

L'INCENDIO

L'incendio è una reazione rapida di ossidazione caratterizzata da un'emissione di energia e di prodotti della combustione, questi ultimi comprendono: vapore acqueo, gas (CO, CO₂, ecc.), aerosol e particelle solide non combuste (fumi). Affinché si verifichi l'incendio occorre che si combinino tra loro quattro elementi essenziali:

- il combustibile, cioè il materiale in grado di combinarsi chimicamente con l'ossigeno (o altra sostanza) con emissione di energia termica;
- il comburente, la sostanza atta ad alimentare la combustione mediante ossidazione del combustibile con ossigeno (o altro elemento specifico);
- la sorgente di energia a temperatura sufficiente a dare avvio alla combustione;

Nel fenomeno dell'incendio si ha inoltre la formazione o liberazione di gruppi atomici chimicamente attivi (radicali), capaci di produrre reazioni a catena (ossidazione).

A seconda della velocità con cui avviene il processo, si può avere:

- una normale combustione, quando l'ossidazione non è molto rapida;
- una deflagrazione, quando l'ossidazione procede con elevata rapidità;
- un'esplosione, quando l'ossidazione è praticamente istantanea.

In sostanza, la velocità di ossidazione costituisce l'elemento determinante e caratterizzante del fenomeno. In effetti, da essa dipendono la velocità di decomposizione o di vaporizzazione del combustibile, la successiva combinazione dei prodotti ottenuti con il comburente e la quantità di calore sviluppato che a sua volta facilita la decomposizione del combustibile, dando avvio alla reazione a catena.

Dinamica dell'incendio

Nell'evoluzione dell'incendio si possono individuare quattro fasi caratteristiche:

Fase d'inizio, la sua durata dipende dai seguenti fattori:

- infiammabilità del combustibile;
- possibilità di propagazione della fiamma;
- velocità di decomposizione del combustibile coinvolto dall'incendio;
- geometria e volume degli ambienti interessati dall'incendio;
- possibilità di dissipazione del calore nel combustibile;
- ventilazione dell'ambiente;
- caratteristiche superficiali del combustibile;
- distribuzione del combustibile nell'ambiente, punti di contatto, altezza.

Fase di estensione, si ha:

- riduzione di visibilità a causa dei prodotti della combustione;
- produzione di gas tossici e corrosivi;
- formazione e propagazione di sacche nelle quali gas infiammabili si concentrano e possono raggiungere i loro limiti di infiammabilità e di esplosione;
- aumento della velocità di combustione;
- aumento rapido delle temperature;
- aumento dell'energia di irraggiamento;

- effetti al contorno (sinergismo).

In questa fase, materiali vicini al focolaio di incendio, anche se non toccati dal fuoco, raggiungono il loro punto di accensione e contribuiscono a dare maggior corpo al fenomeno producendo gas infiammabili.

Fase d'incendio generalizzato (flash-over), le cui caratteristiche essenziali sono:

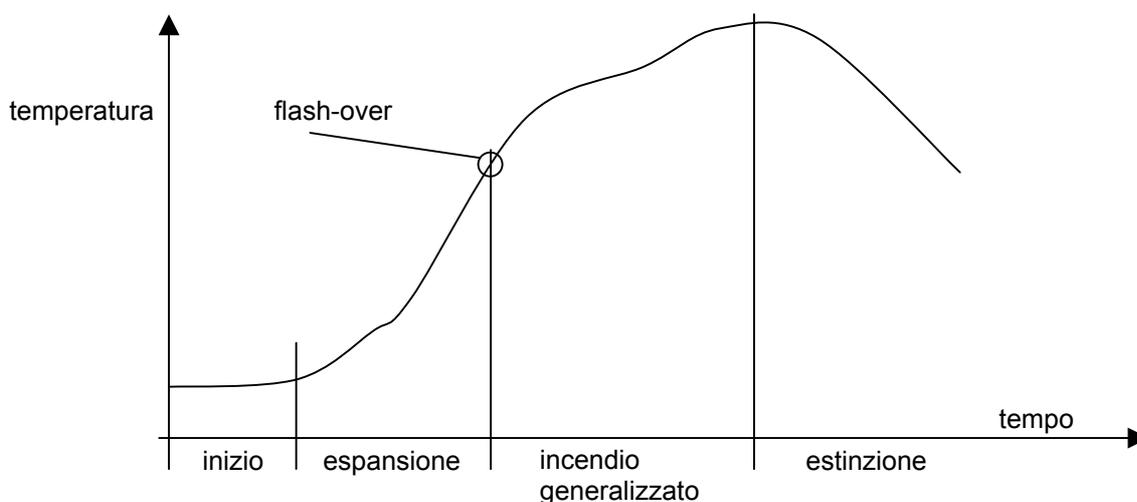
- brusco innalzamento della temperatura;
- aumento esponenziale della velocità di combustione;
- forte aumento dell'emissione dei gas che si espandono sia in senso orizzontale sia e soprattutto in senso ascensionale; si formano zone di turbolenza visibili;
- i combustibili vicini al focolaio si autoaccendono, quelli più lontani si riscaldano e raggiungono la loro temperatura di combustione, con produzione di gas di pirolisi infiammabili;
- si formano onde di choc e lance di fuoco.

Fase di estinzione, avviene dopo che si è raggiunta l'accensione completa dei materiali combustibili, il fenomeno incomincia a rallentare e, in assenza di apporti esterni, si avvia all'estinzione; la temperatura nell'ambiente incomincia a decrescere.

Le temperature che possono essere raggiunte nel corso di un incendio dipendono dalle caratteristiche dei materiali presenti. A titolo indicativo, quella dei materiali solidi coinvolti nella combustione è compresa tra i 700 °C ed i 1200 °C.

La temperatura delle fiamme può variare, in base al tipo di combustibile e alla ventilazione, tra i 1700 °C ed i 2500 °C, mentre quella al soffitto, in un locale chiuso, si mantiene tra i 300 °C ed i 400 °C per un certo tempo e poi raggiunge velocemente i 1000 °C. In pratica, le temperature medie raggiunte sono in genere inferiori a causa delle aperture che, prodotte da rottura di vetri e da crolli, permettono lo sfogo dei fumi e del calore e l'afflusso di aria fresca: normalmente non si superano, salvo in limitate aree, i 700 °C.

Il diagramma che segue mostra l'andamento di un incendio reale in un locale chiuso:



Andamento di un incendio in un locale chiuso

Classificazione degli incendi

Gli incendi, o con terminologia ormai accettata i fuochi, si distinguono in base al tipo di combustibile in:

- fuochi di classe **A**: di materiali solidi, generalmente di natura organica, la cui combustione avviene normalmente con formazione di braci;
- fuochi di classe **B**: di liquidi o di solidi liquefacibili;
- fuochi di classe **C**: di gas;
- fuochi di classe **D**: di metalli.

Gli incendi, in funzione della velocità di combustione, sono poi suddivisi in incendi a sviluppo lento oppure a sviluppo rapido, a seconda che nella fase iniziale si abbia una più o meno intensa emissione di calore, di fiamma e di prodotti della combustione.

Il fenomeno dell'autocombustione

Tra le varie cause d'incendio, presenta particolare interesse l'autocombustione. Si tratta di una combustione che avviene senza apporto di energia da parte di inneschi esterni. Il fenomeno si presenta complesso in quanto risultante di più effetti concomitanti: per alcuni prodotti quali fieno, semi oleosi ecc. causa prioritaria è la fermentazione con formazione di sostanze infiammabili; per altri (ad esempio, oli che imbevono stracci unti) l'ossidazione.

In entrambi i casi, le trasformazioni, inizialmente lente, portano ad un graduale accumulo di calore nella massa di prodotto sino al raggiungimento della temperatura di accensione dello stesso o di sostanze generatesi durante detti processi.

Elementi che facilitano la combustione sono: elevata temperatura ambiente, presenza di impurezze che fungono da catalizzatori, accumulo di grossi mucchi e, soprattutto, nel caso delle fermentazioni, umidità e microrganismi.

Le sostanze maggiormente soggette a combustione spontanea sono:

- carbone polacco o sardo particolarmente ricco di zolfo e di sostanze organiche;
- colori ad olio;
- fieno;
- farina di pesce;
- stracci di seta, cotone, juta, canapa, lino imbevuti di olio di vernice;
- semi oleosi (girasole, soia, arachidi ecc.);
- cacao in grani;
- carta da macero umida;
- cascami e sfridi di cuoio;
- fertilizzanti organici ed inorganici contenenti nitrati e materiale organico;
- vernici o pitture contenenti oli essiccativi.

Caso a sé è il poliuretano espanso in fase di manutenzione: durante questo periodo, se la miscelazione dei componenti non è stata fatta in modo corretto, la reazione di espansione all'interno della massa può procedere in modo tale da provocarne il surriscaldamento sino all'accensione.

Il fenomeno interessa essenzialmente i grossi blocchi di poliuretano flessibile (elevato rapporto di espansione) nei quali il surriscaldamento è facilitato dalla modesta capacità di disperdimento del calore, dovuta all'elevata coibenza termica del prodotto e al limitato rapporto superficie esterna/volume.

Le prevenzioni da porre in atto per ridurre i rischi di autocombustione devono essere definite caso per caso; in linea di massima possono comunque essere così sintetizzate:

- essiccamento e pulizia dei prodotti, prima dell'immagazzinamento;
- limitazione della dimensione dei singoli accatastamenti e, per quanto possibile, dei tempi di deposito;
- controllo della temperatura all'interno della massa dei prodotti;
- ventilazione degli ambienti;
- eliminazione delle cause di bagnamento;
- installazione di sistemi di rivelazione e di impianti di estinzione incendio;
- separazione delle aree di deposito.

Occorre tenere presente infine che le eventuali operazioni di smussamento, richieste in caso d'incendio, possono esse stesse, se non condotte con i dovuti accorgimenti, facilitare l'estensione dell'incendio in seguito all'ossigenazione delle parti in fase di combustione. Anche in questa ottica la riduzione delle dimensioni delle cataste e le separazioni costituiscono prevenzioni di particolare importanza.

Classificazione delle sostanze

Ai fini delle valutazioni connesse al rischio d'incendio, le sostanze sono suddivise in:

- non combustibili (incombustibili);
- combustibili;
- infiammabili;
- esplosivi;
- comburenti (ossidanti).

Si considerano non combustibili le sostanze che a 750 °C non danno luogo a manifestazioni di fiamma né a reazioni esotermiche. Per eseguire il test, si adotta ufficialmente il metodo contenuto nella norma ISO 1182 (*Prove al fuoco. Prodotti edilizi. Prova di non combustibilità*). Tale metodo è descritto inoltre nel decreto del Ministero dell'Interno 26 giugno 1984 e successive modificazioni contenute nel D.M. 3 settembre 2001 (G.U. 242 del 17.10.01)

Per le sostanze infiammabili, esplosivi e comburenti sono in uso classificazioni differenti:

- I Vigili del fuoco seguono quella definita con il decreto 31 luglio 1934 sugli oli minerali;
- a livello europeo è stata messa a punto una specifica normativa ai fini della classificazione, imballaggio ed etichettatura delle sostanze pericolose (cfr. direttiva 2001/59/CE); le indicazioni ivi definite sono riportate nel decreto del Ministero della Salute 9 gennaio 2003 (G.U. n. 21 del 27.01.03) che modifica il precedente D.M. 14 giugno 2002;
- in campo assicurativo sono utilizzate classificazioni man mano più ampie a seconda del settore interessato: civile, piccole imprese, industriale.

La “*etichettatura*” delle sostanze fornisce altre importanti informazioni sulla loro natura: tossicità, aggressività ecc., informazioni che, sebbene non prese in considerazione in questa sede, in quanto non direttamente legate all'incendio, offrono ulteriori utili indicazioni nella valutazione dei rischi anche sotto altri aspetti quali, ad esempio, gli infortuni e l'inquinamento ambientale.

Riguardo al trasporto su strada delle sostanze pericolose, è opportuno precisare che il Ministero delle Infrastrutture e trasporti ha pubblicato il decreto 3 maggio 2001 che recepisce la direttiva europea 2000/61/CE in materia, del 10.10.2000.

Carico d'incendio

È la quantità di calore in grado di svilupparsi a seguito di un incendio. È espresso dalla quantità equivalente di legna (kg/m^2) che si ottiene dividendo per 4.400 (potere calorifico del legno) il numero di calorie per unità di superficie orizzontale del locale o del piano considerato. In pratica, rappresenta il massimo calore che si può sviluppare per effetto della combustione di tutti i materiali combustibili presenti. Si può calcolare applicando la formula seguente (in conformità alla Circolare del Ministero dell'Interno n. 91 del 14.09.1961):

$$Q = \frac{\sum_{i=1}^n g_i H_i}{4.400 A}$$

dove:

Q = carico d'incendio specifico in kg legna/m^2

g_i = peso del generico combustibile tra gli enne possibili che si prevedono presenti nel locale o quello deducibile dalle ipotesi più gravose di carico d'incendio

H_i = potere calorifico superiore (in kcal/kg) del combustibile generico di peso g_i fra gli enne possibili

A = superficie orizzontale (m^2) del locale o del piano del fabbricato considerato

4.400 = potere calorifico del legno (in kcal/kg).

Per i locali aventi strutture portanti in legno, è ammesso (*) calcolare il carico d'incendio utilizzando la formula seguente:

$$Q = Q_1 + 12,5 \frac{S}{A}$$

dove:

Q_1 = carico d'incendio d'incendio specifico calcolato come sopra precisato;

S = superficie (m^2) delle strutture portanti in legno esposta al fuoco. I serramenti, i rivestimenti ed i contro soffitti devono essere conteggiati nel primo addendo Q_1 .

A = superficie orizzontale (m^2) del locale o del piano del fabbricato considerato.

(*) Decreto del Ministero dell'Interno, 6.03.1986 (G.U. n. 60 del 31.06.86)

In tal modo, si attenua l'incidenza delle strutture portanti in legno che, com'è noto, date le loro sezioni, bruciano lentamente in profondità in tempi cioè nettamente superiori rispetto a quelli presi in considerazione ai fini della resistenza al fuoco.

CARICO D'INCENDIO (Q = kg legna standard equivalente/m²)	GRADO DI SEVERITA' DELL'INCENDIO	LUOGHI
da 0 a 35	LIEVE	edifici civili e pubblici, uffici, scuole, alberghi, ecc.
da 35 a 75	MEDIA	Stabilimenti industriali e commerciali; magazzini di materiali combustibili con altezza inferiore ai 3,5 m
oltre 75	GRAVE	Reparti in cui si impiegano materiali infiammabili o dove l'incendio può propagarsi con elevata velocità (plastica, gomma, carta, legno) ed inoltre magazzini di materiali combustibili con altezza maggiore di 3,5m.

Esempi di analisi di carico d'incendio

Abbiamo detto che il carico d'incendio rappresenta il potenziale termico della totalità dei materiali combustibili contenuti in uno spazio, ivi compresi i rivestimenti dei muri, delle pareti mobili, dei pavimenti e dei soffitti. Le strutture combustibili, se opportunamente protette, generalmente non vanno computate nel valore del carico d'incendio.

Al fine della determinazione della classe di resistenza al fuoco delle strutture portanti del fabbricato o di un locale dello stesso, l'analisi del carico d'incendio deve essere condotta per "compartimenti".

Quando all'interno del compartimento la distribuzione architettonica prevede locali a diversa destinazione che costituiscono un diverso grado di rischio, devono essere considerati i singoli ambienti delimitati da pareti in muratura.

In tema di classificazione di un fabbricato, l'analisi del carico d'incendio può essere limitata ai locali più significativi ed a quelli dove sono prevedibili i valori più elevati.

Esemplificazione pratica del calcolo

Camera con superficie di 15 m²

letto	= n. 1	x MJ 1080 = MJ	1080
comodino	= n. 1	x MJ 168 = MJ	168
radio	= n. 1	x MJ 84 = MJ	84
armadio a due ante	= n. 1	x MJ 1674 = MJ	1674
poltrone	= n. 2	x MJ 335 = MJ	670
tavolino rotondo	= n. 1	x MJ 252 = MJ	252
toilette di legno	= n. 1	x MJ 252 = MJ	252
finestra in legno	= 0,08 m ³	x MJ 340 = MJ	27
porte in legno	= 0,38 m ³	x MJ 1800 = MJ	540
moquette	= 13,00 m ²	x MJ 47 = MJ	611
tende	= 6,00 m ²	x MJ 13 = MJ	78
ribassamento soffitto			
ingresso (con lamelle di PVC)	= 0,01 m ³	x MJ 3400 = MJ	34
Totale			MJ 5470

Area locale = 15 m²

$$Q = 5470 : 15 = 364,6 \text{ MJ/ m}^2$$

$$Q = 364,6 : 18,48 (*) = 19,72 \text{ kg legna standard/ m}^2$$

(*) N.B. 18,48 è il coefficiente di conversione utilizzato nella pratica per passare da MJ/ m² a kg di legna standard equivalente/ m²