

# RISCHIO INCENDIO ED ESPLOSIONE

.

## FISICA E CHIMICA DELL'INCENDIO

L'incendio è una **reazione chimica di ossidazione** di materiali combustibili con sviluppo di calore, fiamme, fumo e gas caldi.

Effetti dell'incendio:

- ✓ **Emanazione di energia** (*calore*)
- ✓ **Trasformazione dei combustibili** (*prodotti di combustione*)



## LA COMBUSTIONE

È una **reazione chimica** che comporta l'ossidazione di un **combustibile** da parte di un **comburente** e da luogo allo sviluppo di **calore, fiamma, gas, fumo e luce**.

Può avvenire **con o senza sviluppo di fiamme** superficiali.<sup>(9)</sup>

In genere il **comburente** è l'**ossigeno** contenuto **nell'aria**.<sup>(10)</sup>



## IL TRIANGOLO DEL FUOCO

La **combustione** può essere rappresentata da un **triangolo** con lati costituiti da:

- ✓ **Combustibile**
- ✓ **Comburente**
- ✓ **Sorgente di calore**



**TRIANGOLO DEL FUOCO**



Solo la **contemporanea presenza** di questi 3 elementi dà luogo all'incendio.

*Se manca uno di essi l'incendio si estingue.*

## COMBUSTIBILI (solidi, liquidi, gassosi)

### Combustibili solidi

Di norma necessitano di **prolungata esposizione al calore** prima di avviare la combustione.

Possono bruciare **con fiamma o senza fiamma**.



I più comuni sono **legno** e simili (*es. carta, cartone, canapa, cotone, vegetali, ...*) e le **materie plastiche** (*nylon, pvc, polistirolo, ...*) che danno origine a prodotti di combustione (*fumi e gas*) più pericolosi.

Sono caratterizzati da vari **parametri** (*pezzatura, forma porosità umidità, ecc.*).

## Combustibili liquidi

Posseggono un **alto potere calorifico**.

I più comuni sono gli **idrocarburi** (*benzina, gasolio, olio combustibile*).



Sono caratterizzati da vari parametri tra cui la **temperatura di infiammabilità** che fornisce un'indicazione sulla maggiore o minore facilità di combustione di un liquido.

## Combustibili gassosi

Di norma sono **conservati in serbatoi** o recipienti atti ad impedirne la dispersione nell'ambiente.

I più comuni sono gli **idrocarburi** (*metano, GPL, ...*).



Le principali modalità di stoccaggio danno luogo a **gas compressi** (*stato gassoso a temperatura ambiente in genere con alte pressioni*) e **gas liquefatti** (*conservati a temperatura ambiente in parte allo stato liquido e in parte allo stato di vapore con pressioni in genere basse*).

## COMBURENTI

Un gas comburente alimenta la combustione mediante ossidazione del combustibile e la mantiene anche in assenza di aria.

Il più noto e diffuso comburente è l'**ossigeno** ( $O_2$ ) contenuto nell'aria.



Altri comburenti a base d'ossigeno sono il **protossido di azoto** ( $N_2O$ ), il **biossido di azoto** ( $NO_2$ ), l'**ossido di azoto** ( $NO$ ).

Nella categoria dei comburenti rientrano anche gli **alogeni** (*fluoro e cloro*) e quindi le sostanze capaci di liberarli.

## Atmosfere sovraossigenate

L'ossigeno è molto pericoloso poiché in atmosfere sovraossigenate ( $O_2 > 30\%$ ) è causa di un alto rischio d'incendio.



Un'alta concentrazione di ossigeno può cambiare la classificazione di una sostanza da **non infiammabile** a **infiammabile**.

## SORGENTI D'INNESCO

Possono essere suddivise in **4 categorie**:

- *Accensione diretta*
- *Accensione indiretta*
- *Attrito*
- *Autocombustione o riscaldamento spontaneo*



## ACCENSIONE DIRETTA

Una fiamma, una scintilla o altro materiale incandescente entra in **contatto** con un materiale combustibile in presenza di ossigeno.

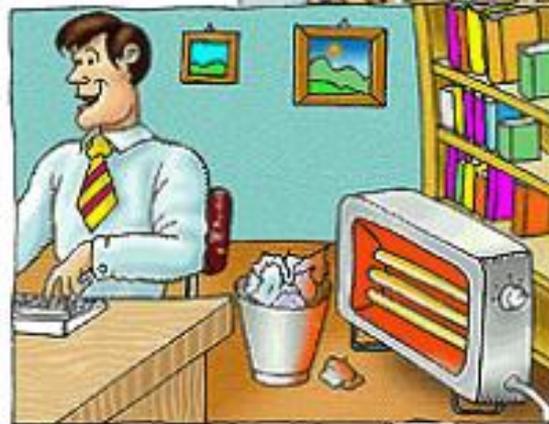
*Esempi: operazioni di taglio e saldatura, fiammiferi e mozziconi di sigaretta, lampade e resistenze elettriche, stufe elettriche, scariche elettrostatiche.*



## ACCENSIONE INDIRECTA

Il calore d'innesco avviene nelle forme della **convezione**, **conduzione** e **irraggiamento** termico.

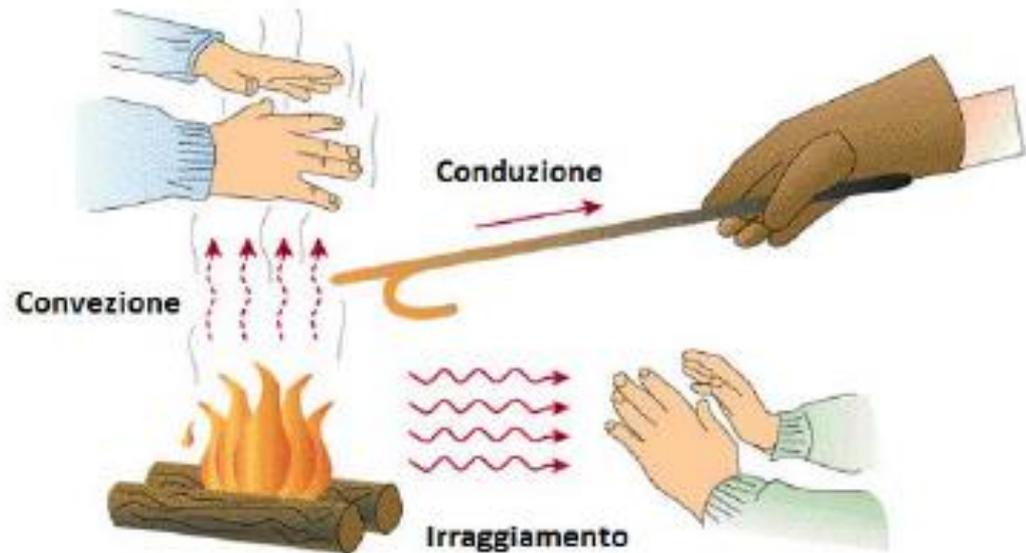
*Es.: correnti di aria calda generate da incendi; propagazione di calore attraverso elementi metallici degli edifici.*



## ACCENSIONE INDIRECTA

### Le 3 forme di propagazione del calore

- Convezione
- Conduzione
- Irraggiamento



## ATTRITO

Il calore è prodotto dallo **sfregamento** di due materiali.

*Es.: malfunzionamento di parti meccaniche rotanti quali cuscinetti, motori; urti; rottura violenta di materiali metallici.*



## AUTOCOMBUSTIONE - RISCALDAMENTO SPONTANEO

Il calore è **prodotto dallo stesso combustibile** (*lenti processi di ossidazione, reazioni chimiche, decomposizioni esotermiche, azione biologica*).

*Es.: cumuli di carbone, stracci o segatura imbevuti di olio di lino, polveri di ferro o nichel, fermentazione di vegetali.*



## SISTEMI PER LO SPEGNIMENTO

### **Esaurimento del combustibile:**

*Allontanamento o separazione della sostanza combustibile dal focolaio d'incendio;*



### **Soffocamento:**

*Separazione del comburente dal combustibile o riduzione della concentrazione di comburente;*



### **Raffreddamento:**

*Sottrazione di calore fino a una temperatura inferiore a quella di mantenimento della combustione.*



## Azione Chimica:

Oltre i 3 sistemi visti, esiste anche l'**azione chimica** di estinzione (*azione anticatalitica o catalisi negativa*).



Sono sostanze che **inibiscono il processo della combustione** (*es. halon, polveri*).

Gli estinguenti chimici si combinano con i prodotti volatili che si sprigionano dal combustibile, rendendoli inadatti alla combustione, **bloccando la reazione chimica della combustione**.

## Azione combinata dei sistemi di spegnimento

Di norma per lo spegnimento di un incendio viene utilizzata una **combinazione** delle operazioni di:

- **esaurimento** del combustibile;
- **soffocamento**;
- **raffreddamento**;
- **azione chimica**.



## ELEMENTI CHE CARATTERIZZANO LA COMBUSTIONE

Un incendio si caratterizza per

- ✓ tipo di **combustibile**
- ✓ tipo di **sorgente d'innesco**.

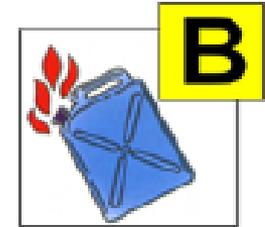
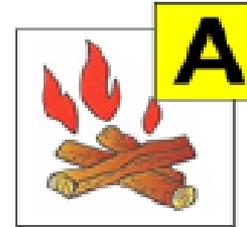
Di norma il **comburente** è **fisso**:  
**Ossigeno dell'aria**



## LA CLASSIFICAZIONE DEI FUOCHI

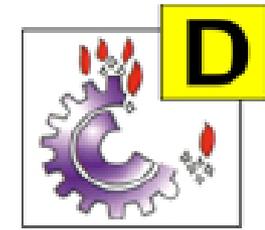
I fuochi sono distinti in **5 classi**. <sup>(11)</sup>

**Classe A** Fuochi da **solidi**



**Classe B** Fuochi da **liquidi**

**Classe C** Fuochi da **gas**



**Classe D** Fuochi da **metalli**

**Classe F** Fuochi da **mezzi di cottura**  
*(oli e grassi vegetali o animali).*

---



**Classe  
A**

## Fuochi da materiali solidi

*legname, carboni, carta, tessuti, trucioli, pelli, gomma e derivati la cui combustione genera braci*

Può presentarsi in **2 forme**:

- combustione viva **con fiamme**
- combustione lenta **senza fiamme**, con formazione di braci incandescente.



*Acqua, schiuma e polvere sono gli estinguenti più utilizzati.*

L'agente **estinguento migliore** è **l'acqua**, che agisce per **raffreddamento**.

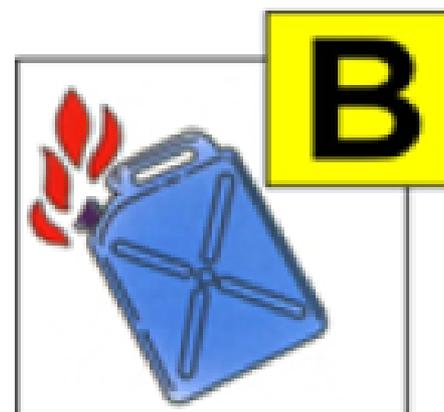
**Classe** Fuochi da liquidi

**B** idrocarburi, benzine, alcoli, solventi, oli minerali, grassi, eteri

*Schiuma, polvere e CO<sub>2</sub> sono gli estinguenti più utilizzati.*

L'agente **estinguento migliore** è la **schiuma** che agisce per soffocamento.

È controindicato l'uso di acqua a getto pieno (può essere utilizzata acqua con getto frazionato o nebulizzato).



**Classe** Fuochi da gas:

**C** *metano, G.P.L., idrogeno, acetilene, butano, propano*

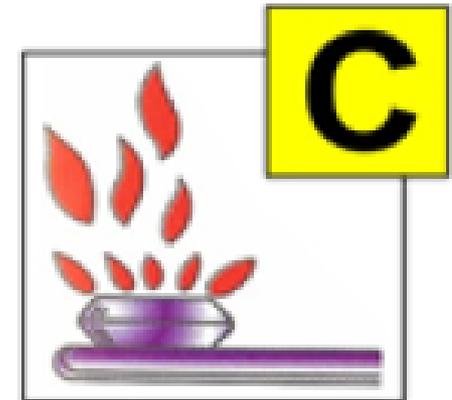
L'intervento migliore è bloccare il flusso di gas **chiudendo la valvola di intercettazione** o otturando la falla.

Esiste il **rischio di esplosione** se si estingue prima di intercettare il gas.

L'**acqua** è consigliata solo a **getto frazionato** o nebulizzato per raffreddare tubi o bombole.

Sono utilizzabili le **polveri** polivalenti. <sup>(12)</sup>

---



## **Classe** Fuochi da **metalli**

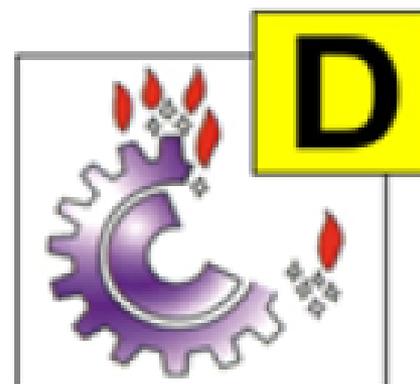
**D** *alluminio, magnesio, sodio, potassio*

Nessuno degli estinguenti normalmente utilizzati per gli incendi di classe A e B è idoneo per incendi di metalli.

Utilizzare **polveri speciali** con **personale** particolarmente **addestrato**.

Sono difficili da estinguere per l'**altissima temperatura**.

**Evitare altri estinguenti** (*compresa l'acqua*) in quanto possono causare esplosioni.



## **Classe D: Norma UNI EN 3-7:2008**

*L'idoneità degli estintori per fuochi di classe D **non rientra nel campo di applicazione della norma UNI EN 3-7.***

*Tuttavia, gli estintori per i quali è dichiarata l'idoneità alla classe D sono coperti, sotto ogni altro aspetto, dai requisiti della norma per gli estintori a polvere.*

*L'estinzione di un fuoco da metallo **presenta tali peculiarità** (in termini di caratteristiche e forma del metallo, configurazione dell'incendio ecc.) **da non permettere la definizione di un fuoco rappresentativo ai fini delle prove.***

*L'efficacia degli estintori contro gli incendi di classe D deve essere stabilita caso per caso.*

**Classe** Fuochi che interessano mezzi di cottura

**F** *Olio da cucina e grassi vegetali o animali*

Fuochi di **oli combustibili di natura vegetale** e/o **animale** (es. usati in cucine, apparecchi cottura).

La **formula chimica** degli oli minerali (idrocarburi, fuochi di classe B) è **diversa** dagli oli vegetali e/o animali.

Gli estinguenti spengono per **azione chimica**, effettuando una catalisi negativa.

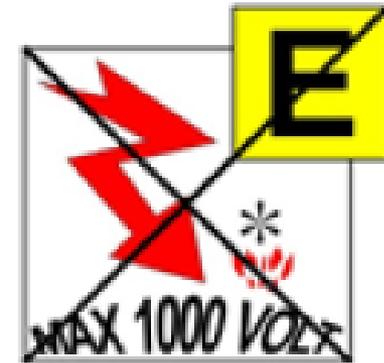
L'utilizzo di **estintori a polvere** e a **CO<sub>2</sub>** è considerato **pericoloso**.

---



## Ex Classe E [1/3]

La norma **UNI EN 2:2005** non comprende i fuochi di "Impianti ed attrezzature elettriche sotto tensione" (*vecchia classe E*) in quanto, gli incendi di impianti ed attrezzature elettriche sono riconducibili alle classi A o B.



Gli estinguenti specifici per questi incendi sono le **polveri** dielettriche e la **CO<sub>2</sub>**.



Divieto di spegnere  
con acqua

*Non devono essere usati acqua e schiuma.*

---

## TEMPERATURA DI INFIAMMABILITÀ (°C)

Temperatura **minima** alla quale i **liquidi** infiammabili o combustibili emettono **vapori in quantità tali da incendiarsi in caso di innesco.** (13)



Sostanze	Temp. inf. (°C)
gasolio	65
acetone	-18
benzina	-20
alcool metilico	11
alcool etilico	13
toluolo	4
olio lubrificante	149
kerosene	37

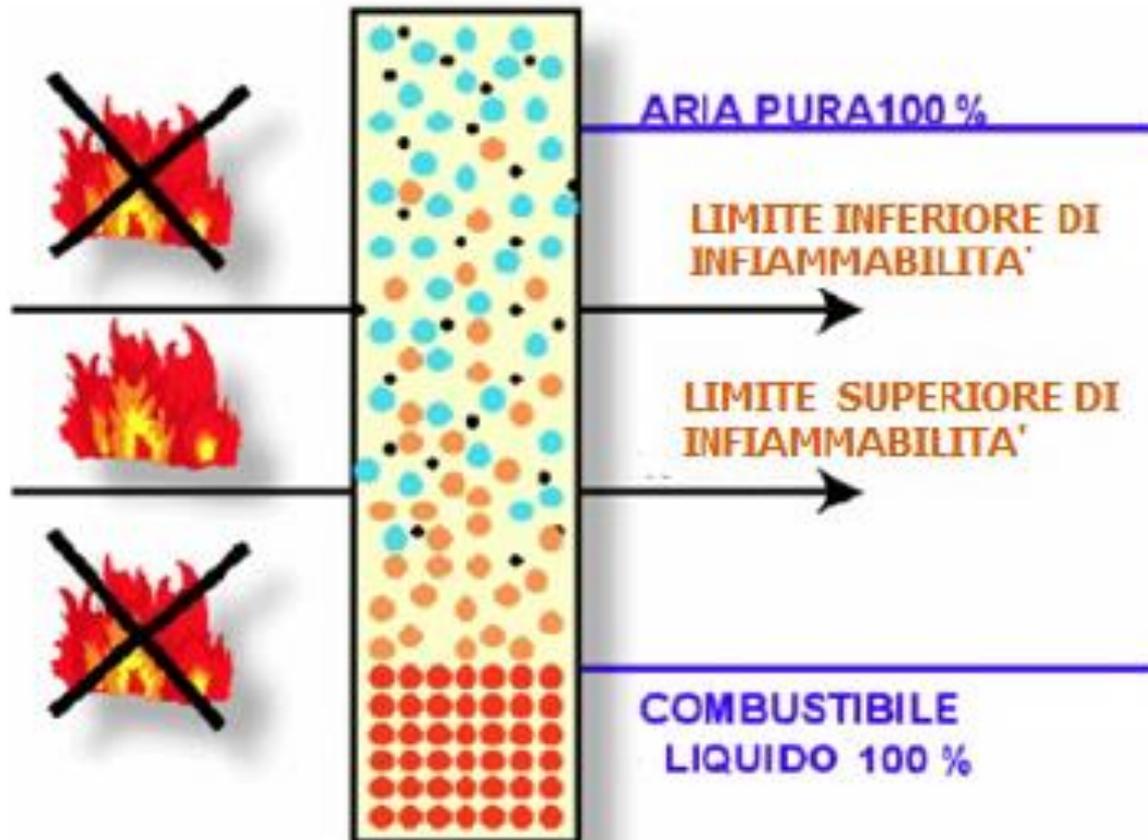
## LIMITI DI INFIAMMABILITÀ (% in volume)

Individuano il **campo di infiammabilità** all'interno del quale si ha, in caso d'innesco, l'accensione.

- **Limite inferiore d'infiammabilità:**  
*la più bassa concentrazione in volume di vapore **al di sotto** della quale **non si ha accensione** in presenza di innesco;*
- **Limite superiore d'infiammabilità:**  
*la più alta concentrazione in volume di vapore **al di sopra** della quale **non si ha accensione** in presenza di innesco.*

SOSTANZE	Campo di infiammabilità (% in vol.)	
	limite inf.	limite sup.
acetone	2,5	13
ammoniaca	15	18
benzina	1	6,5
gasolio	0,6	6,5
idrogeno	4	75,6
metano	5	15
G.P.L.	2	9

## Campo di infiammabilità



## LIMITI DI ESPLODIBILITÀ (% in volume)

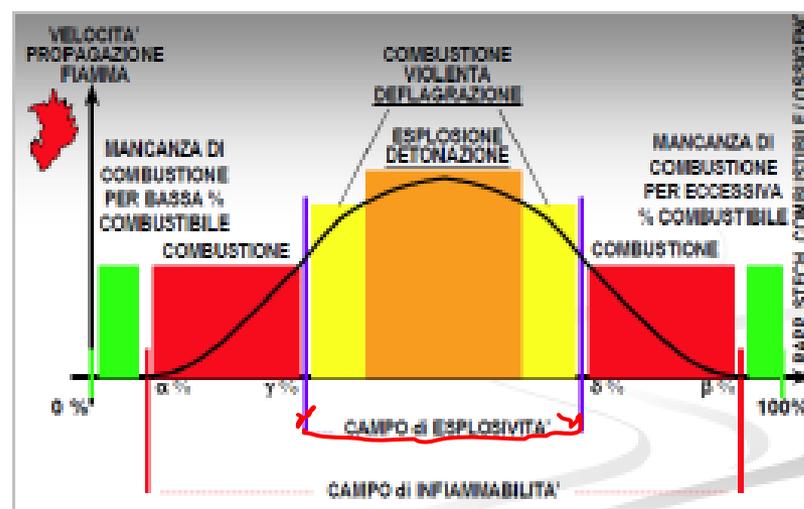
*Sono **posizionati all'interno del campo di infiammabilità.***

### Limite inferiore di esplosibilità:

La più bassa concentrazione in volume di vapore della miscela al di sotto della quale non si ha esplosione in presenza d'innesco.

### Limite superiore di esplosibilità:

La più alta concentrazione in volume di vapore della miscela al di sopra della quale non si ha esplosione in presenza di innesco.



## COMBUSTIONE DELLE SOSTANZE SOLIDE, LIQUIDE E GASSOSE

- ✓ Combustione dei **SOLIDI**
- ✓ Combustione dei **LIQUIDI**
- ✓ Combustione dei **GAS**



## COMBUSTIONE DEI SOLIDI

L'accensione di un combustibile solido rappresenta la fase di superamento di un processo di degradazione del materiale superficiale, della sua evaporazione (**pirolisi**) e combinazione con l'ossigeno circostante e quindi, in presenza di innesco, dell'instaurarsi di una reazione esotermica capace di autosostenersi.



Il processo di combustione delle sostanze solide porta alla formazione di **braci** che sono costituite dai prodotti della combustione dei residui carboniosi della combustione stessa.

## Parametri che caratterizzano la combustione dei solidi:

- **Pezzatura** (*pezzature di piccola taglia favoriscono la combustione*);
- **Forma** (*forme irregolari favoriscono la combustione*);
- **Porosità** (*la maggiore porosità favorisce la combustione*);
- **Elementi** che compongono la sostanza (*la presenza di **elementi combustibili** favorisce la combustione*);
- **Umidità** (*la minore umidità favorisce la combustione*);
- **Ventilazione** (*la maggiore ventilazione favorisce la combustione*).

Pezzatura grande



Combustione meno favorita

Pezzatura piccola

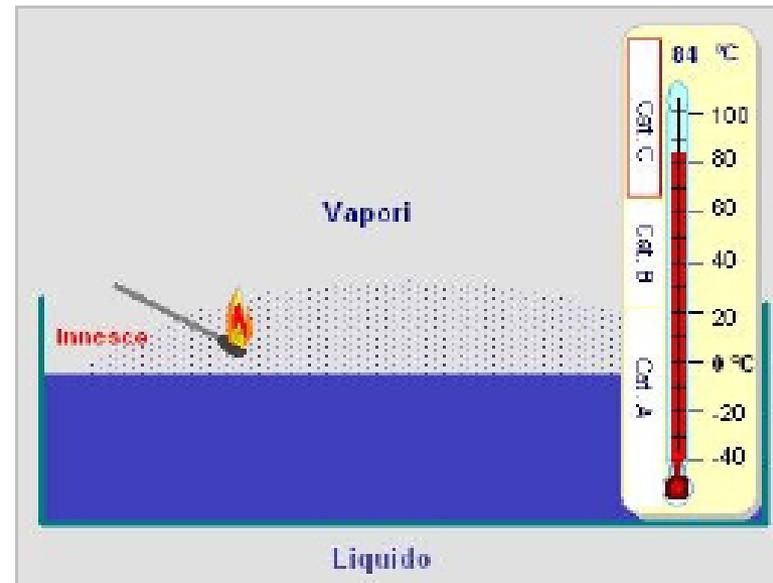


Combustione più favorita

## COMBUSTIONE DEI LIQUIDI

I **liquidi** sono in **equilibrio con i vapori** che si sviluppano sulla superficie di separazione tra pelo libero del liquido e l'aria.

La **combustione** avviene quando, in corrispondenza della superficie, i vapori, miscelandosi con l'ossigeno dell'aria in concentrazioni **entro il campo di infiammabilità**, sono **innescati**.



## CLASSIFICAZIONE DEI LIQUIDI INFIAMMABILI

L'indice della maggiore o minore combustibilità è fornito dalla temperatura di infiammabilità ( $T_{inf}$ ).



**Categoria A:**

$T_{inf} < 21^{\circ}\text{C}$



**Categoria B:**

$T_{inf}$  tra  $21^{\circ}\text{C}$  e  $65^{\circ}\text{C}$



**Categoria C:**

$T_{inf} > 65^{\circ}\text{C}$

$T_{inf}$  tra  $65^{\circ}\text{C}$  e  $125^{\circ}\text{C}$  (oli combustibili)

$T_{inf} > 125^{\circ}\text{C}$

(oli lubrificanti)

SOSTANZE	Temperatura inf. ( $^{\circ}\text{C}$ )	Cat.
gasolio	65	C
acetone	-18	A
benzina	-20	A
alcool metilico	11	A
alcool etilico	13	A
toluolo	4	A
olio lubrificante	149	C
kerosene	37	B
petrolio greggio	20	A

## COMBUSTIONE DEI GAS

I gas sono contenuti in recipienti (*serbatoi, bombole, ecc.*).



## CLASSIFICAZIONE DEI GAS

I gas possono essere **classificati** in funzione delle:

✓ **Caratteristiche fisiche** (*densità*)

- Leggero
- Pesante

✓ **Modalità di conservazione.**

- Compresso
- Liquefatto
- Disciolto
- Refrigerato



## Densità di un gas o vapore

**Rapporto** tra il **peso** della sostanza allo stato di **gas** (o vapore) e quello di un ugual volume di **aria** a pressione e temperatura ambiente.

Fornisce informazioni sulla propagazione dei gas o vapori.

*Si considera la **densità relativa**, cioè il rapporto tra la densità della sostanza con un'altra presa come riferimento, a una data temperatura e pressione, che nel caso dei gas o vapori è rappresentata dall'aria.*

**Nota:** Densità assoluta dell'aria a  $p = 1 \text{ Atm}$  e  $temp. = 0 \text{ °C}$ :  $1,293 \text{ Kg/m}^3$   
diminuisce con l'incremento di temperatura (es.  $temp. = 15 \text{ °C} \Rightarrow 1,225 \text{ Kg/m}^3$ )

Gas	Densità
Acetilene	0,90
Ammoniaca	0,59
Cloro	1,47
Gasolio	3,4
Idrogeno	0,07
Metano	0,55
Idrogeno solforato	1,19
GPL	1,9
Ossido di carbonio	0,97

## CLASSIFICAZIONE IN BASE ALLE CARATTERISTICHE FISICHE

### **GAS LEGGERO**



Gas con **densità** rispetto all'aria **inferiore a 0,8**  
(*metano, idrogeno, ecc.*)

*Un gas leggero tende a **diffondersi verso l'alto.***



## **GAS PESANTE**

Gas con **densità** rispetto all'aria **superiore a 0,8**  
(**G.P.L.**, acetilene, ecc.)

*Un gas pesante tende a **permanere in basso** e a penetrare in cunicoli o aperture.*



## Limitazioni per i gas di densità $> 0,8$

I “gas pesanti” sono in genere **più pericolosi** dei “gas leggeri” e sono pertanto trattati in maniera più rigorosa nelle varie norme di sicurezza.

Il valore **0,8** di **densità** per definire in modo convenzionale i gas pesanti è utilizzato a **favore di sicurezza**.



*Ad es. le norme **prevedono limitazioni** e condizioni per gli impianti alimentati con **gas di densità  $> 0,8$** , sulla realizzazione e ubicazione delle aperture di aerazione, sulle modalità di comunicazioni con alcune attività, sul divieto di ubicazione ai piani interrati, sulle distanze da cavità, depressioni o aperture comunicanti con locali interrati, ecc.*

# CLASSIFICAZIONE IN BASE ALLE MODALITÀ DI CONSERVAZIONE

## **GAS COMPRESSO**

Sono conservati allo stato gassoso ad una pressione superiore a quella atmosferica in appositi recipienti (**bombole**).



*Serbatoi di metano compresso*

<b>GAS</b>	<b>Pressione stoccaggio (bar) valori indicativi</b>
<b>Metano</b>	300
<b>Idrogeno</b>	250
<b>Gas nobili</b>	250
<b>Ossigeno</b>	250
<b>Aria</b>	250
<b>CO<sub>2</sub> (gas)</b>	20

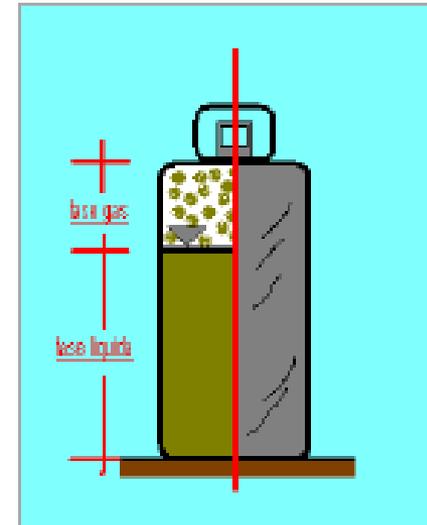
## GAS LIQUEFATTO

Per le caratteristiche chimico-fisiche può essere liquefatto a temperatura ambiente mediante compressione (**GPL**, butano, propano, ammoniacca, cloro).

Il vantaggio è nel detenere grossi quantitativi in spazi contenuti.

**Un litro di gas liquefatto** può sviluppare fino a **800 litri di gas**.

I contenitori devono garantire **una parte** del volume sempre **libera dal liquido** per consentire l'equilibrio con la fase vapore.



## **GAS REFRIGERATO**

Gas che può essere conservato in **fase liquida** mediante **refrigerazione** alla temperatura di equilibrio liquido-vapore con livelli di pressione modesti, assimilabili alla pressione atmosferica.

Es. **Ossigeno liquido**: temperatura di liquefazione: **-182.97 °C**;



*Serbatoi di ossigeno liquido*

*La temperatura più bassa che teoricamente si può ottenere rappresenta lo "zero assoluto", 0 K (gradi Kelvin) e corrisponde a -273,15 °C (-459,67 °F).*

## ***GAS DISCIOLTO***

Gas che sono conservati in fase gassosa disciolti entro un liquido ad una determinata pressione

*(ad es.: **acetilene** disciolto in acetone, anidride carbonica disciolta in acqua gassata - acqua minerale).*



*Saldatura portatile  
ossigeno acetilene*

## LE SOSTANZE ESTINGUENTI

L'estinzione dell'incendio si ottiene per **raffreddamento, sottrazione del combustibile, soffocamento e azione chimica**.

Possono essere ottenute **singolarmente o contemporaneamente**.

È fondamentale conoscere **proprietà e modalità d'uso** delle principali **sostanze estinguenti**.



## Principali sostanze estinguenti

- ✓ Acqua
- ✓ Schiuma
- ✓ Polveri
- ✓ Gas inerti
- ✓ Idrocarburi alogenati (HALON)
- ✓ Agenti estinguenti alternativi all'halon



*Alcune sostanze sono state sempre usate in passato, mentre altre sono di più recente scoperta e rappresentano il risultato delle continue ricerche effettuate per disporre di mezzi e sistemi sempre più efficaci nella lotta contro gli incendi.*

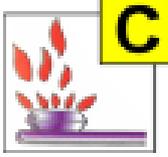
## Azioni per estinzione in base all'effettivo contributo per ciascun estinguente

Estinguente	1° azione	2° azione	3° azione	Classi di fuoco	apparecchi in tensione (*)
Polvere	chimica	soffocamento	raffreddamento	A B C	se senza simbolo
CO <sub>2</sub>	soffocamento	raffreddamento	-	B C	SI
Schiuma	soffocamento	raffreddamento	-	A B	NO
Halon	chimica	raffreddamento	soffocamento	A B C	se senza simbolo
Acqua	raffreddamento	soffocamento	-	A B	NO

(\*) si fa riferimento al simbolo di divieto all'uso su apparecchiature sotto tensione



## Estinguenti in ordine di efficacia per ciascuna classe di fuoco

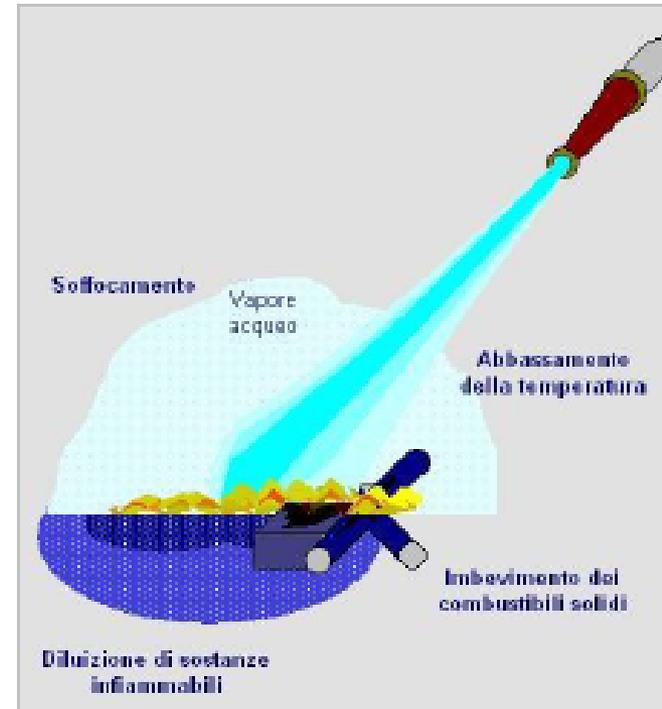
Descrizione	Classe di fuoco	1° estinguente	2° estinguente	3° estinguente	4° estinguente
Legno, cartone, carta, plastica, pvc, tessuti, moquette		<b>acqua</b>	polvere	halon	schiuma
Benzina, petrolio, gasolio, lubrificanti, oli, alcol, solventi		<b>schiuma</b>	polvere	halon	CO <sub>2</sub>
Metano, G.P.L., gas naturale		<b>polvere</b>	halon	CO <sub>2</sub>	acqua nebulizzata

## ACQUA

L'**estinguente principale** per la **facilità** con cui può essere reperito.

Azione estinguente:

- **Raffreddamento**;
- **Soffocamento** (*con vapore acqueo*);
- **Diluizione di sostanze**;
- **Imbevimento** combustibili solidi.



**A** *Idonea per incendi di classe A.*

**Non utilizzabile su apparecchiature elettriche.**



## Utilizzo dell'acqua

Consigliata per incendi di **combustibili solidi (classe A)**, con esclusione di sostanze incompatibili come sodio e potassio (a contatto con  $H_2O$  liberano idrogeno), e carburi (liberano acetilene).

Per stabilire se un estintore a base d'acqua può essere utilizzato su apparecchiature sotto tensione, deve essere effettuata la **prova dielettrica** prevista dalla norma **UNI EN 3-7:2008**



In genere non è consentito l'uso su apparecchiature elettriche. In tal caso sarà riportata l'avvertenza nella parte terza dell'etichetta:

**“AVVERTENZA non utilizzare su apparecchiature elettriche sotto tensione”.**

## SCHIUMA

Costituita da **soluzione in acqua di liquido schiumogeno** (*mescolandosi con l'aria forma la schiuma*).

L'azione estinguente è per **Soffocamento** e per **raffreddamento** in minima parte.



**B** *Idonee per incendi di **classe B**.*

*Non utilizzabile su **apparecchiature elettriche** e sui fuochi di **classe D**.*



## POLVERE



Costituite da **particelle solide finissime** a base di bicarbonato di sodio, potassio, fosfati e sali organici.

L'azione estinguente è di tipo chimico, **raffreddamento, soffocamento.**



*Si può utilizzare su **apparecchiature elettriche** in tensione.*

*Può **danneggiare apparecchiature e macchinari.***



## ANIDRIDE CARBONICA (CO<sub>2</sub>)

Riduce la concentrazione del comburente fino a impedire la combustione (**Soffocamento**).

- **non tossica**;
- **più pesante dell'aria**;
- **dielettrica** (non conduce elettricità);
- normalmente conservata come **gas liquefatto**;
- anche azione estinguente per **raffreddamento**.



*Si può utilizzare su **apparecchiature elettriche in tensione**.*

## PRODOTTI DELLA COMBUSTIONE

Sono suddivisi in **4 categorie**:

- ✓ *Gas di combustione*
- ✓ *Fiamme*
- ✓ *Fumo*
- ✓ *Calore*



## GAS DI COMBUSTIONE

Per definizione: Restano allo **stato gassoso** alla **temperatura ambiente** di riferimento di **15 °C**.

Nella maggioranza dei casi, **la mortalità per incendio è causata dall'inalazione dei gas** che producono danni biologici per anossia o tossicità.



### Principali **GAS DI COMBUSTIONE**

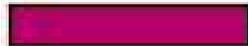
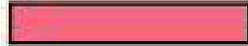
*ossido di carbonio*  
*anidride carbonica*  
*idrogeno solforato*  
*anidride solforosa*  
*acido cianidrico*  
*aldeide acrilica*  
*fosgene*  
*ammoniaca*  
*ossido e perossido di azoto*  
*acido cloridrico*

# FIAMME

Costituite dall'**emissione di luce** dovuta alla combustione di gas.



Nell'**incendio gas** si può valutare approssimativamente la temperatura dal **colore della fiamma**:

Colore della fiamma		Temp. (°C)
Rosso nascente		525
Rosso scuro		700
Rosso ciliegia		900
Giallo scuro		1100
Giallo chiaro		1200
Bianco		1300
Bianco abbagliante		1500

*Scala cromatica delle temperature nella combustione dei gas*

# FUMI

Elemento più caratteristico dell'incendio. Sono formati da piccolissime **particelle solide** (*aerosol*), **liquide** (*vapori condensati*).

Le **particelle solide** (*sostanze incombuste e ceneri*) rendono il **fumo di colore scuro**. Nota: fumo prodotto da un combustibile: legno 17 m<sup>3</sup>/kg; benzina 38 m<sup>3</sup>/kg; alcool etilico 25 m<sup>3</sup>/kg

Le **particelle liquide** (*nebbie*) costituite da vapor d'acqua che sotto i 100 °C condensa, rendono il **fumo di color bianco**.



*Particelle solide (colore scuro)*



*Particelle liquide (colore chiaro)*

## CALORE



**Causa principale** della propagazione degli incendi.

Il calore è **dannoso per l'uomo** in quanto può causare:

- **disidratazione** dei tessuti,
- **difficoltà** o blocco della **respirazione**,
- **scottature**.



# DINAMICA DELL'INCENDIO

Fasi evidenziate nella **curva Temperatura - tempo**.

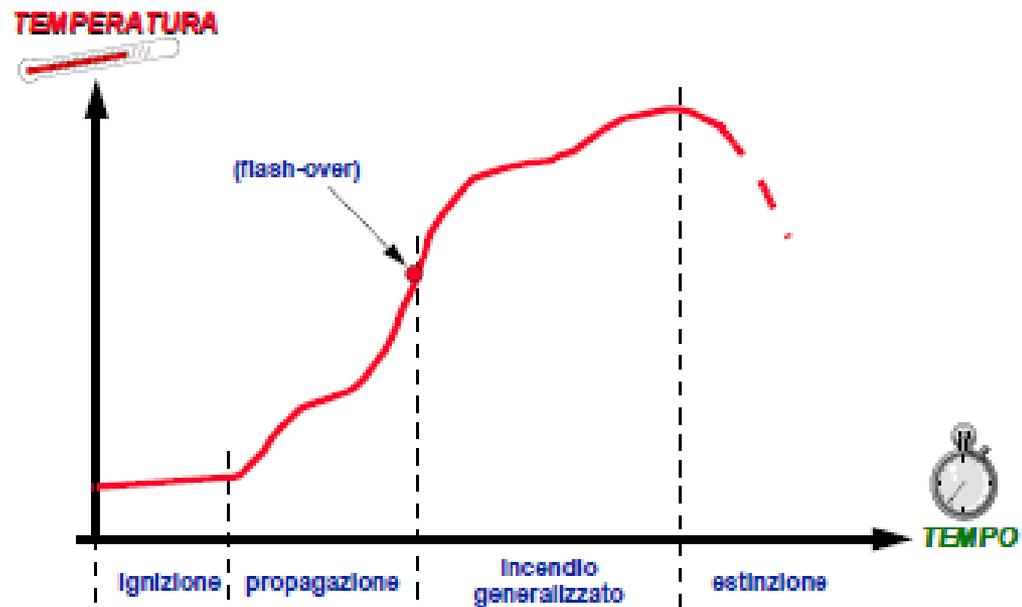
Nell'evoluzione dell'incendio si possono individuare **4 fasi**:

**1. Ignizione**

**2. Propagazione**

**3. Incendio generalizzato (flash-over)**

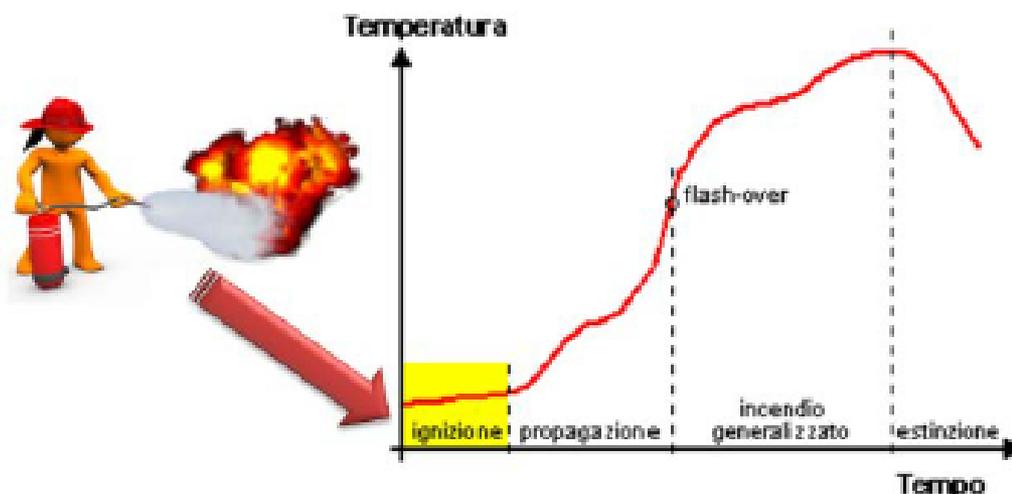
**4. Estinzione e raffreddamento**



## Importanza dell'intervento immediato

*La probabilità di estinguere un incendio è molto alta nella fase di ignizione, nella quale le temperature sono ancora basse.*

*Per questo è importante che gli addetti antincendio siano ben **addestrati** all'intervento tempestivo, secondo il piano di emergenza.*



## *Fase di ignizione*

*Infiammabilità combustibile;*

*Propagazione della fiamma;*

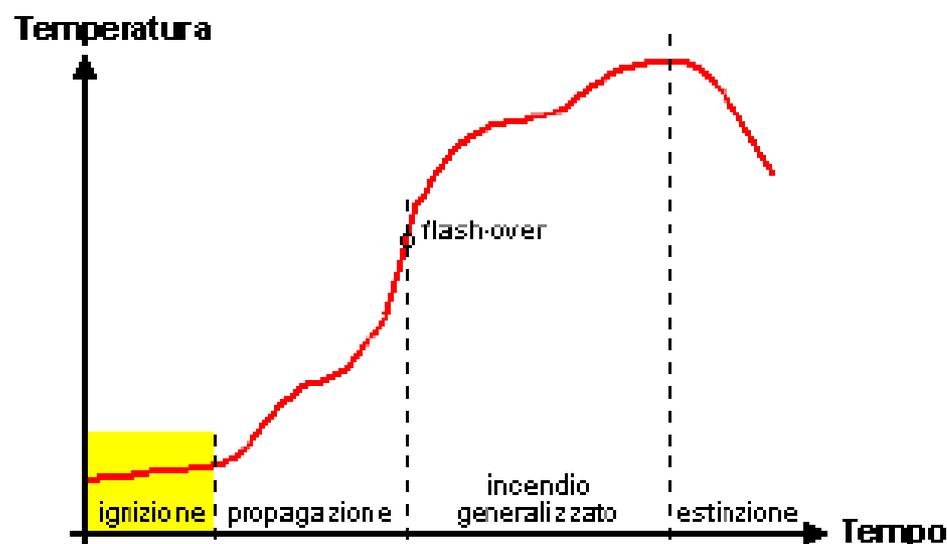
*Grado di partecipazione al fuoco del combustibile;*

*Geometria, volume e ventilazione ambienti;*

*Possibilità di dissipazione del calore nel combustibile;*

*Caratteristiche superficiali del combustibile;*

*Distribuzione nel volume del combustibile, punti di contatto.*



## *Fase di propagazione*

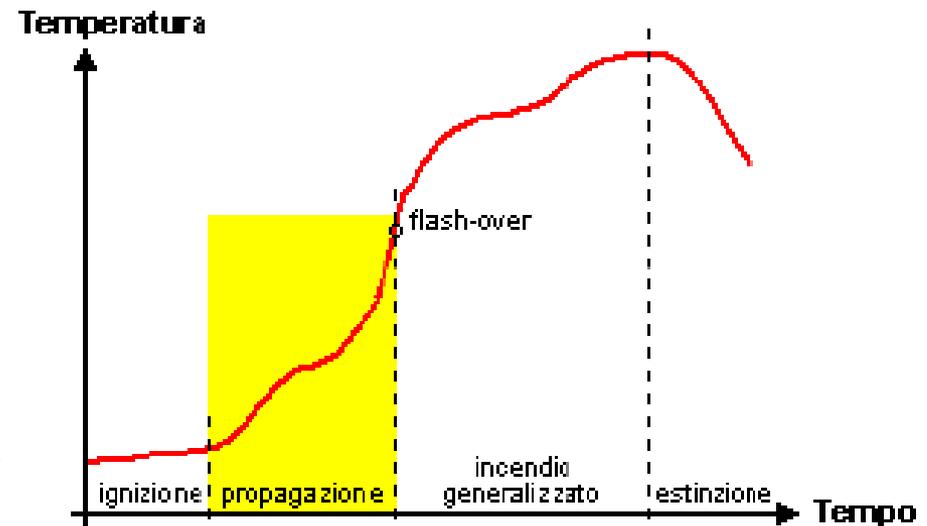
*Produzione dei gas tossici e corrosivi;*

*Riduzione di visibilità a causa dei fumi di combustione;*

*Aumento della partecipazione alla combustione dei combustibili solidi e liquidi;*

*Aumento rapido delle temperature;*

*Aumento dell'energia di irraggiamento.*



## *Fase di Incendio generalizzato (flash-over):*

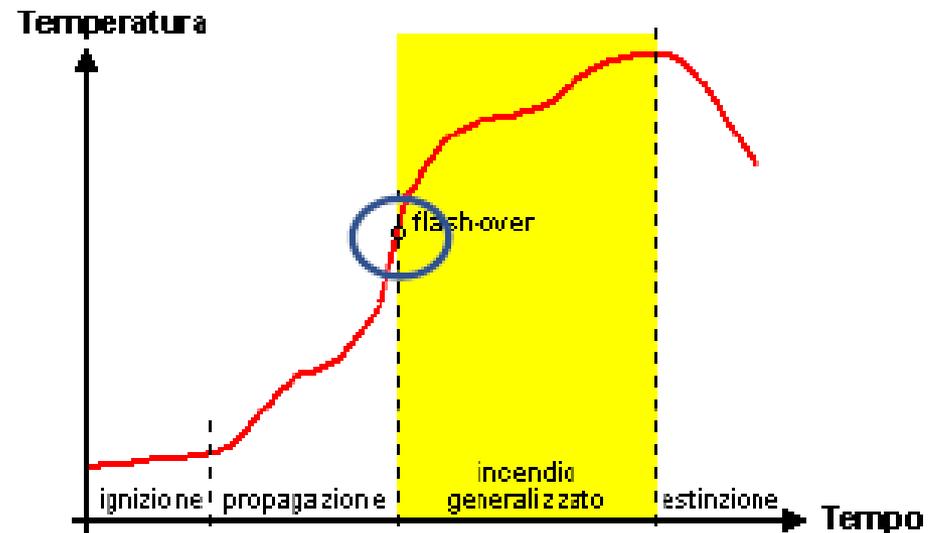
*Brusco incremento della temperatura;*

*Crescita esponenziale della velocità di combustione;*

*Forte aumento di emissioni di gas e particelle incandescenti, che sono trasportate*

*in senso orizzontale e ascensionale con forti zone di turbolenze;*

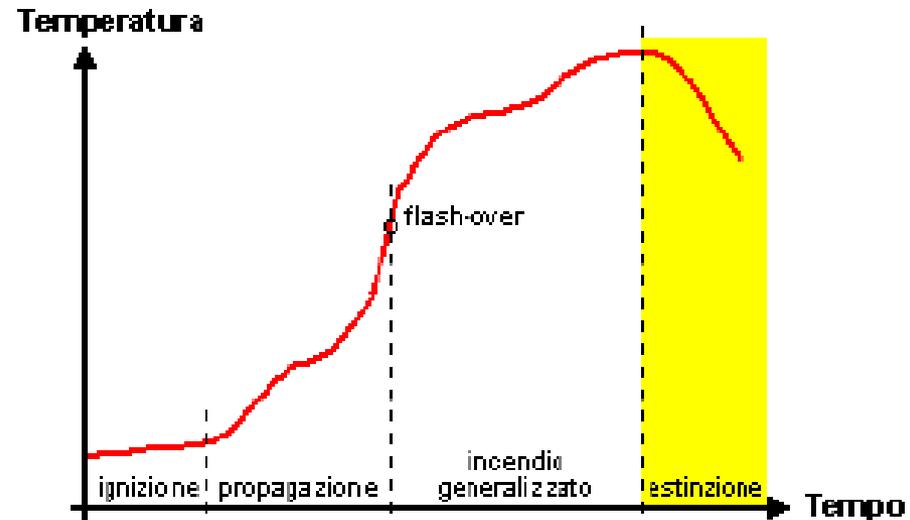
*I combustibili vicini al focolaio si autoaccendono, quelli più lontani raggiungono la loro temperatura di combustione con produzione di gas di distillazione infiammabili.*



## ***Fase di Estinzione e raffreddamento***

*L'incendio ha terminato di interessare tutto il materiale combustibile.*

*Inizia la fase di decremento delle temperature all'interno del locale a causa della progressiva diminuzione dell'apporto termico residuo e della dissipazione di calore attraverso i fumi e di fenomeni di conduzione termica.*

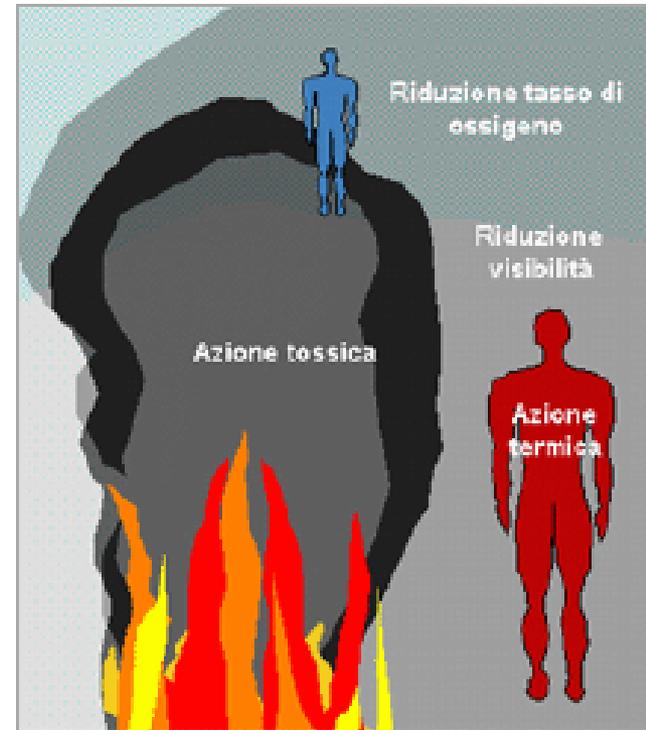


## EFFETTI DELL'INCENDIO SULL'UOMO

- ✓ **Anossia** (per la riduzione del tasso di ossigeno nell'aria)
- ✓ **Azione tossica**
- ✓ **Riduzione della visibilità**
- ✓ **Azione termica**

Causati dai **prodotti della combustione**:

- ✓ **Gas**
- ✓ **Fumo**
- ✓ **Fiamma**
- ✓ **Calore**



## **OSSIDO (o monossido) DI CARBONIO (CO)**

Si sviluppa in *incendi covanti in ambienti chiusi e in carenza di ossigeno*. È il più pericoloso tra i **tossici del sangue** per l'elevato livello di tossicità e i notevoli quantitativi sviluppati.



**Caratteristiche:** incolore, inodore, non irritante

**Meccanismo d'azione:** Il CO è assorbito per via polmonare; attraverso la parete alveolare passa nel sangue per combinazione con l'emoglobina dei globuli rossi formando la **carbossi-emoglobina**, bloccando i legami con l'O<sub>2</sub> che in condizioni normali forma l'ossiemoglobina. Il CO determina un legame preferenziale con l'emoglobina, in quanto l'affinità con il CO è circa 220 volte superiore a quella con l'ossigeno.

Concentrazione di CO (ppm)	Tempo max esposizione (s)
500	240
1000	120
2500	48
5000	24
10000	12

**Sintomatologia:** cefalea, nausea, vomito, palpitazioni, astenia, tremori muscolari.

In **tabella** sono indicati i massimi tempi di esposizione in un incendio tenuto conto degli effetti del CO sull'organismo umano in situazione di stress, panico e calore.

## EFFETTI DEL CALORE

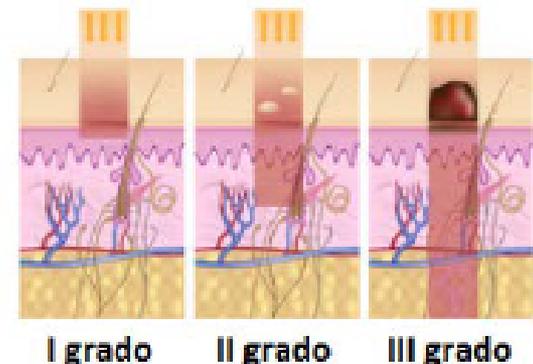


Il calore è dannoso per l'uomo per la **disidratazione** dei tessuti, **difficoltà o blocco della respirazione** e **scottature**.

Una temperatura dell'aria di circa **150 °C** è la **massima sopportabile** sulla pelle per brevissimo tempo, a condizione che l'aria sia sufficientemente secca.

Tale valore si abbassa se l'aria è umida, come negli incendi.

Una temp.  $\cong$  **60 °C** è da ritenere la **massima respirabile per breve tempo**.



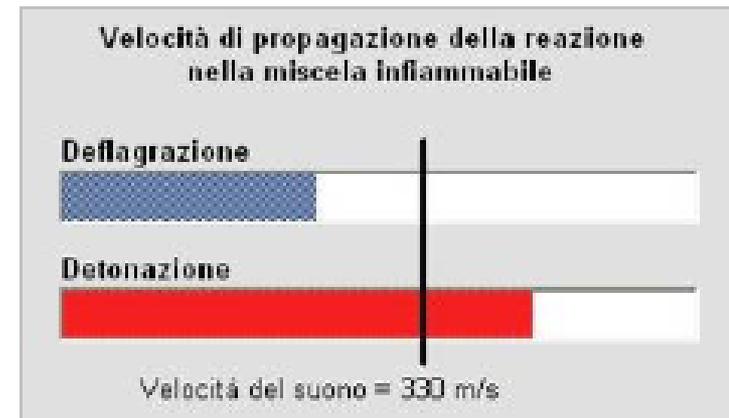
## ESPLOSIONE



Rapida espansione di gas, dovuta a una reazione chimica di combustione, avente come effetto la produzione di **calore**, **onda d'urto** e **picco di pressione**.

Definizioni secondo la **velocità di propagazione**:

- **Deflagrazione**: propagazione con **velocità minore del suono**;
- **Detonazione**: propagazione con **velocità maggiore del suono**.



*Gli effetti distruttivi delle detonazioni sono maggiori delle deflagrazioni.*

## Esplosioni di gas e polveri

Un'esplosione può aver luogo quando **gas**, vapori o **polveri infiammabili** (es. *segatura, farina, ecc.*), entro il campo di esplosività, sono innescati da una fonte di sufficiente energia.



## PENTAGONO DELL'ESPLOSIONE

In analogia al triangolo del fuoco, nel caso di esplosioni di gas, vapori, nebbie o polveri si può considerare il **pentagono dell'esplosione**.

Le **cinque condizioni** necessarie per creare le condizioni di esplosività sono:

- presenza di **combustibile**
- presenza di **comburente** (generalmente ossigeno)
- presenza di fonte di **innesco**
- **miscelazione** (in giuste proporzioni)
- ambiente **confinato** (non essenziale, può aggravare)



## ATTIVITÀ A RISCHIO DI ATMOSFERE ESPLOSIVE

Nei **luoghi di lavoro** il rischio di formazione di atmosfere esplosive in officine/**stabilimenti**/impianti/depositi... può essere dovuto a:

- **gas**, vapori, nebbie infiammabili in luoghi con **saldatura**, **verniciatura**, ecc. con sostanze infiammabili.
- **polveri** combustibili come **farina** di cereali, **zucchero**, polvere di **cacao**, **segatura** di legno... nell'ambito di processi di **macinazione**, **essiccamento**, trasporto, lavorazione, separazione, ecc.



## Prevenire le esplosioni

Obiettivo principale è **prevenire** la formazione di **miscele esplosive**, in quanto è molto difficile disporre di misure che proteggano dalle esplosioni a differenza degli incendi.



**Obiettivi** con priorità decrescente:

- 1) **Prevenire** la formazione di atmosfere esplosive.
- 2) **Evitare** l'accensione di atmosfere esplosive.
- 3) **Attenuare** i danni di un'esplosione.

Progetto nell'ipotesi di probabile **inefficacia mezzi di protezione**.

# PREVENZIONE INCENDI

È orientata alla salvaguardia dell'incolumità delle persone ed alla tutela dei beni e dell'ambiente.

Le azioni **Preventive e Protettive** non devono essere considerate alternative ma **complementari** tra loro.



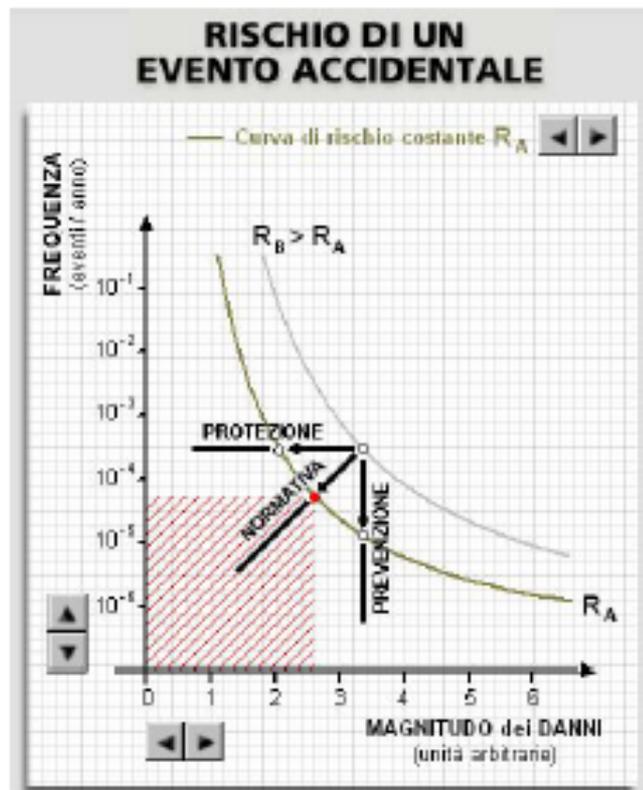
## IL RISCHIO

Il **Rischio (R)** di un evento accidentale è il prodotto di 2 fattori:

- ✓ **Frequenza (F)**, probabilità che l'evento si verifichi in un dato tempo.
- ✓ **Magnitudo (M)**, l'entità dei danni conseguenti.

$$R = F \times M$$

*Dalla formula si può vedere che se si riduce frequenza, magnitudo o entrambe, si riduce il rischio.*



## Il controllo e la gestione del rischio

Nel diagramma è rappresentata la possibilità di gestire un rischio attraverso l'adozione di misure di tipo Preventivo o Pro-tettivo.

Riduzione del rischio mediante:

✓ riduzione della frequenza

⇒ "prevenzione"

✓ riduzione della magnitudo

⇒ "protezione" (di tipo attivo o passivo).

<b>Probabilità</b>		<b>P R O T E Z I O N E</b>	<b>AREA DI RISCHIO INACCETTABILE</b>	
Elevata				
Medio Alta				
Medio Bassa				
Bassissima				
<b>Magnitudo</b>	Trascurabile	Modesta	Notevole	Ingente

## LE MISURE DI PREVENZIONE

### Misure di tipo tecnico

- **Impianti elettrici a regola d'arte;**
- **Messa a terra** impianti, strutture metalliche;
- **Impianti di protezione scariche atmosferiche;**
- **Ventilazione** degli ambienti;
- **Dispositivi di sicurezza.**



### Misure di tipo organizzativo-gestionale

- **Rispetto di ordine e pulizia e del regolamento;**
- **Controlli e manutenzione;**
- **Informazione e formazione** dei lavoratori.



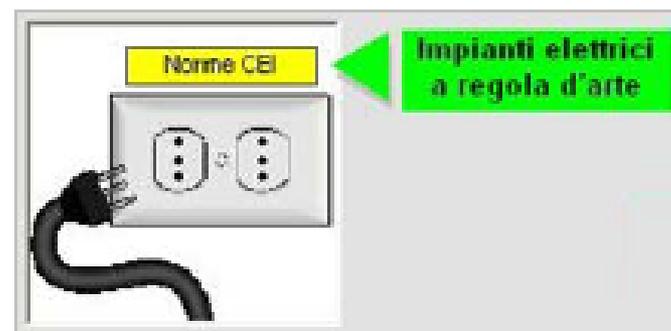
## MISURE DI TIPO TECNICO

### REALIZZAZIONE DI IMPIANTI ELETTRICI A REGOLA D'ARTE

Misura di prevenzione molto importante.

Realizzazione di **impianti elettrici a regola d'arte** (*D.M. sviluppo economico 22 gennaio 2008, n. 37, norme CEI*).

Consegue lo **scopo di ridurre le probabilità d'incendio, evitando che l'impianto elettrico costituisca causa d'incendio.**



## MISURE DI TIPO ORGANIZZATIVO-GESTIONALE

### ACCORGIMENTI COMPORTAMENTALI PER PREVENIRE GLI INCENDI

Le **misure precauzionali di esercizio** si realizzano attraverso:

- ✓ **Analisi** delle cause di incendio più comuni
- ✓ **Controlli e Manutenzione**
- ✓ **Informazione e Formazione** antincendi

## ANALISI DELLE CAUSE DI INCENDIO PIÙ COMUNI

- ✓ Deposito e utilizzo di materiali infiammabili e combustibili
- ✓ Utilizzo di fonti di calore
- ✓ Impianti ed attrezzature elettriche
- ✓ Presenza di fumatori
- ✓ Lavori di manutenzione e ristrutturazione
- ✓ Rifiuti e scarti combustibili
- ✓ Aree non frequentate
- ✓ Incendi dolosi

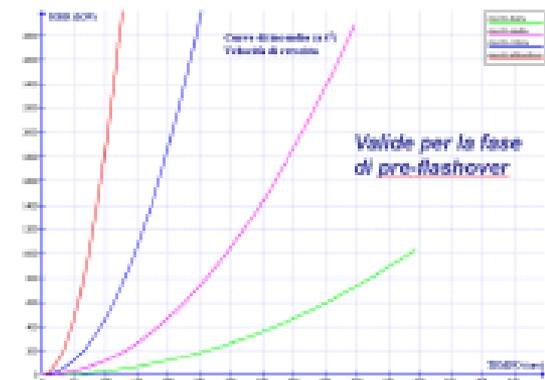


## Riduzione del carico di incendio e della velocità di propagazione dell'incendio

Le conseguenze di un incendio possono essere ridotte **limitando** le quantità di **materiali combustibili** presenti nell'attività al minimo indispensabile per l'esercizio.



La **sostituzione** di materiali combustibili con **velocità di propagazione** dell'incendio **rapida**, con altri **con velocità più lenta** consente di allungare il tempo disponibile per l'esodo.



## UTILIZZO DI FONTI DI CALORE



Speciali accorgimenti se si utilizzano **sostanze infiammabili** per **riscaldare**.

I **luoghi di saldatura** o taglio alla fiamma devono essere tenuti liberi da materiali combustibili tenendo sotto controllo eventuali scintille.



I **condotti di aspirazione** di cucine, forni, seghe, molatrici, devono essere tenuti puliti per evitare l'accumulo di grassi o polveri.

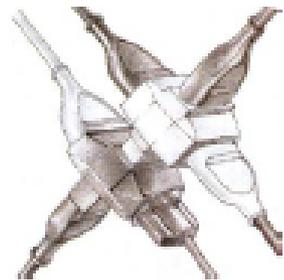
I **bruciatori** devono essere utilizzati e mantenuti in efficienza.

La **valvola d'intercettazione d'emergenza** del combustibile oggetto di manutenzione e controlli.



## IMPIANTI E ATTREZZATURE ELETTRICHE

Il personale deve essere istruito sull'uso delle attrezzature elettriche in modo da **riconoscere difetti**.



**Le prese multiple non devono essere sovraccaricate** per evitare surriscaldamenti.



In caso di alimentazione provvisoria **il cavo elettrico deve avere lunghezza strettamente necessaria**.

**Le riparazioni elettriche** devono essere effettuate da **personale qualificato**.



## LAVORI DI MANUTENZIONE E RISTRUTTURAZIONE

- Accumulo di materiali combustibili;
- Ostruzione delle vie di esodo;
- Bloccaggio in apertura delle porte REI;
- Realizzazione aperture su pareti REI.



Fare **controlli a inizio e fine giornata** (*esodo, misure antincendio, attrezzature, infiammabili e combustibili, rivelazione e allarme*).

**Attenzione a lavori a caldo** (*saldatura o uso di fiamme libere*): verificare che ogni combustibile sia stato rimosso o protetto.

Informare su **estintori** e **sistema di allarme antincendio**.

Adottare **precauzioni** in lavori su **impianti elettrici e gas**.

..

# LA PROTEZIONE ANTINCENDIO

Misure finalizzate alla riduzione dei danni. Suddivise in protezione **attiva** e **passiva** in base alla necessità o meno d'intervento di un operatore o dell'azionamento di un impianto.

## Protezione PASSIVA

(NON c'è bisogno di INTERVENTO)

## Protezione ATTIVA

(c'è bisogno di INTERVENTO)

La protezione attiva presuppone l'intervento che può avvenire con o senza l'azione umana.



# LA PROTEZIONE PASSIVA

**Non richiede** l'azione di un **uomo**  
o l'azionamento di un **impianto**.

- ✓ *Reazione al fuoco*
- ✓ *Resistenza al fuoco*
- ✓ *Compartimentazione*
- ✓ *Distanze di separazione*
- ✓ *Vie di esodo*



## LA PROTEZIONE ATTIVA

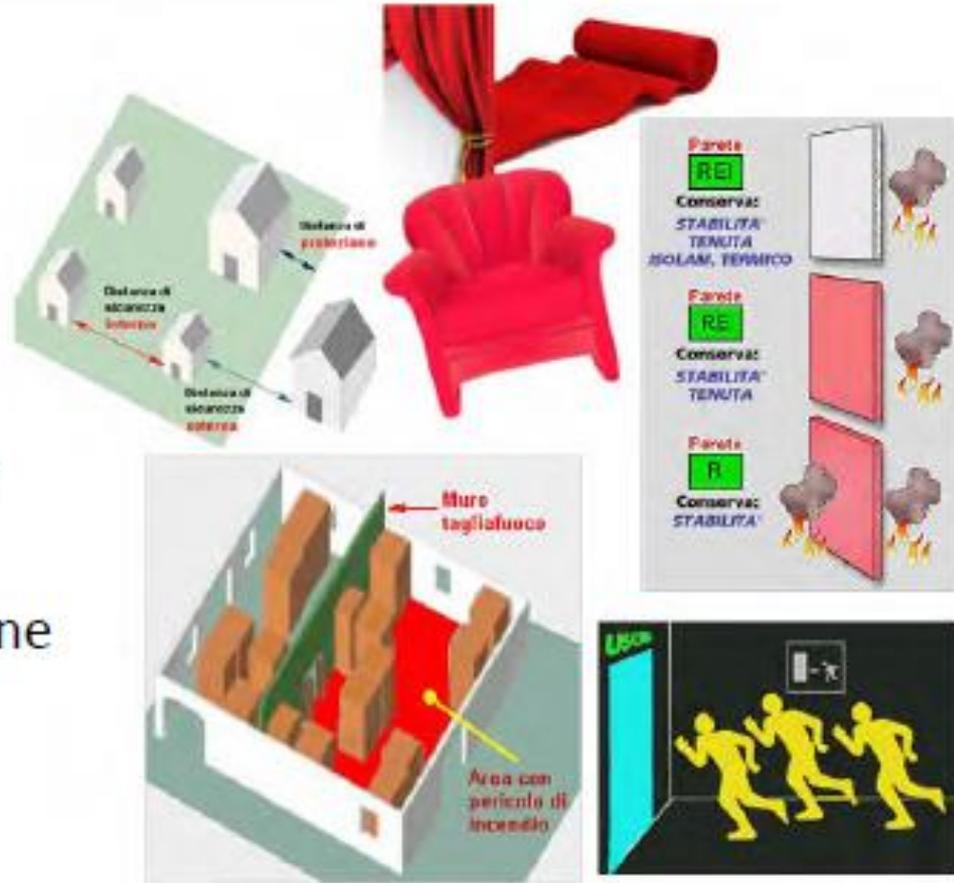
**Richiedono** l'azione di un **uomo** o l'azionamento di un **impianto**, finalizzate alla **rilevazione dell'incendio**, **segnalazione** e **spegnimento**.

- ✓ *Estintori*
- ✓ *Rete idrica antincendio*
- ✓ *Impianti di spegnimento automatici*
- ✓ *Impianti di rivelazione automatica d'incendio*
- ✓ *Dispositivi di segnalazione e allarme*
- ✓ *Evacuatori di fumo e calore*



## MISURE DI PROTEZIONE PASSIVA

- ✓ Reazione al fuoco
- ✓ Resistenza al fuoco
- ✓ Compartimentazione
- ✓ Distanze di separazione
- ✓ Vie di esodo



## MISURE DI PROTEZIONE ATTIVA

La protezione antincendio di un'attività può essere definita:

- di base;
- finalizzata al controllo dell'incendio;
- finalizzata alla completa estinzione.

Si attua attraverso i **presidi antincendio**:

- ✓ **Estintori;**
- ✓ **Idranti;**
- ✓ **Impianti manuali o automatici di controllo o estinzione.**



## ESTINTORI

**Mezzi di primo intervento** impiegati per i **principi d'incendio**. **Non efficaci** per incendi in **fase più avanzata**.



Sono suddivisi, in relazione al peso, in:

Estintori portatili



*ad esempio da 6 - 9 - 12 kg*

Estintori carrellati



*ad esempio da 30 - 50 - 150 kg*

## Estintori portatili - classificazione

Sono classificati in base alla **capacità estinguente**.

**Classe A** fuochi di solidi con formazione di brace

**Classe B** fuochi di liquidi

**Classe C** fuochi di gas

**Classe D** fuochi di metalli

**Classe F** fuochi che interessano mezzi di cottura



Sull'estintore è riportata un'**etichetta** suddivisa in 5 parti, con istruzioni e condizioni di utilizzo.

Sono indicate le **classi dei fuochi** ed i **focolai** che è in grado di estinguere (*esempio: 34A 233BC*).

## ESTINTORI CARRELLATI

Stesse caratteristiche degli estintori portatili con **maggiore capacità estinguente** ma **minore maneggevolezza**.



## ESTINTORI A POLVERE

La polvere antincendio è composta da sostanze chimiche miscelate tra loro con aggiunta di additivi per migliorarne le qualità.

L'azione estinguente è di tipo **chimico** di **soffocamento** e di **raffreddamento**.

L'erogazione della polvere avviene mediante una pressione interna fornita da azoto compresso.

Essendo costituita da particelle solide finissime, **può danneggiare le apparecchiature e macchinari**.

Sono **adatti all'uso su apparecchiature elettriche**.



## ESTINTORE A CO<sub>2</sub> (*anidride carbonica*)

Contiene **CO<sub>2</sub> compresso e liquefatto**.

Costituito da **unico pezzo di spessore adeguato**.

È **senza manometro**.

Il **diffusore di forma tronco-conica**.

Il dispositivo di scarica è composto da un tubo collegato a un **cono diffusore in PVC** con impugnatura per **evitare ustioni da freddo**.

Spegne per **soffocamento e raffreddamento**.

È **utilizzabile su apparecchiature elettriche**.



## ESTINTORE A SCHIUMA

La carica è composta da **liquido schiumogeno diluito in acqua** (dal 3% al 10%).

L'estinzione avviene per **soffocamento** e per **raffreddamento** in minima parte.



**B** Impiegate per incendi di **liquidi infiammabili (classe B)**

**Non utilizzabile** sui fuochi di **classe D**.



**Non utilizzabile** su **apparecchiature elettriche**.



## Numero degli estintori da installare

Il numero risulta determinato solo in alcuni norme specifiche (*scuole, ospedali, alberghi, locali di pubblico spettacolo, autorimesse, ecc.*).

Negli altri casi si deve eseguire il criterio di disporli in base alla **superficie, prontamente disponibili, con distanza** tra estintori di **circa 30 m.**



D.M. 10/3/1998

Tipo estintore Classe A-B	Superficie protetta da un estintore		
	Rischio basso	Rischio medio	Rischio elevato
13 A - 89 B	100 m <sup>2</sup>	-	-
21 A - 113 B	150 m <sup>2</sup>	100 m <sup>2</sup>	-
34 A - 144 B	200 m <sup>2</sup>	150 m <sup>2</sup>	100 m <sup>2</sup>
55 A - 233 B	250 m <sup>2</sup>	200 m <sup>2</sup>	200 m <sup>2</sup>

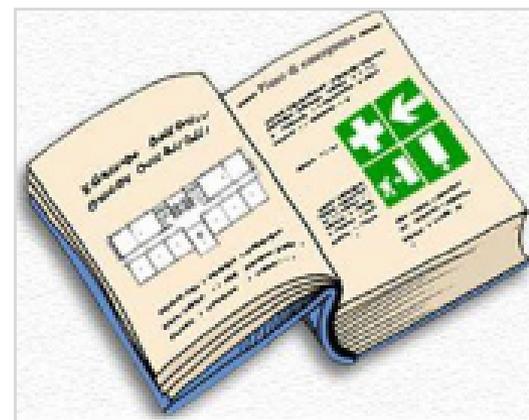
# PROCEDURE DA ADOTTARE IN CASO DI INCENDIO

## IL PIANO DI EMERGENZA

Per i luoghi di lavoro > 10 dipendenti, o ricompresi tra le **attività soggette** a controllo VVF deve essere redatto il **piano di emergenza**, che deve contenere:

- **azioni** da attuare in caso di incendio;
- procedure per l'**evacuazione**;
- procedure per **chiedere** l'intervento dei **vigili del fuoco**;
- misure per assistere le persone **disabili**.

Deve **identificare persone incaricate** di attuare le procedure.



## Contenuti del piano di emergenza

Il **piano di emergenza** contiene le **procedure** di:

- **allarme**, informazione e diffusione evacuazione;
- attivazione del **centro gestione emergenze**;
- **comunicazione** interna e esterna (*tra addetti antincendio e CGE, chiamata di soccorso, informazioni da fornire*);
- primo **intervento** della **squadra antincendio**;
- **esodo** degli occupanti e azioni di facilitazione dell'esodo;
- **messa in sicurezza** di apparecchiature e impianti;
- **rientro nell'edificio** al termine dell'emergenza.



## *Le procedure di chiamata dei servizi di soccorso*

Individuare la **persona (e sostituto) incaricata di dare l'allarme.**

**Schema di richiesta di soccorso:**

- **Indirizzo e numero di telefono;**
- **Tipo di emergenza;**
- **Persone coinvolte/feriti;**
- **Reparto coinvolto;**
- **Stadio dell'evento** (*in fase di sviluppo, stabilizzato, ecc.*);
- **Indicazioni sul percorso;**
- **Altre indicazioni** (*materiali coinvolti, ecc.*).

