



## SEMINARIO TECNICO

*Smoke Management*: una nuova frontiera della sicurezza, finalizzata alla *Life Safety* e non solo al controllo

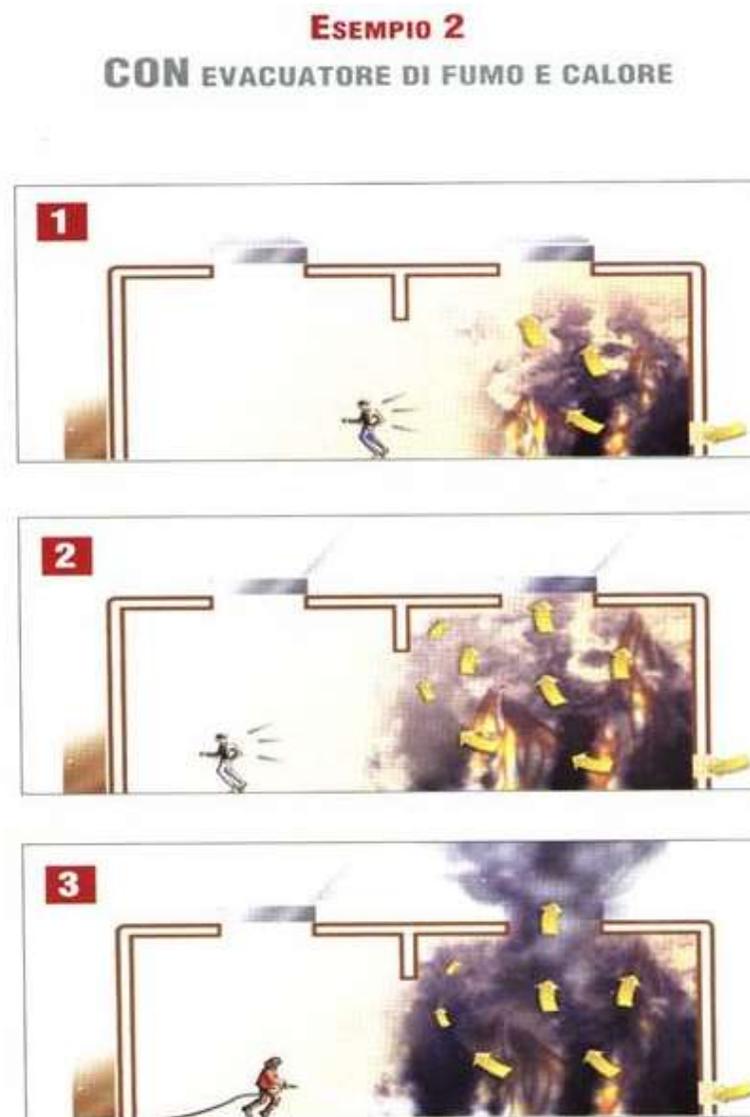
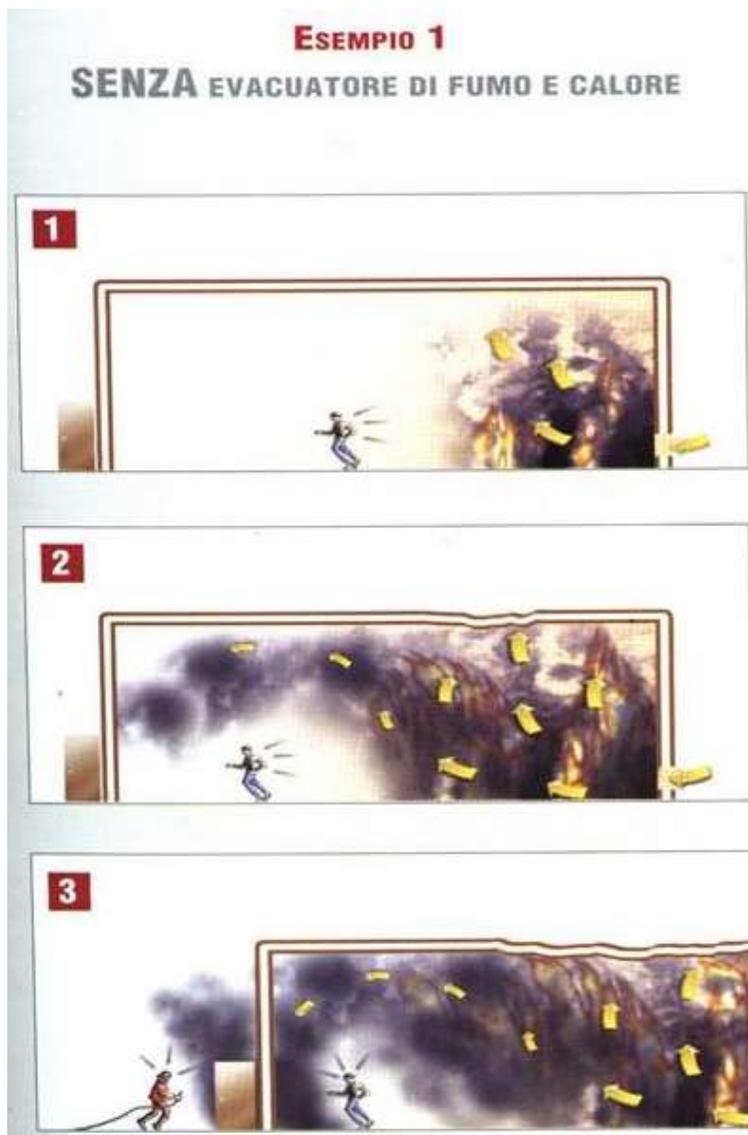
Bologna, 27 novembre 2019

**Dott. Ing. Gianluigi Guidi**

Membro del gruppo di lavoro UNI: impianti di spegnimento ad acqua

Membro del gruppo di lavoro UNI : FSE

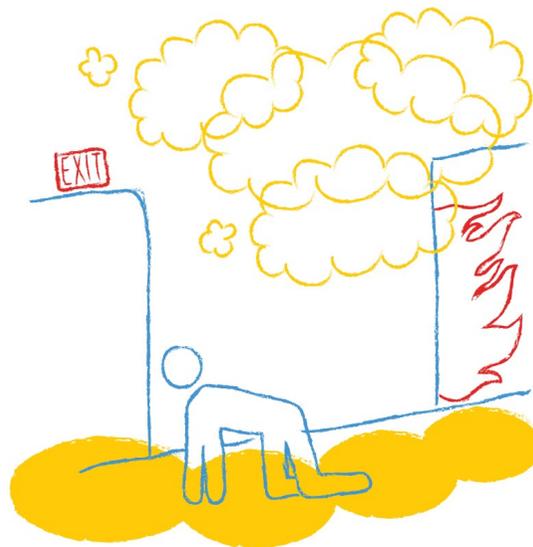
# SISTEMI DI EVACUAZIONE FUMO E CALORE



# SMOKE MANAGEMENT



La traduzione letterale di «*Smoke Management*» suggerisce un concetto fondamentale: lo scopo non è progettare un impianto di estrazione fumi ma «gestire un problema» in funzione degli obiettivi prefissati.

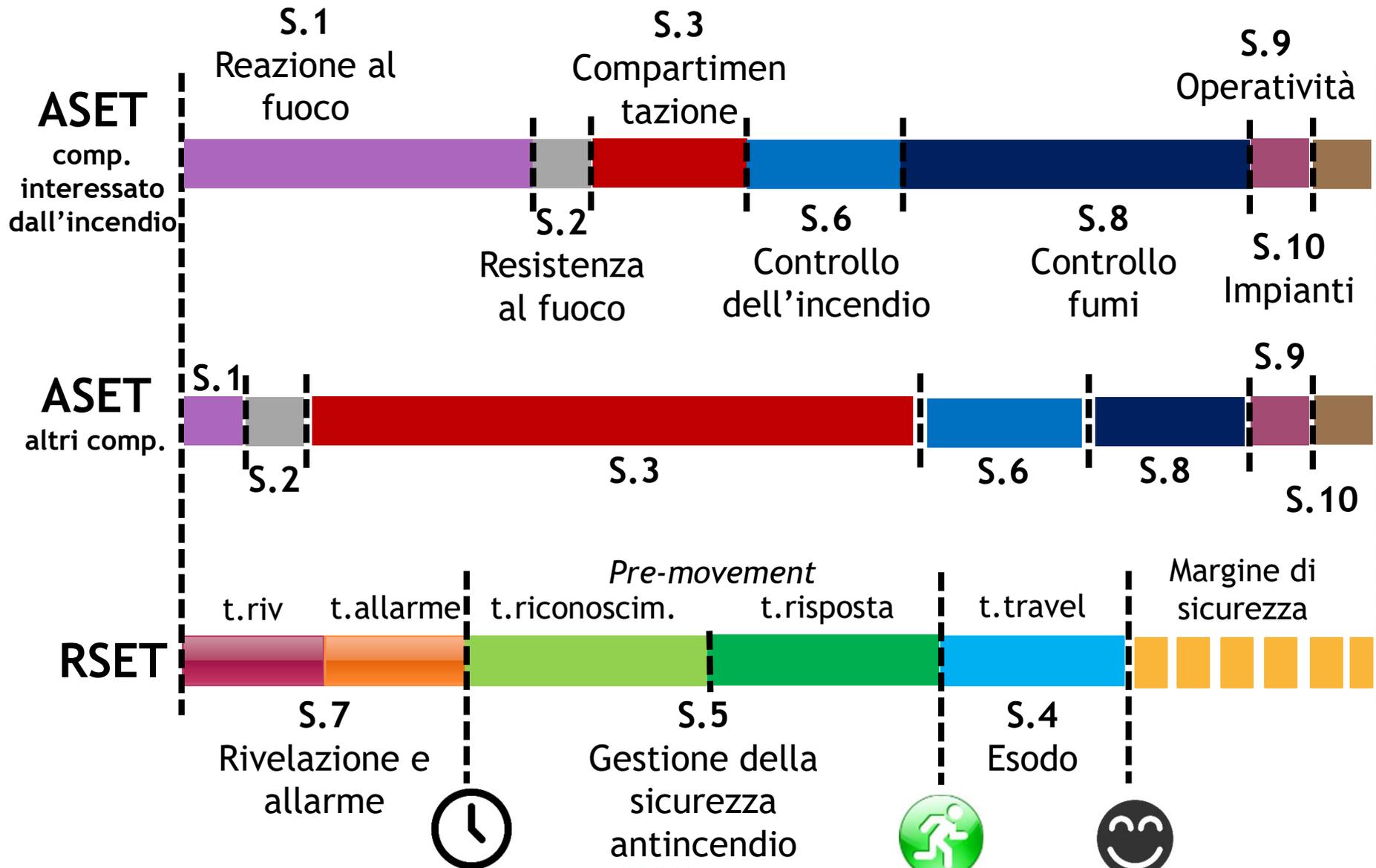


# SMOKE MANAGEMENT: OBIETTIVI

1. Mantenere le vie di esodo e gli accessi ai locali interessati dall'incendio liberi da fumo;
2. Ritardare e/o prevenire le condizioni di “flash-over”;
3. Agevolare le operazioni delle squadre di intervento contro l'incendio;
4. Confinare il fumo ad una ridotta area dell'edificio
5. Limitare i danni agli impianti e alle merci;
6. Ridurre le sollecitazioni termiche sulle strutture;
7. Ridurre i danni provocati dalle sostanze tossiche o corrosive originate dalla combustione.

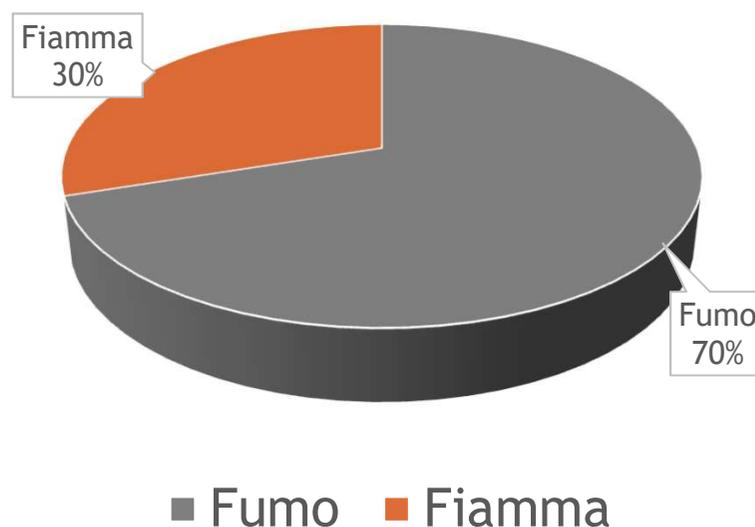


# ASET VS RSET



# STATISTICHE

- La maggior parte delle morti per incendio è dovuta all'inalazione dei gas tossici che si sprigionano dalla combustione. Le ustioni rappresentano solo il 30% delle morti e ferite provocate dagli incendi.





# IL FUMO: CHE COS'È?

Il fumo è uno dei prodotti della combustione, ed è formato da piccolissime particelle:

## ◉ Solide (aerosol):

- Sostanze incombuste che si formano in carenza di ossigeno;
- Sono prodotte in quantità tale da impedire la visibilità;
- Rendono il fumo di colore nero.

## ◉ Liquide (nebbie o vapori condensati):

- Vapore d'acqua che al di sotto di 100° C condensa, dando luogo a fumo di colore bianco.

# IL FUMO: CHE COS'È?

- Il principale problema legato al fumo è la temperatura, la sua velocità di propagazione e dispersione nell'ambiente rispetto alla fiamma.



# IL FUMO: CHE COS'È?

COLORE DELLA FIAMMA	COMBUSTIBILE
 <i>Marrone</i>	Olio da cucina
 <i>Bianco</i>	Paglia, fosforo
 <i>Giallo/ Marrone</i>	Nitrocellulosa, zolfo, acido nitrico-solforico-cloridico, polvere da sparo
 <i>Grigio/ Marrone</i>	Legno, carta, stoffa
 <i>Viola</i>	Iodio
 <i>Nero/ Marrone</i>	Nafta, diluenti per vernici
 <i>Nero</i>	Acetone, cherosene, benzina, olio lubrificante, gomma, catrame, carbone, plastica



# IL FUMO: EFFETTI SULL'UOMO

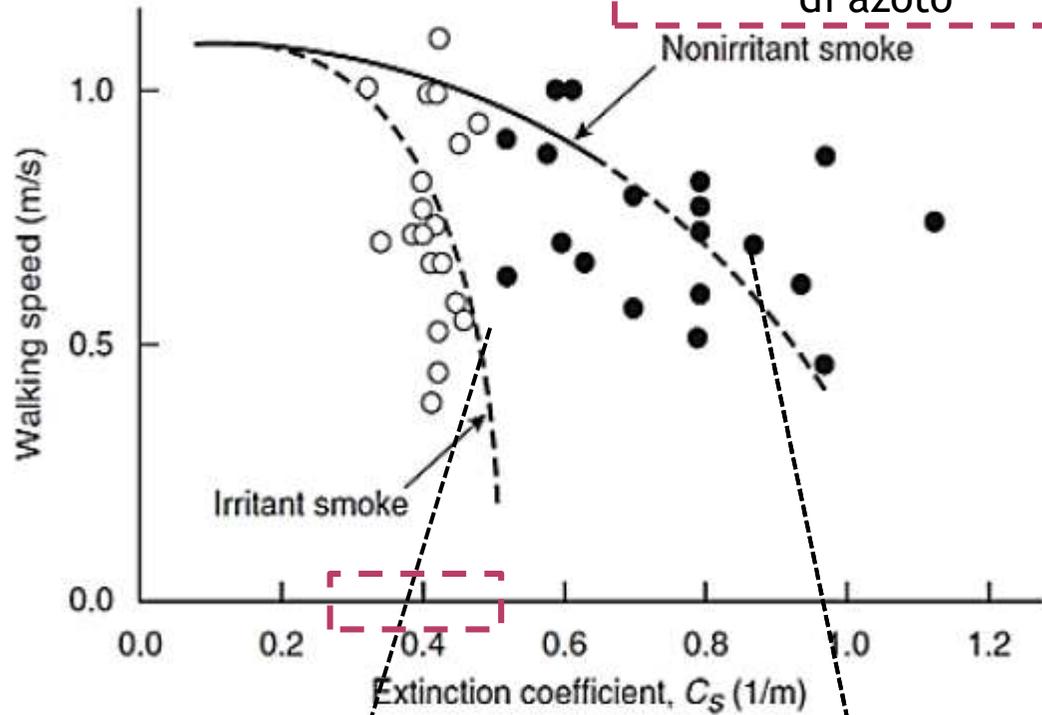
FUMI IRRITANTI:  
ammoniaca, cloro,  
diossido di zolfo e ossido  
di azoto

Effetti del fumo:

- Ustioni termiche;
- Ostruzioni vie aeree
- Irritazione vie respiratorie,
- Asfissia.



**IMPATTO  
SULL'ESODO**



# IL FUMO: EFFETTI SULL'UOMO

Si ha la morte per l'effetto dei fumo caldi con:

*120 ° per 15 minuti*

*145 ° per 3 minuti*

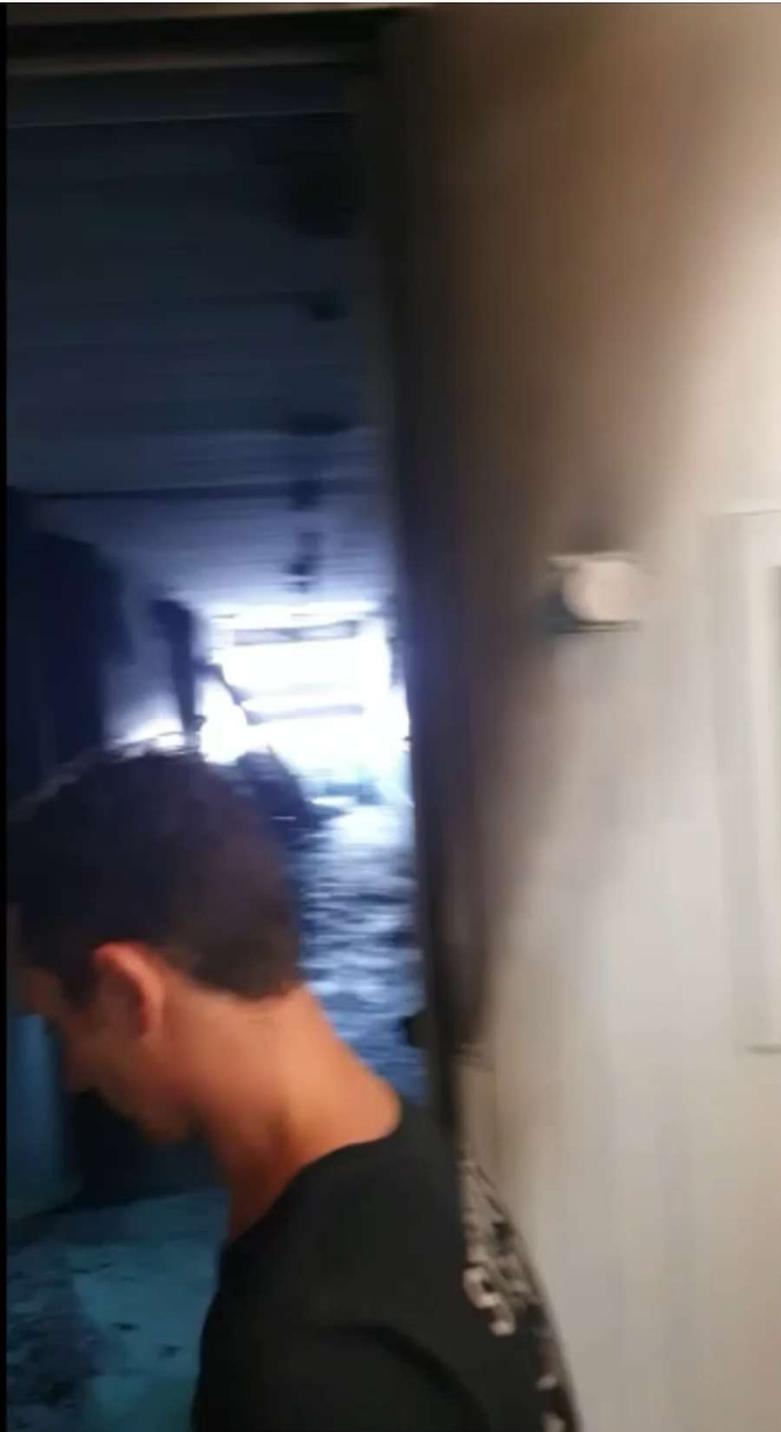
*175 ° per 1 minuti*

La morte sopraggiunge per gravi ustioni agli alveoli polmonari.

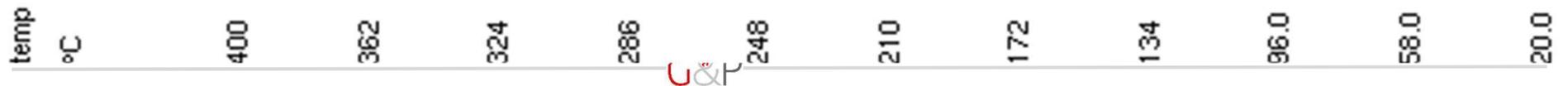
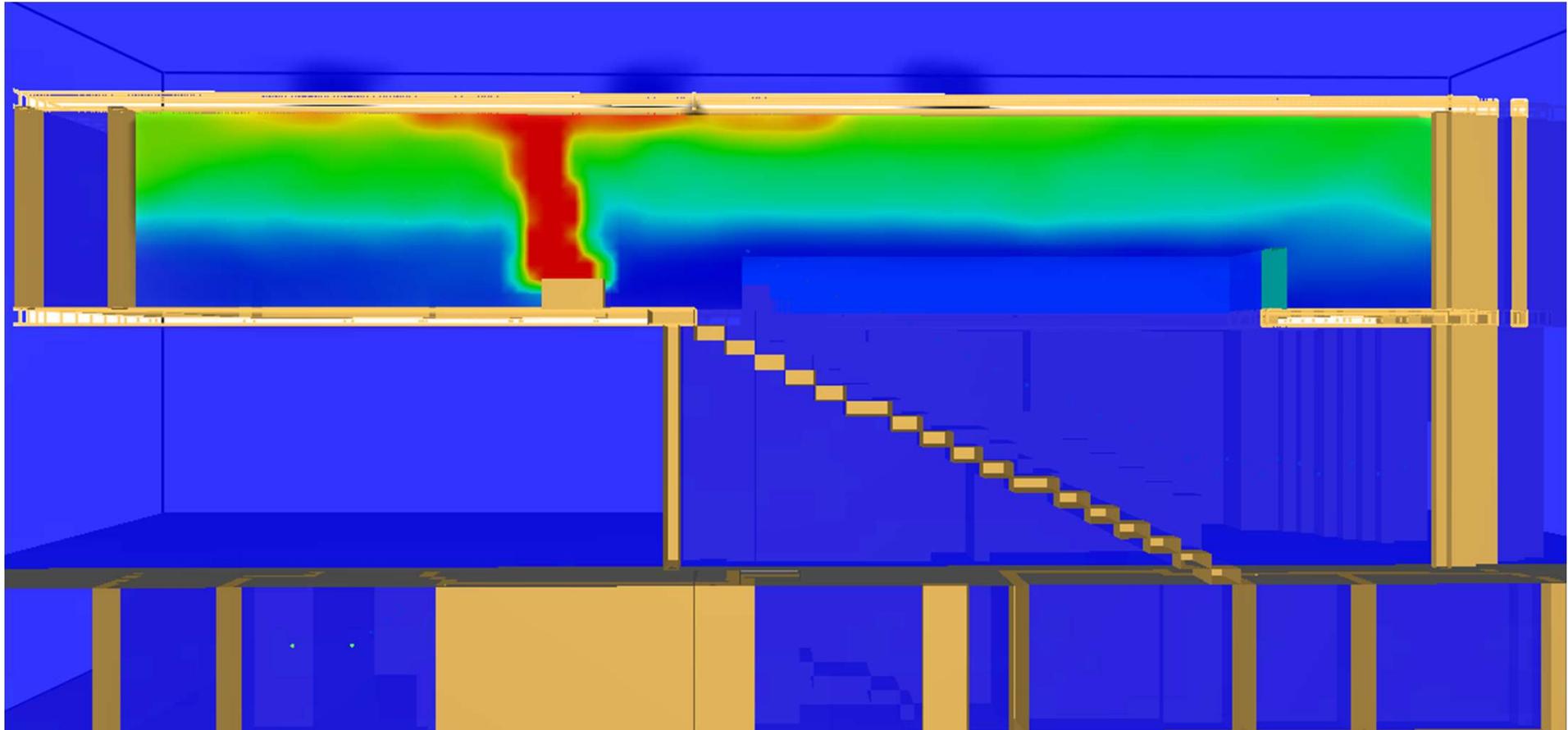
# IL FUMO: EFFETTI SULL'AMBIENTE



**UOMO:  
METTI  
L'AMBIENTE**



# TEMPERATURA DEI FUMI



# SOLUZIONI PROGETTUALI

- ◉ **Compartimentazione:**
  - Barriere fisse e mobili, filtri, condotti, etc;
- ◉ **Galleggiamento:**
  - Controllo VERTICALE del fumo;
- ◉ **Flusso (spostamento) d'aria:**
  - Controllo ORIZZONTALE del fumo;
- ◉ **Pressurizzazione:**
  - Vani scala, corridoi, interi piani;
- ◉ **Diluizione:**
  - Durante e dopo l'incendio.

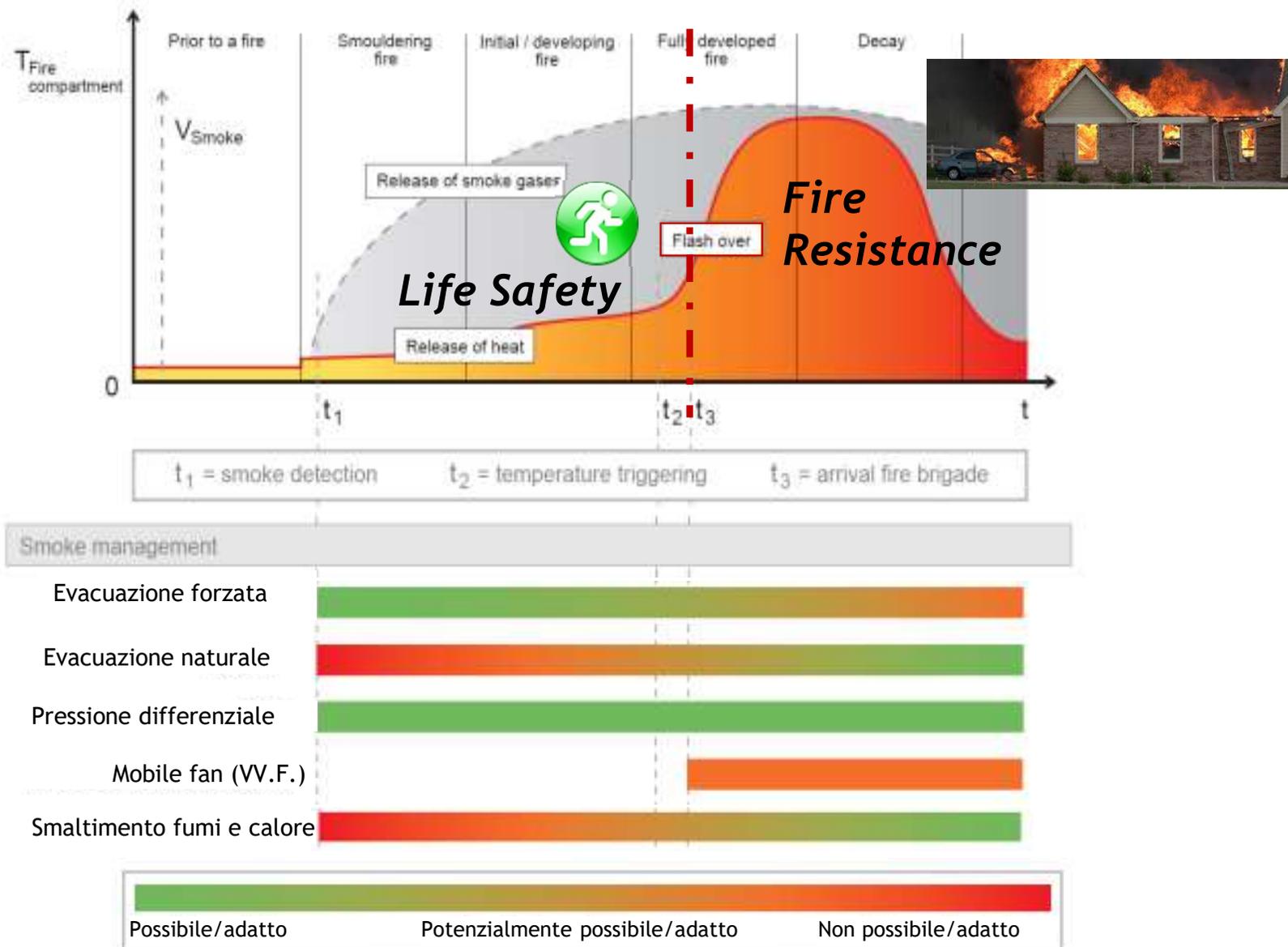


# SOGLIE DI PRESTAZIONE

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 n 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% la porzione di 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 inferiori a 30 minuti
		Soccorritori: 3 kW/m <sup>2</sup>	[1]
<p>[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.</p>			

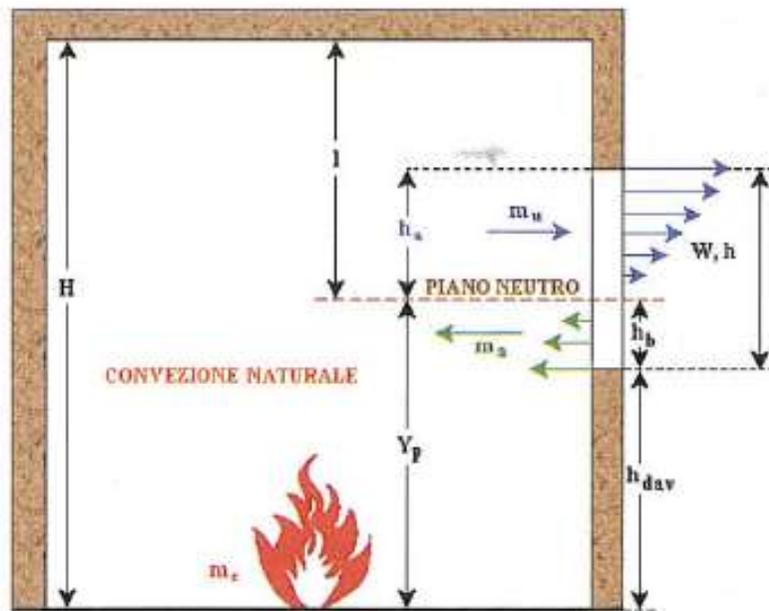
Tabella M.3-2: Esempio di soglie di prestazione impiegabili con il metodo di calcolo avanzato

# SOLUZIONI PROGETTUALI



# PIANO NEUTRO

- Piano neutro: punto in cui la pressione all'interno del locale eguaglia la pressione atmosferica esterna.
  - **Prima del *flashover***: piano neutro a circa metà dell'apertura o poco inferiore;
  - **Dopo il *flashover***: il piano neutro si abbassa.



L'esatta posizione si calcola come:

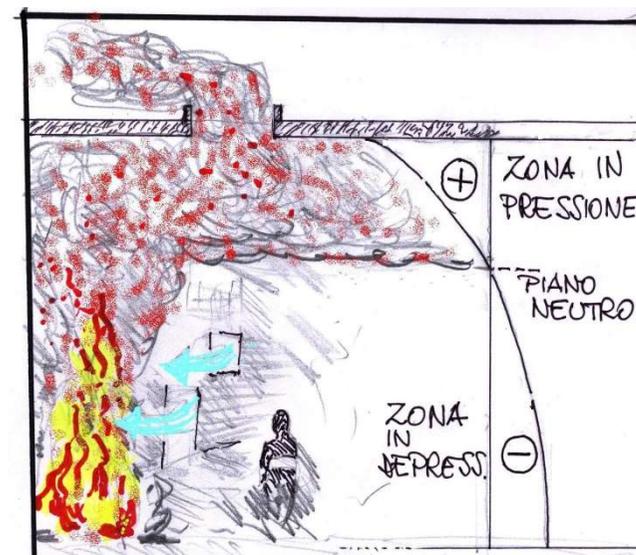
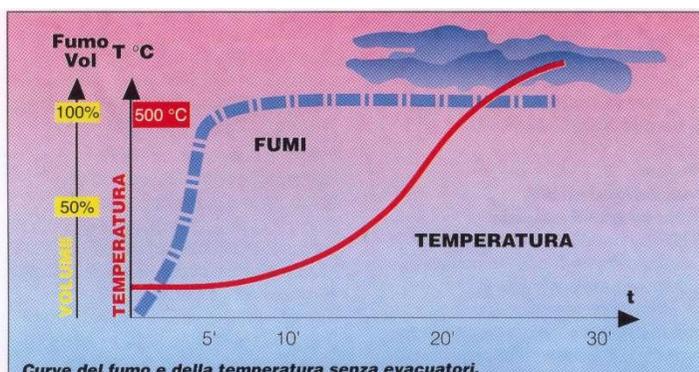
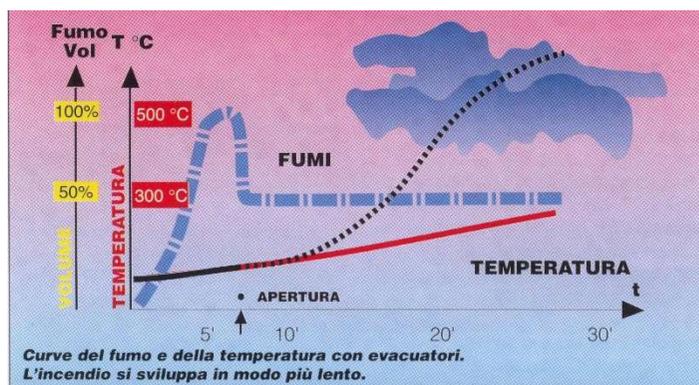
$$Y_p = h_{dav} + \frac{h}{1 + \left(\frac{\rho_a}{\rho_g}\right)^{0,333} * \left(1 + \frac{m_c}{m_a}\right)^{0,666}}$$

# SISTEMI DI EVACUAZIONE FUMI E CALORE

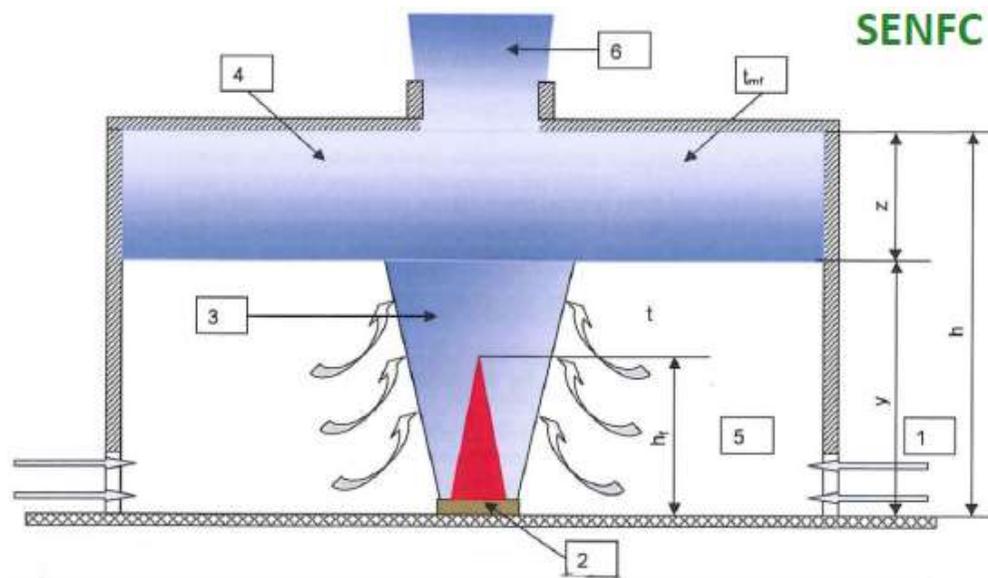
- ◉ I SEFC creano e mantengono uno strato d'aria sostanzialmente indisturbato nello stato inferiore dell'ambiente da proteggere;
- ◉ Mantengono le vie di esodo libere da fumo e calore, agevolano le operazioni antincendio, ritardano o prevengono il *flashover*, limitano i danni e riducono gli effetti termici sulle strutture.
  - UNI 9494-1: per SEFC ad evacuazione naturale
  - UNI 9494-2 per SEFC ad evacuazione forzata

# SEFC: FUNZIONAMENTO

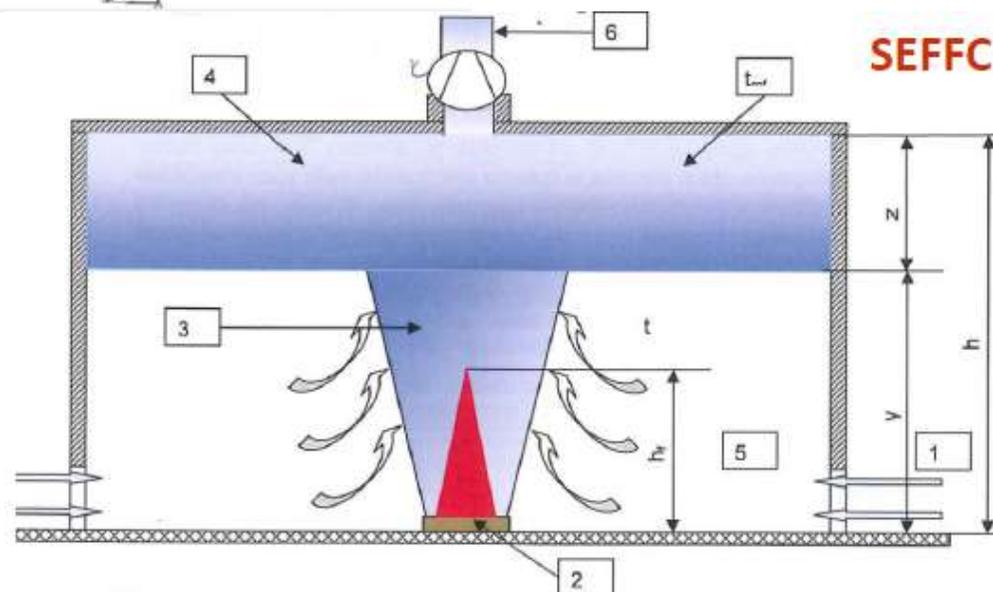
L'impianto efc abbassa sensibilmente la temperatura dei fumi, rallenta lo sviluppo dell'incendio e crea uno strato libero dai fumi.



# SISTEMI DI EVACUAZIONE FUMI E CALORE



1 Ingresso aria esterna	t Temperatura ambiente
2 Focolaio	$t_{mf}$ Temperatura media fumo
3 Colonna di fumo	h Altezza dell'ambiente
4 Strato di fumo	y Altezza libera da fumo
5 Zona libera da fumo	z Spessore strato di fumo
6 Fumo estratto dall'ambiente	$h_f$ Altezza fiamma



# SMALTIMENTO FUMI E CALORE

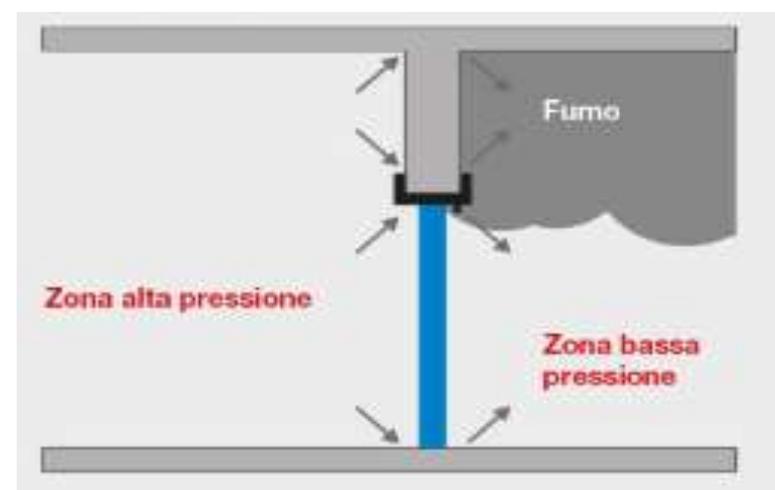
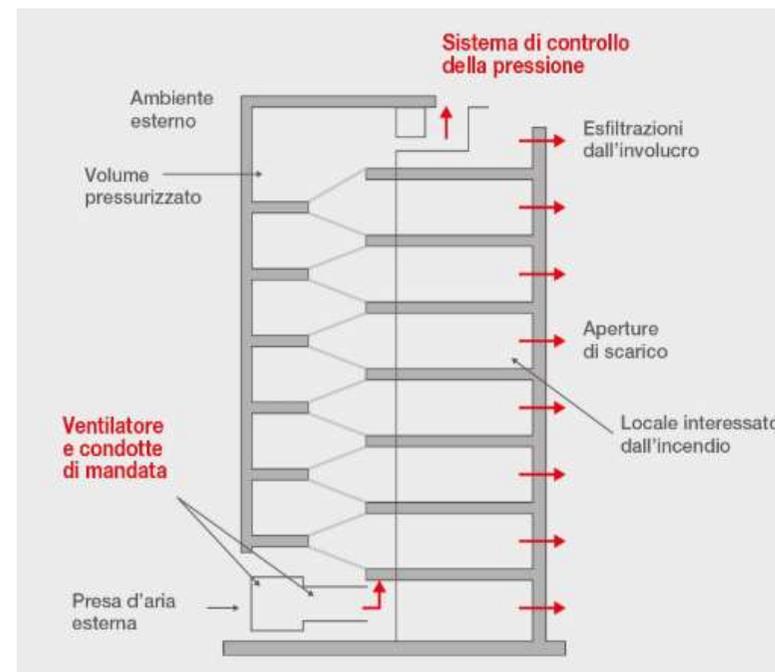
Lo smaltimento fumi e calore d'emergenza non ha la funzione di creare un adeguato strato libero dai fumi, ma solo quello di facilitare l'opera di estinzione dei soccorritori.

Tipo di impiego	Descrizione
SEa	Permanentemente aperte
SEb	Dotate di sistema automatico di apertura con attivazione asservita ad IRAI
SEc	Provviste di elementi di chiusura (es. infissi, ...) ad apertura comandata da posizione protetta e segnalata
SEd	Provviste di elementi di chiusura non permanenti (es. infissi, ...) apribili anche da posizione non protetta
SEe	Provviste di elementi di chiusura permanenti (es. lastre in polimero PMMA, policarbonato, ...) per cui sia possibile l'apertura nelle effettive condizioni d'incendio (es. condizioni termiche generate da incendio naturale sufficienti a fondere efficacemente l'elemento di chiusura, ...) o la possibilità di immediata demolizione da parte delle squadre di soccorso.

Tabella S.8-4: Tipi di realizzazione delle aperture di smaltimento

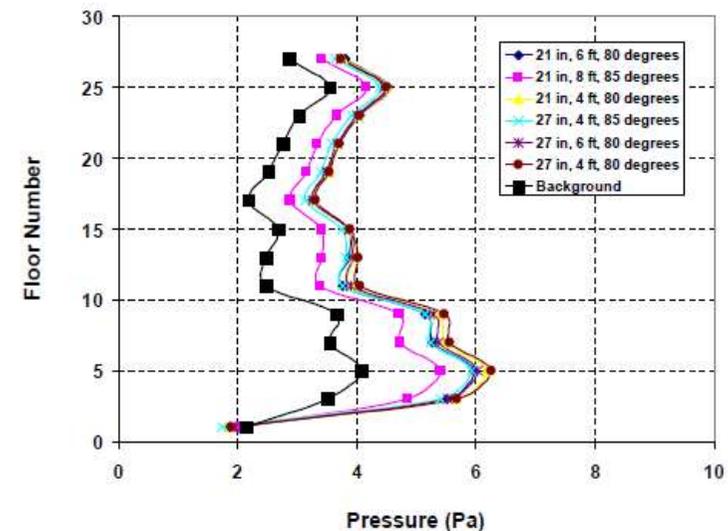
# PRESSIONE DIFFERENZIALE

Nei sistemi a pressurizzazione il principio generale è quello di creare e mantenere un differenziale positivo di pressione tra l'area da proteggere (ad esempio, il vano scale) e il piano ove ha luogo l'evento, con lo scopo di evitare che il fumo prodotto dall'incendio penetri all'interno di essa.



# MOBILE FAN: FUNZIONAMENTO

Il sistema risulta essere in grado di produrre sovrappressioni che permettono di mantenere sgombro dai fumi un ambiente, come ad esempio le scale. In particolare una delle configurazioni maggiormente significative prevede l'installazione dei ventilatori a diversi livelli dei vani scali, in modo da mantenere il livello di pressione (circa 30 Pa) pressoché invariato per tutta l'altezza dell'edificio.



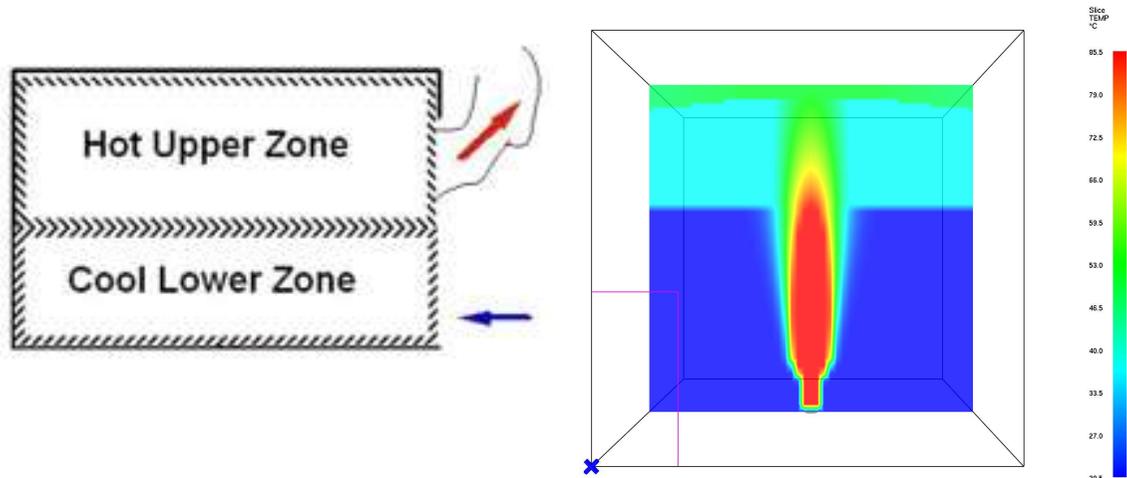
Stairwell pressures from fans blowing into D1

# MOBILE FAN



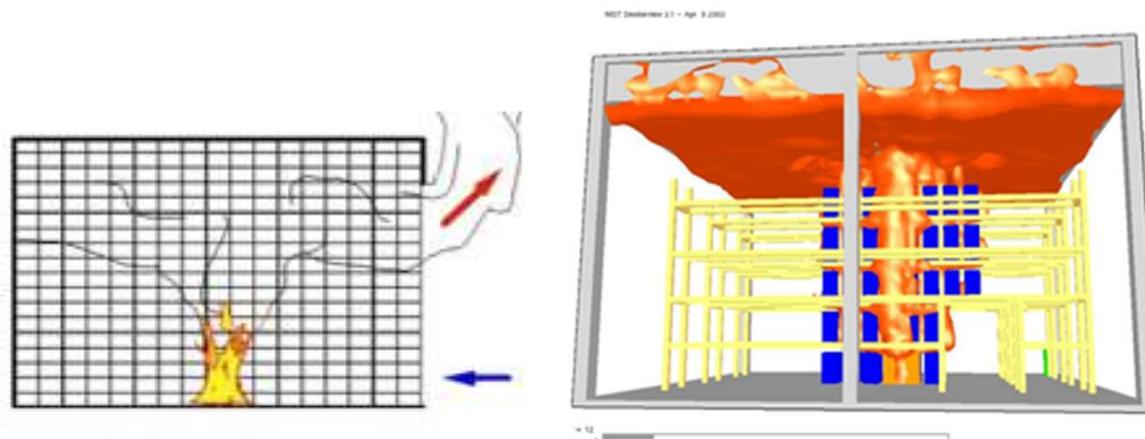
L'approccio mediante *mobile fan* viene sempre più utilizzato dai Vigili del Fuoco americani, al fine di rendere più sicuro l'intervento da parte delle squadre.

# MODELLAZIONI: CFAST VS FDS



Modelli  
a zone...

...o di campo ?



VALIDATI?

# CFAST

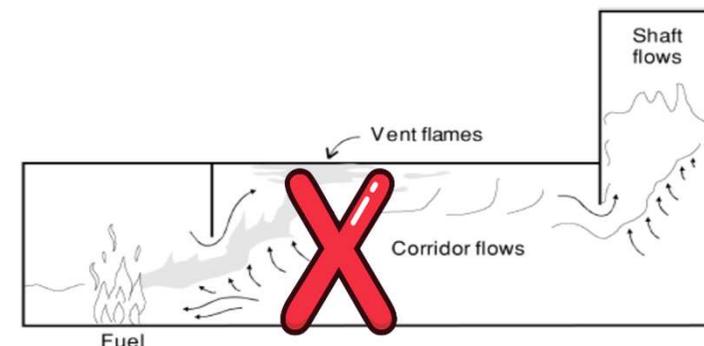
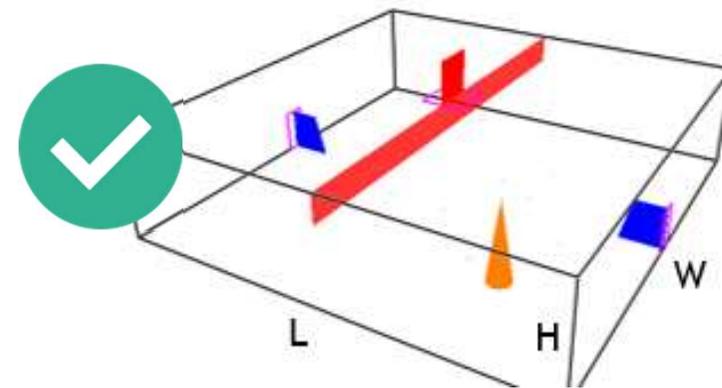
## ◉ Campo di applicazione:

- Il modello è valido ed attendibile solo nel caso in cui l'incendio si sviluppi in spazi confinati caratterizzati da una geometria semplice, con le seguenti limitazioni:

$$0.6 H < W < 4.9 H$$

$$0.6 H < L < 8.3 H$$

- ◉ CFAST sovrastima le temperature (dai 50 ai 150° C) degli strati superiori dei compartimenti.



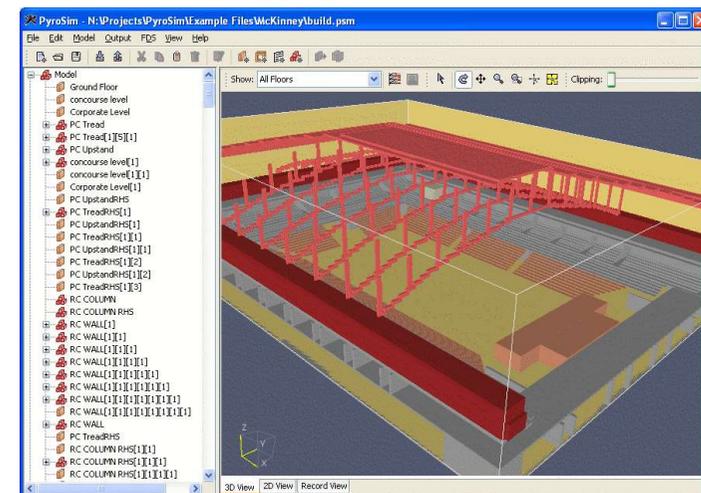
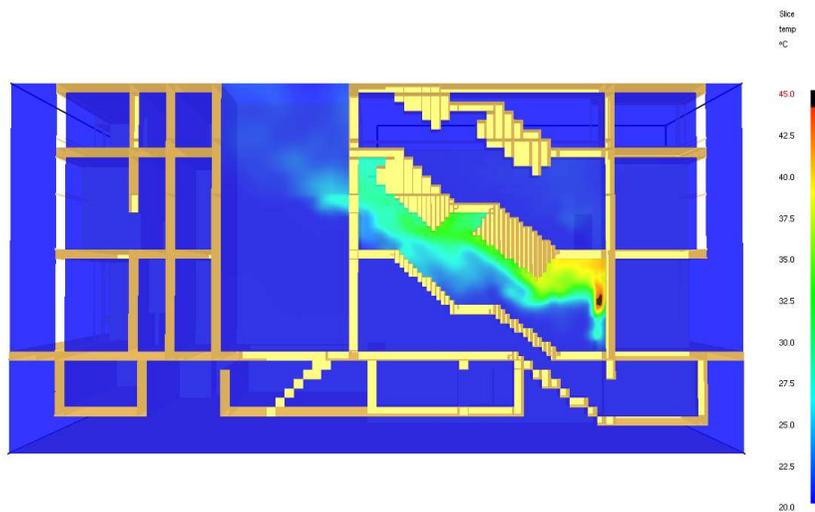
# FDS



## ◉ Campo di applicazione:

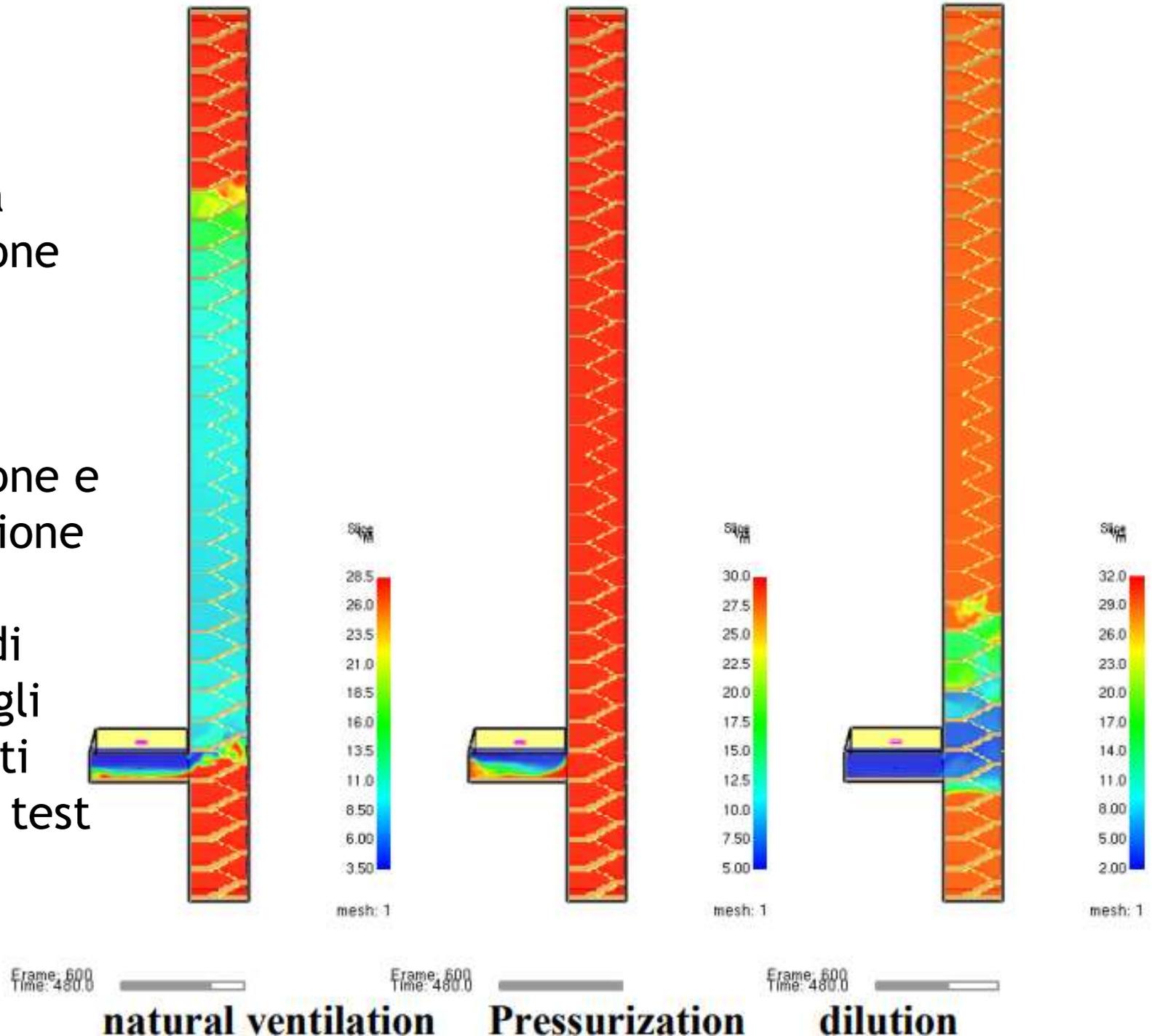
- La quasi totalità delle applicazioni ingegneristiche ricade nel campo di applicazione;

## ◉ Non ha vincoli sulla geometria.



# FDS

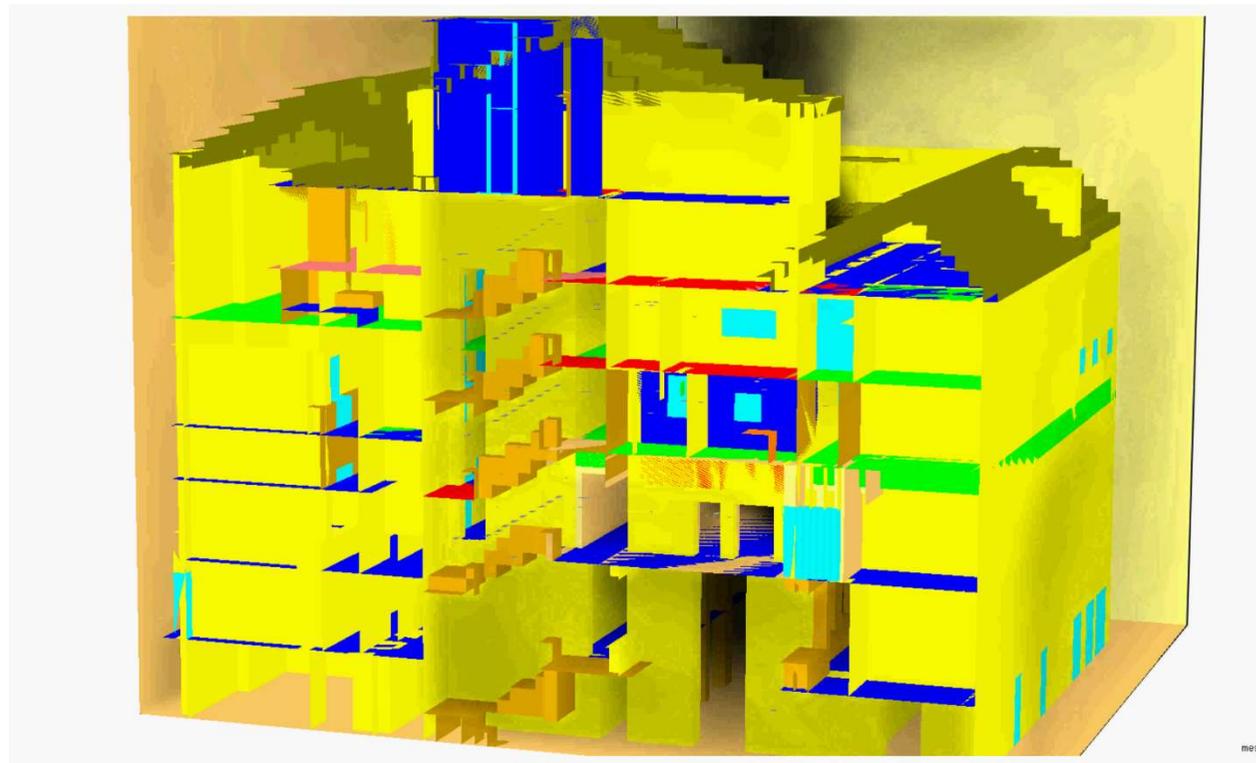
- » L'uso della modellazione CFD nella previsione della propagazione e dell'estrazione di fumo consente di sostituire gli esperimenti fisici con i test virtuali.



# ESEMPI PRATICI, life safety

## ALBERGO

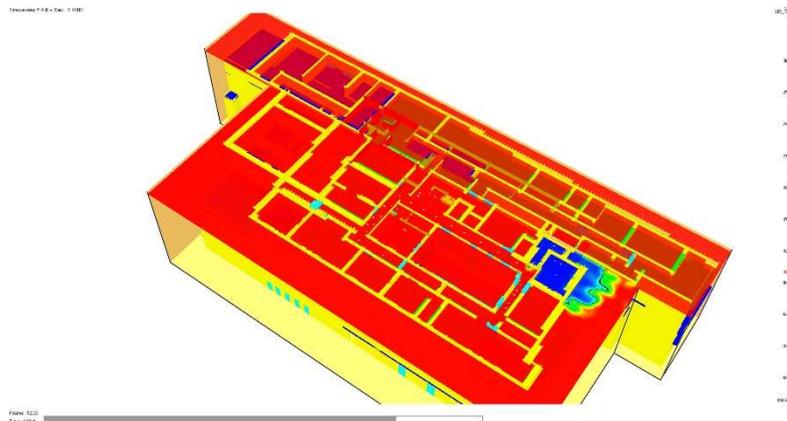
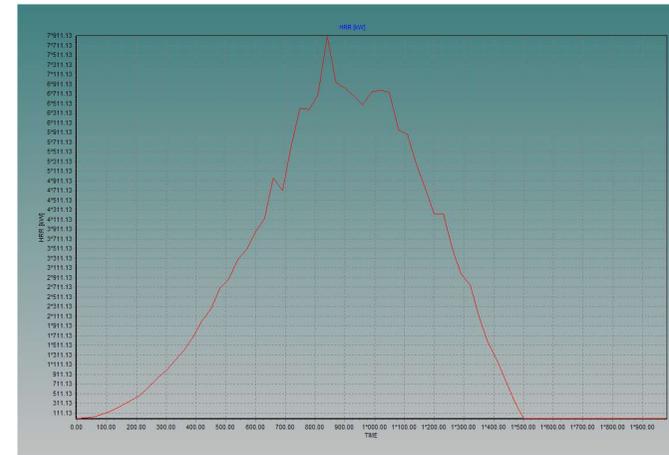
Edificio multipiano privo di scala protetta o a prova di fumo, percorsi conseguentemente molto lunghi.



# ESEMPI PRATICI, life safety

## ALBERGO

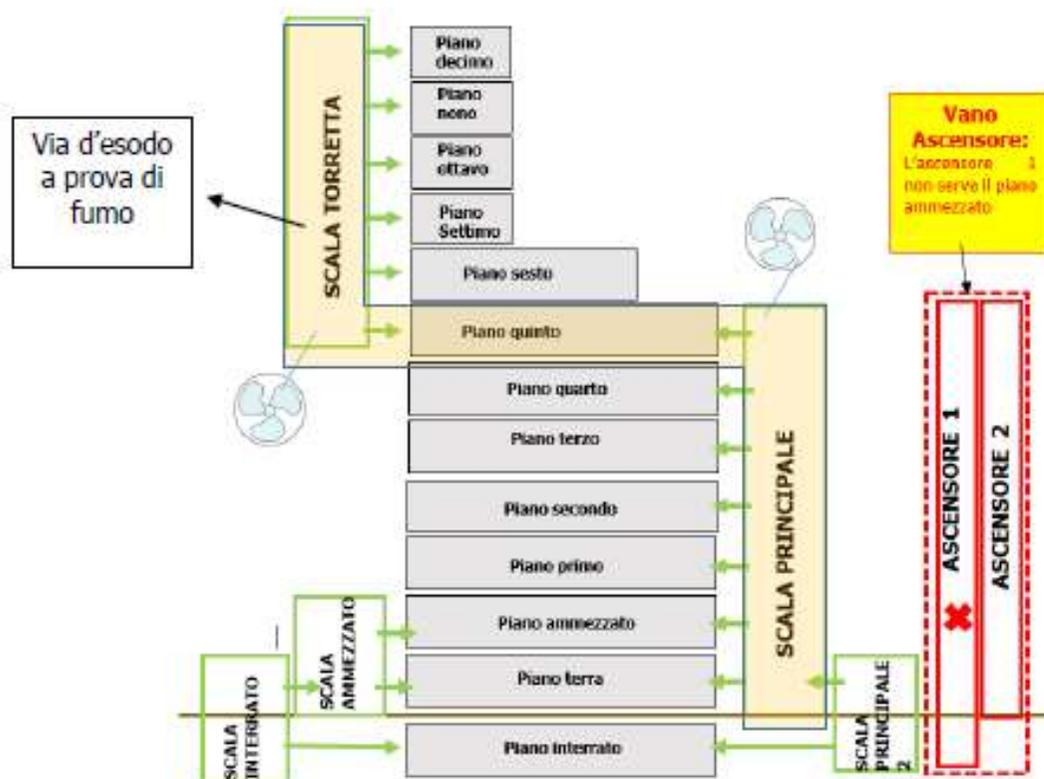
Edificio multipiano privo di scala protetta o a prova di fumo, percorsi conseguentemente molto lunghi.



# ESEMPI PRATICI, life safety

## EDIFICIO TUTELATO

Edificio tutelato, ridondanza delle uscite di emergenza non verificata e impossibilità di realizzare una seconda scala.





**istituto Salvemini Casalecchio di  
Reno archivio C.D.V. E.Romagna**

**7 Luglio 1995**

**salvataggio ragazzo nel torrente**

**Savena a Pianoro**

**riprese Moreno Boldini**

**centro video documentazione**

**Emilia Romagna**

