personal injury and possibly deaths may be involved. The fire could cause significant reversible environmental damage.
Marginal	The loss will have impact on the facility, which may have to suspend some operations briefly. Some monetary investments may be necessary to restore the facility to full
Negligible	The impact of loss will be so minor that it would have no discernible effect on the facility, its operations, or the environment

**stima effettuabile secondo GIUDIZIO ESPERTO !!!**

**ANALISI PRELIMINARE****Individuare gli scenari d'incendio di progetto secondo NFPA 551**Caratterizzazione scenari secondo entità conseguenze e probabilità

- Suddivisione della probabilità di accadimento di un incidente in 5 fasce

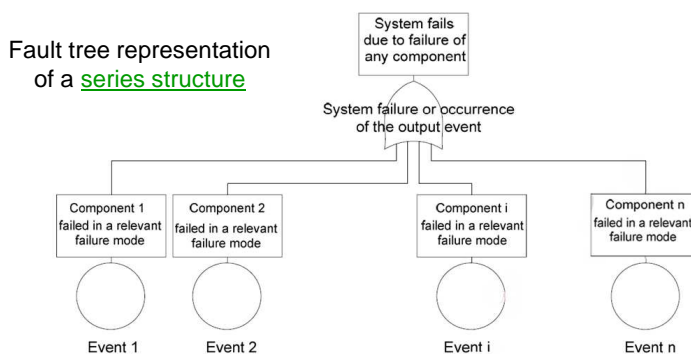
Probability Level	Definition
Frequent	Likely to occur frequently, experienced ( $p > 10^{-1}$ )
Probable	Will occur several times during system life ( $p > 10^{-3}$ )
Occasional	Unlikely to occur in a given system operation ( $P > 10^{-6}$ )
Remote	So improbable, may be assumed this hazard will not be experienced ( $P < 10^{-6}$ )
Improbable	Probability of occurrence not distinguishable from zero ( $P = 0.0$ )

**Stima effettuabile mediante albero guasti + albero eventi ...**

## ANALISI PRELIMINARE

### Individuare gli scenari d'incendio di progetto secondo NFPA 551

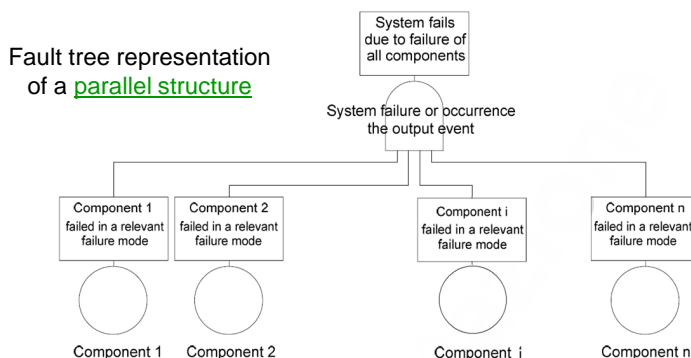
- albero dei guasti, secondo EN 61025 "Fault tree analysis (FTA)" con cui individuare gli eventi iniziatori (attivazione di un innesco efficace)



## ANALISI PRELIMINARE

### Individuare gli scenari d'incendio di progetto secondo NFPA 551

- albero dei guasti, secondo EN 61025 "Fault tree analysis (FTA)" con cui individuare gli eventi iniziatori (attivazione di un innesco efficace)



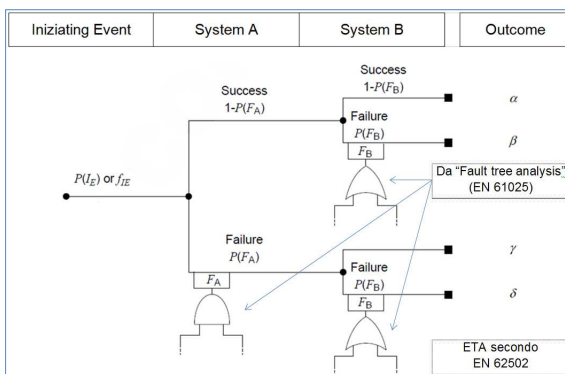


**ANALISI PRELIMINARE**

**Individuare gli scenari d'incendio di progetto secondo NFPA 551**

- albero degli eventi secondo EN 62502 "Tecniche di analisi per la fidatezza - Analisi mediante albero degli eventi (ETA)" con cui individuare tutte le possibili evoluzioni determinate dall'evento iniziatore

Applicazione integrata di ETA e FTA per l'individuazione della probabilità degli scenari



**ANALISI PRELIMINARE**

**Individuare gli scenari d'incendio di progetto secondo NFPA 551**

Combinando probabilità e conseguenze si ottiene la tabella del rischio

Frequent			Scenario 1	
Probable	Scenario 5	Scenario 2		
Occasional		Scenario 7		Scenario 8
Remote			Scenario 4	
Improbable	Scenario 3	Scenario 9	Scenario 10	Scenario 6
probabilità/conseguenze	Negligible	Marginal	Critical	Catastrophic

<b>Livelli di rischio NFPA 551</b>
<b>ALTO</b>
<b>MODERATO</b>
<b>BASSO</b>

**ANALISI PRELIMINARE****Individuare gli scenari d'incendio di progetto secondo NFPA 551**

Combinando probabilità e conseguenze si ottiene la tabella del rischio

Frequent			Scenario 1	
Probable	Scenario 5	Scenario 2		
Occasional		Scenario 7		Scenario 8
Remote			Scenario 4	
Improbable	Scenario 3	Scenario 9	Scenario 10	Scenario 6
probabilità/conseguenze	Negligible	Marginal	Critical	Catastrophic

Livelli di rischio NFPA 551	POSSIBILE ORIENTAMENTO
ALTO	Scenari di progetto
MODERATO	Valutazioni aggiuntive
BASSO	Scenari di incendio da scartare


**ANALISI PRELIMINARE****Individuare i livelli di prestazione richiesti nella Sezione S**

Dall'esame degli scenari di progetto, si può determinare quale dei seguenti fattori di rischio influenza uno o più di essi

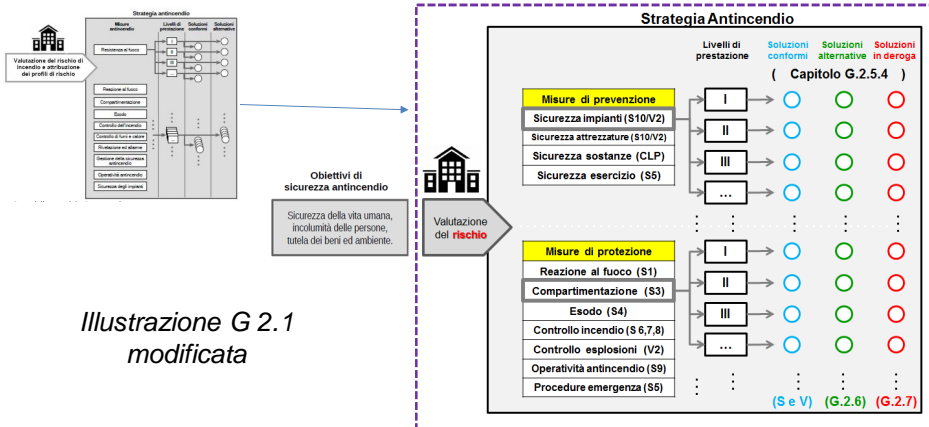
**Fattori  
di  
rischio**

- SI/NO Quantità rilevante sostanze pericolose
- SI/NO Lavorazione pericolose ai fini incendio
- SI/NO Lavorazione pericolose ai fini dell'esplosione
- SI/NO Elevato carico di incendio
- SI/NO Elevato affollamento
- SI/NO Complessità edificio

e, quindi  
si possono individuare  
univocamente  
i livelli di prestazione ...


**FSE secondo ISO/TR 13387**

**ANALISI PRELIMINARE**  
**Individuare i livelli di prestazione richiesti nella Sezione S**




*Illustrazione G 2.1 modificata*

**Strategia Antincendio**

( Capitolo G.2.5.4 )

Misure di prevenzione	Livelli di prestazione	Soluzioni conformi	Soluzioni alternative	Soluzioni in deroga
Sicurezza impianti (S10V2)	I	●	●	●
Sicurezza attrezzature (S10V2)	II	●	●	●
Sicurezza sostanze (CLP)	III	●	●	●
Sicurezza esercizio (S5)	...	●	●	●
<b>Misure di protezione</b>				
Reazione al fuoco (S1)	I	●	●	●
Compartimentazione (S3)	II	●	●	●
Esodo (S4)	III	●	●	●
Controllo incendio (S 6,7,8)	...	●	●	●
Controllo esplosioni (V2)	...	●	●	●
Operatività antincendio (S9)	...	●	●	●
Procedure emergenza (S5)	...	●	●	●

(S e V) (G.2.6) (G.2.7)


**FSE secondo ISO/TR 13387**

**ANALISI PRELIMINARE**  
**Individuare soluzioni alternative/in deroga per i livelli di prestazione**  
**Individuare i livelli di prestazione inferiori (G.2.5.3)**

Misura S	Livello di prestazione richiesto	Tipo di soluzione (Conforme/ Alternativa/in Deroga)	Livelli di prestazione proposto (G.2.5.3)	Metodo di progettazione (Avanzato/Ordinario)
S1 Reazione	II	C		
S2 Resistenza al fuoco	III	D		avanzato
S3 Compartimentazione	III	A		ordinario
S4 Esodo	II	A		ordinario
S5 Gestione	III	C		
S6 controllo dell'incendio	III	A		ordinario
S7 Rivelazione e allarme	IV		III	ordinario
S8 Controllo dei fumi e calore	III	D		avanzato
S9 Operatività antincendio	II	C		
S10 Sicurezza impianti	I	C		

**ANALISI PRELIMINARE****Individuare obiettivi di sicurezza per le soluzioni alternative/in deroga (e relativi livelli di prestazione, in genere, secondo Sezione S)**

- Salvaguardia occupanti (**esposizione ai prodotti di combustione**)
- Sicurezza squadre di soccorso (**esposizione calore e capacità portante S2**)
- NO propagazione esterna ( **$E_{soglia}$  target se diverso da 12,6 kW/m<sup>2</sup>**)
- NO danni ambientali (se presenti sostanze/prodotti di comb. pericolosi)
- SI/NO salvaguardia e % danneggiamento fabbricato (**livelli S2 e S3**)
- SI/NO continuità di esercizio (insieme di S2, S3, lay-out impianti, ecc.)

**ANALISI PRELIMINARE****Individuare le soglie di prestazione per gli obiettivi da conseguire**

Parametri **di tipo quantitativo** per ogni obiettivo fissato

Soglie per studi di life-safety (soglie di INCAPACITAZIONE)

- Massimo valore di irraggiamento termico su persone (e strutture)
- Massimo valore della temperatura interna
- Livello minimo di visibilità
- Massima concentrazione di gas tossici e irritanti

Soglie per studi di structural-safety

- Durata richiesta per stabilità meccanica alle condizioni di carico previste
- Durata richiesta per la compartimentazione
- Livello di danneggiamento in caso di crollo

## ANALISI PRELIMINARE

**Individuare le soglie di prestazione per gli obiettivi da conseguire**  
**Soglie di prestazione – Life Safety**

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

## ANALISI PRELIMINARE

**Individuare le soglie di prestazione per gli obiettivi da conseguire**  
**Soglie di prestazione – Life Safety**

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**

## Nota:

- Metodo di calcolo semplificato M.3.3.2 = zero exposure
  - Metodo di calcolo avanzato M.3.3.1 = modelli gas tossici/irritanti/calore/fumo
- da non confondere con metodi di progettazione ordinari e avanzati G.2.6 e G.2.7 !**

## ANALISI PRELIMINARE

### Individuare le soglie di prestazione per gli obiettivi da conseguire Soglie di prestazione – Structural Safety

- **Azioni sulle strutture esposte al fuoco**  
come da norma EN 1991-1-2 "Azioni sulle strutture esposte al fuoco"  
integrata da annesso nazionale (DM 31/7/2012)
  - **Soluzioni alternative per il livello I di prestazione (S.2.4.6)**
    - assenza di danneggiamento ad altre costruzioni per effetto di collasso strutturale (verifica meccanismo di collasso in base alle curve naturali di incendio determinate dagli incendi di progetto)
    - compartimentazione di Livello II S3 (secondo soluzione conforme) rispetto ad altre costruzioni: **separazione/EI xxxx ?**
- S.3.7.1 classe di resistenza al fuoco dei compartimenti di Livello IIS3**
- *Da altro titolare: EI 60 o come capacità portante delle strutture (se >)*
  - *Da altri ambienti: identica a prestazione strutture: es. EI 30 per strutture Livello IIS2*

## ANALISI PRELIMINARE

### Individuare le soglie di prestazione per gli obiettivi da conseguire Soglie di prestazione – Structural Safety

- **Soluzioni alternative per il livello II di prestazione (S.2.4.7)**
  - compartimentazione rispetto agli altri fabbricati (**EI 30/60**)
  - assenza di danneggiamento ad altre costruzioni per effetto di collasso strutturale
  - capacità portante (verificata rispetto alla curva naturale di incendio) in modo da avere un margine di sicurezza ( $T_{\text{marg}} = \text{ASET} - \text{RSET}$ ) pari al maggiore dei seguenti intervalli di tempo:
    - $T_{\text{marg}} = 30'$  (ovvero  $\text{ASET} = \text{RSET} + 30'$ ) oppure
    - $T_{\text{marg}} = \text{RSET}$  (ovvero  $\text{ASET} = 200\% \text{RSET}$ )

**ANALISI PRELIMINARE**
**Individuare le soglie di prestazione per gli obiettivi da conseguire**  
**Soglie di prestazione – Structural Safety**

- **Soluzioni alternative per il livello III di prestazione (S.2.4.8)**
  - Verifica delle prestazioni di resistenza al fuoco delle costruzioni sottoposte alle curve naturali di incendio determinate dagli incendi di progetto dall'evento iniziatore fino all'arresto dell'analisi strutturale al momento in cui gli effetti dell'incendio sono ritenuti non significativi in termini di variazione temporale delle caratteristiche della sollecitazione e degli spostamenti

**ANALISI PRELIMINARE**
**Individuare le soglie di prestazione per gli obiettivi da conseguire**  
**Soglie di prestazione – Structural Safety**

- **Soluzioni alternative per il livello III di prestazione (S.2.4.8)**
  - Verifica della capacità di compartimentazione:
    - S.2.4.8 non fornisce soluzioni alternative (*motivo: assenza, ad oggi, di strumenti analitici per valutare la E con la curva naturale*)
    - S.3.4.3 ammette soluzioni alternative per tutti i livelli da ricercare nell'impiego dei SEFC (Capitolo S.8) con efficacia da verificare con i metodi di progettazione ordinaria G.2.6  
(es. compartimentazione a soffitto in sostituzione elemento compartimentazione e verifica visibilità/FED/temperatura/irrag.to)

## L'ANALISI QUANTITATIVA

(documento corrispondente: [Relazione Tecnica](#))

## FSE secondo ISO/TR 13387

### **ANALISI QUANTITATIVA**

- **Elaborare le soluzioni progettuali**
- **Quantificare gli scenari di incendio di progetto**
- **Valutare le soluzioni progettuali**
- **Scegliere la soluzione progettuale che verifica le prestazioni**



## ANALISI QUANTITATIVA

### Elaborare le soluzioni progettuali

Le cose da fare per ogni soluzione progettuale da sottoporre a valutazione

- Descrivere le soluzioni progettuali alternative/in deroga
- Descrivere le misure S con i livelli di prestazione inferiori rispetto a quelli previsti
- Descrivere le prestazioni degli occupanti di progetto
  - Livello di addestramento
  - Stato di attenzione
  - Livello di gestione aziendale

(caratteristiche del fabbricato + caratteristiche occupanti = tempo necessario per evacuazione: RSET)
- Recuperare i dati numerici della soluzione progettuale:
  - Geometria del fabbricato
  - Comportamento termico elementi di separazione (adiabatico/conduittivo)
  - Parametri ambientali (temperatura, velocità/direzione vento su aperture)

## ANALISI QUANTITATIVA

### Elaborare le soluzioni progettuali

Le cose da fare per ogni soluzione progettuale da sottoporre a valutazione

- Recuperare i dati numerici della soluzione progettuale:
  - Sistemi di smaltimento di emergenza di fumi e calore (S8 – Livello II):  
superfici di ventilazione, tempi di apertura, temperatura rottura vetri)
  - IRAI: tempi caratteristici di intervento dell'impianto di rivelazione  
(possono comandare ENFC/EFFC, SPRK, chiusura porte, partenza impianti di ventilazione, ...)
  - EFFC: velocità dell'aria e direzione, geometria superfici immissione/espulsione, modalità/tempi di intervento
  - ENFC: geometria aperture e temperatura di intervento
  - SPRK: area operativa, temperatura di intervento, autonomia

**ANALISI QUANTITATIVA**

- Elaborare le soluzioni progettuali
- **Quantificare gli scenari di incendio di progetto**
- Valutare le soluzioni progettuali
- Scegliere la soluzione progettuale che verifica le prestazioni

**ANALISI QUANTITATIVA****Quantificare gli scenari d'incendio di progetto****Le cose da fare:**

- **Quantificare gli incendi di progetto**
- Sollecitare le soluzioni progettuali con gli incendi di progetto

**ANALISI QUANTITATIVA****Quantificare gli incendi di progetto**

(trasformazione degli incendi di progetto in dati numerici di input)

- Durata dello scenario (secondo tipo analisi: life/structural safety)
- Andamento nel tempo della potenza termica rilasciata: RHR (t)
- Quantità di prodotti della combustione immessi in ambiente

**ANALISI QUANTITATIVA****Quantificare gli incendi di progetto**

(trasformazione degli incendi di progetto in dati numerici di input)

- **Durata dello scenario** (secondo tipo analisi: life/structural safety)

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

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

Quindi, abbiamo ...

**ANALISI QUANTITATIVA****Quantificare gli incendi di progetto**

(trasformazione degli incendi di progetto in dati numerici di input)

- **Durata dello scenario** (secondo tipo analisi: life/structural safety)
  - $T_{\text{simulazione}}$  per studi di *life-safety* = ASET (in applicazione M 3.2.2):
    - 200% RSET (110% RSET in caso di giustificazioni su affidabilità dati)
    - > 30 secondi (se maggiore)
 Attenzione a RSET soccorritori  
(ritardo evacuazione in funzione tipo di attività da svolgere)
  - $T_{\text{simulazione}}$  per studi di *structural-safety* (in applicazione S.2.4.7):
    - 200% del RSET (30 minuti se maggiore)
 (per studio finalizzato solo a completamento salvataggio persone)

**ANALISI QUANTITATIVA****Quantificare gli incendi di progetto**

(trasformazione degli incendi di progetto in dati numerici di input)

- Durata dello scenario (secondo tipo analisi: life/structural safety)
- Andamento nel tempo della potenza termica rilasciata: RHR (t)
- Quantità di prodotti della combustione immessi in ambiente

## ANALISI QUANTITATIVA

### Quantificare gli incendi di progetto

(trasformazione degli incendi di progetto in dati numerici di input)

- **Andamento della potenza termica rilasciata RHR (t)**

Dipende da:

- Geometria del focolaio di primo innesco
- Combustibile di riferimento (velocità di crescita dell'incendio, calore e velocità di combustione temperatura di accensione/fluxo termico critico,, quantità/tipologia dei prodotti combustione
- Distribuzione dei materiali nell'ambiente (influenza la propagazione dal focolaio di primo innesco ad altro)
- Presenza di impianti spegnimento automatico

## ANALISI QUANTITATIVA

### Quantificare gli incendi di progetto

(trasformazione degli incendi di progetto in dati numerici di input)

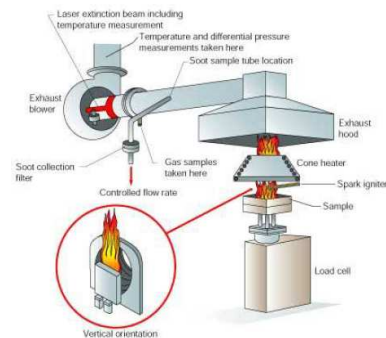
- **Andamento della potenza termica rilasciata RHR (t)**

Si può determinare facendo ricorso a:

- **dati sperimentali**, ottenuti da misura diretta in laboratorio
- **dati pubblicati**, citando le fonti e *verificando la corrispondenza* del campione di prova sperimentale (quantità, composizione, geometria e modalità di prova) con quello previsto nello scenario di incendio di progetto
- **focolari predefiniti**, individuati al paragrafo M.2.7
- **metodologie di stima**, riportate nel paragrafo M.2.6

### ANALISI QUANTITATIVA - Incendio di progetto: RHR(t)

- Determinazione RHR(t) da dati sperimentali (prove di laboratorio)



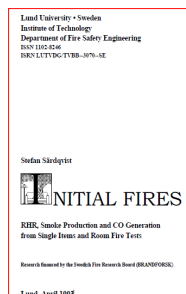
ASTM E 1354 e ISO 5660



Prove strumentate in scala reale

### ANALISI QUANTITATIVA - Incendio di progetto: RHR(t)

- Determinazione RHR(t) da dati pubblicati, citando le fonti e verificando la corrispondenza del campione di prova sperimentale

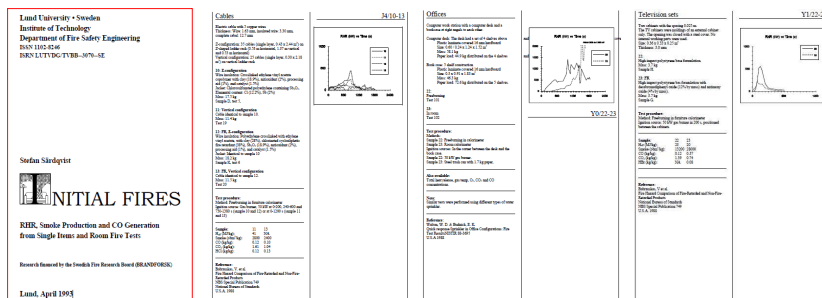


Esempio di Pubblicazione:

*Lund University • Sweden - Institute of Technology  
Department of Fire Safety Engineering  
ISSN 1102-8246 - ISRN LUTVDG/TVBB--3070—SE  
Stefan Sårdqvist: Initial fires  
RHR, Smoke Production and CO Generation from single Items and Room Fire Tests  
Research financed by the Swedish Fire Research Board (BRANDFORSK)  
Lund, April 1993*

**ANALISI QUANTITATIVA - Incendio di progetto: RHR(t)**

- **Determinazione RHR(t) da dati pubblicati**, citando le fonti e verificando la corrispondenza del campione di prova sperimentale



**ANALISI QUANTITATIVA - Incendio di progetto: RHR(t)**

- **Determinazione RHR(t) mediante impiego di focolai predefiniti (M.2.7)**

Parametro	Focolare predefinito	
	per attività civile	per altre attività
Velocità caratt. di crescita dell'incendio $t_{ci}$	150 s ( <i>fast</i> )	75 s ( <i>ultra-fast</i> )
RHRmax totale	5 MW	50 MW
RHRmax per m2 di superficie del focolare	250-500 kW/m <sup>2</sup> [1]	500 -1000 kW/m <sup>2</sup> [1]
Calore di combustione effettivo $\Delta H_C$	20 MJ/kg [3]	
Frazione di RHR(t) in irraggiamento	35% [3]	

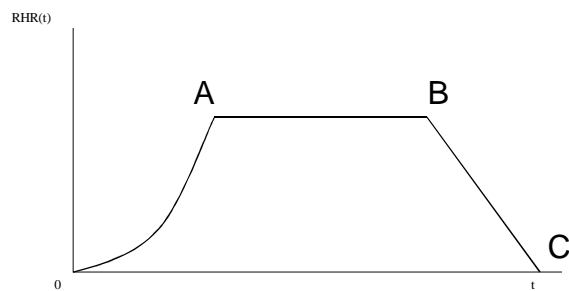
[1] Da impiegare in alternativa all'RHRmax totale, considerando la massima superficie del focolare, pari al compartimento antincendio nel caso di carico di incendio uniformemente distribuito, ma che può essere un valore inferiore nel caso d'incendio localizzato.

[3] "CVM2 Verification method: Framework for fire safety design", New Zealand Building Code

**ANALISI QUANTITATIVA - Incendio di progetto: RHR(t)**

- Determinazione RHR(t) con metodologie di stima (M.2.6)

$$\text{RHR}(t) = mc'(t) \times Q = mc'' \times Sp(t) \times Q \quad [\text{kW}]$$



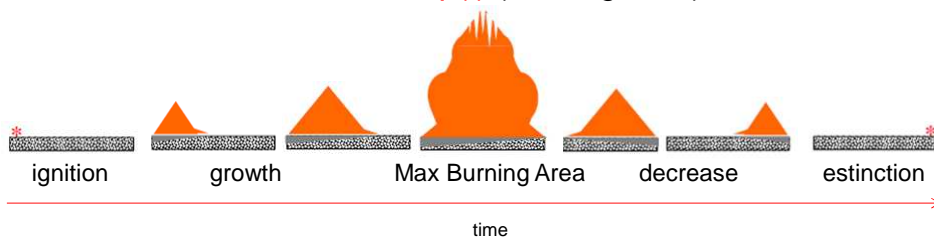
$mc'(t)$  = velocità di combustione; Q: calore di combustione  
 $mc''$  = vel. com. per unità superficie;  $Sp(t)$  = superficie

**ANALISI QUANTITATIVA - Incendio di progetto: RHR(t)**

- Determinazione RHR(t) con metodologie di stima (M.2.6)



$$\text{RHR}(t) = mc'(t) \times Q = mc'' \times Sp(t) \times Q \quad [\text{kW}]$$

Andamento di  $Sp(t)$  (Burning Area)



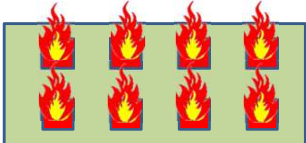
La potenza termica si può determinare ...



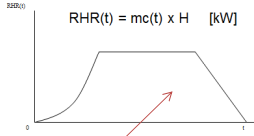


**FSE secondo ISO/TR 13387**

**ANALISI QUANTITATIVA - Incendio di progetto: RHR(t)**

- Determinazione RHR(t) con metodologie di stima (M.2.6)
  - per l'intero contenuto combustibile de locale



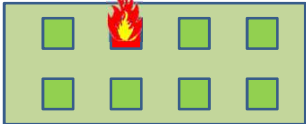
Tutti i cumuli si accendono nello stesso istante



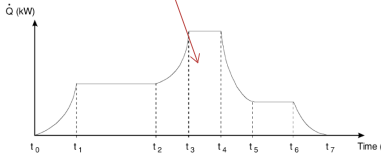
$$RHR(t) = mc(t) \times H \quad [kW]$$



Le due aree (Energia totale rilasciata) saranno uguali

- per una sola porzione del materiale presente (valutando poi la propagazione)



Si accende un materiale all'istante  $t=0$  e si esamina la propagazione agli atri

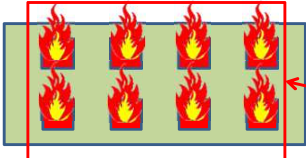


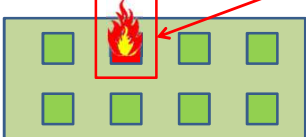


**FSE secondo ISO/TR 13387**

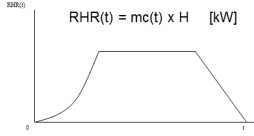
**ANALISI QUANTITATIVA - Incendio di progetto: RHR(t)**

- Determinazione RHR(t) con metodologie di stima (M.2.6)

In ogni caso, il procedimento di stima è lo stesso !!!







$$RHR(t) = mc(t) \times H \quad [kW]$$

Ovviamente cambieranno RHRx e durata regime stazionario

MINISTERO DELL'INTERNO

FSE secondo ISO/TR 13387

$RHR(t) = mc(t) \times Q = mc'' \times A(t) \times Q$

ANALISI QUANTITATIVA - Incendio di progetto: RHR(t)

- Determinazione RHR(t) con metodologie di stima (M.2.6) fase di crescita

$$RHR(t) = \frac{10^3}{t_a^2} \times t^2 \quad (\text{in kW} - \text{E.5 UNI 1991-1-2 e M.2.6.1})$$

( $t_a$  = tempo per raggiungere una velocità di rilascio di calore di 1000 KW)

Velocità caratteristica di crescita dell'incendio $t_a$ [s]	Esempi
600 Lenta	Materiali poco combustibili distribuiti in modo discontinuo o inseriti in contenitori non combustibili
300 Media	Scatole di cartone impilate, pallets di legno, libri ordinati su scaffale, mobilio in legno, materiali classificati per reazione al fuoco (§ 4)
150 Rapida	Materiali plastici impilati, prodotti tessili, apparecchiature elettroniche, automobili, materiali combustibili non classificati per reazione al fuoco
75 Ultra-rapida	Liquidi infiammabili, materiali plastici cellulari o espansi, schiume combustibili

MINISTERO DELL'INTERNO

FSE secondo ISO/TR 13387

$RHR(t) = mc(t) \times Q = mc'' \times A(t) \times Q$

ANALISI QUANTITATIVA - Incendio di progetto: RHR(t)

- Determinazione RHR(t) con metodologie di stima (M.2.6) fase di crescita



tempo necessario per raggiungere il valore RHR<sub>x</sub>  
(tempo caratteristico di crescita  $t_A$ )

$$t_A = \sqrt{\frac{RHR_x}{10^3}} t_a$$

(formula E.5 norma UNI 1991-1-2)

con  $RHR_x = \boxed{Q \times mc''} \times \boxed{Sp_{max}}$  [kW]

Bisogna stimarli

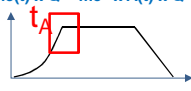
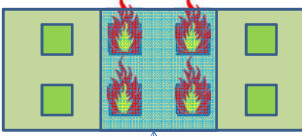
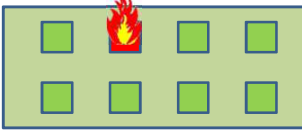





## FSE secondo ISO/TR 13387

$RHR(t) = mc(t) \times Q = mc'' \times A(t) \times Q$

**ANALISI QUANTITATIVA - Incendio di progetto: RHR(t)**

- Determinazione RHR(t) con metodologie di stima (M.2.6)  
 $Sp_{max}$  dipende dal lay out ...
- può ridursi all'area operativa  $A_{op}$  di eventuali impianti sprinkler (M.2.6.2)  $Sp_{max} = A_{op}$
- può ridursi ad un'isola di stoccaggio: in presenza di **corridoi sufficientemente larghi (...)** Il fuel package può essere costituito dalla singola isola di stoccaggio/macchinario

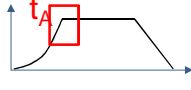
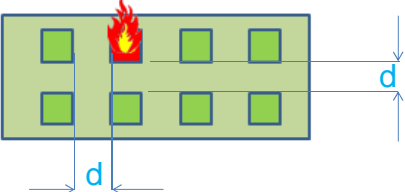
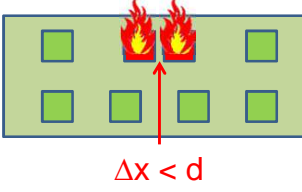
## FSE secondo ISO/TR 13387

$RHR(t) = mc(t) \times Q = mc'' \times A(t) \times Q$

**ANALISI QUANTITATIVA - Incendio di progetto: RHR(t)**

- Determinazione RHR(t) con metodologie di stima (M.2.6)  
 $Sp_{max}$  dipende dal lay out ...
- può ridursi ad un'isola di stoccaggio:  
corridoi secondo NFPA 555

*10.3.3.3 Separation distance  $d$  values of 140/90/40 cm for easy/normal/hard-to-ignite objects, respectively, represent distances beyond which the target objects are not considered part of the fuel package.*

MINISTERO DELL'INTERNO

FSE secondo ISO/TR 13387

$RHR(t) = mc(t) \times Q = mc'' \times A(t) \times Q$

ANALISI QUANTITATIVA - Incendio di progetto: RHR(t)

- Determinazione RHR(t) con metodologie di stima (M.2.6)  
 $Sp_{max}$  dipende dal lay out ...
- può variare con la tipologia di deposito:  
cambia la **burning area** per unità di superficie in pianta

**ST1**  
Corridoi 2.4m  
Blocchi da 150 m2

**ST4**  
Corridoi 0,8m

**Esempio**  
 $Spa/S (St1) < Spa/S (St4)$   
(S = superficie di deposito)

MINISTERO DELL'INTERNO

FSE secondo ISO/TR 13387

$RHR(t) = mc(t) \times Q = mc'' \times A(t) \times Q$

ANALISI QUANTITATIVA - Incendio di progetto: RHR(t)

- Determinazione RHR(t) con metodologie di stima (M.2.6)  
 $Q \times mc''$ : 1°- individuato in base a quantità/qualità/distribuz.ne materiale

Calore di combustione  $Q_c$   
velocità di combustione  $mc$

**TABLE 3.2**  
Burning Rate per Unit Area and Complete Heat of Combustion for Various Materials

Material (values in brackets indicate pool diameters tested)	$\dot{m}''$ (kg/m <sup>2</sup> s)	$\Delta H_c$ (MJ/kg)
<b>Aromatic Carbon-Hydrogen Atoms</b>		
Polystyrene (0.93 m)	0.034	39.2
Xylene (1.22 m)	0.067	39.4
Benzene (0.75–6.0 m)	0.081	40.1
<b>Aliphatic Carbon-Hydrogen-Oxygen Atoms</b>		
Polyoxymethylene	0.016	15.4
Polymethylmethacrylate, PMMA (2.37 m)	0.030	25.2
Methanol (1.2–2.4 m)	0.025	20
Acetone (1.52 m)	0.038	29.7
<b>Aliphatic Carbon-Hydrogen-Oxygen-Nitrogen Atoms</b>		
Flexible polyurethane foams	0.021–0.027	23.2–27.2
Rigid polyurethane foams	0.022–0.025	25.0–28.0

(Chapter 3 - Enclosure Fire Dynamics – Karlsson, Quintiere)

MINISTERO DELL'INTERNO

FSE secondo ISO/TR 13387

$RHR(t) = mc(t) \times Q = mc'' \times A(t) \times Q$

**ANALISI QUANTITATIVA - Incendio di progetto: RHR(t)**

- Determinazione RHR(t) con metodologie di stima (M.2.6)
- $Q \times mc''$ : 1°- individuato in base a quantità/qualità/distribuz.ne materiale

**Pool Fire andamento di mc**

$\dot{m}'' = \dot{m}''_{\infty} \cdot (1 - e^{-k\beta D})$

(Chapter 3  
Enclosure Fire  
Dynamics  
Karlsson, Quintiere)

FIGURE 3.5 Mass loss rate for gasoline pools of various diameters. (From Babrauskas'. With permission.)

MINISTERO DELL'INTERNO

FSE secondo ISO/TR 13387

$RHR(t) = mc(t) \times Q = mc'' \times A(t) \times Q$

**ANALISI QUANTITATIVA - Incendio di progetto: RHR(t)**

- Determinazione RHR(t) con metodologie di stima (M.2.6)
- $Q \times mc''$ : 1°- individuato in base a quantità/qualità/distribuz.ne materiale



**Pool Fire andamento di mc**

$\dot{m}'' = \dot{m}''_{\infty} \cdot (1 - e^{-k\beta D})$

(Chapter 3  
Enclosure Fire  
Dynamics  
Karlsson, Quintiere)

Material	Density (kg/m <sup>3</sup> )	$\dot{m}''$ (kg/m <sup>2</sup> s)	$\Delta H_c$ (MJ/kg)	$k\beta$ (m <sup>-1</sup> )
<b>Cryogenics</b>				
Liquid H <sub>2</sub>	70	0.017	120.0	6.1
LNG (mostly CH <sub>4</sub> )	415	0.078	50.0	1.1
LPG (mostly C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> )	585	0.099	46.0	1.4
<b>Alcohols</b>				
Methanol (CH <sub>3</sub> OH)	796	0.017	20.0	<sup>a</sup>
Ethanol (C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH)	794	0.015	26.8	<sup>b</sup>
<b>Simple organic fuels</b>				
Butane (C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> )	573	0.078	45.7	2.7
Benzene (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> )	874	0.085	40.1	2.7
Hexane (C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> )	650	0.074	44.7	1.9
Heptane (C <sub>7</sub> H <sub>16</sub> )	675	0.101	44.6	1.1
Xylene (C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> )	870	0.09	40.8	1.4
Acetone (C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O)	791	0.041	25.8	1.9
Dioxane (C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub> )	1035	0.018	26.2	5.4 <sup>b</sup>
Diethyl ether (C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O)	714	0.085	34.2	0.7

Table 3.3  
Data for large  
Pool Fire (D > 0,2m)  
Burning Rate Estimates



**FSE secondo ISO/TR 13387**

$RHR(t) = mc(t) \times Q = mc'' \times A(t) \times Q$

**ANALISI QUANTITATIVA - Incendio di progetto: RHR(t)**

- Determinazione RHR(t) con metodologie di stima (M.2.6)
- $Q \times mc''$ : 1°- individuato in base a quantità/qualità/distribuzione materiale



riduzione di RHR per incendi controllati dal comburente

$$RHR_{max} = 0,10 m H_u A_v \sqrt{h_{eq}} \quad (E.5 UNI 1991-2 e M.2.-4)$$

- m: fattore di partecipazione alla combustione (0,8 celluloseici – 1 per altri materiali)
- Hu potere calorifico inferiore del legno pari a 17500 kJ/kg.
- Av area totale delle aperture verticali su tutte le pareti del compartimento [m2]
- heq: altezza equivalente delle aperture verticali
- Av,i area dell'apertura verticale i-esima [m2]
- hi altezza dell'apertura verticale i-esima

$$h_{eq} = \frac{\sum_i A_{v,i} h_i}{\sum_i A_{v,i}}$$

Per superfici orizzontali la formula non è applicabile:  
RHRx valutabile con modelli di campo  
(oppure, a favore della sicurezza, ipotizzare l'incendio controllato dal combustibile)



**FSE secondo ISO/TR 13387**

$RHR(t) = mc(t) \times Q = mc'' \times A(t) \times Q$

**ANALISI QUANTITATIVA - Incendio di progetto: RHR(t)**

- Determinazione RHR(t) con metodologie di stima (M.2.6)
- $Q \times mc''$ : 2°- individuato in base alla destinazione d'uso

Se conosco RHR specifico per destinazione d'uso del locale (es. UNI EN 1991-1-2), è necessario definire solo l'estensione in pianta dell'incendio tenendo conto degli apprestamenti antincendi disponibili (sprinkler, ecc.)...

$$RHR_x = (Q \times mc'')_x \times Sp = RHR_f \times Sp$$

Velocità massima di rilascio di calore $RHR_f$			
Destinazione d'uso	Velocità di crescita dell'incendio	$t_{gr}$ [s]	$RHR_f$ [kW/m <sup>2</sup> ]
Alloggio	Media	300	250
Ospedale (stanza)	Media	300	250
Albergo (stanza)	Media	300	250
Biblioteca	Veloce	150	500
Ufficio	Media	300	250
Classe di una scuola	Media	300	250
Centro commerciale	Veloce	150	250
Teatro (cinema)	Veloce	150	500
Trasporti (spazio pubblico)	Lenta	600	250

MINISTERO DELL'INTERNO

FSE secondo ISO/TR 13387

$RHR(t) = mc(t) \times Q = mc'' \times A(t) \times Q$

ANALISI QUANTITATIVA - Incendio di progetto: RHR(t)

- Determinazione RHR(t) con metodologie di stima (M.2.6)

Facciamo un po' di attenzione: non perdere mai il senso della realtà !

MINISTERO DELL'INTERNO

FSE secondo ISO/TR 13387

$RHR(t) = mc(t) \times Q = mc'' \times A(t) \times Q$

ANALISI QUANTITATIVA - Incendio di progetto: RHR(t)

- Determinazione RHR(t) con metodologie di stima (M.2.6)

Facciamo un po' di attenzione: non perdere mai il senso della realtà !

**Peak HRR**

5 W

150 W

0.3 MW

3 MW

7 MW

Velocità massima di rilascio di calore RHR <sub>max</sub>			
Destinazione d'uso	Velocità di crescita dell'incendio	t <sub>c</sub> [s]	RHR <sub>max</sub> [kW/m <sup>2</sup> ]
Azienda	Media	300	250
Dispensario (stanza)	Media	300	250
Albergo (stanza)	Media	300	250
Biblioteca	Veloce	150	500
Ufficio	Media	300	250
Classe di una scuola	Media	300	250
Centro commerciale	Veloce	150	250
Teatro (cinema)	Veloce	150	500
Trasporti (spazio pubblico)	Lenta	600	250

20 MW

200 MW

Centro commerciale:  
Se prendiamo una superficie di incendio pari a 1000 m<sup>2</sup> otteniamo un valore di potenza complessiva pari a **250 MW !!!**

USARE GIUDIZIO !!! (Vedasi anche focolai predefiniti NTP !!!)

$$RHR(t) = mc(t) \times Q = mc'' \times A(t) \times Q$$



### ANALISI QUANTITATIVA - Incendio di progetto: RHR(t)

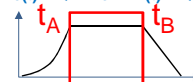
- **Determinazione RHR(t) con metodologie di stima (M.2.6) incendio stazionario**
- Per avere la fase di incendio stazionario, l'energia termica disponibile deve essere superiore all'energia spesa per arrivare ad RHR<sub>x</sub>, ovvero:

$$\int_0^{t_A} RHR(t) dt$$



- Poiché fino all'inizio della fase di decadimento (tempo  $t_B$ ) viene consumato (secondo UNI EN 1991-1-2) il 70% dell'energia termica inizialmente disponibile  $q_f \times S_p$  dove  $S_p$  è la superficie in pianta occupata dal combustibile considerato, dovrà risultare ...

$$RHR(t) = mc(t) \times Q = mc'' \times A(t) \times Q$$



### ANALISI QUANTITATIVA - Incendio di progetto: RHR(t)

- **Determinazione RHR(t) con metodologie di stima (M.2.6) incendio stazionario**

$$0,7 q_f \times S_p \geq \int_0^{t_A} RHR(t) dt = \int_0^{t_A} \frac{10^3}{t_g^2} \times t^2 dt = \frac{1}{3} \frac{1000}{t_\alpha^2} t_A^3$$

Se la relazione è verificata seguirà la fase stazionaria di durata così determinata:

- Bilanciamento dell'energia disponibile:

$$0,7 q_f \times S_p = \frac{1}{3} \frac{1000}{t_\alpha^2} t_A^3 + RHR_x \times (t_B - t_A)$$



- Tempo  $t_B$

$$t_B = t_A + \frac{0,7 q_f \times S_p - \frac{1}{3} \frac{1000}{t_\alpha^2} t_A^3}{RHR_x}$$



MINISTERO DELL'INTERNO

FSE secondo ISO/TR 13387

$RHR(t) = mc(t) \times Q = mc'' \times A(t) \times Q$

ANALISI QUANTITATIVA - Incendio di progetto: RHR(t)

- Determinazione RHR(t) con metodologie di stima (M.2.6) incendio stazionario

$$0,7 q_f \times S_p \geq \int_0^{t_A} RHR(t) dt = \int_0^{t_A} \frac{10^3}{t_g^2} \times t^2 dt = \frac{1}{3} \frac{1000}{t_g^2} t_A^3$$

Se la relazione non è verificata seguirà immediatamente la fase di decadimento ...

Rimane da trovare l'ultimo punto della curva

Come calcolare  $t'_A$  e  $RHR'_x$  ?

$$0,7 q_f \times S_p = \int_0^{t'_A} RHR(t) dt = \frac{1}{3} \frac{1000}{t_g^2} t'^3_A$$

$$HHR'_x = \frac{10^3}{t_g^2} \times t'^2_A$$

MINISTERO DELL'INTERNO

FSE secondo ISO/TR 13387

$RHR(t) = mc(t) \times Q = mc'' \times A(t) \times Q$

ANALISI QUANTITATIVA - Incendio di progetto: RHR(t)


- Determinazione RHR(t) con metodologie di stima (M.2.6) decadimento

- Secondo UNI EN 1991-1-2 RHR<sub>x</sub> si mantiene costante sino al consumo dell'70% del combustibile
- Il decadimento di RHR può essere stimato con andamento lineare uguagliando l'energia spesa da  $t_B$  a  $t_C$  con quella residua si ottiene:


$$\text{energia spesa} \int_{t_b}^{t_c} RHR(t) dt = \frac{1}{2} RHR_x (t_c - t_b) = 0,3 q_f \times S_p \text{ energia residua}$$

$RHR(t) = RHR_{max} \frac{t_c - t}{t_c - t_B}$

$t_c = t_b + \frac{0,6 q_f A}{RHR_{max}}$



MINISTERO DELL'INTERNO

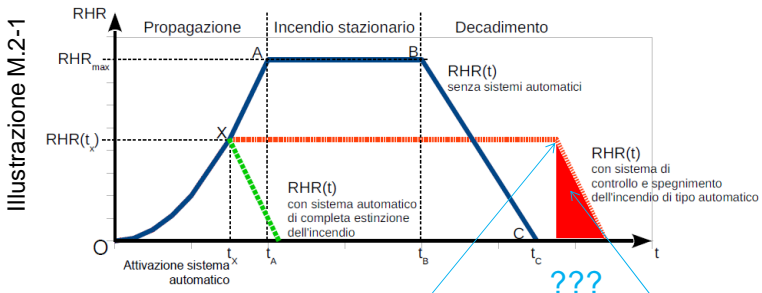


FSE secondo ISO/TR 13387


**ANALISI QUANTITATIVA - Incendio di progetto: RHR(t)**

- Determinazione RHR(t) con metodologie di stima (M.2.6)


**Gli interventi degli impianti**



Chi è RHR (tx) ???  
 Secondo M.2.6.2 NNTP: valore di RHR(tx) raggiunto all'istante tx di entrata in funzione dell'impianto automatico che rimane **costante** per un intervallo di tempo pari all'autonomia di funzionamento dell'impianto entro cui si presume che l'incendio controllato venga **estinto definitivamente** mediante l'intervento manuale



MINISTERO DELL'INTERNO

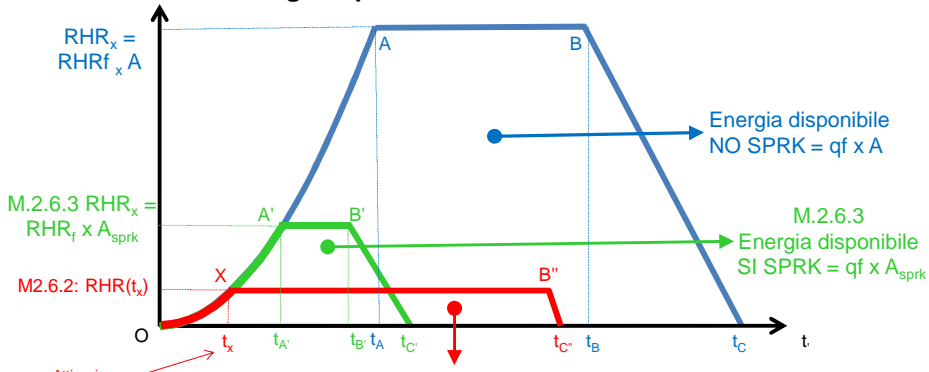


FSE secondo ISO/TR 13387

**ANALISI QUANTITATIVA - Incendio di progetto: RHR(t)**

- Determinazione RHR(t) con metodologie di stima (M.2.6)

**Gli interventi degli impianti**



M.2.6.2: riduzione RHRx a seguito di raffreddamento/inertizzazione

$$Energia = \frac{1}{3} \frac{1000}{\alpha^2} t_x^3 + RHR (t_x) (t_{op.sprk} - t_x) + 0,3q_f \times A_{sp}$$

**ANALISI QUANTITATIVA****Quantificare gli incendi di progetto**

(trasformazione degli incendi di progetto in dati numerici di input)

L'incendio di progetto

- Durata dello scenario (secondo tipo analisi: life/structural safety)
- Andamento nel tempo della potenza termica rilasciata: RHR (t)
- **Quantità di prodotti della combustione immessi in ambiente**

**ANALISI QUANTITATIVA - Incendio di progetto: prodotti combustione**

Qualità e quantità dei prodotti di combustione prodotti dipendono da:

- Caratteristiche chimiche dei materiali incendiati
- condizioni di incendio (pre/post flash-over)
- condizioni di ventilazione dell'incendio
- estensione dell'incendio
- tipo di reazione di combustione

(pirolisi, combustione covante, c. in fase gas, c. allo stato solido)

**Vediamo cosa suggerisce il Codice per le soluzioni alternative ...**

**ANALISI QUANTITATIVA - Incendio di progetto: prodotti combustione**

Prodotti combustione secondo tabella M.2.2 NTP

Estratto da tabella M.2-2 NTP

Parametro	Focolare predefinito	
	per attività civile	per altre attività
Resa in particolato $Y_{soot}$	Pre flashover: 0,07 kg/kg [2,3] Post flashover: 0,14 kg/kg [2,3]	Pre flashover: 0,18 kg/kg [4] Post flashover: 0,36 kg/kg [4]
Resa in monossido di carbonio $Y_{CO}$	Pre flashover: 0,10 kg/kg [5] Post flashover: 0,40 kg/kg [5]	
Resa in biossido di carbonio $Y_{CO2}$	1,5 kg/kg [3,6]	
Resa in acqua $Y_{H2O}$	0,82 kg/kg [3,6]	

 In alternativa alle rese  $Y_{CO2}$  e  $Y_{H2O}$ , si può imporre nel codice di calcolo il combustibile generico  $CH2O0,5$ 

 Ma esistono anche altre possibilità per soluzioni in deroga (metodi di progettazione avanzati)  
ad esempio quelle della BS 7974-1 ...

**ANALISI QUANTITATIVA - Incendio di progetto: prodotti combustione**

Prodotti combustione secondo BS PD 7974-1 § 2.1.17

$$m_p = \epsilon_{smoke} \times m_{fuel}$$

 $m_p$  (tasso di produzione della massa di fumo)  $m_{fuel}$  (tasso di perdita di massa del combustibile)

Materiale	$\epsilon_{smoke}$ (fattore di conversione)	
	Combustione in fase gassosa	Combustione senza fiamma
Mat. Cellulosici	da 0,01 a 0,025	da 0,01 a 0,17
Plastics	da 0,01 a 0,17	da 0,01 a 0,19

Nota:

 I valori sono validi nel caso di incendi ben ventilati. Per concentrazione di  $O_2 < 12\%$ ,  $\epsilon_{smoke}$  può aumentare. I valori più elevati possono essere scelti in fase di pre-flashover e con aria in eccesso. I Valori più bassi per il fattore di conversione sono ammessi solo quando può essere dimostrato che non vi è alcuna riduzione significativa della concentrazione di ossigeno nel flusso d'aria verso la fiamma

**ANALISI QUANTITATIVA - Incendio di progetto: prodotti combustione**

Prodotti combustione secondo BS PD 7974-1 § 2.1.17

**Altri dati di  $\epsilon$** 

(SFPE Handbook of Fire Protection Engineering)  
Table 2-13-1 Smoke Production for Wood and Plastics

$\epsilon$   
dipende dalle condizioni di ossidazione (pirolisi, fase gas, solida, covante) a causa dei diversi regimi di temperatura (es. combustione in fase gassosa 1200-1700 °K, pirolisi e altre forme combust.ne: 600-900°K)

Type	Smoke Conversion Factor, $\epsilon$	Combustion Conditions	Fuel Area, m <sup>2</sup>
Douglas fir	0.03-0.17	Pyrolysis	0.005
Douglas fir	< 0.01-0.025	Flaming	0.005
Hardboard	0.0004-0.001	Flaming <sup>a</sup>	0.0005
Fiberboard	0.005-0.01	Flaming <sup>a</sup>	0.0005
Polyvinylchloride	0.03-0.12	Pyrolysis	0.005
Polyvinylchloride	0.12	Flaming	0.005
Polyurethane (flexible)	0.07-0.15	Pyrolysis	0.005
Polyurethane (flexible)	< 0.01-0.035	Flaming	0.005
Polyurethane (rigid)	0.06-0.19	Pyrolysis	0.005
Polyurethane (rigid)	0.09	Flaming	0.005
Polystyrene	0.17 ( $m_{CO_2} = 0.30$ ) <sup>b</sup>	Flaming	0.0005
Polystyrene	0.15 ( $m_{CO_2} = 0.23$ )	Flaming	0.07
Polypropylene	0.12	Pyrolysis	0.005
Polypropylene	0.016	Flaming	0.005
Polypropylene	0.08 ( $m_{CO_2} = 0.23$ )	Flaming	0.007
Polypropylene	0.10 ( $m_{CO_2} = 0.23$ )	Flaming	0.07
Polyethylmethacrylate	0.02 ( $m_{CO_2} = 0.23$ )	Flaming	0.07
Polyoxymethylene	~0	Flaming	0.007
Cellulosic insulation	0.01-0.12	Smoldering	0.02

**ANALISI QUANTITATIVA - Incendio di progetto: prodotti combustione**



Prodotti combustione secondo BS PD 7974-1 § 2.1.22

$$m_{CO} = 0,013 \times m_{fuel} \text{ [kg/s]}$$

ipotesi: combustione con fiamma

i valori crescono in caso di smoldering or suppressed fire

 $m_{fuel}$  è quello già visto per il calcolo di RHR ...



**FSE secondo ISO/TR 13387**

**ANALISI QUANTITATIVA - Incendio di progetto: prodotti combustione**



Prodotti combustione secondo BS PD 7974-1 § 2.1.17

$m_{fuel}$  è la velocità di combustione

**TABLE 3.2**  
**Burning Rate per Unit Area and Complete Heat of Combustion for Various Materials**

Material (values in brackets indicate pool diameters tested)	$\dot{m}''$ (kg/m <sup>2</sup> s)	$\Delta H_c$ (MJ/kg)
<b>Aromatic Carbon-Hydrogen Atoms</b>		
Polystyrene (0.93 m)	0.034	39.2
Xylene (1.22 m)	0.067	39.4
Benzene (0.75–6.0 m)	0.081	40.1
<b>Aliphatic Carbon-Hydrogen-Oxygen Atoms</b>		
Polyoxymethylene	0.016	15.4
Polymethylmethacrylate, PMMA (2.37 m)	0.030	25.2
Methanol (1.2–2.4 m)	0.025	20
Acetone (1.52 m)	0.038	29.7
<b>Aliphatic Carbon-Hydrogen-Oxygen-Nitrogen Atoms</b>		
Flexible polyurethane foams	0.021–0.027	23.2–27.2
Rigid polyurethane foams	0.022–0.025	25.0–28.0

*(Chapter 3 - Enclosure Fire Dynamics – Karlsson, Quintiere)*



**FSE secondo ISO/TR 13387**


**ANALISI QUANTITATIVA - Incendio di progetto: prodotti combustione**

Prodotti combustione secondo BS PD 7974-1 § 2.1.17

La quantità complessiva di prodotto rilasciato in ambiente sarà pertanto

$$Q_{fumi} = \dot{m}_p \times Sp(t); \quad Q_{CO} = \dot{m}_{CO} \times Sp(t)$$

dove  $Sp(t)$  è la burning area ...



Quale superficie prendere per  $Sp(t)$  ???

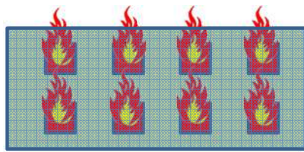
### ANALISI QUANTITATIVA - Incendio di progetto: prodotti combustione

Prodotti combustione secondo BS PD 7974-1 § 2.1.17

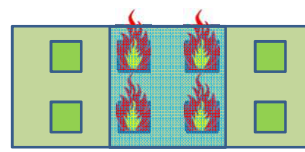
La quantità complessiva di prodotto rilasciato in ambiente sarà pertanto

$$Q_{fumi} = m_p \times Sp(t); \quad Q_{CO} = m_{CO} \times Sp(t)$$

dove  $Sp(t)$  è la burning area ...



$Sp(t)$  senza sprinkler



$Sp(t)$  con sprinkler

### ANALISI QUANTITATIVA

Quantificare gli scenari d'incendio di progetto

Le cose da fare:

- Quantificare gli incendi di progetto
- Sollecitare le soluzioni progettuali con gli incendi di progetto

**ANALISI QUANTITATIVA****Quantificare gli scenari d'incendio di progetto****Le cose da fare:**

- Sollecitare le soluzioni progettuali con gli incendi di progetto

Soluzione 1	Soluzione 2	...	Soluzione m
&	&	&	&
Incendio p1S1	Incendio p1S2	...	Incendio p1Sm
...	...	...	...
Incendio pnS1	Incendio pkS2	...	Incendio prSm

**ANALISI QUANTITATIVA**

- **Quantificazione degli scenari di incendio di progetto**

**Elaborazione delle soluzioni progettuali**

- **Valutazione delle soluzioni progettuali**

- **Scelta della soluzione progettuale**



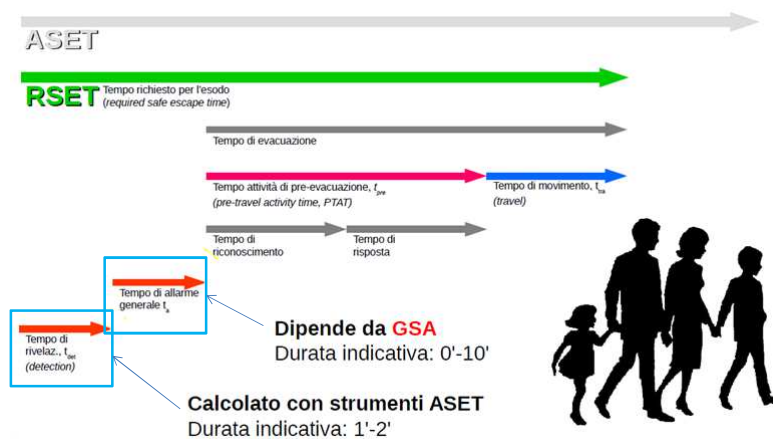
## ANALISI QUANTITATIVA

### Valutazione delle soluzioni progettuali

- tempo necessario per evacuazione (RSET)
- tempo massimo disponibile per evacuazione (ASET)
- durata massima di resistenza al fuoco delle strutture

## ANALISI QUANTITATIVA

### RSET degli occupanti





MINISTERO DELL'INTERNO



FSE secondo ISO/TR 13387


## ANALISI QUANTITATIVA

### RSET degli occupanti




R <sub>int</sub>	t <sub>tot</sub> +t <sub>a</sub> [s]	Descrizione
A1	360	Attività a basso rischio, probabilmente sprovviste di IRAI, basso livello di prestazione per la gestione della sicurezza antincendio.
A2	180	Attività probabilmente provviste di IRAI, livello di prestazione per la gestione della sicurezza antincendio medio.
A3	120	Attività dotate di IRAI, livello di prestazione per la gestione della sicurezza antincendio medio-elevato, addetti formati al rischio antincendio, compartimenti di ridotte dimensioni.
A4	120	Attività dotate di IRAI, livello di prestazione per la gestione della sicurezza antincendio elevato, addetti formati al rischio antincendio, compartimenti di ridotte dimensioni.
B1	360	Attività a basso rischio, probabilmente sprovviste di IRAI, basso livello di prestazione per la gestione della sicurezza antincendio, presenza di pubblico non specificamente formato.
B2	180	Attività dotate di IRAI, livello di prestazione per la gestione della sicurezza antincendio medio, addetti formati al rischio antincendio, presenza di pubblico non specificamente formato.
B3	180	Attività dotate di IRAI e probabilmente di sistema EVAC, livello di prestazione per la gestione della sicurezza antincendio medio-elevato, addetti formati al rischio antincendio, presenza di pubblico non specificamente formato, compartimenti di ridotte dimensioni.
Ciii1	360	Attività a basso rischio, probabilmente sprovviste di IRAI, basso livello di prestazione per la gestione della sicurezza antincendio, presenza di pubblico non specificamente formato.
Ciii2	180	Attività dotate di IRAI, livello di prestazione per la gestione della sicurezza antincendio medio, addetti formati al rischio antincendio, presenza di pubblico non specificamente formato.
Ciii3	180	Attività dotate di IRAI e probabilmente di sistema EVAC, livello di prestazione per la gestione della sicurezza antincendio medio-elevato, addetti formati al rischio antincendio, presenza di pubblico non specificamente formato, compartimenti di ridotte dimensioni.
D1	180	Attività dotate di IRAI e di sistema EVAC, livello di prestazione per la gestione della sicurezza antincendio elevato, addetti formati al rischio antincendio, presenza di occupanti non autosufficienti, presenza di pubblico non specificamente formato, compartimenti di ridotte dimensioni.
D2	180	Attività dotate di IRAI e di sistema EVAC, livello di prestazione per la gestione della sicurezza antincendio elevato, addetti formati al rischio antincendio, presenza di occupanti non autosufficienti, presenza di pubblico non specificamente formato, compartimenti di ridotte dimensioni.
E1	600	Attività probabilmente dotate di IRAI, livello di prestazione per la gestione della sicurezza antincendio medio, elevata complessità geometrica.
E2	360	Attività probabilmente dotate di IRAI, livello di prestazione per la gestione della sicurezza antincendio medio, elevata complessità geometrica.
E3	180	Attività dotate di IRAI, livello di prestazione per la gestione della sicurezza antincendio medio-elevato, elevata complessità geometrica.

Tab 2-9  
Codice commentato (EPC) e ISO/TR 16738



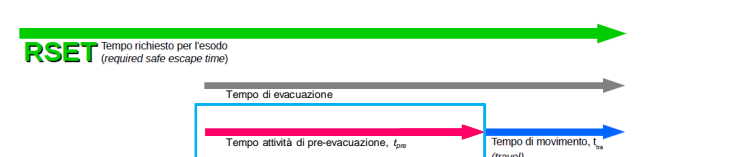
MINISTERO DELL'INTERNO



FSE secondo ISO/TR 13387

## ANALISI QUANTITATIVA


### RSET degli occupanti




**ISO 16738:2009**  
dipende da:

- Tipo di persone (A,B,Ci,D, E)
- Tipo di gestione (M1, M2, M3)
- Complessità geometrica (B1, B2, B3)
- Tipo di allarme: (A1, A2, A3)

Durata indicativa: **da 30" a 40" !!!**



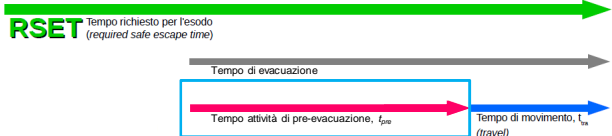


MINISTERO DELL'INTERNO

FSE secondo ISO/TR 13387

## ANALISI QUANTITATIVA

### RSET degli occupanti



**RSET** Tempo richiesto per l'esodo (required safe escape time)

Tempo di evacuazione

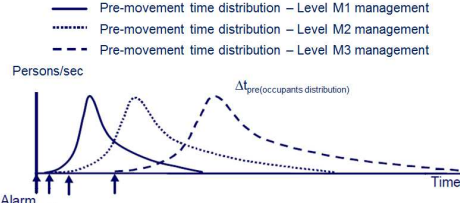
Tempo attività di pre-escapazione,  $t_{pre}$

Tempo di movimento,  $t_{travel}$

**ISO 16738:2009** dipende da:

- Tipo di persone (A,B,Ci,D, E)
- Tipo di gestione (M1, M2, M3)
- Complessità geometrica (B1, B2, B3)
- Tipo di allarme: (A1, A2, A3)

Durata indicativa: **da 30" a 40" !!!**



Persons/sec

Time

Pre-movement time distribution – Level M1 management

Pre-movement time distribution – Level M2 management

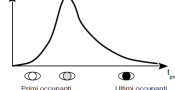
Pre-movement time distribution – Level M3 management

$\Delta t_{pre}$  (occupants distribution)

Alarm


t<sub>first occupants</sub>

Pre-movement time of first occupants to move and subsequent pre-movement time distribution is lengthened by progressively lower levels of fire safety management



Primi occupanti a muoversi

Ultimi occupanti a muoversi

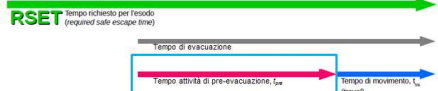


MINISTERO DELL'INTERNO

FSE secondo ISO/TR 13387

## ANALISI QUANTITATIVA

### RSET degli occupanti



**RSET** Tempo richiesto per l'esodo (required safe escape time)

Tempo di evacuazione

Tempo attività di pre-escapazione,  $t_{pre}$

Tempo di movimento,  $t_{travel}$

$R_{vita}$	$t_{pre(1\%)}$ [s]	$t_{pre(99\%)}$ [s]	Parametri della Tabella E.2 della ISO/TR 16738:2009
A3	30	90	A: Awake and familiar, M1 B1-B2 A1-A2
A4	30	90	A: Awake and familiar, M1 B1-B2 A1-A2
B1	60	240	B: Awake and unfamiliar, M2 B1 A1-A2
B2	60	240	B: Awake and unfamiliar, M2 B1 A1-A2
B3	30	150	B: Awake and unfamiliar, M1 B1 A1-A2
Ciii1	1200	2400	Ciii: Sleeping and unfamiliar, M2 B2 A1-A2
Ciii2	900	1800	Ciii: Sleeping and unfamiliar, M1 B2 A1-A2
Ciii3	900	1800	Ciii: Sleeping and unfamiliar, M1 B2 A1-A2
D1	600	1200	D: Medical care: Sleeping and unfamiliar, M2 B2 A1-A2
D2	300	600	D: Medical care: Sleeping and unfamiliar, M1 B2 A1-A2
E1	120	300	E: Awake and unfamiliar, M2 B3 A1-A3
E2	90	240	E: Awake and unfamiliar, M1 B3 A1-A3
E3	90	240	E: Awake and unfamiliar, M1 B3 A1-A3



**FSE secondo ISO/TR 13387**

**ANALISI QUANTITATIVA**  
**RSET degli occupanti**

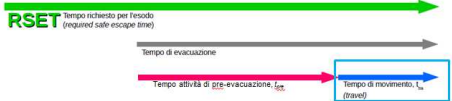


**Modelli di calcolo secondo ISO 16738:**

- **Idraulico**
- Altri tipi di modelli  
(es. *macroscopic/microscopic, coarse network/ fine network/ continuous models*):  
*esistono solo validazioni parziali*


**FSE secondo ISO/TR 13387**

**ANALISI QUANTITATIVA**  
**RSET degli occupanti**  
**Modello idraulico (ISO 16738)**




Permette di determinare i tempi di movimento mediante espressioni che correlano i dati sperimentali ad approssimazioni idrauliche del moto degli occupanti


$$t_{tra} = L_u / V_{tra}$$

$V_{tra}$  per bassa densità di affollamento:  
**NO interazioni tra occupati – NO code**

$V_{tra}$  per elevata densità di affollamento:  
**SI interazioni tra occupati – SI code**  
 (ovvero  $V_{trav}$  dipende dalla densità di affollamento D)



MINISTERO  
DELL'INTERNO



**FSE secondo ISO/TR 13387**

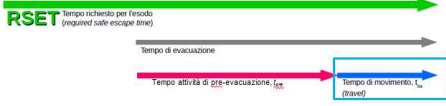
**ANALISI QUANTITATIVA**  
**RSET degli occupanti**  
**Modello idraulico (ISO 16738)**

**RSET** Tempo richiesto per l'escudo  
(required safe escape time)

Tempo di evacuazione


Tempo attività di pre-escuazione,  $t_{pre}$

Tempo di movimento,  $t_m$   
(travel)




**ma la densità dipende anche dall'ampiezza degli spazi percepiti come "liberi" dagli occupanti ...**

Pertanto alla larghezza geometrica  $w$  bisogna sottrarre i *boundary layers* generati dagli ostacoli per poter ottenere la larghezza utile  $w_{eff}$  ...



MINISTERO  
DELL'INTERNO



**FSE secondo ISO/TR 13387**

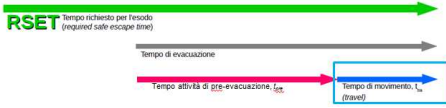
**ANALISI QUANTITATIVA**  
**RSET degli occupanti**  
**Modello idraulico (ISO 16738)**

**RSET** Tempo richiesto per l'escudo  
(required safe escape time)

Tempo di evacuazione

Tempo attività di pre-escuazione,  $t_{pre}$

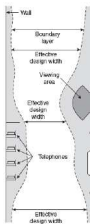
Tempo di movimento,  $t_m$   
(travel)



**ma la densità dipende anche dall'ampiezza degli spazi percepiti come "liberi" dagli occupanti ...**

Secondo [GWY08], i *boundary layers* valgono (statisticamente) 0,15 m  
[GWY08] S. Gwynne, E. Rosenbaum, "Employing the Hydraulic Model in Assessing Emergency Movement" in The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 4th Edition, Quincy, Massachusetts: National Fire Protection Association, 2008, pp. 3.373-3.396

Table G.1  
ISO TR 16738




Es. se  $w = 1$  m,  $w_{eff} = 1 - 2 \times 0,15 = 0,7$  m = 70%  $W$

Per larghezze inferiori, i *boundary layers* incidono % di più

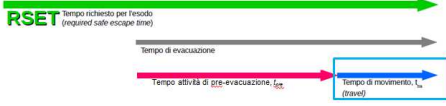
Per larghezze maggiori, i *boundary layers* incidono % di meno

Ma, per semplicità, "si fa finta" che incidono sempre al 70%

Ciò posto ... cosa propone ISO 16738 per  $t_{evac}$  ???


**FSE secondo ISO/TR 13387**

**ANALISI QUANTITATIVA**  
**RSET degli occupanti**  
**Modello idraulico (ISO 16738)**




**ANNEX H ISO TR 16738**

- Aree ad elevato affollamento**
  - i primi a muoversi:  $T_{evac1^\circ} = t_{pre} + t_{tra} = + t_{pre1^\circ} + t_{tra.pres} + t_{tra.coda}$**   
**(SI interazioni tra occupati – SI code)**
  - gli ultimi a muoversi:  $T_{evac99^\circ} = t_{pre} + t_{tra} = + t_{pre99^\circ} + t_{tra.pres}$**   
**(NO interazioni tra occupati – NO code)**

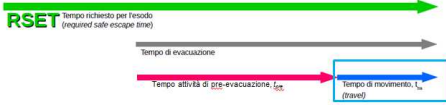
$T_{evac} = \max [ T_{evac1^\circ}, T_{evac99^\circ} ]$

- Aree a basso affollamento**
  - $T_{evac99^\circ} = t_{pre} + t_{tra} = + t_{pre99^\circ} + t_{tra.pres}$**   
**(NO interazioni tra occupati – NO code)**

Dove ...


**FSE secondo ISO/TR 13387**

**ANALISI QUANTITATIVA**  
**RSET degli occupanti**  
**Modello idraulico (ISO 16738)**



**ANNEX H ISO TR 16738**

$T_{evac1^\circ} = t_{pre} + t_{tra} = + t_{pre1^\circ} + t_{tra.pres} + t_{tra.coda}$   
 $T_{evac99^\circ} = t_{pre} + t_{tra} = + t_{pre99^\circ} + t_{tra.pres}$


dove ...

- $t_{tra(pres)}$  tempo di presentazione davanti ad un'uscita  

$$T_{tra.pres} = L_{es} / V_{tra}$$
- $t_{tra(coda)}$  tempo in coda prima di uscire dal locale - dipendente da numero occupanti  $P$ , flusso specifico porta  $Fs_{oriz,max}$ ,  $W_{porta,eff}$ .  

$$T_{tra.coda} = P / (Fs_{oriz,max} \times W_{porta,eff})$$

**Quanto vale  $V_{tra}$  e  $Fs_{oriz,max}$ ???**



MINISTERO DELL'INTERNO

## FSE secondo ISO/TR 13387

**ANALISI QUANTITATIVA**  
**RSET degli occupanti**  
**Modello idraulico (ISO 16738)**

**$V_{tra}$  e  $F_s$  secondo ISO TR 16738**

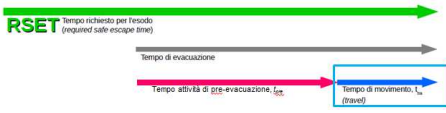
- $v_{tra} \text{ (m/s)} = k - akD = k (1 - aD)$  (per  $0,55 \text{ p/m}^2 < D < 3,8 \text{ p/m}^2$ )
- $v_{tra} \text{ (m/s)} = 0,85k$  (BS 7974-6: per  $D < 0,55 \text{ p/m}^2$ )


dove:

- $k$  =
- $D$  = densità di affollamento (persone/m<sup>2</sup>)
- $a = 0,266$

(Tipicamente:  $v_{tra,1^\circ} = k (1 - aD)$ ;  $v_{tra,99^\circ} = 0,85K$ )

Componente del percorso		K (m/s)
Corridoi, rampe, porte		1,40
Scale		
Alzata	Pedata	
191	254	1,00
178	279	1,08
165	305	1,16
165	330	1,23





MINISTERO DELL'INTERNO

## FSE secondo ISO/TR 13387

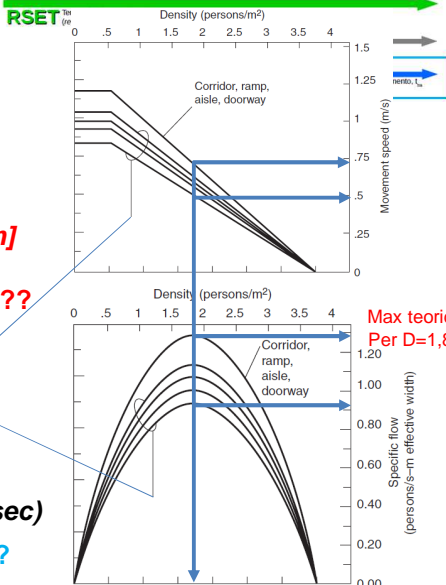
**ANALISI QUANTITATIVA**  
**RSET degli occupanti**  
**Modello idraulico (ISO 16738)**

**$V_{tra}$  e  $F_s$  secondo ISO TR 16738**

- Flusso specifico attraverso un elemento della via di esodo:**  
 $F_s = v_{tra} \times D = k (1 - aD) D \text{ [p/s m]}$

**Come variano  $v_{tra}$  e  $F_s$  con  $D$  ???**

Componente del percorso		K (m/s)
Corridoi, rampe, porte		1,40
Scale		
Alzata	Pedata	
191	254	1,00
178	279	1,08
165	305	1,16
165	330	1,23

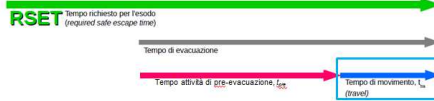


**$F_{Sx}$  per  $D = 1,88$  ( $v_{trav} = 0,7 \div 0,5 \text{ m/sec}$ )**  
**Esistono dati di letteratura ???**



## FSE secondo ISO/TR 13387

### ANALISI QUANTITATIVA RSET degli occupanti Modello idraulico (ISO 16738)



### Dati di letteratura per $v_{tra} (m/s) = k(1 - aD)$

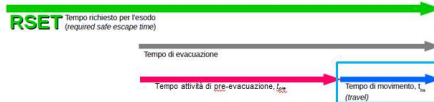
ISO TR 16738 – Annex G – Table G.4: travel speeds reported in the referenced literature

Table G.4 – Travel speeds reported in the referenced literature					Table G.4 (continued)				
Type of situation	Measured travel speeds (m/s)				Type of situation	Measured travel speeds (m/s)			
	1.35 (20%) on walkways					0.47 on stairs (range from 0.34 to 1.05 among values, 0.67 age groups, 0.90 usually primary female evacuees (2.1))			
	Average under "normal conditions" (20)					0.44 on stairs (range from 0.32 to 0.52 among values of all age groups)			
	Max.	1st quartile	3rd quartile	Mean		1.05 (range from 0.57 to 1.35 among values of all age groups)			
<b>On horizontal surfaces:</b>									
Transport terminals (21)	1.35 (20%) on walkways				Mid-rise apartment (26) (2)	0.41 on stairs (range from 0.32 to 0.47 among values of all age groups)			
Experiment with disabled subjects (22)	0.71	1.28	1.77	1.00	Mid-rise apartment (26) (3)	1.05 (range from 0.57 to 1.35 among values of all age groups)			
On horizontal surfaces:					High-rise apartment (26) (2)	0.28 (range from 0.20 to 0.36 among values of all age groups)			
All disabled subjects	0.10	0.37	1.02	0.83	High-rise apartment (26) (3)	0.28 (range from 0.20 to 0.36 among values of all age groups)			
With locomotion disability	0.34	0.70	1.02	0.95	Public places (27)	0.61 to 1.27 (10 to 20) on walkways			
No aid	0.03	0.07	1.34	1.35	Public places (28)	0.18 to 0.27 (11 to 18) among stair users			
Crutches	0.26	0.46	1.06	0.81	Theatre and educational centres (29)	0.20 to 0.35 (max 2.00) (10 to 20) (minors)			
Case	0.10	0.34	0.93	0.97	Industrial buildings (30)	0.20 to 0.85 (max 2.50) (20 to 25) (minors)			
Without locomotion disability	0.82	1.05	1.34	1.77	Transport terminals (31)	0.20 to 0.85 (max 2.50) (20 to 25) (minors)			
Wheelchair	0.05	—	—	0.93	Occupancy cases (32)	0.20 to 0.47 (max 1.00) (10 to 15) (minors)			
Without locomotion disability	0.85	—	—	0.93	High-rise office building (33) (2)	Mean speed (20)	Density (persons/m <sup>2</sup> )		
Assisted ambulant	0.21	0.38	0.92	1.40	stairs with full lighting	0.81	1.30		
Assisted wheelchair	0.84	1.02	1.58	1.98	stairs with reduced lighting	0.39	1.29		
<b>On upward incline:</b>									
All disabled subjects	0.21	0.42	0.74	1.32	stairs with photoluminescent markings (20) (evacuation and reduced lighting)	0.70	1.08		
With locomotion disability	0.21	0.42	0.72	0.98	stairs with full lighting	0.87	2.08		
No aid	0.30	0.48	0.87	1.08	High-rise office building (33) (3)	0.20 stair users			
Crutches	—	—	—	0.53	High-rise office building (33) (4)	0.20 stair users			
Case	0.21	0.38	0.70	0.95	High-rise office building (33) (5)	0.20 stair users			
Without locomotion disability	0.30	—	—	0.42	High-rise office building (33) (6)	0.20 stair users			
Wheelchair	—	—	—	1.32	High-rise office building (33) (7)	0.20 stair users			
Without locomotion disability	0.30	—	—	1.32	High-rise office building (33) (8)	0.20 stair users			
Assisted ambulant	0.23	0.42	0.70	0.72	High-rise office building (33) (9)	0.20 stair users			
Assisted wheelchair	0.53	0.70	1.02	0.95	High-rise office building (33) (10)	0.20 stair users			
<b>On downward incline:</b>									
All disabled subjects	0.10	0.42	0.70	1.83	High-rise office building (33) (11)	0.20 stair users			
With locomotion disability	0.10	0.40	0.70	1.22	High-rise office building (33) (12)	0.20 stair users			
No aid	0.20	0.45	0.84	1.32	High-rise office building (33) (13)	0.20 stair users			
Crutches	0.42	—	—	0.53	High-rise office building (33) (14)	0.20 stair users			
Case	0.18	0.30	0.70	1.04	High-rise office building (33) (15)	0.20 stair users			
Without locomotion disability	0.70	—	—	0.53	High-rise office building (33) (16)	0.20 stair users			
Wheelchair	—	—	—	1.83	High-rise office building (33) (17)	0.20 stair users			
Without locomotion disability	0.70	—	—	1.83	High-rise office building (33) (18)	0.20 stair users			
Assisted ambulant	1.06	—	—	—	High-rise office building (33) (19)	0.20 stair users			
Assisted wheelchair	0.42	0.81	1.86	1.89	High-rise office building (33) (20)	0.20 stair users			
Assisted wheelchair	0.70	0.95	1.05	0.95	High-rise office building (33) (21)	0.20 stair users			



## FSE secondo ISO/TR 13387


### ANALISI QUANTITATIVA RSET degli occupanti Modello idraulico (ISO 16738)



### Dati di letteratura per $F_s$ , $v_{trav}$ e $D$ utilizzati in S4

Grandezza	Valore	Riferimento
Velocità di spostamento indisturbato $v_{oriz}$ degli occupanti sulle superfici orizzontali	0,71 m/s	ISO TR 16738:2009, table G.4, <i>Travel speeds on horizontal surfaces: all disabled subjects, 1st quartile</i>
Flusso specifico $F_{s,oriz}$ per l'attraversamento dei componenti orizzontali del sistema d'esodo (es. uscite di piano)	1,30 p/m/s	[GWY08], [PUR08], [HOS07].
Flusso specifico $F_{s,vert}$ per l'attraversamento dei componenti verticali del sistema d'esodo (es. scale, uscite finali)	1,09 p/m/s	[PUR08] ( <i>maximum densities achieved during crowded evacuation conditions</i> ), [KUL15] ( <i>Mean, Peak density, stairwells with primarily able-bodied evacuees</i> ), [HOS07] (osservazioni)
Densità di affollamento $D_{scala}$ nei vani scale durante l'esodo (tutte le attività, escluse attività con $R_{vita} = A3, B3, A4$ )	2,10 p/m <sup>2</sup>	Valore cautelativo ridotto del 33% da [PUR08] ( <i>maximum densities achieved during crowded evacuation conditions</i> ), [KUL15] ( <i>Mean, Peak density, stairwells with primarily able-bodied evacuees</i> )
Densità di affollamento $D_{scala}$ nei vani scale durante l'esodo (attività con $R_{vita} = A3, B3, A4$ )	1,40 p/m <sup>2</sup>	





MINISTERO  
DELL'INTERNO

**FSE secondo ISO/TR 13387**

**ANALISI QUANTITATIVA**  
**RSET degli occupanti**  
**Modello idraulico (ISO 16738)**

**Noti**

**Flusso specifico:  $F_s = v_{trav} \times D$  [p/s m];**  
 $v_{tra} \text{ (m/s)} = k(1 - aD)$ ;  $v_{tra} \text{ (m/s)} = 0,85k$ ;  
 $L_{es}$ : max lunghezza percorso di esodo

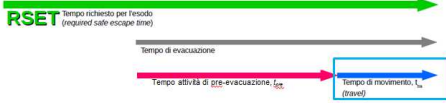
Si può calcolare  
il flusso totale


**Flusso totale:  $F_t = F_s \times w_{eff}$  [p/s]**

e

il numero occupanti  $P$  che transitano attraverso un componente  
orizzontale/verticale del sistema d'esodo nel tempo  $t_{tra}$

$P = F_t \times t_{tra.pres}$  (bassa densità affollamento)  
 $P = F_t \times t_{tra.coda}$  (elevata densità affollamento)





MINISTERO  
DELL'INTERNO

**FSE secondo ISO/TR 13387**

**ANALISI QUANTITATIVA**  
**RSET degli occupanti**  
**Modello idraulico (ISO 16738)**  
**Transizioni (Annex G)**

*Transizione: qualsiasi punto del sistema di vie uscita dove si modificano le caratteristiche geometriche o dove si uniscono i percorsi*

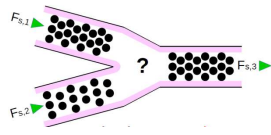
Regole

- Flusso specifico  $F_{s.out}$  a valle del punto di transizione:  

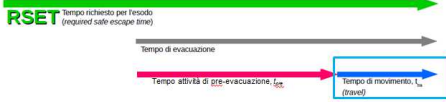
$$F_{s.out} \times W_{e.out} = F_{s.in} \times W_{e.in}$$
- 2 flussi convergenti in un unico flusso di uscita  

$$F_{s.out} \times W_{e.out} = (F_{s.in1} \times W_{e.in1} + F_{s.in2} \times W_{e.in2})$$
- Generalizzando (n flussi IN e m flussi OUT) si ottiene ...  

$$\sum_i^n F_{s.in,i} \times W_{e.in,i} = \sum_j^m F_{s.out,j} \times W_{e.out,j}$$



**ANALISI QUANTITATIVA**  
**RSET degli occupanti**  
**Modello idraulico (ISO 16738)**





MINISTERO DELL'INTERNO

## FSE secondo ISO/TR 13387

**ANALISI QUANTITATIVA**

**RSET degli occupanti**

**Modello idraulico (ISO 16738)**

**Transizioni (Annex G)**

*Transizione: qualsiasi punto del sistema di vie uscita dove si modificano le caratteristiche geometriche o dove si uniscono i percorsi*





**Regole**

- Se le portate in ingresso superano la portata massima specifica,  $F_{s,max}$  nel punto più stretto, si forma una coda che crescerà ad un tasso pari

$$F_{s,in} - F_{s,out}$$

- Se  $F_{s,out} < F_{s,max}$ , non vi è alcun modo per predeterminare come i percorsi in ingresso si miscelano. A favore della sicurezza, è necessario assumere che il percorso di interesse è dominato dalla altra via (s)



MINISTERO DELL'INTERNO

## FSE secondo ISO/TR 13387

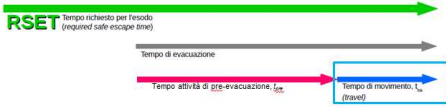
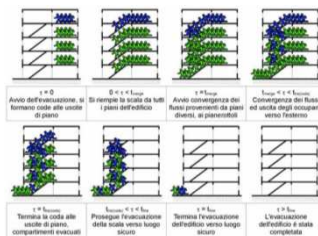
**ANALISI QUANTITATIVA**

**RSET degli occupanti**

**Modello idraulico (ISO 16738)**

**Transizioni (Annex G)**

*Transizione: qualsiasi punto del sistema di vie uscita dove si modificano le caratteristiche geometriche o dove si uniscono i percorsi.*





**Regole**

- unione tra flussi nelle scale:  
In genere, rateo di miscelazione = 50:50 purché larghezze uscite di piano e scala siano simili

tuttavia, il tempo impiegato per evacuare gli occupanti dal piano che si svuota per ultimo è indipendente dal rateo di convergenza R assunto (R incide solo sull'ordine di svuotamento dei piani dell'edificio)

(P C R Collier, "Emergency Egress – Merging Flows at Floor Stairway Interfaces", BRANZ, Study report SR 251, New Zealand, 2011)



MINISTERO DELL'INTERNO

## FSE secondo ISO/TR 13387

**ANALISI QUANTITATIVA**


**RSET degli occupanti**

**Modello idraulico (ISO 16738)**

**Capacità di un vano scala**

- $P_{scala} = S_{scala} \times D_{scala}$ , con
- $S_{scala}$ : superficie campita  
 $S_{scala} = L \times \Delta x_{eff} \cong 3 h_{scala} \times \Delta x_{eff}$
- $D_{scala}$ : densità nella scala = 2,1 p/m<sup>2</sup>  
 (1,4 per A3, B3, A4)

A COSA MI SERVE ???



MINISTERO DELL'INTERNO

## FSE secondo ISO/TR 13387

**ANALISI QUANTITATIVA**

**RSET degli occupanti**

**Modello idraulico (ISO 16738)**

**Capacità di un vano scala**

Per assicurare la salvaguardia degli occupanti  $P_{scala}$  deve verificare la condizione

$$P_{scala} > P_{in} - P_{out}$$

dove

$P_{in}$  = numero di persone che deve entrare nella scala entro l'ASET ( $RSET + t_{margine}$ ) del compartimento di primo innesco

$P_{out}$  = numero di persone che, nel frattempo, ha raggiunto l'esterno del fabbricato tenendo conto che:

- La scala inizia a riempirsi a partire da  $t_{ra}$
- il movimento in uscita dalla scala inizierà con un ritardo dovuto al tempo  $t_{merge}$  necessario agli occupanti del primo piano per percorrere una rampa di scale

$$t_{merge} = L_{rampa} / v_{vert}$$

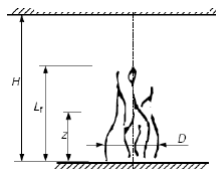
- Per  $t > t_{merge}$ : si verifica un flusso sostanzialmente continuo lungo la scala

**ANALISI QUANTITATIVA****Valutazione delle soluzioni progettuali**

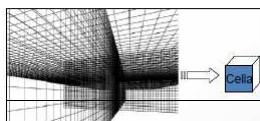
- tempo necessario per evacuazione (RSET)
- tempo massimo disponibile per evacuazione (ASET)
- durata massima di resistenza al fuoco delle strutture

**ANALISI QUANTITATIVA****Valutazione delle soluzioni progettuali: ASET e strutture  
cosa si può usare ???**

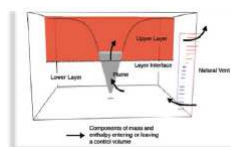
Modelli analitici:  
UNI EN 1991-1-2



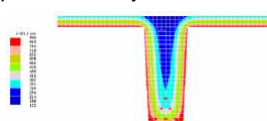
Modelli di campo:  
CFX, FDS, Fluent



Modelli a zone per ambienti  
confinati: CFAST e Ozone



Analisi termostrutturale:  
Abaqus/Adina/Ansys/Diana/Safir/Strauss



### ANALISI QUANTITATIVA

**Valutazione delle soluzioni progettuali: ASET e strutture**  
cosa si può usare ???

Confronto tra modelli:

- modelli analitici: per stime accurate di effetti specifici (es. il calcolo del tempo di *flashover* in un locale).
- modelli numerici: per analisi complesse che coinvolgano interazioni dipendenti dal tempo di più processi di tipo fisico e chimico – due tipi:
  - **Modelli a zone**
  - **Modelli di campo**

### ANALISI QUANTITATIVA

**Valutazione delle soluzioni progettuali: ASET e strutture**  
cosa si può usare ???

Confronto tra modelli:

- **modelli numerici - Modelli a zone – es. CFAST**
  - Risolve le equazioni di conservazione di massa/energia rispetto ad un nr. limitato di volumi di controllo (di solito a due) in cui l'ambiente viene suddiviso, restituendo per le zone le variabili di stato (press., temp., ecc.).
  - All'interno di ciascun volume di controllo le proprietà sono spazialmente uniformi ma variabili nel tempo; quindi, restituisce un andamento a gradino delle proprietà (per esempio di temperatura) fra le regioni considerate
  - E' utilizzabile solo per incendi caratterizzati da una forte stratificazione dei gas caldi
  - **E' impiegabile per metodo di calcolo semplificato dell'ASET (M.3.3.2: "Zero Exposure")**

## ANALISI QUANTITATIVA

### Valutazione delle soluzioni progettuali: ASET e strutture cosa si può usare ???

Confronto tra modelli:

- **modelli numerici - Modelli a zone - CFAST**

- E' validato per la simulazione di incendi in spazi confinati caratterizzati da dimensioni geometriche proprie degli edifici di civile abitazione, e quindi di locali di modeste dimensioni

Table 3.2: Recommended compartment dimension limits

Group	Acceptable	Special consideration required	Corridor flow algorithm
$(L/W)_{max}$	$L/W < 3$	$3 < L/W < 5$	$L/W > 5$
$(L/H)_{max}$	$L/H < 3$	$3 < L/H < 6$	$L/H > 6$
$(W/H)_{max}$	$W/H > 0.4$	$0.2 < L/W < 0.4$	$L/W < 0.2$

- E' possibile impiegarlo con notevole approssimazione per la simulazione di incendi di grandi ambienti suddividendo il locale reale in più sotto-comparti "virtuali" di dimensioni inferiori: si tratta di un'utilizzazione non del tutto propria del modello

## ANALISI QUANTITATIVA

### Valutazione delle soluzioni progettuali: ASET e strutture cosa si può usare ???

Confronto tra modelli:

- **modelli numerici - Modelli a zone – es. CFAST**

- I limiti del modello vengono raggiunti per potenze dell'incendio elevate (nell'ordine dei 35 MW), mentre per potenze più contenute (nell'ordine dei 4-5 MW) i risultati si possono considerare verosimili
- La potenza termica rilascia RHR non può essere superiore a 1MW/m<sup>3</sup> per problemi di elaborazioni di calcolo
- Sovrastima le temperature (nell'ordine dei 50/150 °C secondo i casi) degli strati superiori dei compartimenti

**ANALISI QUANTITATIVA**

**Valutazione delle soluzioni progettuali: ASET e strutture**  
**cosa si può usare ???**

Confronto tra modelli:

- **modelli numerici - Modelli di campo**
  - Stimano l'evoluzione dell'incendio nello spazio per via numerica, suddividendo il dominio in molte celle tridimensionali.
  - Permettono:
    - La stima del moto fluidodinamico dei gas di combustione mediante le equazioni di Navier-Stokes basate sul principio di conservazione dell'energia, della massa, della quantità di moto e delle specie chimiche
    - La stima dei fenomeni termo-chimici mediante:
      - modelli di turbolenza approssimati su piccola scala
      - modelli di combustione e radiazione per la simulazione dell'evoluzione dell'incendio

**ANALISI QUANTITATIVA**

**Valutazione delle soluzioni progettuali: ASET e strutture**  
**cosa si può usare ???**

Confronto tra modelli:

- **modelli numerici - Modelli di campo**
  - Richiedono, ai fini dell'attendibilità dei risultati, un'analisi di sensibilità per la scelta della dimensione media della cella di discretizzazione  $\delta$ , legata al diametro caratteristico del fuoco  $D^*$  dato dalla seguente relazione:

$$0.10 D^* < \delta < 0.4 D^*$$

*(ma c'è chi dice di rispettare solo  $\delta < 0.1 D^*$ )*

con

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

$D^*$  : diametro caratteristico del fuoco [m];  $\dot{Q}$ : RHR totale, [kW],  $\rho_\infty$ : densità a temperatura ambiente [kg/m<sub>3</sub>],  $c_p$ : calore specifico del gas, [kJ/kgK];  $T_\infty$ : temperatura ambiente, K

**ANALISI QUANTITATIVA**

Valutazione delle soluzioni progettuali: **ASET e strutture**  
cosa si può usare ???

Confronto tra modelli:

- modelli numerici

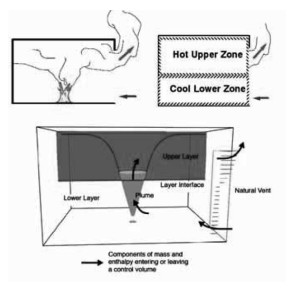
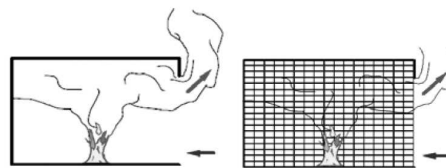
**Modelli a zone****Modelli di campo**

Fig 3. Schematizzazione del dominio di calcolo in un modello di campo

**ANALISI QUANTITATIVA**

Valutazione delle soluzioni progettuali: **ASET e strutture**  
cosa si può usare ???

Confronto tra modelli:

- Ammesso l'uso contemporaneo di più tipologie di modelli. Ad es.:
  - Uso di modelli analitici per l'individuazione di dati di input, quali il tempo attivazione impianto protezione attiva, la rottura di un vetro con la temperatura, ecc.
  - Uso di modelli a zone per individuazione criticità
  - Uso di modelli di campo per approfondimento

**Fatta la scelta del modello, bisogna giustificarla ...**



**ANALISI QUANTITATIVA**

**Valutazione delle soluzioni progettuali: ASET e strutture**  
cosa si può usare ???

**giustificazione del modello**

- Riportare nella relazione la seguente dichiarazione "*I modelli di calcolo (di cui bisogna indicare denominazione, versione e validazioni sperimentali) sono impiegati nel loro campo di applicazione e nel rispetto delle limitazioni d'impiego e sono validati per applicazioni analoghe a quella in modellazione*"
- Indicare per tutti i parametri di input i riferimenti tecnici da cui sono tratti (norme e/o letteratura tecnica e/o prove sperimentali)
- Effettuare l'analisi di sensibilità dei risultati al variare dei parametri di input. (es. dimensioni della griglia di calcolo, posizione del fuel package)

Fatto ciò, non rimane che procedere ...

**ANALISI QUANTITATIVA**

**Valutazione delle soluzioni progettuali: Calcolo ASET**

- Metodo di calcolo Avanzato (ISO 13571)  
Il valore di ASET è scelto in base al più piccolo tra i valori calcolati secondo quattro modelli:
  - modello dei gas tossici
  - modello dei gas irritanti
  - modello del calore
  - modello dell'oscuramento della visibilità da fumo
- Metodo di calcolo Semplificato (Zero Exposure) (ISO/TR 16738:2009)

**ANALISI QUANTITATIVA****Valutazione delle soluzioni progettuali: Calcolo ASET****Calcolo Avanzato: modello dei gas tossici ISO 13571**

Basato:

- su stima della exposure dose  $\phi$  (quantità di gas tossico ispirato)
- su calcolo della FED (fractional effective dose: rapporto tra la exposure dose  $\phi$  e **dose incapacitante** del soggetto esposto)
- Ai fini del modello sono presi in considerazione solo CO e HCN (e CO<sub>2</sub>)

$$FED = \sum_{t1}^{t2} \frac{\phi_{CO}}{35000} \times \Delta t + \sum_{t1}^{t2} \frac{\exp(\phi_{HCN}/43)}{220} \times \Delta t$$

Fattore moltiplicativo per iperventilazione da CO<sub>2</sub>:  $\tau_{CO2} = \exp(\phi_{CO2}/5)$

Per soluzioni alternative NTP richiede FED = 0,1

**ANALISI QUANTITATIVA****Valutazione delle soluzioni progettuali: Calcolo ASET****Calcolo Avanzato: modello dei gas irritanti ISO 13571**

Basato:

- sulla stima della concentrazione di gas irritante ispirato
- sul calcolo della FEC (fractional effective concentration): rapporto tra concentrazione effettiva e concentrazione incapacitante del soggetto medio esposto (*Se FEC = 1, il soggetto medio è incapacitato*)

Il modello fa riferimento alla concentrazione anziché alla dose (FED) in quanto l'effetto è praticamente immediato e costante nel tempo

Per soluzioni alternative NTP richiede FEC = 0,1

**ANALISI QUANTITATIVA****Valutazione delle soluzioni progettuali: Calcolo ASET****Calcolo Avanzato: modello dei gas irritanti ISO 13571**

$$X_{FEC} = \frac{\varphi_{HCL}}{F_{HCL}} + \frac{\varphi_{HBr}}{F_{HCL}} + \frac{\varphi_{HF}}{F_{HF}} + \frac{\varphi_{SO2}}{F_{SO2}} + \frac{\varphi_{acrolein}}{F_{acrolein}} + \frac{\varphi_{formaldehyde}}{F_{formaldehyde}} + \sum \frac{\varphi_{irr}}{F_{Ci}}$$

- $\varphi$  è la concentrazione media, espressa in  $\mu\text{l/l}$ , del gas irritante;
- $F$  è la concentrazione incapacitante, espressa in  $\mu\text{l/l}$ , del gas irritante ( $F_{HCL}, F_{HBr} = 1000$ ;  $F_{HF} = 500$ ;  $F_{SO2} = 150$ ;  $F_{acrolein} = 30$ ;  $F_{formaldehyde}, F_{NO2} = 250$ )

La verifica del modello può essere omessa in assenza di sostanze o miscele pericolose, cavi elettrici in quantità significative e simili

**ANALISI QUANTITATIVA****Valutazione delle soluzioni progettuali: Calcolo ASET****Calcolo Avanzato: modello calore (irragg. e convett.vo) ISO 13571**

Basato:

- sulla stima  $t_{\text{rad}}$  e  $t_{\text{conv}}$ : tempi incapacitazione per calore radiante/convettivo, calcolati in funzione condizioni abbigliamento degli esposti
- Sul calcolo della FED con la seguente formula  $X_{FED} = \sum_{t1}^{t2} \left( \frac{1}{t_{\text{rad}}} + \frac{1}{t_{\text{conv}}} \right) \Delta t$

Soglie di prestazione per soluzioni alternative (tabella M.3.2):

(garantiscono un ASET > 30 minuti per qualsiasi condizione di abbigliamento)

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 <sup>2</sup>	ISO 13571-2012, per esposizioni maggiori di 30 minuti, senza modifica significativa dei tempi di esodo (2,5 kW/m <sup>2</sup> ).
		Soccorritori: 3 kW/m <sup>2</sup>	[1]

**ANALISI QUANTITATIVA**
**Valutazione delle soluzioni progettuali: Calcolo ASET**
**Calcolo Avanzato: modello calore (irragg. e convett.vo) ISO 13571**

Basato:

- sulla stima  $t_{\text{irrad}}$  e  $t_{\text{iconv}}$ : tempi incapacitazione per calore radiante/convettivo, calcolati in funzione condizioni abbigliamento degli esposti
- Sul calcolo della FED con la seguente formula  $X_{FED} = \sum_{t1}^{t2} \left( \frac{1}{t_{\text{irrad}}} + \frac{1}{t_{\text{iconv}}} \right) \Delta t$

 Soglie di prestazione per soluzioni in deroga (ponendo  $X_{FED} < 1$ ):

 $t_{\text{irrad}}$  e  $t_{\text{iconv}}$  secondo norma ISO 13571

$t_{\text{irrad}} = 6,9q^{-1,56}$	Ustioni	$t_{\text{iconv}} = (4,1 \times 10^8) T^{-3,61}$	Normalmente vestiti
$t_{\text{irrad}} = 4,2q^{-1,9}$	Dolore	$t_{\text{iconv}} = (5 \times 10^7) T^{-3,4}$	Poco vestiti
	t in minuti q radiante in kW/m <sup>2</sup>		t in minuti per il dolore T in °C

**ANALISI QUANTITATIVA**
**Valutazione delle soluzioni progettuali: Calcolo ASET**
**Calcolo Avanzato: modello visibilità ISO 13571**

Basato:

- sul minimo contrasto percettibile tra un oggetto e lo sfondo
- sulla stima di  $\rho_{\text{smoke}}$  massa volumica dei fumi [g/m<sup>3</sup>]
- sul calcolo della visibilità L [m] con seguente relazione sperimentale:

$$L = C/\sigma \rho_{\text{smoke}}$$

 (C 3 per cartellonistica non illuminata o 8 per cartellonistica retroilluminata,  $\sigma$  coefficiente massico di estinzione della luce pari a 10 m<sup>2</sup>/g [m<sup>2</sup>/g])

 i codici di calcolo fluidodinamico restituiscono la  $\rho_{\text{smoke}}$  e la visibilità L nota la quantità di fumi prodotti mp (di cui i codici stimano la distribuzione spaziale)

Soglie di prestazione per soluzioni alternative (tabella M.3.2):

Oscureamento 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 <sup>2</sup> : 5 m	ISO 13571-2012.
		Soccorritori: 5 m Soccorritori in locali di superficie lorda < 100m <sup>2</sup> : 2,5 m	[1]

Soglie di prestazione per soluzioni in deroga: 8.2.1.18 BS 7974-1

**ANALISI QUANTITATIVA**

**Valutazione delle soluzioni progettuali: Calcolo ASET**

**Calcolo semplificato** (ISO/TR 16738:2009)

In sostituzione verifica 4 modelli, soglie di prestazione (Tabella M.3.3):

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]

Queste soglie permettono di assicurare automaticamente:

- la fuga in aria non inquinata dai prodotti della combustione
- un valore dell'irraggiamento dai fumi inferiore a 2,5 kW/m<sup>2</sup>

Possono essere valutate con modelli analitici o con modelli a zone (sono del tipo ON/OFF)

Trovato l'ASET, può essere necessario verificare la durata di resistenza al fuoco ...

**ANALISI QUANTITATIVA**

**Valutazione delle soluzioni progettuali: prestazioni struttura**

- Determinare le curve naturali di incendio per ogni incendio di progetto (FDS, ...)
- Valutare le prestazioni di resistenza al fuoco del fabbricato sottoposto alle curve naturali di incendio

(Abaqus/Adina/Ansys/Diana/Safir/Strauss)

A questo punto non rimane che procedere al confronto ...

**ANALISI QUANTITATIVA****Valutazione delle soluzioni progettuali: Confronto Risultati/Soglie**

Modello	Soglia di prestazione	Soluzione 1	Soluzione 2	Soluzione n
Oscuramento visibilità da fumo a 1,8m	Occupanti: 10 m (5m per S < 100m <sup>2</sup> )	verificata	verificata	NON verificata
	Soccorritori: 5 m (2,5m per S < 100m <sup>2</sup> )	verificata	verificata	verificata
FED	Occupanti: 0,3	verificata	verificata	NON verificata
	Soccorritori: nessuna valutazione			
Temperatura massima di esposizione	Occupanti: 60°C	verificata	verificata	NON verificata
	Soccorritori: 80°C	verificata	verificata	verificata
Irraggiamento termico (da incendio, da effluenti dell'incendio, da struttura)	Occupanti: 2,5 kW/m <sup>2</sup>	verificata	verificata	NON verificata
	Soccorritori: 3 kW/m <sup>2</sup>	verificata	verificata	NON verificata
Esito verifica soluzione progettuale		POSITIVO	POSITIVO	NEGATIVO

A questo punto, siamo in grado di scegliere la soluzione economicamente più vantaggiosa !!!

**ANALISI QUANTITATIVA**

- **Quantificazione degli scenari di incendio di progetto**

**Elaborazione delle soluzioni progettuali**

- **Valutazione delle soluzioni progettuali**

- **Scelta della soluzione progettuale**

**ANALISI QUANTITATIVA****Scelta della soluzione progettuale**

In chiusura della Relazione Tecnica riportare il riepilogo dei dati della soluzione progettuale scelta

- Dati del fabbricato
- Livelli di prestazione delle misure S (**escluso S5 ...**)
- Misure alternative applicate
- Quant'altro necessario per la definizione univoca della soluzione progettuale su cui si vuole ottenere il parere

Perché escluso S5 ???

Perché dobbiamo ancora parlare della GSA in abito FSE !!!

**GESTIONE DELLA SICUREZZA ANTINCENDIO  
(GSA)**

*(secondo punto M.1.8 NTP)*

### Gestione della sicurezza antincendio secondo M.1.8

- organizzazione del personale
- **identificazione e valutazione dei pericoli derivanti dall'attività**
- controllo operativo
- **gestione delle modifiche**
- pianificazione di emergenza
- **sicurezza delle squadre di soccorso**
- controllo delle prestazioni
- **manutenzione dei sistemi di protezione**
- controllo e revisione

Il problema è far sposare i contenuti del capitolo S.5. con quelli del paragrafo M.1.8 ...

### Gestione della sicurezza antincendio secondo M.1.8

- organizzazione del personale (già obbligo per il Livello I)
- **identificazione e valutazione dei pericoli derivanti dall'attività** (S.5.6.1/1)
- controllo operativo (S.5.6.3 Piano per il mantenimento della sicurezza)
- **gestione delle modifiche** (S.5.6.3)
- pianificazione di emergenza (già obbligo per il Livello I)
- **sicurezza delle squadre di soccorso** (già obbligo per il Livello I)
- controllo delle prestazioni (S.5.6.3)
- **manutenzione dei sistemi di protezione** (S.5.6/2.b)
- controllo e revisione (S.5.6.3)

S.5.6.3: piano di mantenimento del livello di sicurezza – obbligatorio a partire dal Livello II



### Gestione della sicurezza antincendio secondo M.1.8

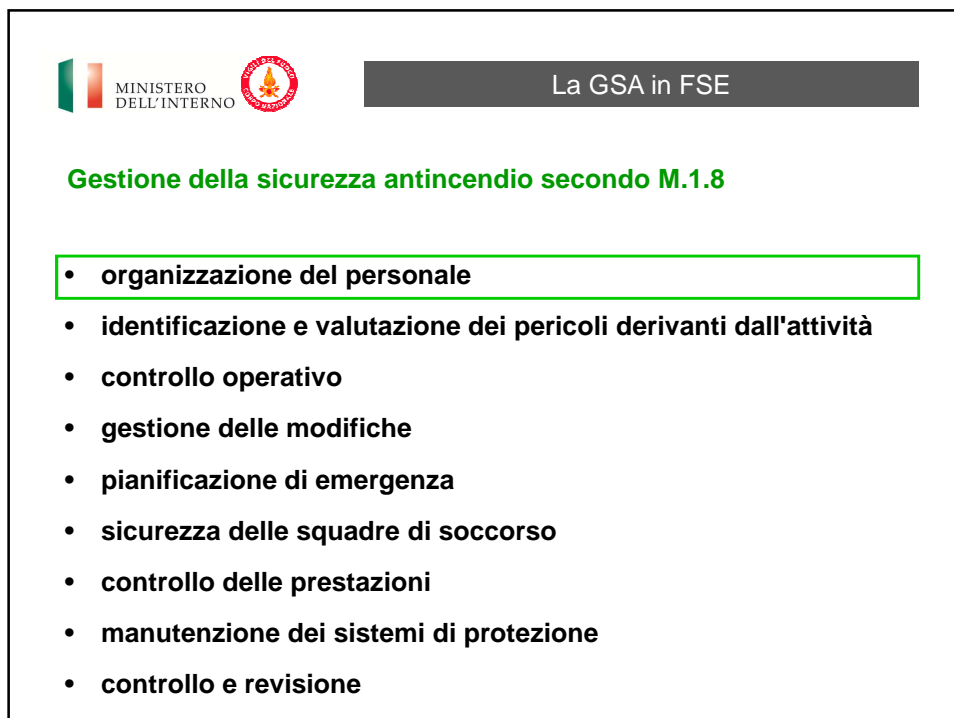
#### Possibili riferimenti tecnici

- **UNI 10999** Linee guida per la documentazione dei sistemi di gestione per la qualità
- **UNI EN ISO 9001:2008** Sistemi di gestione per la qualità – Requisiti
- **UNI EN ISO 9004** Sistemi di gestione per la qualità - Linee guida per il miglioramento delle prestazioni
- **UNI EN ISO 19011** Linee guida per gli audit dei sistemi di gestione per la qualità e/o di gestione ambientale

### Gestione della sicurezza antincendio secondo M.1.8

#### Possibili riferimenti tecnici

- **Linee guida UNI-INAIL del 28 settembre 2001**
- **British Standard OHSAS 18001:2007**
- **Decreto Ministeriale del 09/08/2000** - Linee guida per l'attuazione del sistema di gestione della sicurezza
- **UNI 10616** Impianti di processo a rischio di incidente rilevante - Gestione della sicurezza nell'esercizio - Criteri fondamentali di attuazione
- **UNI 10617** Impianti di processo a rischio di incidente rilevante - Sistema di gestione della sicurezza - Requisiti essenziali



## Organizzazione del personale

- Definizione:
  - Ruoli
  - Coordinamento e sistema di comunicazione tra i diversi livelli dell'organizzazione
  - Aggiornamento delle conoscenze sull'evoluzione normativa

## Organizzazione del personale - Ruoli

Ruolo	Responsabilità, compiti e funzioni
Datore di lavoro/ Responsabile dell'attività	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elabora il modello di gestione basato su               <ul style="list-style-type: none"> <li>. norme aziendali per lo svolgimento del lavoro in modo sicuro</li> <li>. attività di vigilanza sull'applicazione delle norme aziendali per lo svolgimento del lavoro</li> <li>. procedure di controllo periodico delle misure atte a prevenire l'insorgenza dell'incendio</li> <li>. procedure di controllo periodico dello stato di efficienza delle misure predisposte per contrastare l'entità del danno a seguito di incendio</li> <li>. informazione e formazione dei lavoratori sulle norme aziendali</li> <li>. formazione e addestramento degli addetti della squadra aziendale</li> </ul> </li> </ul>

## Organizzazione del personale - Ruoli

Ruolo	Responsabilità, compiti e funzioni
Datore di lavoro/ Responsabile dell'attività	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elabora il modello di gestione basato su               <ul style="list-style-type: none"> <li>- piano di emergenza elaborato sulla base degli scenari di incendio di progetto e contenente le misure                   <ul style="list-style-type: none"> <li>- per la messa in sicurezza di impianti e ambienti</li> <li>- per l'estinzione</li> <li>- per il salvataggio degli occupanti</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>- Individua la struttura organizzativa per l'attuazione del modello di gestione</li> <li>- Nomina il coordinatore della struttura organizzativa</li> <li>- Individua la squadra aziendale antincendio</li> <li>- Nomina il responsabile della squadra aziendale antincendio</li> <li>- predisporre un registro dei controlli per il mantenimento del livello di sicurezza previsto nell'osservanza di limitazioni e condizioni d'esercizio ivi indicate;</li> </ul>

## Organizzazione del personale - Ruoli

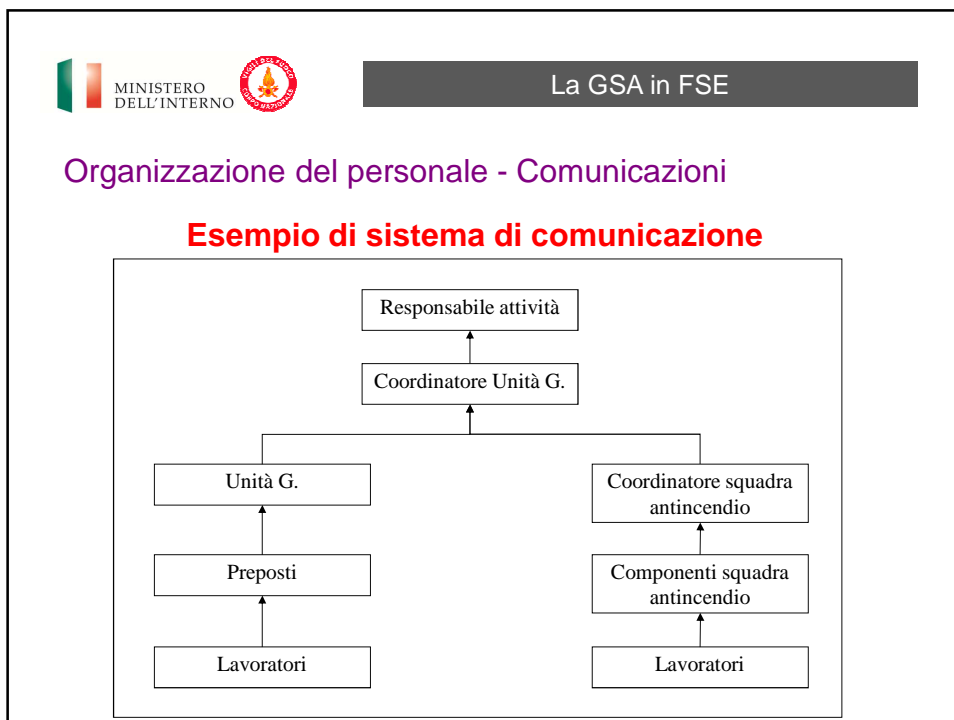
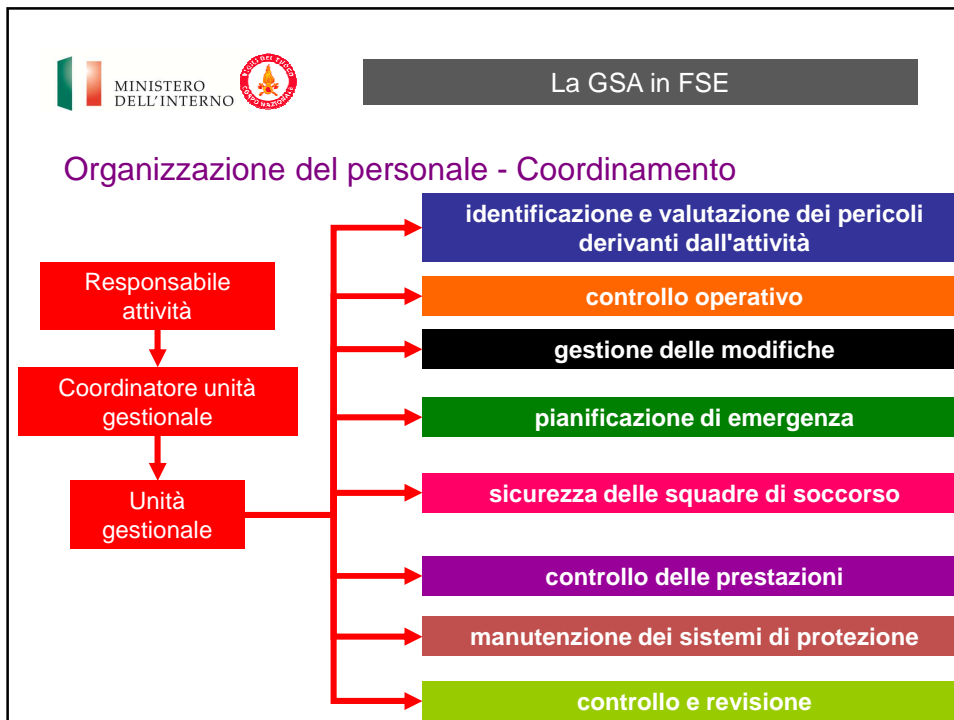
Ruolo	Responsabilità, compiti e funzioni
RSPP/ Coordinatore unità gestionale	<ul style="list-style-type: none"> <li>- E' responsabile delle attività assegnate all'unità gestionale;</li> <li>- E' responsabile dell'attività di vigilanza in materia di esecuzione del lavoro e adempimenti connessi ai controlli periodici di prevenzione e protezione;</li> </ul>
SPP/ Unità gestionale	<ul style="list-style-type: none"> <li>- pianifica e organizza il modello di gestione;</li> <li>- aggiorna le procedure gestionali ed operative per l'esecuzione del lavoro;</li> <li>- aggiorna il piano di emergenza;</li> </ul>
Responsabile degli addetti del servizio antincendio	<p>Addetto al servizio antincendio, individuato dal responsabile dell'attività, che:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- sovrintende i servizi affidati alla squadra aziendale antincendio in condizioni ordinarie;</li> <li>- coordina gli interventi previsti nel piano di emergenza;</li> <li>- si interfaccia con i responsabili delle squadre dei soccorritori</li> </ul>

## Organizzazione del personale - Ruoli

Ruolo	Responsabilità, compiti e funzioni
<b>Addetti al servizio antincendio</b>	<p>In condizioni ordinarie, attuano le disposizioni della GSA, in particolare:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Effettuano i controlli periodici sulle misure di prevenzione</li> <li>- Effettuano l'attività di sorveglianza sulle misure di protezione</li> <li>- Effettuano attività di addestramento sulle procedure di emergenza</li> </ul> <p>In condizioni d'emergenza, attuano il piano d'emergenza; in particolare:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- provvedono alla messa in sicurezza degli impianti</li> <li>- provvedono allo spegnimento di un principio di incendio;</li> <li>- guidano l'evacuazione degli occupanti secondo le procedure adottate;</li> <li>- eseguono le comunicazioni previste in emergenza;</li> <li>- offrono assistenza alle squadre di soccorso.</li> </ul>

## Organizzazione del personale - Ruoli

Ruolo	Responsabilità, compiti e funzioni
<b>Preposti art.19 DL 81/08</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sovrintendono e vigilano sulla osservanza delle norme aziendali per la sicurezza del lavoro e, in caso di inosservanza, informare i superiori diretti, secondo il tipo di inosservanza;</li> <li>- Segnalano tempestivamente al Coordinatore unità gestionale e/o al coordinatore della squadra antincendio ogni condizione di pericolo che si verifichi durante il lavoro,</li> <li>- Ricevono un'adeguata formazione sui seguenti aspetti:           <ul style="list-style-type: none"> <li>· definizione e individuazione dei fattori di rischio,</li> <li>· valutazione dei rischi,</li> <li>· individuazione delle misure tecniche, organizzative e procedurali di prevenzione</li> </ul> </li> </ul>



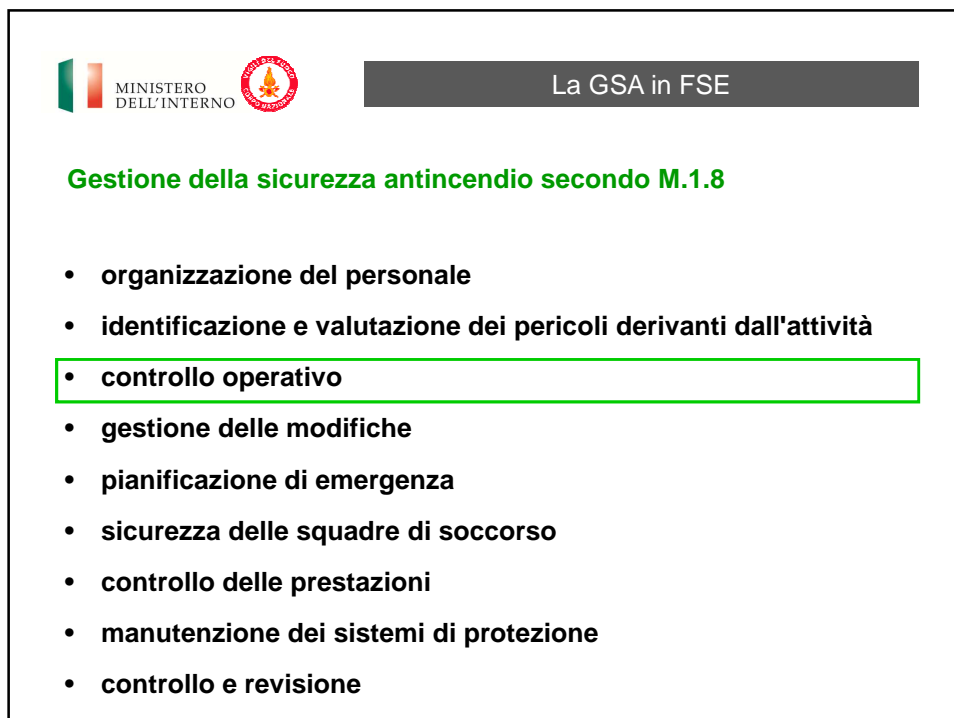
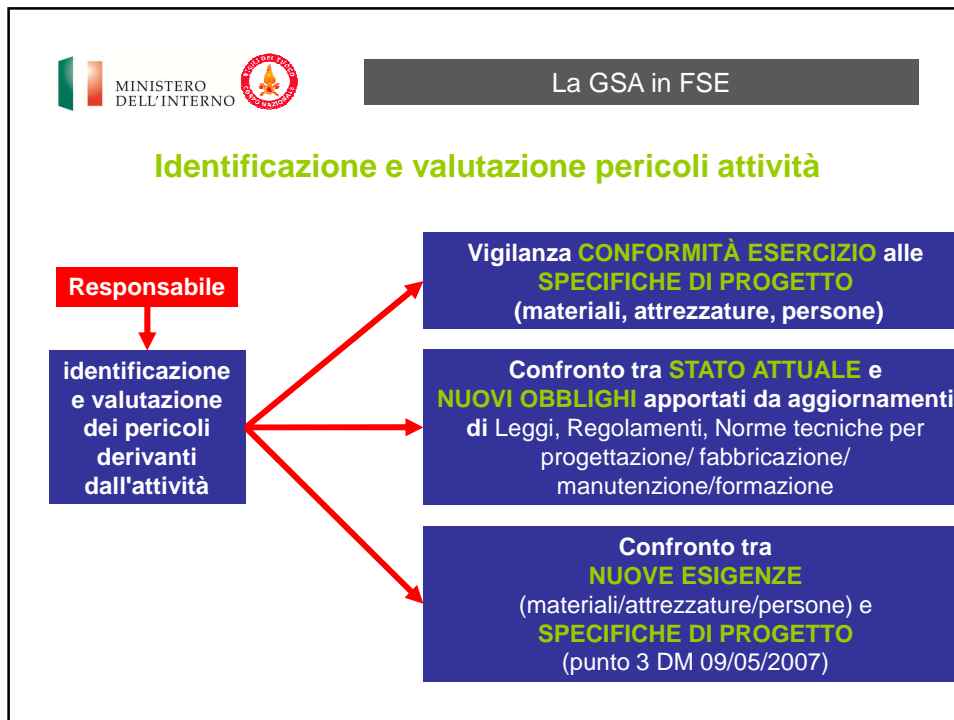
## Organizzazione del personale - Aggiornamento

Deve essere assicurato l'aggiornamento delle informazioni su

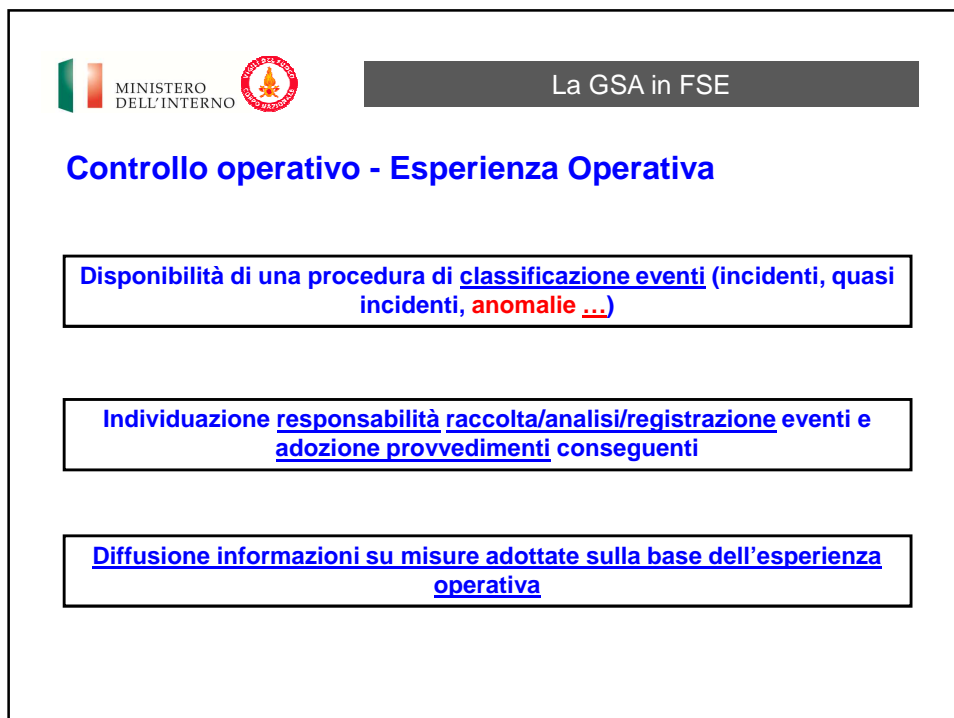
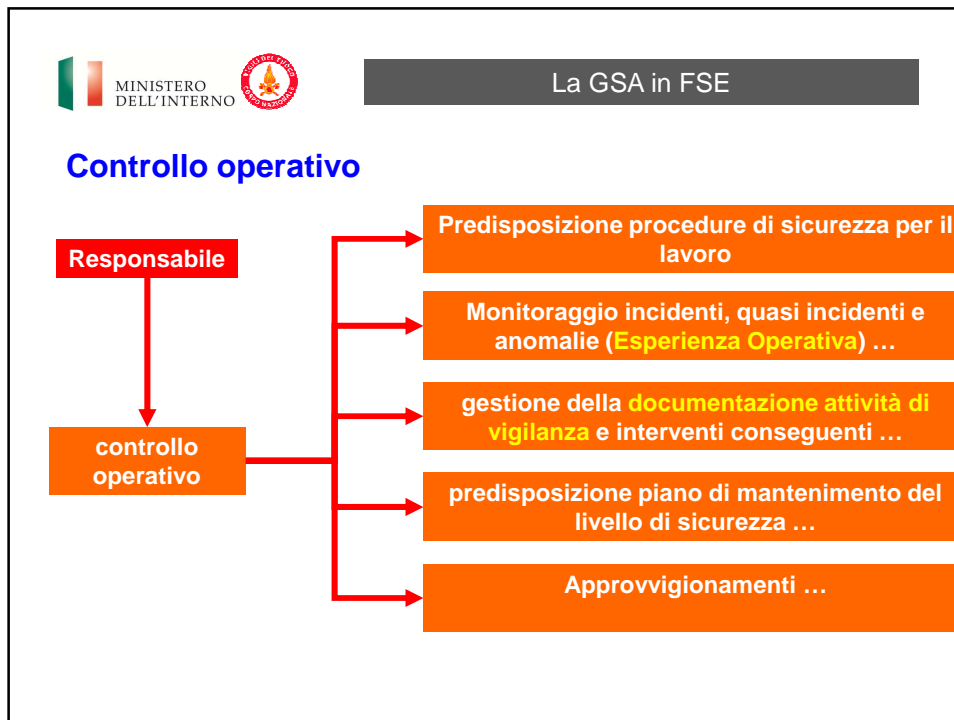
- evoluzione normativa di progettazione, realizzazione, conduzione e manutenzione impianti
- evoluzione stato dell'arte nel campo della sicurezza e organizzazione aziendale

## Gestione della sicurezza antincendio secondo M.1.8

- organizzazione del personale
- **identificazione e valutazione dei pericoli derivanti dall'attività**
- controllo operativo
- gestione delle modifiche
- pianificazione di emergenza
- sicurezza delle squadre di soccorso
- controllo delle prestazioni
- manutenzione dei sistemi di protezione
- controllo e revisione







## Controllo operativo - Esperienza Operativa

Disponibilità di una procedura di classificazione eventi (incidenti, quasi incidenti, **anomalie ...**)

Esempi di anomalie importanti da monitorare:

- Mancato controllo del carico di incendio (*cambia entità energia rilasciata e conseguentemente RHR*)
- Mancato rispetto delle modalità di immagazzinamento (*cambia la superficie esposta*)
- Mancato rispetto distanza di sicurezza inneschi/combustibili (*aumenta probabilità accadimento scenari di incendio e quindi potrebbero cambiare quelli di progetto*)
- Cambio di prodotti in deposito (*potrebbe cambiare RHR e fumi*)
- ...

## Controllo operativo - Gestione vigilanza

- Tenuta della documentazione inerente
  - autorizzazioni di legge
  - progetti degli impianti e relative certificazioni su esecuzione
  - manuali d'uso e manutenzione di impianti e attrezzature
  - contratti di manutenzione
  - rapporti di intervento ditte di manutenzione
  - rapporti sull'attività sorveglianza squadra antincendio e preposti
  - rapporti attività di vigilanza del Coordinatore Unità Gestionale
- attuazione interventi conseguenti alle anomalie riscontrate

## Controllo operativo - Piano di mantenimento

- Obiettivo: mantenimento delle condizioni di esercizio nel tempo
- Attività
  - Esame dei rapporti della funzione "identificazione dei pericoli" e sotto-funzione del C.O. "attività di vigilanza" per valutazione interventi da apportare al controllo dell'esercizio;
  - programmazione dell'attività di informazione, formazione e addestramento del personale addetto alla struttura;
  - programmazione degli interventi di manutenzione di impianti/attrezzature/ambienti
  - pianificazione della turnazione degli addetti antincendio (ferie, permessi...) in maniera tale da garantire l'attuazione del piano di emergenza in ogni momento

## Controllo operativo - Approvvigionamenti

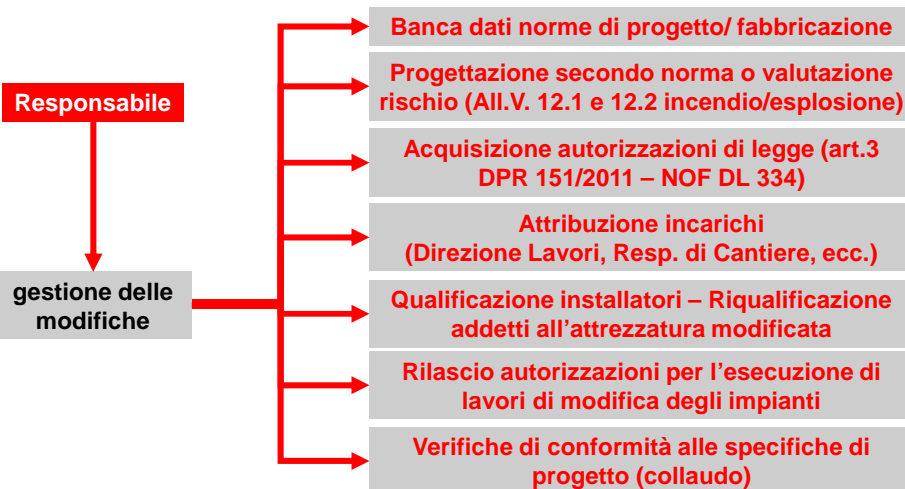
Requisiti di sicurezza tecnici/normativi per beni e servizi:



- Requisiti di conformità e **approvazione della fornitura**
- **Qualificazione/Certificazione degli addetti** all'installazione o alla realizzazione
- Verifiche di qualità (**controlli non distruttivi, prove di apparecchiature**)

### Gestione della sicurezza antincendio secondo M.1.8

- organizzazione del personale
- identificazione e valutazione dei pericoli derivanti dall'attività
- controllo operativo
- **gestione delle modifiche**
- pianificazione di emergenza
- sicurezza delle squadre di soccorso
- controllo delle prestazioni
- manutenzione dei sistemi di protezione
- controllo e revisione

### Gestione delle modifiche

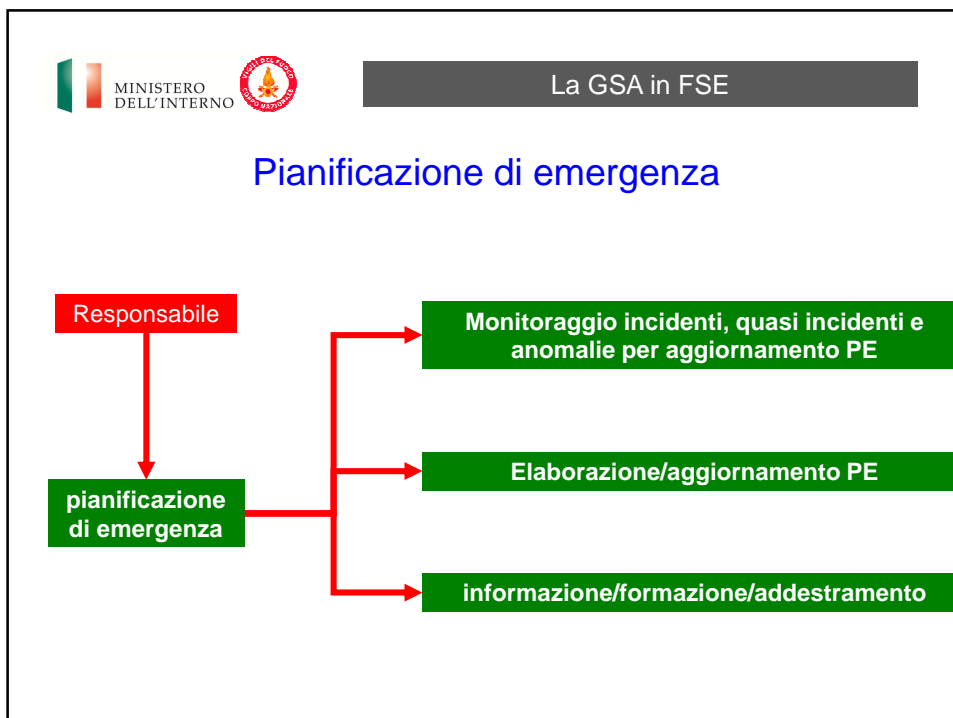


 **MINISTERO DELL'INTERNO** 

La GSA in FSE

**Gestione della sicurezza antincendio secondo M.1.8**

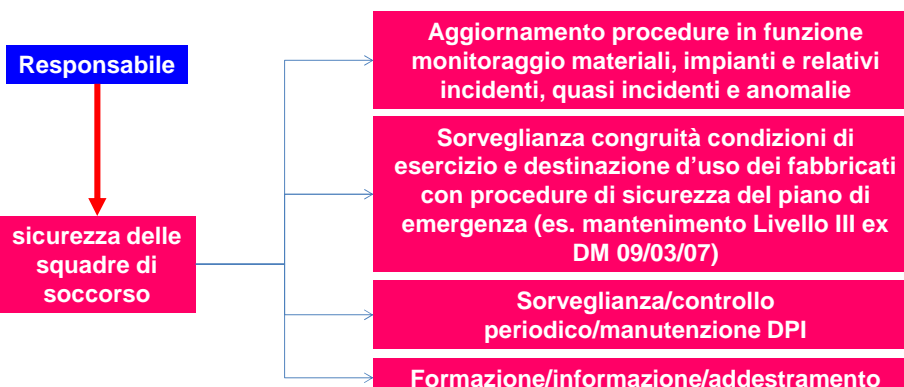
- organizzazione del personale
- identificazione e valutazione dei pericoli derivanti dall'attività
- controllo operativo
- gestione delle modifiche
- **pianificazione di emergenza**
- sicurezza delle squadre di soccorso
- controllo delle prestazioni
- manutenzione dei sistemi di protezione
- controllo e revisione



### Gestione della sicurezza antincendio secondo M.1.8

- organizzazione del personale
- identificazione e valutazione dei pericoli derivanti dall'attività
- controllo operativo
- gestione delle modifiche
- pianificazione di emergenza
- **sicurezza delle squadre di soccorso**
- controllo delle prestazioni
- manutenzione dei sistemi di protezione
- controllo e revisione

### Sicurezza delle squadre di soccorso





### Gestione della sicurezza antincendio secondo M.1.8

- organizzazione del personale
- identificazione e valutazione dei pericoli derivanti dall'attività
- controllo operativo
- gestione delle modifiche
- pianificazione di emergenza
- sicurezza delle squadre di soccorso
- controllo delle prestazioni
- manutenzione dei sistemi di protezione
- controllo e revisione

### Controllo delle prestazioni

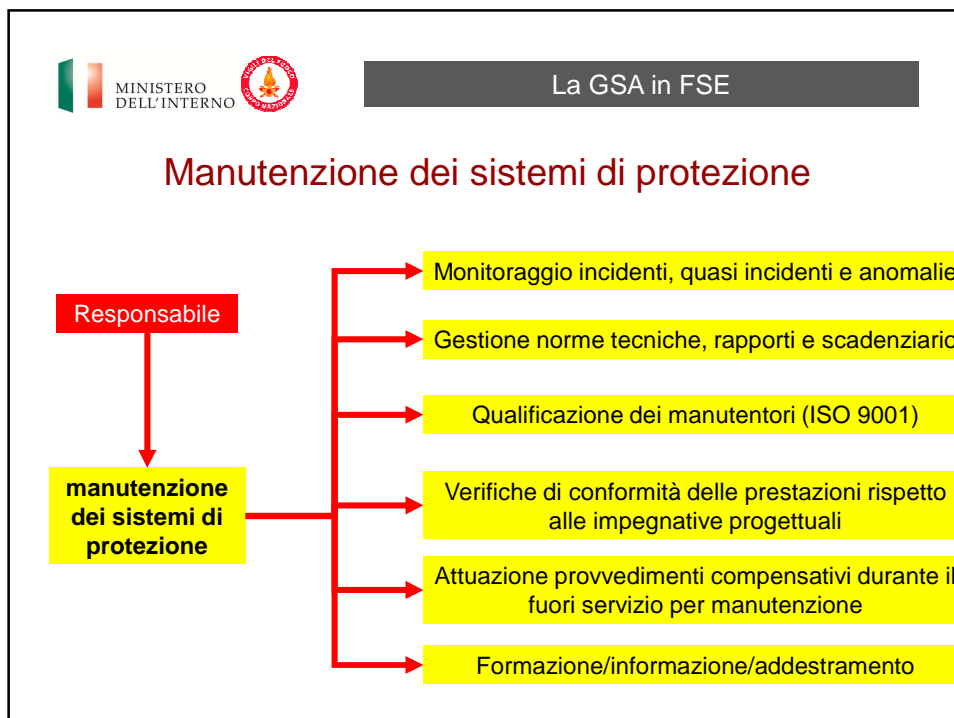




**MINISTERO DELL'INTERNO**



La GSA in FSE

**Gestione della sicurezza antincendio secondo M.1.8**

- organizzazione del personale
- identificazione e valutazione dei pericoli derivanti dall'attività
- controllo operativo
- gestione delle modifiche
- pianificazione di emergenza
- sicurezza delle squadre di soccorso
- controllo delle prestazioni
- **manutenzione dei sistemi di protezione**
- controllo e revisione







**MINISTERO DELL'INTERNO**

La GSA in FSE

**Gestione della sicurezza antincendio secondo M.1.8**

- organizzazione del personale
- identificazione e valutazione dei pericoli derivanti dall'attività
- controllo operativo
- gestione delle modifiche
- pianificazione di emergenza
- sicurezza delle squadre di soccorso
- controllo delle prestazioni
- manutenzione dei sistemi di protezione
- **controllo e revisione**

