

# LA PROPAGAZIONE DI UN INCENDIO

*Ing. Ir. Roberta Ferro  
Ordine degli ingegneri di Torino  
Settore industriale*

## LA PROPAGAZIONE DI UN INCENDIO

Il focolaio iniziale di molti incendi in edifici è determinato frequentemente da una moderata sorgente di energia che viene a contatto più o meno stretto con materiali combustibili per fatti accidentali

## LA PROPAGAZIONE DI UN INCENDIO

Ogni incendio inizia con la **fase di ignizione** durante la quale un materiale combustibile assorbe da una sorgente una quantità di calore sufficiente a far aumentare la sua temperatura fino a raggiungere il valore al quale ha luogo la combustione, che una volta iniziata prosegue indipendentemente da apporti energetici esterni

## LA PROPAGAZIONE DI UN INCENDIO

L'energia assorbita e la temperatura per la quale la combustione prosegue da sé, vengono dette **energia di ignizione** e **temperatura di ignizione**.

Se l'oggetto combustibile acceso è distante da altro materiale combustibile, il fuoco non si può propagare e, **una volta esaurito il combustibile la combustione cessa**.

## LA PROPAGAZIONE DI UN INCENDIO

Se l'oggetto combustibile acceso è a contatto più o meno stretto con altri materiali combustibili, questi possono emanare vapori e gas che facilmente si accendono.

**Le fiamme che ne conseguono possono propagare l'incendio ai vari elementi combustibili e quindi per gradi a tutto il locale.**

## LA PROPAGAZIONE DI UN INCENDIO

Nella fase iniziale, l'ossigeno disponibile è largamente sufficiente per le poche reazioni in atto e si possono verificare le condizioni di ignizione

## LA PROPAGAZIONE DI UN INCENDIO

Il proseguire o meno del processo di combustione dipende dal **bilancio termico** che si instaura.

Il calore generato in parte è disperso nell'atmosfera circostante ed in parte serve per riscaldare le parti adiacenti di materiale non coinvolto nella combustione, fino alla temperatura di decomposizione.

## LA PROPAGAZIONE DI UN INCENDIO

Se il bilancio termico è positivo, cioè se prevale la quantità di calore generata su quella dispersa, la combustione continua;

Se il bilancio termico è negativo, la velocità di combustione scende al di sotto di un livello critico e si inizia un processo di autoestinzione

## LA PROPAGAZIONE DI UN INCENDIO

Il procedere o l'arresto del processo di combustione è governato da bilanci energetici istantanei.

Con l'aumento della temperatura aumentano sia la produzione che le perdite di calore.

Se l'apporto di calore supera le perdite, allora la temperatura aumenta ed il processo prosegue;

Se le perdite superano l'apporto di calore, la temperatura diminuisce e può verificarsi autoestinzione.

## FASI DI UN INCENDIO

L'incendio viene di solito distinto in tre fasi:

1. Fase iniziale di accensione
2. Fase di incendio vero e proprio o a velocità di combustione costante
3. Fase di estinzione o raffreddamento

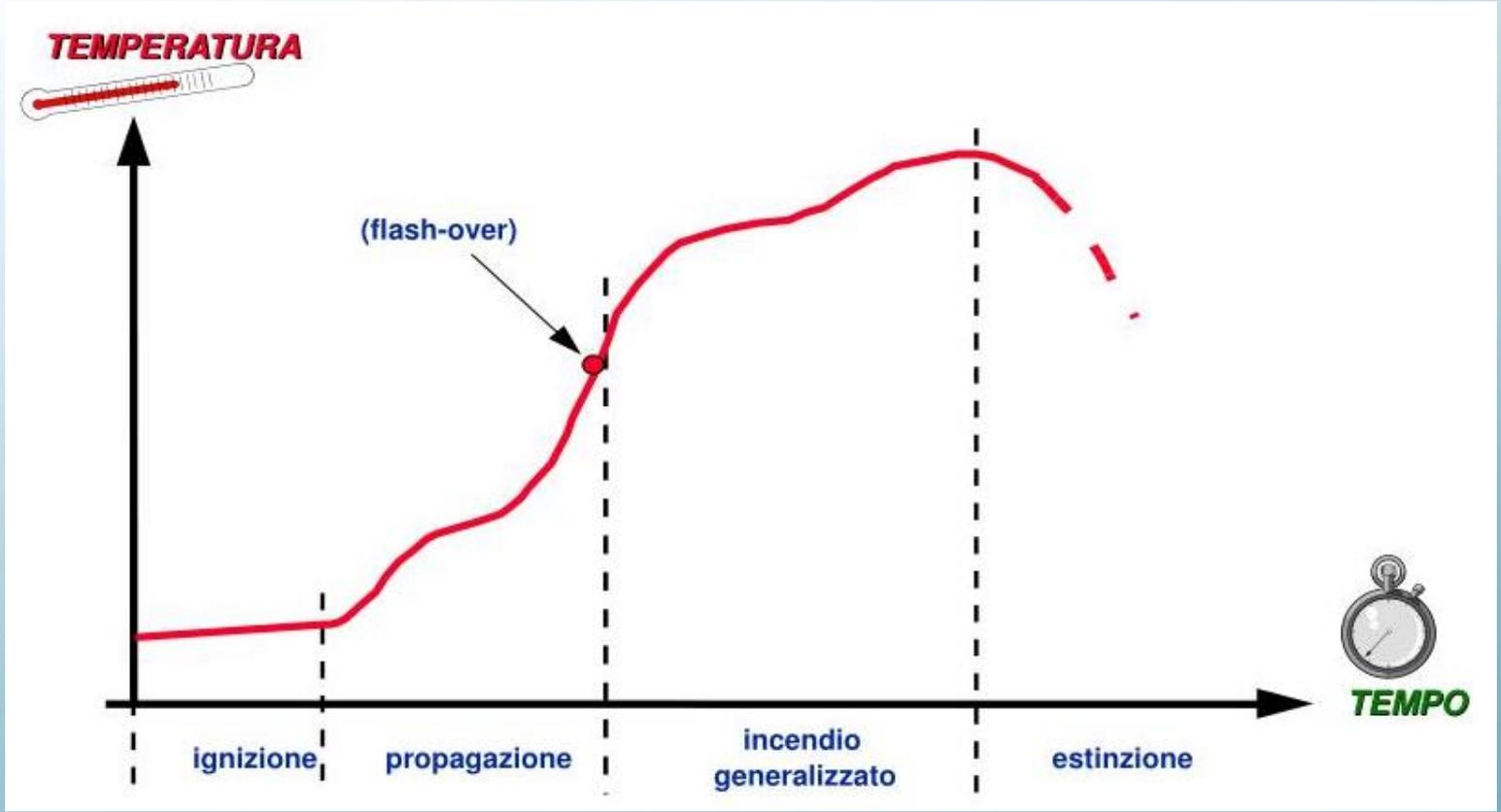
## FASI DI UN INCENDIO

La prima fase va dal primo apparire della fiamma al così detto **flashover** o infiammazione generalizzata.

La seconda da flashover al punto in cui la temperatura media raggiunge il suo valore massimo;

La terza va dal punto di temperatura massimo fino all'estinzione totale, che è completata quando la temperatura media raggiunge circa i 300 ° C

# FASE INIZIALE O DI ACCENSIONE



## FASI DI UN INCENDIO

La fase iniziale di un incendio corrisponde a un regime di grande instabilità.

Le circostanze che influenzano l'ulteriore sviluppo di un incendio sono aleatorie: per esempio rottura dei vetri delle finestre che avviene intorno ai  $100^{\circ} \text{C}$

La propagazione del fuoco da un mobile all'altro avviene, specie all'inizio per irraggiamento e convezione

## FASI DI UN INCENDIO

Durante questa fase le temperature sono molto differenti da punto a punto e subiscono rapide ed importanti oscillazioni.

La temperatura media cresce e abbastanza rapidamente e le differenti temperature da punto a punto tendono a divenire sempre più piccole.

La prima fase è molto importante per l'ulteriore sviluppo del fuoco o per la sua eventuale auto estinzione e può essere suddivisa in vari stadi.

## FASI DI UN INCENDIO

### 1° STADIO

Tale stadio dipende dai seguenti fattori:

- Infiammabilità di combustibile
- Possibilità di propagazione della fiamma
- Grado di partecipazione al fuoco del combustibile
- Geometria e volume degli ambienti
- Possibilità di dispersione del calore combustibile
- Ventilazione dell'ambiente
- Caratteristiche superficiali del combustibile

## FASI DI UN INCENDIO

### 1° STADIO

Questo stadio inizia allorché un oggetto combustibile viene posto a contatto stretto con una sorgente di calore anche modesta (piccola estensione, bassa emissione di calore, breve tempo).

## FASI DI UN INCENDIO

### 1° STADIO

Un fattore importante risulta essere il grado di infiammabilità dei materiali combustibili.

Perché l'oggetto combustibile si accenda è necessario che, oltre ad essere molto vicino alla sorgente, sia in grado di svolgere un notevole volume di gas e vapori infiammabili in tempi relativamente brevi. Se ciò non avviene la sorgente termica si esaurisce prima che si verifichi l'ignizione.

## FASI DI UN INCENDIO

### 1° STADIO

In generale l'ossigeno disponibile è sovrabbondante per le modeste e limitate reazioni che si verificano inizialmente e quindi in progredire di questa fase raramente è controllato dalla quantità d'aria disponibile.

Al termine di questo stadio l'aumento di temperatura medio è molto modesto.

## FASI DI UN INCENDIO

### 1° STADIO

Al termine di questo stadio l'aumento di temperatura medio è molto modesto.

In questa fase l'incendio può essere evidenziato solo da sensori a ionizzazione

## FASI DI UN INCENDIO

### 2° STADIO

Tale stadio è caratterizzato da:

- Produzione di gas tossici e corrosivi
- Riduzione della visibilità a causa dei fumi di combustione
- Aumento della partecipazione alla combustione dei combustibili solidi e liquidi
- Aumento rapido delle temperature
- Aumento delle energie di irraggiamento

## FASI DI UN INCENDIO

### 2° STADIO

**In questo stadio vengono coinvolti altri oggetti combustibili.**

Il progredire dell'incendio dipende dalle caratteristiche dei materiali. La continuazione della combustione dipende dalla natura dello strato prossimo a quello superficiale e dalla sua inerzia termica.

## FASI DI UN INCENDIO

### 2° STADIO

Se il calore fornito non è sufficiente ad innalzare la temperatura della parete di materiale combustibile adiacente non ancora coinvolta nell'incendio si può verificare una graduale estinzione.

Se il bilancio è positivo allora la combustione continuerà ad una velocità sempre maggiore;

La temperatura ambiente aumenterà con conseguente aumento della velocità di combustione.

## FASI DI UN INCENDIO

### 2° STADIO

Inoltre nel caso in cui la ventilazione sia insufficiente, la quantità di ossigeno si riduce, determinando una combustione incompleta, una diminuzione della temperatura e un rallentamento della velocità.

**Il progredire dell'incendio è generalmente irregolare.**

## FASI DI UN INCENDIO

### 2° STADIO

Il progredire dell'incendio viene facilitato dalla rottura dei vetri delle finestre ed ostacolato, fino ad una possibile autoestinzione, da deficienza di ossigeno o da una insufficiente esposizione degli oggetti circostanti la cui temperatura può non raggiungere quella di ignizione.

## FASI DI UN INCENDIO

### 3° STADIO

Dalla propagazione al flashover, è caratterizzato da:

- Brusco incremento della temperatura
- Crescita esponenziale della velocità di combustione
- Forte aumento di emissione di gas e di particelle incandescenti
- I combustibili vicino al focolaio sono soggetti ad autoaccensione, quelli più lontani si riscaldano fino a raggiungere la temperatura di combustione con produzione di gas infiammabili

## FASI DI UN INCENDIO

### 3° STADIO

Suddividiamo questo stadio in STADIO 3a:

L'incendio si propaga ad un oggetto adiacente, le fiamme raggiungono il soffitto dove si accumulano gas e fumi caldi.

La temperatura aumenta più rapidamente, ma non raggiunge valori tali da determinare l'ignizione spontanea delle superfici combustibili.

## FASI DI UN INCENDIO

### 3° STADIO

Suddividiamo questo stadio in STADIO 3a:

Con un adeguata ventilazione, l'incendio prosegue da oggetto a oggetto, mentre le fiamme e i gas caldi irradiano in tutte le direzioni energia termica che colpisce il pavimento e gli oggetti contenuti nel locale.

**In questo stadio la temperatura ha raggiunto un valore tale per cui risulta molto improbabile l'autoestinzione**

## FASI DI UN INCENDIO

### 3° STADIO

E in stadio 3b:

Si ha una propagazione rapida dell'incendio, la temperatura media supera i 500° C, la maggior parte del materiale combustibile prende fuoco per effetto del calore che riceve o per irraggiamento o per convezione.

Si sviluppano grandi quantità di fumo che fuoriesce dalle finestre o dalle altre aperture.

## FASI DI UN INCENDIO

### 3° STADIO

E in stadio 3b:

La temperatura aumenta oltre i 600° C e tutti i materiali combustibili esposti emettono gas infiammabili. L'incendio si sviluppa con pieno vigore e le temperature crescono rapidissimamente.

**Questo è il flashover o infiammazione generalizzata.**

## FASI DI UN INCENDIO

### 3° STADIO

E in stadio 3b:

Se il locale non è sufficientemente ventilato, l'ossigeno disponibile decresce rapidamente e risulta insufficiente per alimentare la combustione.

**I gas infiammabili non combusti fuoriescono dalle finestre, dove, in presenza di altro ossigeno dell'aria, bruciano sulla facciata dell'edificio**

## FASI DI UN INCENDIO

### FLASHOVER

**L'incendio vero e proprio inizia nel punto chiamato flashover. Esso rappresenta uno stadio irreversibile al di là del quale vi è scarsa possibilità che l'incendio si spenga da solo prima che il combustibile sia tutto esaurito.**

## FASI DI UN INCENDIO

### FLASHOVER

Il flashover si verifica dopo un tempo che va dai 3 ai 30 minuti dall'ignizione e la temperatura media raggiunge i 600° C.

Dopo il flashover inizia la fase a combustione costante. La temperatura media è abbastanza elevata, la quantità di calore è notevole e i materiali combustibili sviluppano grandi quantità di gas infiammabili

## FASI DI UN INCENDIO

### FLASHOVER

La temperatura del locale non è uniforme:

I pavimenti e le parti inferiori dei muri raggiungono temperature minori di quelle raggiunte dalle parti superiori o dai soffitti.

## FASI DI UN INCENDIO

### FASE DI ESTINZIONE O DI RAFFREDDAMENTO

La temperatura dopo aver raggiunto il suo valore massimo, comincia in questa fase a diminuire più o meno rapidamente e ciò in rapporto alla potenza termica ancora sviluppata dalla combustione dei residui dei materiali combustibili e quella residua delle strutture che delimitano il locale.

Questa fase termina quando la temperatura raggiunge i 300° C circa.