

# L'INCENDIO REALE E L'INCENDIO CONVENZIONALE

Corso di aggiornamento in prevenzione incendi finalizzato al mantenimento dell'iscrizione dei professionisti negli elenchi del Ministero dell'Interno di cui all'art. 7 del D.M. 5 agosto 2011

SASSARI 10 maggio 2016 – ing. Maurizia BARONE

# SCENARI E INCENDI CONVENZIONALI E REALI

L'andamento delle temperature negli elementi sarà valutato in riferimento:

- ✓ a una **curva nominale d'incendio**, per l'intervallo di tempo di esposizione pari alla classe di resistenza al fuoco prevista;
- ✓ a una **curva naturale d'incendio**, tenendo conto dell'intera durata dello stesso, compresa la fase di raffreddamento fino al ritorno alla temperatura ambiente.

La curva di incendio è una rappresentazione analitica dell'andamento nel tempo delle temperature (curva Tempo-Temperatura) che si raggiungono in un compartimento in condizioni di incendio.

# CURVE NOMINALI DI INCENDIO

Le curve nominali rappresentano l'andamento della temperatura ambiente nella prossimità delle strutture, indipendentemente dalle reali condizioni al contorno o di ventilazione.

Dette relazioni sono state sviluppate per l'effettuazione di prove sperimentali in forno su elementi costruttivi, in quanto la conduzione della fase di riscaldamento del forno è semplificata se si prende a riferimento una curva sempre crescente o al più costante nel tempo.

Nella letteratura tecnica esistono molte curve nominali.

# CURVE NOMINALI DI INCENDIO

Curva nominale **STANDARD (ISO834)**:

incendio confinato di materiali di natura cellulosica quali legno, carta ed alcuni tipi di tessuto

$$T = 345 \cdot \log_{10}(8 \cdot t + 1) + 20$$

dove : T è la temperatura dei gas in °C

t è il tempo espresso in minuti

20 è la temperatura ambiente in °C



# CURVE NOMINALI DI INCENDIO

Curva nominale del **FUOCO ESTERNO**:

incendio confinato in un compartimento che aggredisce elementi costruttivi esterni al compartimento esterno

$$T = 660 \cdot (1 - 0,687 \cdot e^{-0,32 \cdot t} - 0,313 \cdot e^{-3,8 \cdot t}) + 20$$

dove : T è la temperatura dei gas in °C

t è il tempo espresso in minuti

20 è la temperatura ambiente in °C

# CURVE NOMINALI DI INCENDIO

Curva nominale degli **IDROCARBURI**:

incendio confinato di materiali derivati dagli idrocarburi o aventi analoghe velocità di rilascio del calore

$$T = 1080 \cdot (1 - 0,325 \cdot e^{-0,167 \cdot t} - 0,675 \cdot e^{-2,5 \cdot t}) + 20$$

dove : T è la temperatura dei gas in °C

t è il tempo espresso in minuti

20 è la temperatura ambiente in °C

# CURVE NOMINALI DI INCENDIO

Alle precedenti curve se ne aggiungono altre che rappresentano ulteriori scenari di incendio che possono presentarsi nelle costruzioni.

Curva nominale di **RISCALDAMENTO LENTO**

$$T = 154 \cdot t^{0,25} + 20 \quad 0 < t \leq 21 \text{ min}$$

$$T = 345 \cdot \log_{10}[8 \cdot (t - 20) + 1] + 20 \quad t > 21 \text{ min}$$

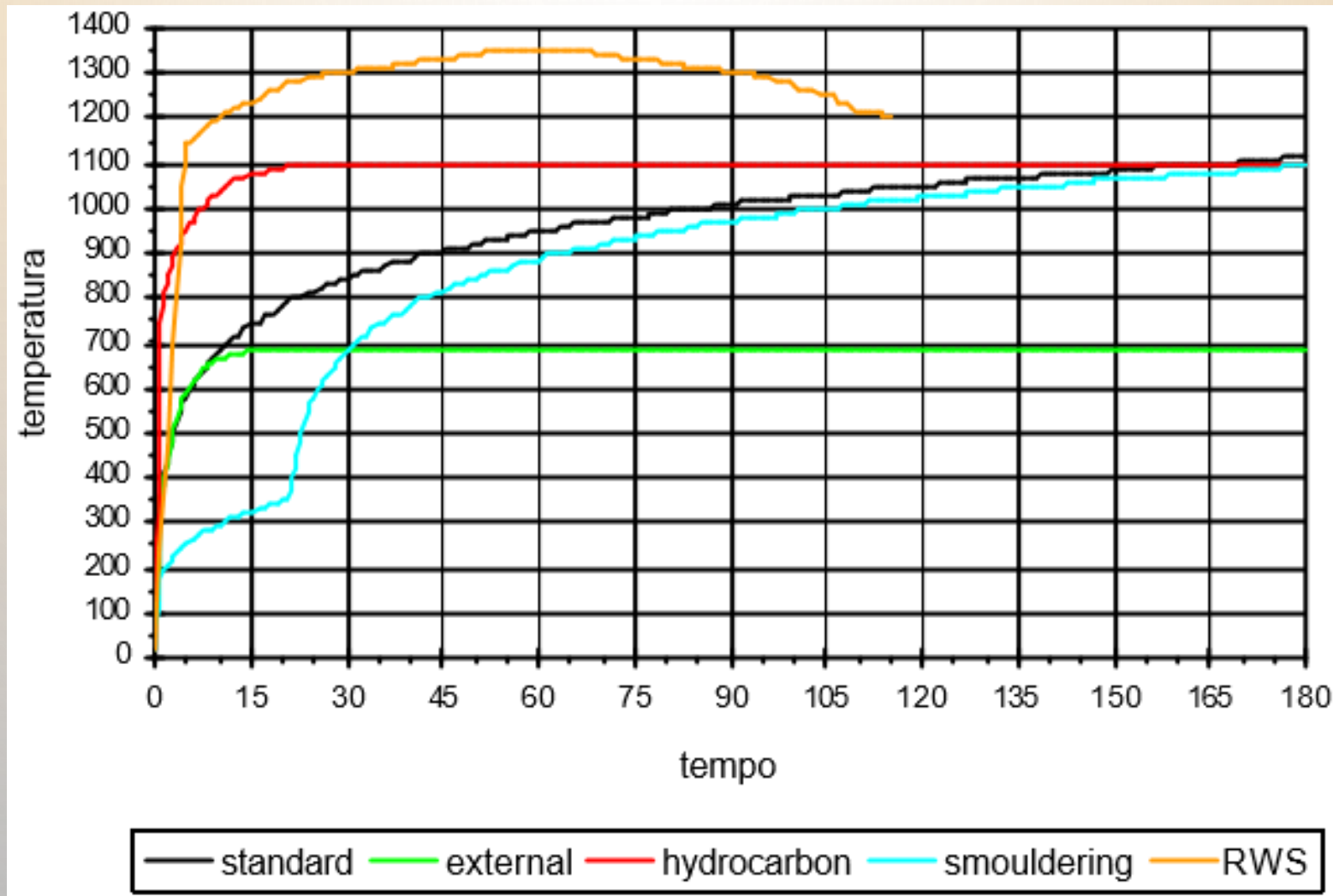
dove : T è la temperatura dei gas in °C

t è il tempo espresso in minuti

20 è la temperatura ambiente in °C

Curva nominale dell'**INCENDIO NEI TUNNEL** nota come curva **RWS** (descritta per punti).

# CURVE NOMINALI DI INCENDIO





# CURVE NATURALI DI INCENDIO

La modellazione dell'incendio è il procedimento mediante il quale si determina il valore della temperatura dei gas nei pressi degli elementi costruttivi.

Tale attività è di difficile attuazione in quanto:

- coinvolge competenze estremamente elevate nel campo della fluidodinamica;
- parametri di input per la modellazione assai incerti.

La curva naturale di incendio, applicata per l'intervallo di tempo necessario al ritorno alla  $T$  ordinaria, può essere determinata attraverso:

- ✓ modelli di incendio sperimentali (p.e. prove di incendio su scala reale);
- ✓ modelli di incendio numerici semplificati (p.e. curve parametriche);
- ✓ modelli di incendio numerici avanzati (p.e. modelli a zone, di campo).

## CURVE DI INCENDIO PARAMETRICHE

Le curve parametriche sono la più semplice rappresentazione dell'andamento delle temperature medie dei prodotti della combustione in ambiente confinato. La loro determinazione è basata sulla conoscenza dei seguenti parametri:

- geometria del compartimento;
- fattore di ventilazione;
- inerzia termica delle pareti;
- carico di incendio.

Sono espressioni di natura semiempirica date dal solo equilibrio energetico raggiunto all'interno del compartimento nella fase postflashover. Le temperature di preflashover e la durata di esposizione sono generalmente basse rispetto ai valori di postflashover e possono essere trascurate.

Hanno un campo di applicazione assai limitato in quanto risentono delle condizioni sperimentali che hanno consentito la loro determinazione.

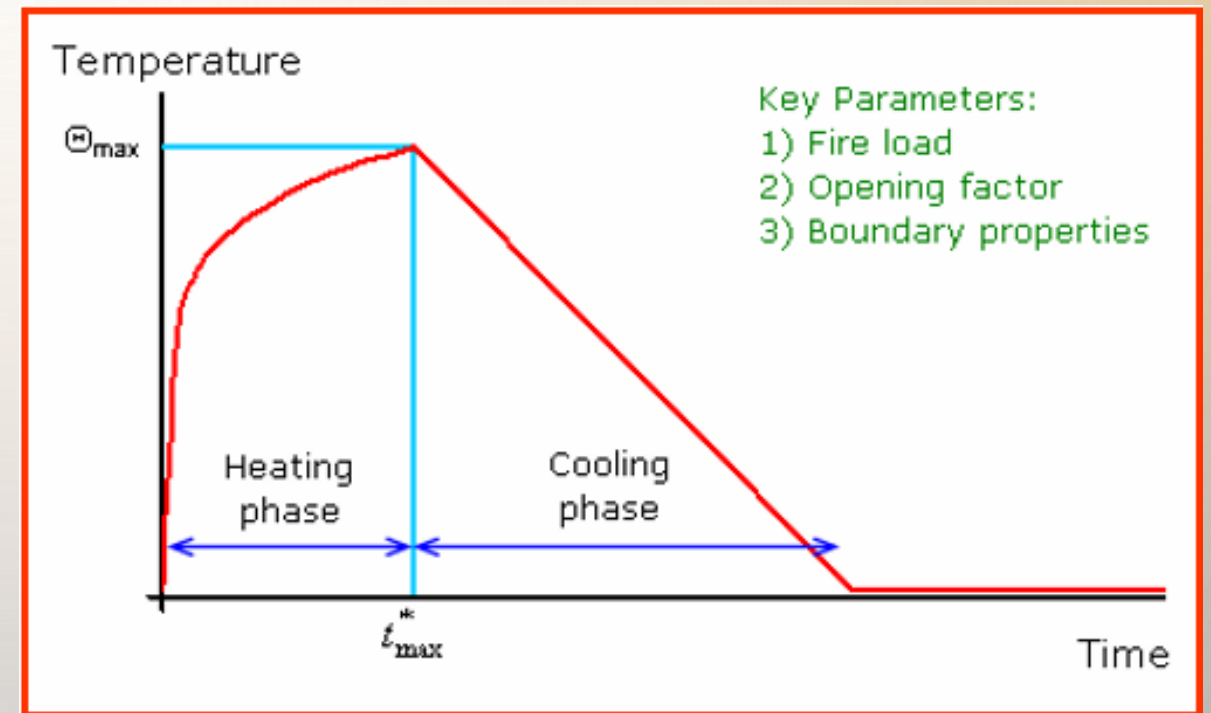
# CURVE DI INCENDIO PARAMETRICHE

Le curve parametriche consentono la modellazione della fase crescente dell'incendio (riscaldamento) e della fase decrescente dello stesso (raffreddamento).

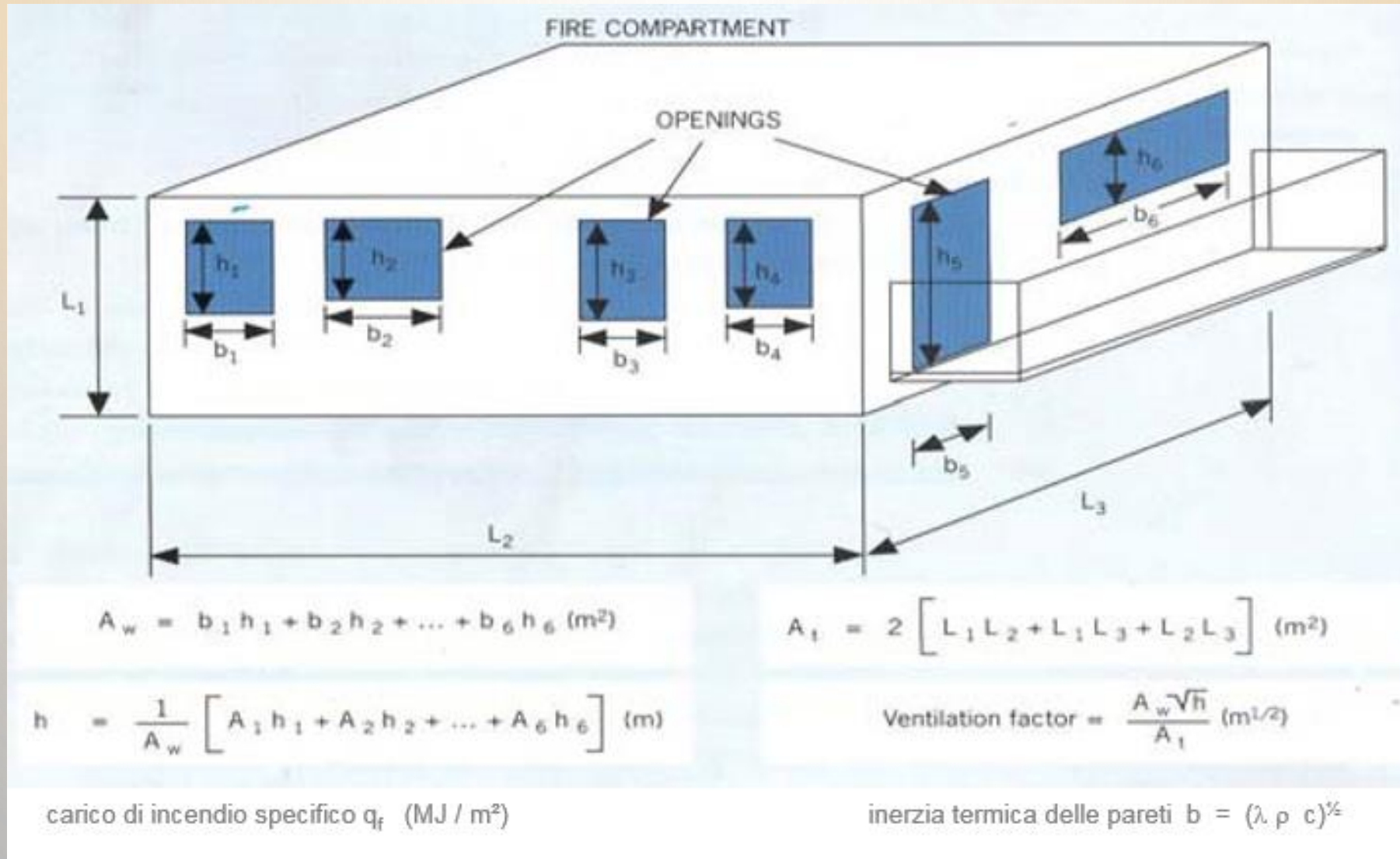
## Equazioni di Wickstrom prevista dal Eurocode EN 1991-1-2

Funzione di:

- ✓ carico d'incendio specifico;
- ✓ fattore di ventilazione del compartimento;
- ✓ proprietà termofisiche delle chiusure d'ambito del compartimento (b).

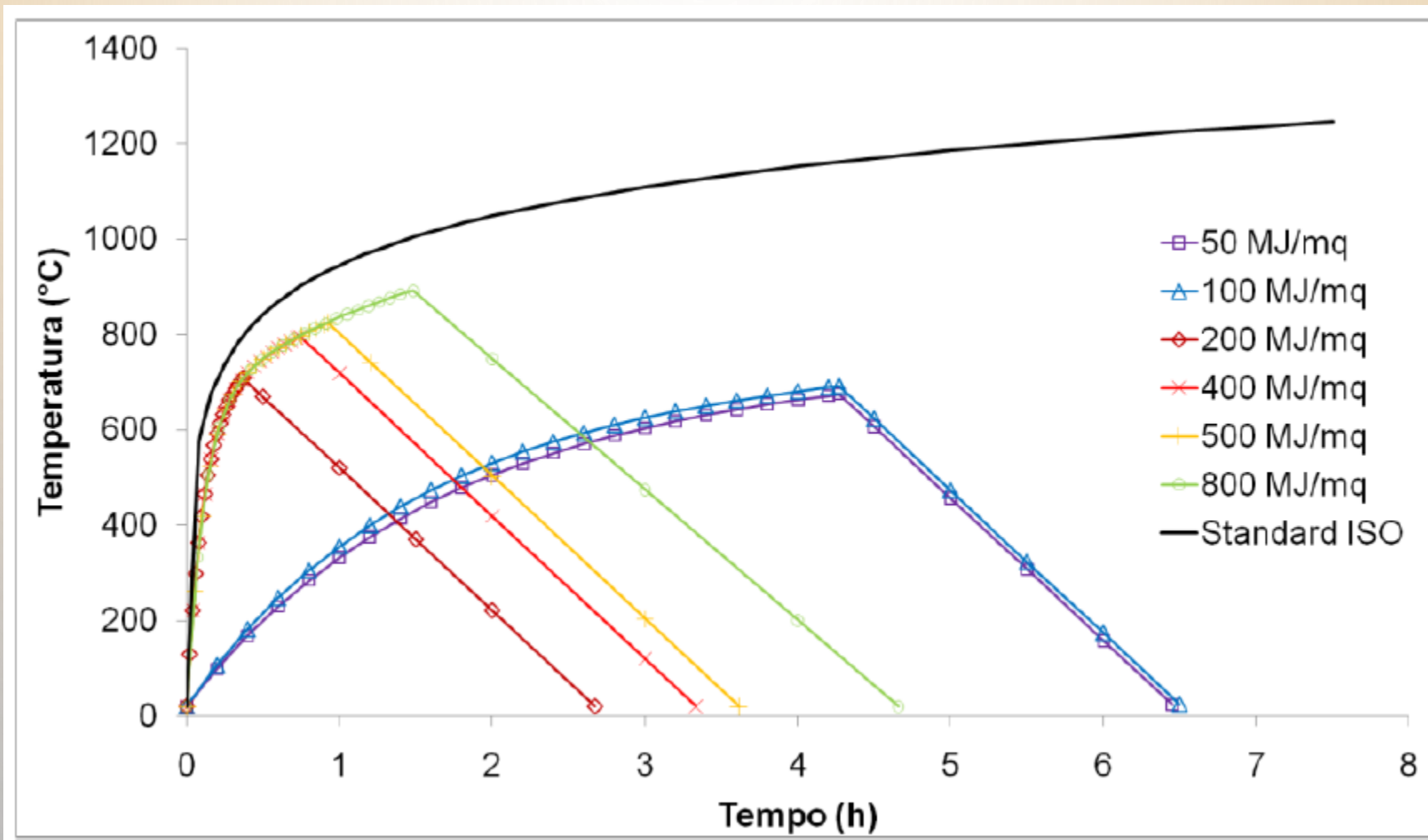


# CURVE DI INCENDIO PARAMETRICHE



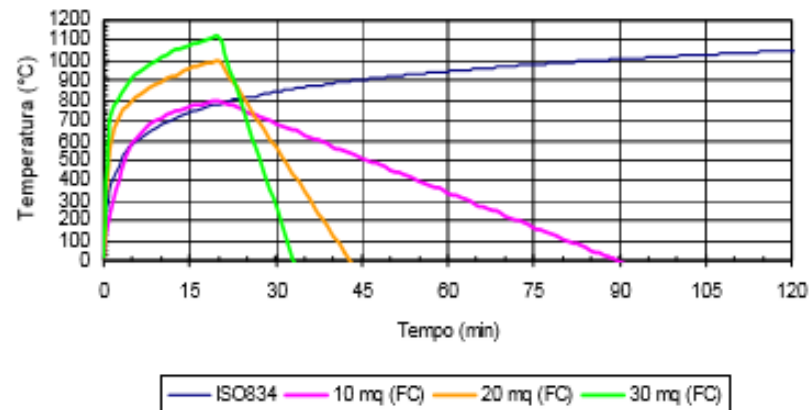


# CURVE DI INCENDIO PARAMETRICHE

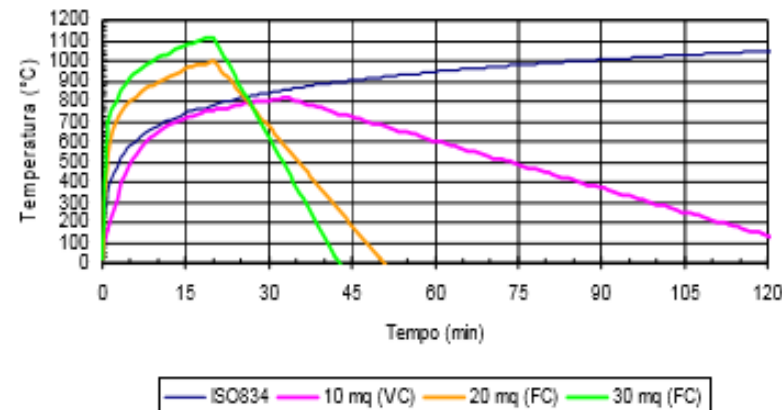


# CURVE DI INCENDIO PARAMETRICHE

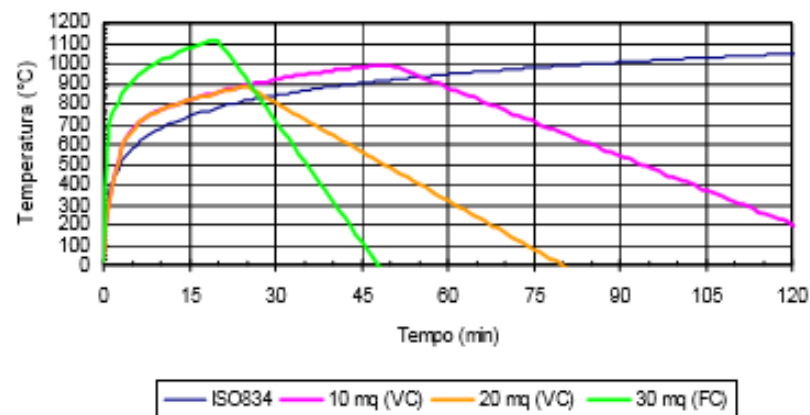
Curve di incendio parametriche con  $q = 15 \text{ kg/mq}$  di legna equivalente



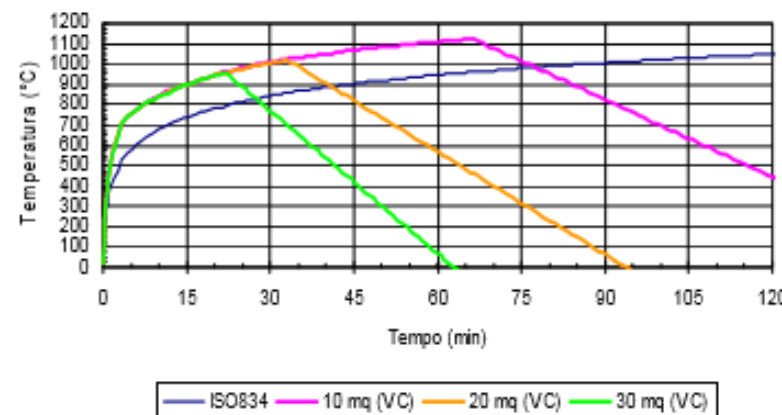
Curve di incendio parametriche con  $q = 30 \text{ kg/mq}$  di legna equivalente



Curve di incendio parametriche con  $q = 45 \text{ kg/mq}$  di legna equivalente



Curve di incendio parametriche con  $q = 60 \text{ kg/mq}$  di legna equivalente



Applicazione ad un compartimento di dimensioni in pianta  $10 \times 5 \text{ m}^2$  e con altezza di interpiano pari a 4 m.

Le finestre hanno altezza costante pari ad 1 m e superficie variabile da 10 a  $30 \text{ m}^2$ . Le pareti sono in muratura e i solai in laterocemento. Il carico di incendio varia da 15 a  $60 \text{ kg/m}^2_{\text{legna}}$

# CURVE DI INCENDIO PARAMETRICHE

## PRO

- Sono facilmente implementabili in programmi automatici.
- Consentono rapide valutazioni.
- I parametri in input sono facilmente determinabili.
- Sono conservative.

## CONTRO

La loro applicazione è limitata a:

- Compartimenti di superficie inferiore a 500 m<sup>2</sup>.
- Coperture piane e a quota non superiore a 4 m da terra.
- Assenza di aperture sulla copertura.
- Completa combustione del materiale combustibile presente.
- Coefficiente di ventilazione  $O$  compreso tra 0,02 e 0,2 m<sup>1/2</sup>.
- Carico di incendio specifico di progetto  $q_{t,d}$  compreso tra 50 e 1000 MJ/ m<sup>2</sup>.

# MODELLI DI INCENDIO AVANZATI

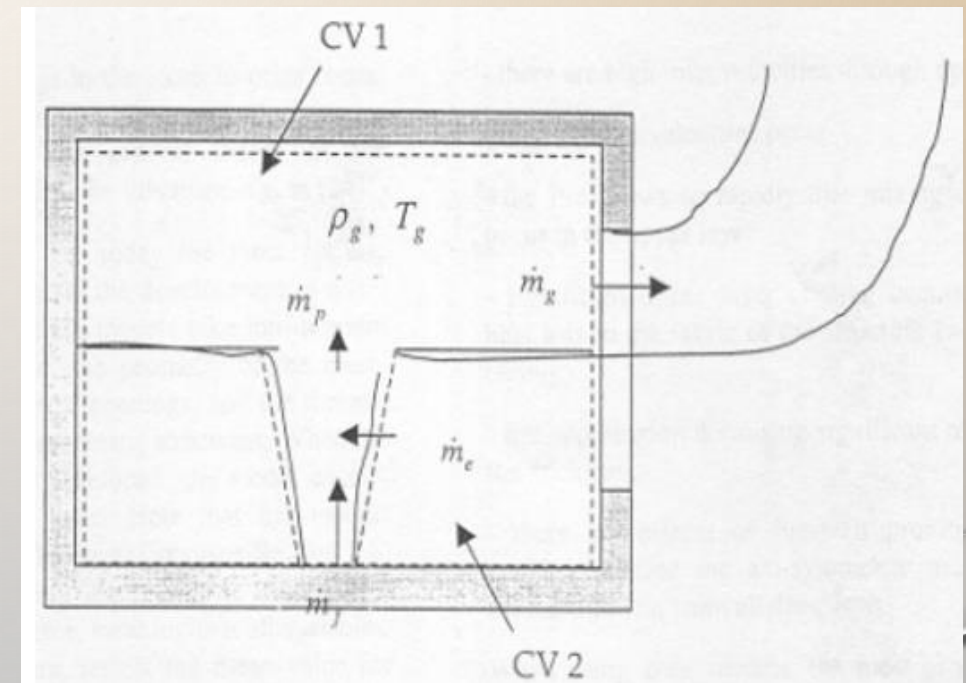
I modelli avanzati consentono di rappresentare l'andamento dell'incendio attraverso la soluzione delle equazioni che governano:

- il bilancio di massa,
- il bilancio di energia,
- le proprietà dei gas.

La soluzione delle equazioni può essere semplificata da rilevanti ipotesi sulla stratificazione dei prodotti della combustione.

A tal proposito i modelli si dividono in:

- Modelli a zone
- Modelli di campo





# MODELLI A DUE ZONE

**MODELLI A ZONE** sono utilizzati per valutare la temperatura dei gas caldi in ambiente confinato durante le fasi di un incendio.

Nella fase preflashover è ragionevole supporre che ci sia la formazione di un ben individuato strato di fumi e gas caldi al di sotto del solaio di copertura. Questo strato di spessore variabile “galleggia” sullo strato sottostante costituito da aria in condizioni standard.

# MODELLI A DUE ZONE

Il **modello a due zone** descrive questa situazione facendo l'ipotesi che la temperatura sia costante in ciascuno strato e restituendo principalmente le seguenti grandezze:

- Temperatura dei gas nella zona superiore  $T_u(t)$ .
- Altezza del piano di separazione tra le due zone  $H_i(t)$ .

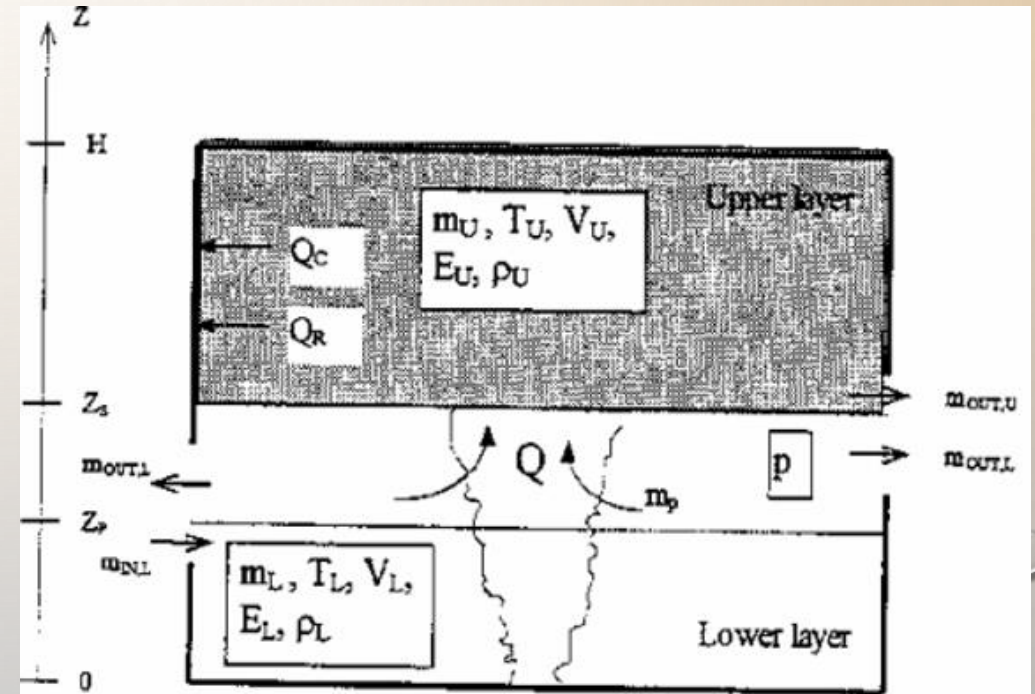


FIGURE 6.1: a compartment in a two zone model

# MODELLI A ZONE

Nella fase postflashover, nel caso in cui il materiale combustibile sia distribuito su tutta la superficie del compartimento è ragionevole supporre che tutto il compartimento sia invaso dai fumi e dai gas caldi e che non sia possibile individuare le due zone. Il modello che descrive questa situazione è il **modello ad una zona** restituendo:

- Temperatura dei gas  $T(t)$ .

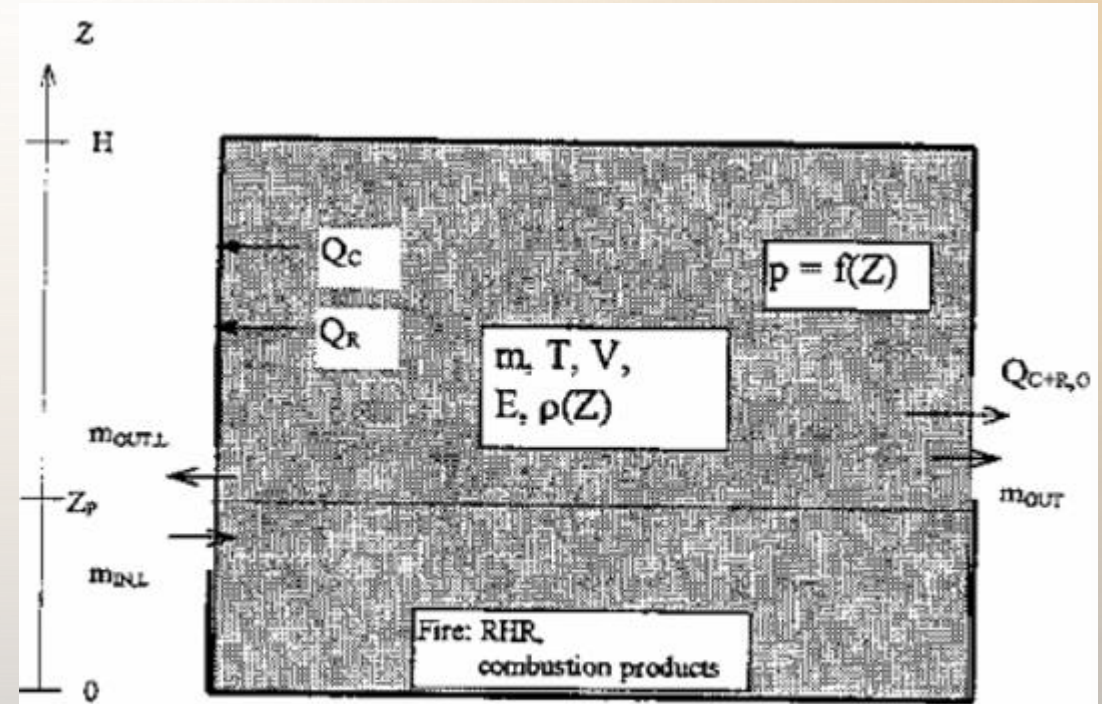


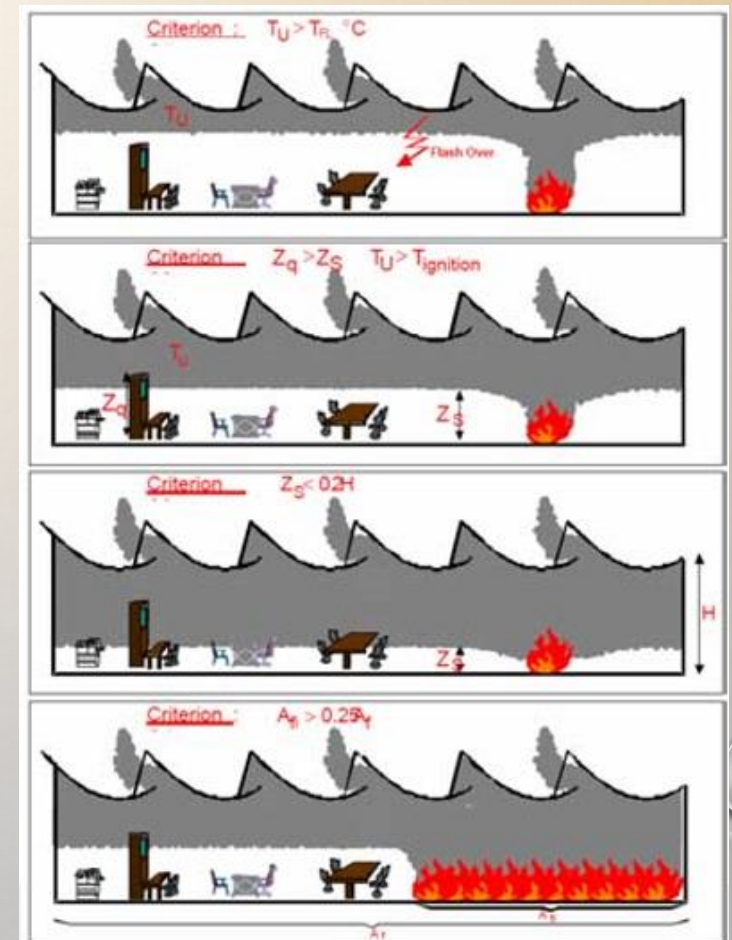
FIGURE 6.9: a compartment in a one zone model



# PASSAGGIO DAL MODELLO A DUE ZONE AL MODELLO AD UNA ZONA

Le seguenti quattro condizioni costituiscono un limite alla validità del modello a due zone e richiedono il passaggio al modello ad una zona:

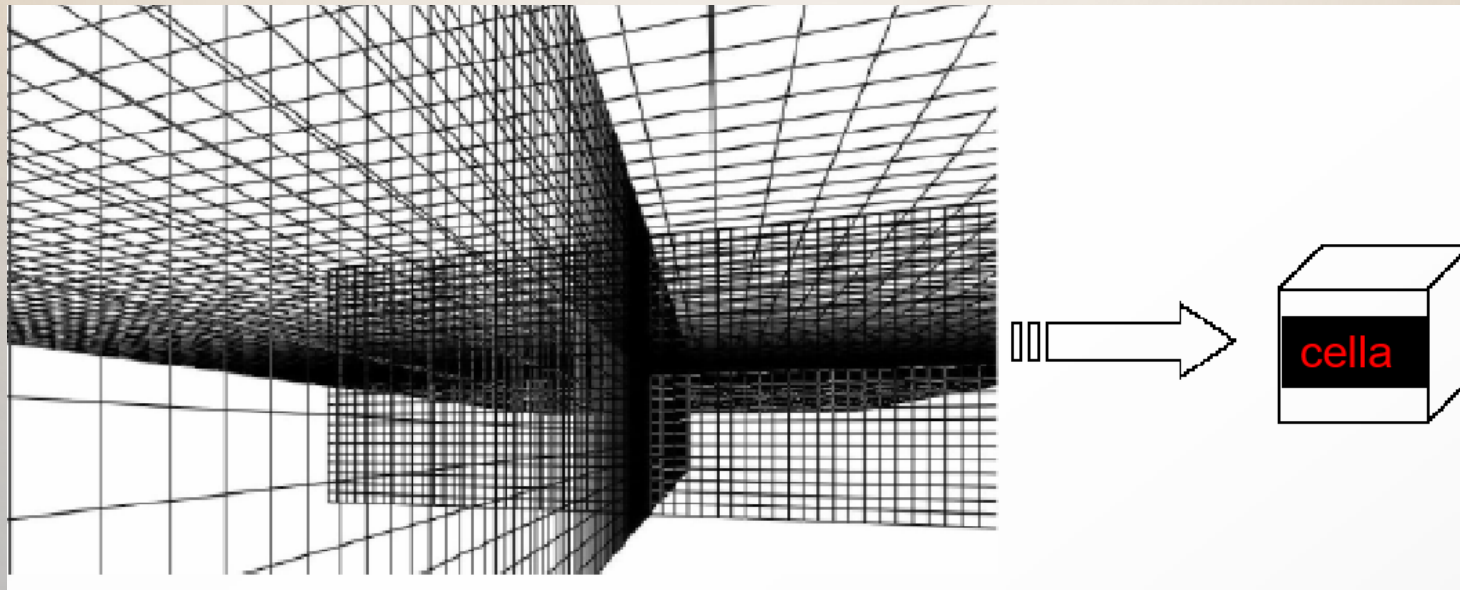
1. L'alta temperatura dei gas ( $T_u > 500\text{ °C}$ ) porta ad un flashover per flusso di calore radiante al restante carico di incendio;
2. Lo spessore della zona calda è tale da investire parte del materiale combustibile ad una temperatura superiore a quella di ignizione ( $T_u > 500\text{ °C}$ ) del materiale stesso;
3. Lo spessore della zona calda è tale da riempire tutto il compartimento ( $H_i < 0,1 H$ );
4. L'area dell'incendio è troppo grande rispetto all'area del compartimento ( $A_{fi} > 0,5 A_r$ ) per considerarlo un incendio localizzato.





# I MODELLI DI CAMPO

I modelli di campo forniscono la stima dell'evoluzione dell'incendio in uno spazio per via numerica, resolvendo le equazioni di conservazione (della massa, dell'energia, della diffusione delle specie ecc.) che risultano da un incendio. I modelli di campo, quindi, dividono uno spazio in un numero elevato di elementi e risolvono le equazioni di conservazione all'interno di ciascuno di essi.



# I MODELLI DI CAMPO

Sono particolarmente indicati per geometrie molto complesse o per carichi di incendio diversificati e permettono approfondimenti sulla dinamica di un incendio fin dalla fase dell'innesco (ideali per la fire investigation). Restituiscono tutte le grandezze caratterizzanti la termo-fluidodinamica dell'incendio nello spazio e nel tempo, compatibilmente con la discretizzazione in volumi finiti fatta. Per i tempi di modellazione e di calcolo richiesti e per le potenze di elaborazione necessarie sono di rado impiegati per la progettazione. Risultano estremamente sensitivi ai dati di input e pertanto l'uso deve essere accompagnato da grande perizia e controllo con modelli più semplici.

ALOFT-FT	CFX
FDS	FIRE
FLOTRAN	FLUENT
JASMINE	KAMELEON FireEx
KOBRA-3D	MEFE
PHOENICS	RMFIRE-Friedman
SMARTFIRE	SOFIE
SOLVENT-2002	SPLASH-Friedman
STAR-CD	STREAM
UNSAFE-Friedman	VESTA



**FINE PRESENTAZIONE**  
**GRAZIE PER L'ATTENZIONE!**