Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco
Direzione Centrale per la Prevenzione e la Sicurezza Tecnica

Corsi per addetti antincendio di cui al D.Lgs. 81/08 e al D.M. 2/9/2021

# Supporti didattici per lo svolgimento dell'attività formativa

# Corsi di tipo 3-FOR

# Sommario

PREMESSA ..... 4
RIFERIMENTI NORMATIVI ..... 5
1 MODULO 1: L'incendio e la prevenzione incendi ..... 6
1.1 Principi sulla combustione ..... 6
1.1.1 La classificazione degli incendi (in relazione allo stato fisico del combustibile) ..... 7
1.1.2 Parametri fisici della combustione ..... 8
1.1.3 Cenni sulla dinamica della combustione e sulla trasmissione del calore ..... 11
1.1.4 Combustione delle sostanze solide, liquide e gassose ..... 14
1.1.5 La trasmissione del calore ..... 16
1.1.6 Possibili sorgenti di attivazione dell'incendio (energia di attivazione) ..... 18
1.1.7 Prodotti della combustione ..... 21
1.2 Le principali cause di incendio in relazione allo specifico ambiente di lavoro ..... 22
1.3 Le sostanze estinguenti ..... 23
1.4 I rischi alle persone e all'ambiente ..... 26
1.4.1 Premessa ..... 26
1.4.2 Dinamica dell'incendio ..... 31
1.4.3 Effetti dell'incendio sull'uomo ..... 33
1.5 Specifiche misure di prevenzione incendi ..... 35
1.6 Accorgimenti comportamentali per prevenire gli incendi ..... 37
1.6.1 Deposito ed utilizzo di materiali infiammabili e facilmente combustibili ..... 37
1.6.2 Utilizzo di fonti di calore ..... 37
1.6.3 Impianti ed attrezzature elettriche ..... 38
1.6.4 Il fumo e l'utilizzo di portacenere ..... 38
1.6.5 Rifiuti e scarti di lavorazione combustibili ..... 39
1.6.6 Aree non frequentate ..... 39
1.7 L'importanza del controllo degli ambienti di lavoro ..... 39
1.8 La segnaletica di sicurezza sui luoghi di lavoro ..... 40
1.9 L'importanza delle verifiche e delle manutenzioni sui presidi antincendio ..... 41
2 MODULO 2: Strategia antincendio (prima parte) ..... 44
2.1 Le aree a rischio specifico ..... 44
2.2 La protezione contro le esplosioni ..... 47
2.3 Misure antincendio (prima parte): ..... 51
2.3.1 Reazione al fuoco ..... 51
2.3.2 Resistenza al fuoco ..... 53
2.3.3 Compartimentazione ..... 58
2.3.4 Esodo ..... 65
2.3.5 Rivelazione ed allarme ..... 72

2.3.6 Controllo di fumo e calore ..... 77
3 MODULO 3: Strategia antincendio (seconda parte) ..... 80
3.1 Misure antincendio (seconda parte) ..... 80
3.1.1 Controllo dell'incendio ..... 80
3.1.2 Operatività antincendio ..... 94
3.1.3 Gestione della sicurezza antincendio in esercizio ed in emergenza ..... 95
3.1.4 I controlli e la manutenzione ..... 96
3.2 Il piano di emergenza ..... 98
3.2.1 Procedure di emergenza ..... 98
3.2.2 Procedure di allarme ..... 100
3.2.3 Procedure di evacuazione ..... 100
4 MODULO 4: Esercitazioni pratiche ..... 103
4.1 Estintori portatili ..... 103
4.2 Idranti e naspi ..... 104
4.2.1 Naspi antincendio ..... 104
4.2.2 Utilizzo di cassetta idrante antincendio e costruzione di una condotta antincendio ..... 105
4.2.3 Utilizzo di idrante soprasuolo e costruzione di una condotta antincendio ..... 107
4.2.4 Utilizzo di idrante sottosuolo e costruzione di una condotta antincendio ..... 108
4.2.5 Attacco di mandata per Motopompa o Autopompa ..... 110
4.3 Dispositivi di protezione per le vie respiratorie ..... 111
4.3.1 Classificazione DPI per protezione delle vie respiratorie ..... 111
4.3.2 Respiratori a filtro ..... 112
4.3.3 Respiratori isolanti ..... 113
4.4 Presa visione del registro antincendio, chiarimenti ed esercitazione riguardante l'attività di sorveglianza ..... 114

# PREMESSA

Questa dispensa è stata predisposta quale supporto didattico per lo svolgimento dei corsi di formazione 3-FOR per gli addetti antincendio ai sensi del D.Lgs. 81/08 e della Legge 28 novembre 1996, n. 609, con le modalità di cui al D.M. 2 settembre 2021, al D.M. 14 ottobre 1996 ed alla nota DCPREV 8274 del 31/05/2022.

La formazione è uno degli aspetti più qualificanti dell'attività del Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco, tra quelli che vengono subito dopo la missione principale del soccorso tecnico urgente. Il massimo coinvolgimento di tutto il personale nella formazione degli addetti antincendio è garanzia di un rapido ulteriore innalzamento del livello di conoscenze e competenze dell'intera Organizzazione e, attraverso i formatori del CNVVF, dei lavoratori, a vantaggio della sicurezza sociale.

Con queste dispense, redatte da un apposito gruppo di lavoro composto da Dirigenti e Funzionari del C.N.VV.F., si è pensato di riunire in forma organica ed opportunamente revisionata ed aggiornata tutte quelle informazioni e quei dati che servono per illustrare i contenuti principali dei corsi di formazione ed addestramento per gli addetti antincendio di livello 3-FOR, ai sensi del D.M. 2/9/2021.

Le dispense sono strutturate in modo da essere utilizzate anche come materiale didattico da distribuire ai partecipanti ai corsi di formazione.

Gli obiettivi didattici derivano dall'attenta analisi dei contenuti da erogare alle figure che sono oggetto dell'intervento formativo. Come per gli altri moduli didattici i contenuti sono stati sviluppati con riferimento alla figura dell'addetto antincendio che assolve, oltre alle sue mansioni specifiche proprie dell'ambito lavorativo, compiti per la gestione della sicurezza in esercizio ed in emergenza. I diversi temi dei moduli didattici, da quelli prettamente teorici, quali quelli relativi ai principi della combustione, a quelli più tecnici della strategia antincendio, a quelli pratici relativi all'utilizzo delle attrezzature di estinzione e di protezione, sono stati trattati non dal punto di vista tecnico, ma con metodologia prestazionale, cercando per ciascun argomento di approfondirne soprattutto la rilevanza ai fini della strategia antincendio complessiva, anche con riferimento alle procedure di emergenza.

I principali riferimenti per la trattazione delle misure antincendio sono stati il Codice di prevenzione incendi e i decreti attuativi dell'art. 46 comma 3 del D.Lgs. 81/08 (D.M. 1/9/2021, D.M. 2/9/2021, D.M. 3/9/2021) che, oltre a costituire la base per l'illustrazione degli argomenti, sono utilizzati direttamente in alcune parti ed integrati nella dispensa, come elementi sostanziali degli argomenti trattati. L'utilizzo degli strumenti normativi quale base per lo sviluppo degli argomenti è garanzia di conformità dei corsi agli indirizzi dell'amministrazione.

La trattazione è stata corredata di numerosi esempi e di approfondimenti, che vengono forniti sotto forma di note, e che sono complementi utili all'ulteriore sviluppo di esempi da parte dei docenti e ad una migliore comprensione da parte dei discenti.

# RIFERIMENTI NORMATIVI

Nel documento sono presenti  riferimenti ai seguenti atti legislativi:

- **D.lgs. 9 aprile 2008, n. 81** "Testo Unico sulla Salute e Sicurezza sul Lavoro"
- **D.M 3 agosto 2015** "Approvazione di norme tecniche di prevenzione incendi, ai sensi dell'articolo 15 del decreto legislativo 8 marzo 2006, n. 139"

Nota: Il D.M 3 agosto 2015 è generalmente denominato "codice di prevenzione incendi"

- **D.M 1 settembre 2021** "Criteri generali per il controllo e la manutenzione degli impianti, attrezzature ed altri sistemi di sicurezza antincendio, ai sensi dell'articolo 46, comma 3, lettera a), punto 3, del decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81"
- **D.M 2 settembre 2021** "Criteri per la gestione dei luoghi di lavoro in esercizio ed in emergenza e caratteristiche dello specifico servizio di prevenzione e protezione antincendio, ai sensi dell'articolo 46, comma 3, lettera a), punto 4 e lettera b) del decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81"
- **D.M 3 settembre 2021** "Criteri generali di progettazione, realizzazione ed esercizio della sicurezza antincendio per luoghi di lavoro, ai sensi dell'articolo 46, comma 3, lettera a), punti 1 e 2, del decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81"

# 1 MODULO 1: L'incendio e la prevenzione incendi

## 1.1 Principi sulla combustione

La combustione è una reazione chimica di una sostanza combustibile con un comburente che dà luogo allo sviluppo di calore, fiamma, gas, fumo e luce.

La combustione può avvenire con o senza sviluppo di fiamme superficiali. La combustione senza fiamma superficiale si verifica generalmente quando la sostanza combustibile non è più in grado di sviluppare particelle volatili.

Solitamente il comburente è l'ossigeno contenuto nell'aria, ma sono possibili incendi di sostanze che contengono nella loro molecola una quantità di ossigeno sufficiente a determinare una combustione, quali ad esempio gli esplosivi e la celluloide.

Le condizioni necessarie per avere una combustione sono:

- presenza del **combustibile**
- presenza del **comburente**
- presenza di una **energia di attivazione** (innesco/sorgente di calore).

Pertanto solo la contemporanea presenza di questi tre elementi dà luogo al fenomeno dell'incendio e, di conseguenza, al mancare di almeno uno di essi l'incendio si spegne.

È importante specificare la **differenza tra *combustione* e *incendio***, sebbene siano due fenomeni accomunati dallo stesso principio chimico-fisico.

Con il termine **combustione** ci si riferisce ad una reazione chimica di ossidazione del materiale combustibile, da parte dell'agente ossidante (il comburente), controllata nel tempo e nello spazio (ad esempio può essere considerata tale la combustione del gas combustibile che fuoriesce dal fornello di una cucina domestica).

L'incendio è invece una reazione incontrollata che dà luogo alla combustione di materiale con effetti indesiderati a causa della propagazione, nello spazio e nel tempo, delle fiamme, del calore, del fumo e dei gas di combustione, con ovvio pericolo per le persone e per i beni circostanti.

Nella letteratura della sicurezza antincendio si è soliti rappresentare il fenomeno della combustione con il cosiddetto "**triangolo del fuoco**".

Il "triangolo del fuoco" è un espediente per facilitare la comprensione del fenomeno legato alla combustione: ogni lato del triangolo rappresenta infatti un componente della reazione chimica (il combustibile, il comburente e l'energia di attivazione) e, dal momento che per innescare e mantenere tale reazione è necessaria la contemporanea presenza dei suddetti elementi, è altrettanto facile intuire come l'assenza di uno qualsiasi dei lati del triangolo comporti la cessazione della combustione (ovvero lo spegnimento dell'incendio, detto anche estinzione).

Quindi per ottenere lo spegnimento dell'incendio si può ricorrere a tre sistemi:

- **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 in aria;
- **raffreddamento**: sottrazione di calore fino ad ottenere una temperatura inferiore a quella necessaria al mantenimento della combustione.

A rigore, oltre alle tre modalità di estinzione sopraelencate, anche se non riconducibile a nessuno dei 3 lati del triangolo del fuoco, è da annoverare anche l'inibizione chimica (detta anche anticatalisi). Tale modalità di estinzione consiste nell'utilizzo di particolari agenti chimici che, a contatto con il calore dell'incendio, generano sostanze inibitrici del processo chimico di combustione che ne bloccano la reazione di ossidazione.

Normalmente per lo spegnimento di un incendio si utilizza una combinazione delle operazioni di esaurimento del combustibile, di soffocamento e di raffreddamento.

Poiché un incendio, nella quasi totalità dei casi, per ciò che riguarda la sostanza comburente viene alimentato dall'ossigeno naturalmente contenuto nell'aria, ne consegue che esso si caratterizza per tipo di combustibile e per il tipo di sorgente d'innesco.

### 1.1.1 La classificazione degli incendi (in relazione allo stato fisico del combustibile)

Gli incendi vengono distinti in cinque classi secondo lo stato fisico dei materiali combustibili con un'ulteriore categoria che tiene conto delle particolari caratteristiche degli incendi di natura elettrica.

- **classe A** incendi di materiali solidi
- **classe B** incendi di liquidi infiammabili
- **classe C** incendi di gas infiammabili
- **classe D** incendi di metalli combustibili
- **classe F** incendi che interessano mezzi di cottura (oli e grassi vegetali e animali)

Nota: È appena il caso di far notare come nella classificazione degli incendi sopra riportata sia assente la *classe E* che in passato veniva utilizzata per indicare gli incendi generati da apparecchiature elettriche in tensione (ovvero "percorse" da corrente elettrica). Tale classe ad oggi non trova più applicazione in quanto i materiali costituenti tali apparecchiature generano incendi assimilabili alle classi A e B. È tuttavia opportuno focalizzare l'attenzione sull'argomento in quanto nel bagaglio culturale di un addetto al servizio antincendio deve essere chiaro il concetto che incendi di materiali percorsi da corrente elettrica comportano un ulteriore rischio oltre a quello della combustione: l'elettrocuzione.

La classificazione degli incendi è tutt'altro che accademica, in quanto essa consente l'identificazione della classe di rischio d'incendio a cui corrisponde una precisa azione operativa antincendio ovvero un'opportuna scelta del tipo di estinguente.

Affinché in un combustibile si sviluppi e propaghi una combustione, occorre una sorgente d'ignizione tale da dar luogo all'inizio di una reazione di combustione che sia poi in grado di auto sostenersi. Ciò vuol dire che una parte dell'energia prodotta dall'incendio, deve trasferirsi alla superficie del combustibile aumentandone la temperatura. Infatti all'aumentare della temperatura, aumenta la tendenza di una reazione chimica (quale quella di combustione) ad incrementare di molto la sua velocità. Questo avviene con modalità diverse a seconda che il combustibile sia solido, liquido o gassoso.

- Nel caso di un **combustibile solido**, il trasferimento del calore prodotto dall'incendio dà origine ad un fenomeno di "pirolisi" ovvero di decomposizione termochimica del

materiale. I legami della materia allo stato solido si rompono e le molecole "liberate" dal reticolo cristallino costituente la struttura del materiale solido, possono combinarsi con l'ossigeno alimentando la reazione di combustione.

- Nel caso di un **liquido infiammabile**, l'aumento della temperatura dà luogo all'evaporazione di molecole che passano allo stato vapore potendosi così combinare con il comburente ed alimentare la combustione.
- Le sostanze allo **stato gassoso**, invece, richiedono normalmente un minor apporto energetico per l'attivazione di una reazione di combustione, poiché trovandosi già in fase gas sono caratterizzate da più deboli legami chimici costituenti la materia.

Quanto una reazione di combustione riesca più o meno facilmente a propagarsi nel combustibile e con quale velocità questa propagazione avviene, dipende da innumerevoli fattori.

Tra questi i principali sono i parametri fisici:

*a)* Limite superiore e inferiore di infiammabilità;

*b)* Temperatura di infiammabilità;

*c)* Temperatura di accensione.

*d)* Limiti superiore e inferiore di esplodibilità.

### 1.1.2 Parametri fisici della combustione

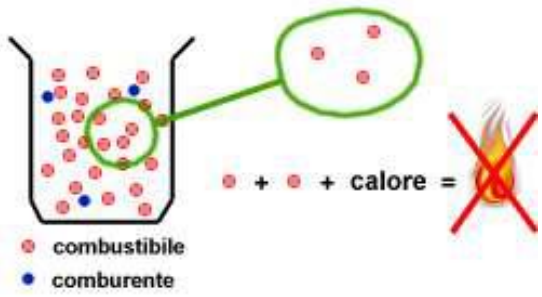
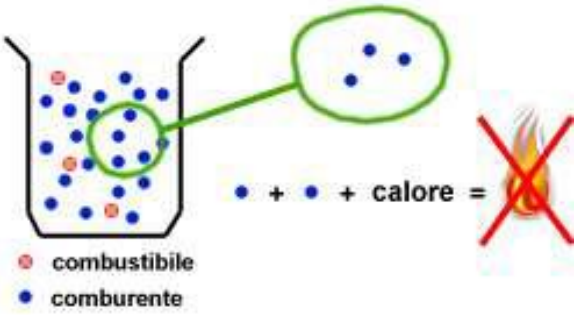
*a)* ***Limite superiore e inferiore di infiammabilità***

Affinché una reazione di combustione possa avvenire è necessaria la presenza contemporanea di un combustibile, di un comburente e di una sorgente di attivazione. E' però necessario che il combustibile ed il comburente siano presenti nelle giuste proporzioni perché, qualora vi sia un eccesso oppure un difetto di combustibile in rapporto al comburente disponibile, la miscela combustibile-comburente potrebbe non infiammarsi.

Per ogni miscela di gas o vapori infiammabili, esiste quindi un limite superiore ed inferiore di infiammabilità che si esprime come percentuale in volume di combustibile nella miscela aria-combustibile, e che rappresentano rispettivamente la concentrazione massima e minima di combustibile nella miscela, oltre le quali la miscela stessa non brucia ovvero una fiamma non è in grado di propagarsi.

Tali parametri, riferendosi a concentrazioni in volume di vapore infiammabile, sono caratteristici solamente dei **liquidi** e dei **gas combustibili**.

La differenza tra il limite superiore ed inferiore di infiammabilità di un combustibile, si definisce campo di infiammabilità. Maggiore è il campo di infiammabilità di una sostanza, più alta è la probabilità di propagazione di una reazione di combustione nella miscela combustibile-comburente e dunque maggiore è la pericolosità del combustibile.

| | |
|---|---|
|  |  |
| Miscela con concentrazione di combustibile oltre il limite superiore di infiammabilità | Miscela con concentrazione di combustibile minore del limite inferiore di infiammabilità |

Nella tabella seguente, sono riportati i limiti di infiammabilità di alcune sostanze:

| Combustibile | Limite inferiore % | Limite superiore % |
|---|---|---|
| Benzina | 0,9 | 7,5 |
| Gas naturale | 3 | 15 |
| Gasolio | 1 | 6 |
| Butano | 1,5 | 8,5 |
| Metano | 5 | 15 |

Un esempio pratico, utile per la comprensione di questi parametri, è il fornello della cucina domestica: esercitando la pressione sulla manopola si apre la valvola che lascia uscire il gas infiammabile in aria (ad es. metano) e si attiva contemporaneamente la scintilla (innesco). La fiamma compare istantaneamente non appena la concentrazione di gas metano in aria è del 5% (limite inferiore). Ruotando la manopola aumenta l'apertura della valvola e conseguentemente la concentrazione di metano in aria che determina un aumento della fiamma. Raggiunto il 15% (limite superiore) di concentrazione di metano, un ulteriore aumento comporterà l'estinzione della fiamma per eccesso di combustibile (ovvero la fuoriuscita della miscela gas-ossigeno dal campo di infiammabilità).

La velocità con cui la reazione di combustione si propaga all'interno di una miscela di un combustibile in fase gas o vapore in aria, è nulla in corrispondenza dei limiti di infiammabilità e aumenta man mano che la concentrazione del combustibile si approssima ai valori centrali del campo di infiammabilità

Infine, i limiti di infiammabilità variano al variare della pressione e della temperatura. Normalmente all'aumentare di queste aumenta il campo d'infiammabilità.

*b)* *Temperatura di infiammabilità*

La temperatura di infiammabilità è la più bassa temperatura alla quale un combustibile liquido emette vapori sufficienti a formare con l'aria una miscela che, **se innescata**, brucia spontaneamente.

Minore è la temperatura di infiammabilità e maggiore è la pericolosità del combustibile. La benzina ad esempio che, ha una temperatura di infiammabilità inferiore a 0°C, a temperatura ambiente rilascia vapori che se innescati bruciano.

Nella tabella seguente sono riportati alcuni valori indicativi della temperatura di infiammabilità

di alcune sostanze:

| Sostanza | $T_i$ (°C) |
|---|---|
| Acetone | -18 |
| Benzina | -20 |
| Gasolio | 65 |
| Alcool etilico | 13 |
| Alcool metilico | 11 |
| Toluolo | 4 |
| Olio lubrificante | 149 |

*c) Temperatura di accensione ( o di autoaccensione)*

La temperatura di accensione o di autoaccensione, rappresenta la temperatura minima alla quale un combustibile, in presenza d'aria brucia senza necessità di innesco.

Tale parametro è definibile per qualsiasi sostanza combustibile, sia essa solida, liquida o gassosa. Per comprenderne meglio il significato si può immaginare di osservare un materiale combustibile isolato, circondato esclusivamente di aria (contenente il naturale tenore di ossigeno comburente), il cui ambiente è sottoposto ad un graduale e continuo innalzamento di temperatura: il valore di temperatura alla quale inizia spontaneamente la combustione definisce la temperatura di autoaccensione.

Nella tabella seguente sono riportati alcuni valori indicativi della temperatura di accensione di alcune sostanze:

| Sostanza | $T_a$ (°C) |
|---|---|
| Acetone | 540 |
| Benzina | 250 |
| Gasolio | 220 |
| Idrogeno | 560 |
| Alcool metilico | 455 |
| Carta | 230 |
| Legno | 220÷250 |
| Gomma sintetica | 300 |
| Metano | 537 |

Minore è la temperatura di accensione e maggiore sarà la pericolosità del combustibile.

È opportuno sottolineare che la temperatura d'infiammabilità e la temperatura di accensione sono due aspetti radicalmente diversi.

Innanzitutto la temperatura d'infiammabilità, proprio perché riferita all'emissione di vapori infiammabili, è ovviamente definita *solo* per le sostanze combustibili *liquide*.

Inoltre, a differenza della temperatura di accensione, la temperatura di infiammabilità individua l'inizio della condizione per la quale un liquido infiammabile emette vapori in aria in concentrazioni tali da formare una miscela infiammabile, ma non necessariamente l'inizio della combustione. Facendo riferimento al triangolo del fuoco si può dire che un liquido infiammabile, sottoposto alla sua temperatura di infiammabilità, forma solo due lati del triangolo (miscela combustibile-comburente); la combustione avverrà non appena vi sarà l'innesco.

Per rafforzare il concetto ed evidenziare la differenza tra i due parametri citati si fa notare come la benzina, liquido estremamente infiammabile, pur avendo una bassissima temperatura

d'infiammabilità sia caratterizzata da una temperatura di accensione relativamente alta (ad esempio maggiore della carta).

*d)* *Limiti di esplodibilità (% in volume)*

Sono la più bassa concentrazione in volume di vapore della miscela al di sotto della quale non si ha *esplosione* in presenza di innesco (limite inferiore di esplodibilità) e la più alta concentrazione in volume di vapore della miscela al di sopra della quale non si ha esplosione in presenza di innesco (limite superiore di esplodibilità).

Sostanzialmente il concetto è analogo a quello del campo di infiammabilità, con la differenza però che l'*esplosione* è un fenomeno fisicamente più severo. Si può dire che l'esplosione è una reazione di combustione che, avvenendo in modo molto celere, comporta, tramite la rapida espansione dei gas di combustione, anche effetti di sovrappressione con spostamento d'aria (onde d'urto).

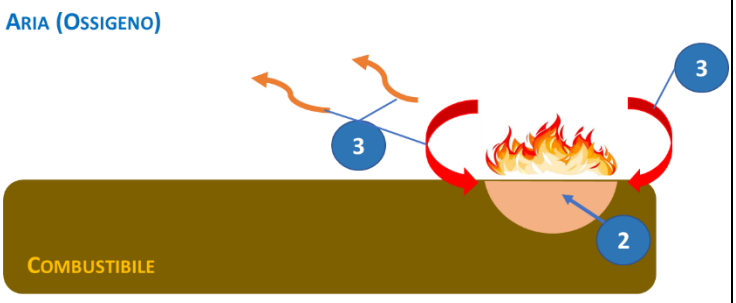
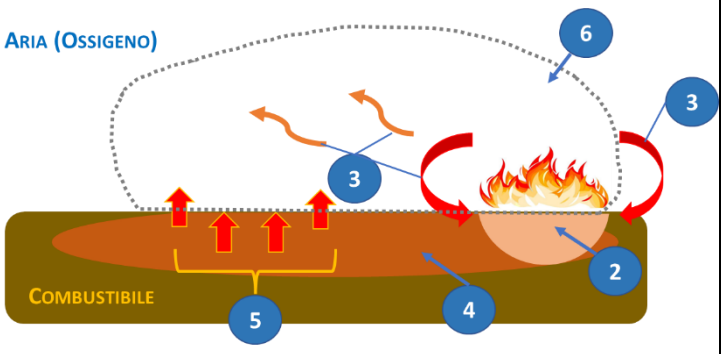
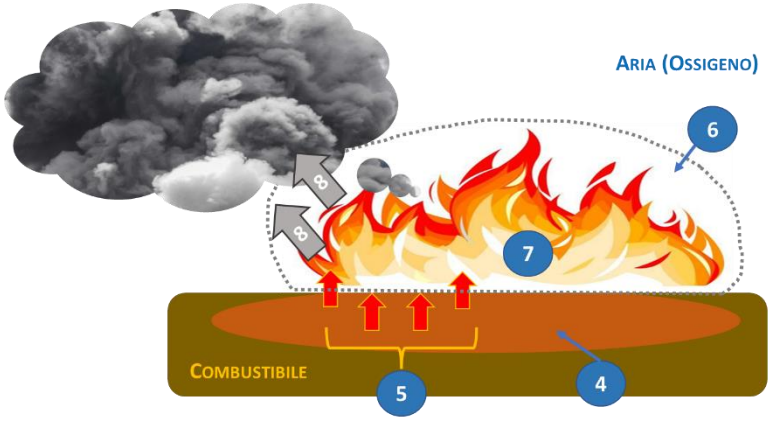
In genere il campo di esplodibilità è contenuto all'interno del campo di infiammabilità, ovvero i limiti di esplodibilità inferiori e superiori sono rispettivamente di valore maggiore e minore dei corrispondenti limiti di infiammabilità.

### 1.1.3 Cenni sulla dinamica della combustione e sulla trasmissione del calore

Una volta avviata una reazione di combustione, i prodotti che da essa si generano, danno luogo alla formazione di un "plume" (pennacchio) di gas caldi (fuliggine prodotta da solidi o aerosol di liquidi, gas e vapori di combustione) che, trovandosi ad una temperatura maggiore di quella ambiente si muovono verso l'alto, in quanto meno densi dell'aria. Il movimento verso l'alto dei gas di combustione, aspira l'aria alla base delle fiamme facendo in modo che affluisca un certo apporto di ossigeno necessario alla reazione.

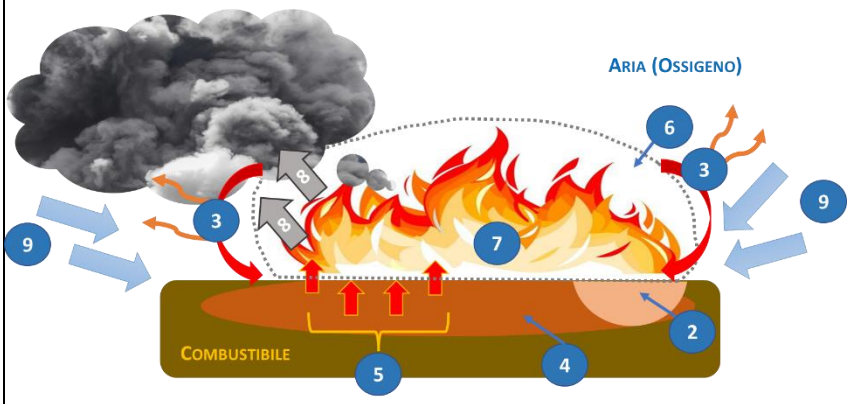
Il meccanismo di combustione appena descritto può essere schematicamente rappresentato nella figura seguente, all'interno della quale sono stati anche rappresentati, il moto verso l'alto dei fumi/gas e vapori di combustione e gli afflussi d'aria che trasportano l'ossigeno alla base delle fiamme a cui è stato fatto cenno.

| **Meccanismo di combustione e sviluppo dell'incendio** | |
|---|---|
| La presenza di una **sorgente d'ignizione** (**punto 1**), sollecitando termicamente il materiale combustibile, dà luogo, nella zona più prossima alla sorgente, ad una **zona di degradazione locale della materia** (**punto 2**). | |

| | |
|---|---|
| Per effetto del cimento termico subito dal combustibile all'interno di tale area (punto 2), i legami chimici costituenti la materia si rompono, ottenendo così delle molecole di combustibile pronte a combinarsi con l'ossigeno presente in aria, dando avvio alla **fase iniziale dell'incendio**. | |
| A tal punto, la **reazione chimica di combustione, produce energia sottoforma di calore** (**punto 3**), che sollecita ulteriormente il materiale combustibile più vicino. |  |
| Se il calore prodotto, che investe il materiale combustibile, è sufficientemente intenso, **l'incendio si propaga.** Si amplifica così la zona del combustibile che partecipa al fenomeno di **<u>pirolisi/evaporazione (punto 4)</u>**, zona dalla quale viene generato un **<u>apporto di combustibile (punto 5)</u>** che affluisce nella **zona di combustione (punto 6),** cioè nella zona all'interno della quale avviene la reazione di combustione. |  |
| All'interno della zona combustione (punto 6), il materiale combustibile generato alimenta ulteriormente lo **sviluppo di fiamme (punto 7)** e, più in generale, dei **prodotti della combustione (fumo/gas e vapori – punto 8)**. |  |

La produzione di calore (punto 3), che sollecita il materiale combustibile presente**,** e l'afflusso di aria **(punto 9)** alimentano l'incendio che si propaga fino alla consumazione del materiale disponibile, con conseguente estinzione del fuoco.

Nota: Qualora, l'ossigeno utilizzato nella combustione non dovesse essere reintegrato, ad esempio nel caso di un incendio che si sviluppa all'interno di un ambiente confinato in assenza di superfici di ventilazione (chiusura di porte e/o finestre), la combustione rallenta al ridursi delle concentrazioni di ossigeno. Se il processo prosegue, si può raggiungere una concentrazione limite di ossigeno oltre la quale, non potrà più essere sostenuta una combustione con fiamma.




| Sviluppo Incendio – Legenda | |
|---|---|
| **1** | Innesco |
| **2** | Degradazione localizzata |
| **3** | Calore di combustione |
| **4** | Zona di pirolisi |
| **5** | Combustibile in fase di pirolisi |
| **6** | Zona di combustione |
| **7** | Fiamme |
| **8** | Fumi, gas e vapori di combustione |
| **9** | Afflusso d'aria (ossigeno) |

In linea del tutto generale si potrebbe anche verificare il caso di sorgenti d'ignizione non efficaci, ovvero non in grado di innescare un incendio in un materiale combustibile in grado poi di autosostenersi. Questa situazione è tipica di quei casi in cui l'energia di attivazione non è sufficiente in rapporto alla tipologia del combustibile. Pensiamo ad esempio ad una piccola sorgente d'ignizione, quale quella rappresentata da una piccola fiamma di una candela, oppure da un fiammifero o ancora un accendino messa a contatto con un combustibile solido quale un pezzo di legno.

Non è detto, in questo caso, che tali sorgenti, siano in grado di innescare un incendio in quel combustibile. Potrebbe ad esempio verificarsi un iniziale innesco che interessa una porzione limitata del combustibile, a cui non segue poi una propagazione alle restanti parti secondo il meccanismo di reazione a catena sopra descritto.

La fase iniziale di un incendio, dunque, può o meno essere seguita da una successiva fase di propagazione, e ciò dipende tipicamente dalla potenza della sorgente d'ignizione e dall'inerzia termica del combustibile ovvero dalla maggiore o minore propensione del combustibile a bruciare.

Le proprietà fondamentali di un combustibile che ne influenzano l'infiammabilità sono, la **capacità termica, la conduttività termica, e la densità**. Per **capacità termica** si intende la quantità di calore che occorre fornire al materiale per aumentarne la sua temperatura di un grado centigrado. Dire che una sostanza ha un'alta capacità termica significa dire che riesce ad assorbire tanto calore innalzando di poco la propria temperatura. Ciò accade chiaramente quanto maggiore è la massa del combustibile. Altra grandezza fisica con cui è possibile rappresentare la

suscettibilità di un combustibile a bruciare, è il suo **calore specifico**, ovvero la quantità di calore necessaria per innalzare di 1°C, la temperatura dell'unità di massa (1kg). Grandezza, quest'ultima, del tipo non estensiva poiché riferita all'unità di massa.

Vediamo di seguito i valori del calore specifico di alcune sostanze, a temperatura e pressione ambiente.

| Sostanza | J/kg × °C |
|---|---|
| Alluminio | 896 |
| Rame | 385 |
| Zinco | 389 |
| Piombo | 129 |
| Ferro | 450 |
| Carbone vegetale | 1200 |
| Acqua | 4180 |
| Acqua di mare | 3925 |
| Etanolo | 2430 |
| Benzina | 2240 |
| Olio lubrificante | 1850 |
| Petrolio | 1900 |
| Aria | 1005 |

Dal confronto notiamo che alcune sostanze, come i metalli, hanno calori specifici piuttosto bassi. Ciò vuol dire che con poca energia è possibile ottenere un considerevole aumento della temperatura. Al contrario, altre sostanze come l'acqua ad esempio, hanno un elevato calore specifico e pertanto è necessario fornire grandi quantità di energia per aumentarne la temperatura.

Rispetto agli altri due parametri che caratterizzano l'inerzia termica di un combustibile, ovvero la conducibilità e la massa, la **conducibilità o conduttività**, esprime la capacità delle sostanze di condurre il calore mentre la massa è direttamente collegata alla quantità di materia. Dunque l'inerzia termica di un combustibile aumenta all'aumentare del calore specifico della sostanza di cui è costituito e all'aumentare della massa del corpo, mentre si riduce con l'aumentare della conducibilità del materiale.

### 1.1.4 Combustione delle sostanze solide, liquide e gassose

*a) La combustione delle sostanze solide*

La **combustione delle sostanze solide** è caratterizzata dai seguenti parametri:

- pezzatura e forma del materiale;
- grado di porosità del materiale;
- elementi che compongono la sostanza;
- contenuto di umidità del materiale;
- condizioni di ventilazione.

Il **grado di pezzatura** è il rapporto tra il volume del combustibile e la sua superficie esterna. Se un combustibile ha una grande pezzatura vuol dire che le superfici a contatto con l'aria sono relativamente limitate in rapporto al suo volume. Al contrario, se a parità di massa, diminuisce la

pezzatura del combustibile come ad esempio per un combustibile suddiviso in minute particelle (polvere di legno), aumenta la superficie esterna attraverso cui avvengono i fenomeni di scambio termico con l'ambiente e con essa la suscettibilità del materiale a bruciare.

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

*b) La combustione dei liquidi infiammabili*

Tutti i liquidi sono in equilibrio con i propri vapori che si sviluppano in misura differente a seconda delle condizioni di pressione e temperatura sulla superficie di separazione tra pelo libero del liquido e mezzo che lo sovrasta. Nei liquidi infiammabili la combustione avviene proprio quando, in corrispondenza della suddetta superficie, i vapori dei liquidi, miscelandosi con l'ossigeno dell'aria in concentrazioni comprese nel campo di infiammabilità, sono opportunamente innescati.

Pertanto, per bruciare in presenza di innesco, un liquido infiammabile deve passare dallo stato liquido allo stato di vapore. L'indice della maggiore o minore combustibilità di un liquido è fornito dalla temperatura di infiammabilità. In base alla temperatura di infiammabilità i liquidi infiammabili sono classificati come segue:

- Categoria A: liquidi aventi punto di infiammabilità inferiore a 21°C
- Categoria B: liquidi aventi punto di infiammabilità compreso tra 21°C e 65°C
- Categoria C: liquidi aventi punto di infiammabilità compreso tra 65°C e 125°C

| SOSTANZE | Temperatura di infiammabilità (°C) | Categoria |
|---|---|---|
| gasolio | 65 | C |
| acetone | -18 | A |
| benzina | -20 | A |
| alcool metilico | 11 | A |
| alcool etilico | 13 | A |
| toluolo | 4 | A |
| olio lubrificante | 149 | C |

*c) I gas*

Nelle applicazioni civili ed industriali i gas, compresi quelli infiammabili, sono generalmente contenuti in recipienti atti ad impedirne la dispersione incontrollata nell'ambiente.

I gas in funzione delle loro caratteristiche fisiche possono essere classificati come segue:

- **GAS LEGGERO**

  Gas avente densità rispetto all'aria inferiore a 0,8 (idrogeno, metano, etc.) Un gas leggero quando liberato dal proprio contenitore tende a stratificare verso l'alto.

- **GAS PESANTE**

  Gas avente densità rispetto all'aria superiore a 0,8 (GPL, acetilene, etc.) Un gas pesante quando liberato dal proprio contenitore tende a stratificare ed a permanere nella parte bassa dell'ambiente ovvero a penetrare in cunicoli o aperture praticate a livello del piano di calpestio.

In funzione delle loro modalità di conservazione, i gas possono essere classificati in gas compressi, gas liquefatti, gas refrigerati e gas disciolti.

Nota: I gas compressi sono gas che vengono conservati allo stato gassoso ad una pressione superiore a quella atmosferica in appositi recipienti detti bombole o trasportati attraverso tubazioni. La pressione di compressione può variare da poche centinaia millimetri di colonna d'acqua (rete di distribuzione gas metano per utenze civili) a qualche centinaio di atmosfere (bombole di gas metano e di aria compressa).

I gas liquefatti sono gas che per le loro caratteristiche chimico-fisiche possono essere liquefatti a temperatura ambiente mediante compressione (butano, propano, ammoniaca, cloro). Il vantaggio della conservazione di gas allo stato liquido consiste nella possibilità di detenere grossi quantitativi di prodotto in spazi contenuti, in quanto un litro di gas liquefatto può sviluppare nel passaggio di fase fino a 800 litri di gas. I contenitori di gas liquefatto debbono garantire una parte del loro volume geometrico sempre libera dal liquido per consentire allo stesso l'equilibrio con la propria fase vapore; pertanto è prescritto un limite massimo di riempimento dei contenitori detto grado di riempimento.

I gas refrigerati sono gas che possono essere conservati in fase liquida mediante refrigerazione alla temperatura di equilibrio liquido-vapore con livelli di pressione estremamente modesti, assimilabili alla pressione atmosferica.

I gas disciolti sono 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)

### 1.1.5 La trasmissione del calore

Definiti i parametri attraverso cui è possibile caratterizzare le proprietà di un combustibile, riuscendo così a valutarne la maggiore o minore pericolosità rispetto all'incendio, occorre descrivere le caratteristiche delle sorgenti di ignizione, per comprendere meglio i meccanismi di attivazione della combustione.

Un parametro descrittivo dell'energia di attivazione o sorgente di ignizione è la potenza termica ovvero la quantità di calore per unità di tempo che la sorgente stessa è in grado di trasferire (espressa in Watt e relativi multipli Kilo Watt e Mega Watt).

Vediamo alcuni valori caratteristici di potenze termiche relativi ad alcune potenziali sorgenti d'ignizione:

| | |
|---|---|
| Sigaretta accesa | 5 W |
| Fiammifero da cucina o accendisigaro | 50 W |
| Candela | 50-80 W |
| Incendio di cestino porta rifiuti | 50-150 kW |
| Incendio di una piccola sedia | 150-250 kW |
| Incendio di una poltrona | 350-750 kW |
| Incendio di un sofà | 1-3 MW |
| Incendio di un albero di natale | 1-2 MW |
| Incendio di una camera da letto | 3-10 MW |

Ovviamente, sorgenti d'ignizione caratterizzate da valori della potenza termica maggiori, sono potenzialmente più pericolose ovvero "efficaci" all'innesco di un incendio nei materiali combustibili.

I meccanismi con cui una sorgente d'ignizione può scambiare calore con un combustibile sono sostanzialmente i meccanismi di scambio termico del calore per **conduzione**, **convezione** e **irraggiamento**.

*a) Conduzione*

Per conduzione termica si intende la trasmissione di calore che avviene in un mezzo solido, liquido o aeriforme dalle zone a temperatura maggiore verso quelle con temperatura minore, all'interno di un corpo solo o tra due corpi tra loro in contatto.

*b) Convezione*

Si tratta di un meccanismo di trasmissione del calore proprio di un fluido come aria o acqua. Il

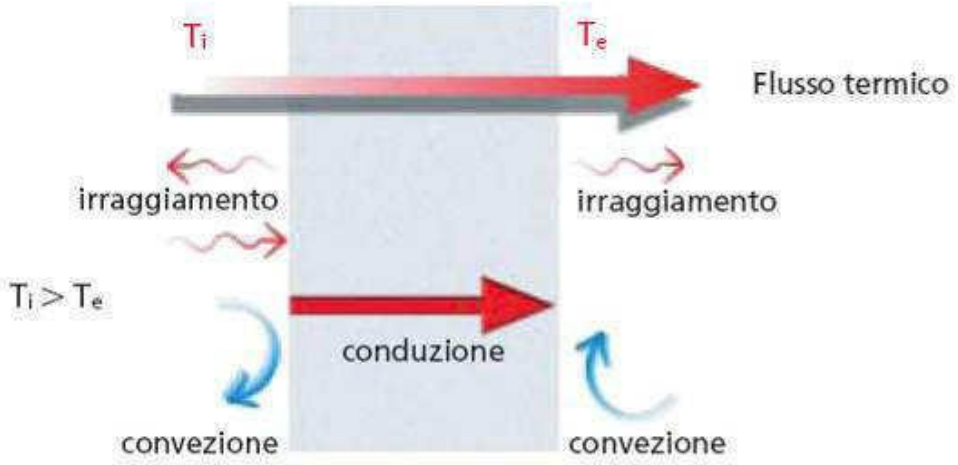
fluido, a contatto con un corpo la cui temperatura è maggiore di quella dell'ambiente che lo circonda, si riscalda e, per l'aumento di temperatura subito, si espande (nella maggior parte dei casi). A causa della spinta di Archimede, questo fluido sale, essendo meno denso del fluido circostante che è più freddo. Contemporaneamente, il fluido più freddo scende instaurando una circolazione convettiva. La propagazione del calore è associata al trasporto di materia.

*c) Irraggiamento o radiazione termica*

Il termine irraggiamento o radiazione termica, viene usato per indicare la radiazione elettromagnetica emessa dalla superficie di un corpo che si trova ad una certa temperatura. Tutti gli oggetti emettono radiazioni elettromagnetiche per il semplice fatto di trovarsi ad una certa temperatura.

Tra due corpi a differenti temperature, si stabilirà un continuo scambio di energia, con uno scambio netto di calore dal corpo più caldo al corpo più freddo, anche nel caso che tra di essi vi sia il vuoto. Un esempio di scambio termico per irraggiamento e rappresentato dalla radiazione solare.

I tre meccanismi sinteticamente descritti, possono essere ben rappresentati dall'immagine riportata di seguito che schematizza la trasmissione del calore attraverso una parete di separazione da un ambiente interno a temperatura $T_i$ maggiore della temperatura esterna $T_e$.




Normalmente i tre meccanismi sopra descritti coesistono ma, a seconda dei casi, può variare l'importanza relativa di ciascuno di essi ovvero la quantità di calore trasferita da ciascuno di essi.

Relativamente al meccanismo di trasmissione del calore per irraggiamento, si riportano di seguito valori caratteristici della radiazione termica a cui corrispondono determinati effetti:

| Irraggiamento KW/m$^2$ | Effetto |
|---|---|
| 1,00 ÷ 1,50 | Irraggiamento solare |
| 3,0 | Lesioni reversibili |
| 5,0 | Danni per operatori con DPI per effetto di lunghe esposizioni |
| 9,5 | Dolore tollerabile per brevi esposizioni (secondi) |
| 12,5 | Danni o fusione di elementi plastici – Elevata letalità |
| 25,0 | Ignizione senza fiamma pilota di elementi lignei |
| 40,0 | Danneggiamento di strutture in acciaio |
| 60,0 | Danneggiamento di strutture in calcestruzzo |

La sorgente d'ignizione può essere dunque rappresentata da un oggetto caldo, una fiamma, una

corrente elettrica, una scintilla ecc. La temperatura della sorgente deve superare la temperatura di accensione del combustibile, e deve essere in grado di trasferire una quantità di calore sufficiente in una data massa di combustibile affinché questo possa accendersi.

### 1.1.6 Possibili sorgenti di attivazione dell'incendio (energia di attivazione)

Di seguito vengono descritte le caratteristiche delle sorgenti d'ignizione più comunemente note, riportando anche degli esempi finalizzati ad evidenziare in quali situazioni le suddette sorgenti possono risultare efficaci nell'attivazione di un incendio

*a) Piccola fiamma prodotta da una candela, fiammiferi o accendino*

Una sorgente d'ignizione rappresentata da una piccola fiamma, come quella generata da una candela, un accendino o anche una scatola di fiammiferi, produce flussi termici maggiori nella direzione della fiamma, piuttosto che in direzione trasversale alla fiamma. Questo conferma la propensione della fiamma di una candela ad accendere combustibili a qualche distanza immediatamente sopra la fiamma ma non anche combustibili posti a lato di essa.

Una piccola fiamma per accendere un combustibile deve essere posta in posizione molto vicina. Esiste infatti una regola di carattere generale per cui, minore è l'energia della sorgente di accensione, più la sorgente e il primo combustibile devono essere prossimi affinché si possa verificare un incendio.

*b) Scintille ed archi elettrici*

La definizione di scintilla è ambigua perché il termine può riferirsi a una delle due situazioni di seguito elencate:

- un arco elettrico di breve durata in cui la corrente elettrica si scarica attraverso l'aria o altro isolante;
- un minuscolo frammento di materiale solido incandescente che si muove attraverso l'aria;

La scintilla elettrica non è facilmente distinta dall'arco elettrico, tranne per la durata.

Nota: L'arco elettrico persiste come una scarica per un certo intervallo di tempo. È quindi più semplice considerare tutti questi fenomeni elettrici come archi di diversa durata e lasciare il termine scintilla per rappresentare una particella solida o goccia fusa riscaldata da qualche processo. Più un arco elettrico persiste a lungo nel tempo, più questo è in grado di riscaldare i materiali posti nei suoi immediati dintorni, trasferendo ad essi calore. Poiché l'arco può persistere da pochi microsecondi a centinaia di secondi, il calore totale rilasciato può essere ricompreso all'interno di una gamma molto ampia, da un valore piccolo associato ad un breve arco di elettricità statica a valori enormi per un fulmine.

*c) Superfici calde*

La maggior parte degli oggetti caldi sono riscaldati mediante una fiamma, mediante riscaldamento per attrito, o dal flusso di corrente elettrica che li attraversa.

Se materiali combustibili entrano in contatto con questi elementi riscaldanti, possono essere innescati.

La valutazione di un eventuale accensione di un combustibile a causa di una superficie calda non è una semplice questione di confronto tra la temperatura della superficie con la temperatura di autoaccensione del combustibile.

L'accensione di qualsiasi combustibile non si verificherà se non vi è abbastanza calore che viene trasferito in una massa sufficiente di combustibile e tale da stabilire una fiamma persistente. Il trasferimento di calore da una superficie dipende infatti dalla natura e dalla forma della superficie, dalla natura del contatto, e se il contatto con il combustibile viene mantenuto

sufficientemente a lungo.

Nota: Contatti molto brevi a volte non permettono il trasferimento di una quantità di calore sufficiente per l'accensione. Ad esempio, un combustibile liquido volatile gocciolato su una superficie calda metallica piana rischia di raffreddare la zona di contatto per evaporazione. I vapori risultanti salgono per convezione dalla superficie calda, riducendo così il tempo di permanenza. In queste situazioni, la temperatura della superficie calda è in genere efficace all'accensione del vapore generato dal liquido infiammabile, se risulta significativamente maggiore della temperatura di autoaccensione del liquido.

*d) Attrito*

Come fonte di accensione, l'attrito è riconducibile al caso di un "oggetto caldo". L'attrito tra due superfici in movimento genera calore (come nei freni a disco di un'automobile, che possono diventare estremamente caldi). L'attrito è stato sempre considerato una fonte di accensione di un fuoco, si pensi a quello generato strofinando due bastoncini di legno l'uno contro l'altro, facendo ruotare una punta di legno in una depressione ricavata nell'altro pezzo. In questo caso il legno è utilizzato, perché oltre ad essere un combustibile, è un cattivo conduttore di calore, permettendo così di accumulare il calore generato per attrito senza disperderlo fino a raggiungere l'accensione dei bastoncini.

L'attrito spesso è un fenomeno indesiderato e causa d'innesco di incendi, specialmente nelle macchine che contengono parti in movimento.

Nota: Ad esempio un cuscinetto in rotazione che si surriscalda a causa di una lubrificazione inadeguata può provocare proiezione di frammenti metallici caldi, e il successivo innesco di materiali combustibili adiacenti. Ogni cuscinetto che non dispone di un'adeguata lubrificazione può diventare caldo attraverso l'attrito, e il contatto dell'oggetto caldo con un combustibile di facile accensione può provocare un incendio. La mancanza di lubrificazione è senza dubbio una delle fonti di incendi scaturiti in macchine in uso. Altri possibili esempi, sono rappresentati da nastri trasportatori e cinghie, che possono incepparsi, o essere costrette a muoversi contro i rulli bloccati, provocando un estremo riscaldamento per attrito. Lavorazioni che sviluppano attrito come fresatrici, torni sono in grado di generare una pioggia di particelle calde che possono innescare l'accensione di materiali posti nelle vicinanze come rifiuti o a contatto con tali apparecchiature da lavoro. Infine, fenomeni di attrito possono anche verificarsi all'interno di impianti di estrazione, come quelli a servizio di silos contenenti materiali combustibili, in caso di mancata manutenzione o controllo dei suddetti impianti e dei relativi componenti, quali coclee di estrazione dei materiali.

*e) Radiazione termica*

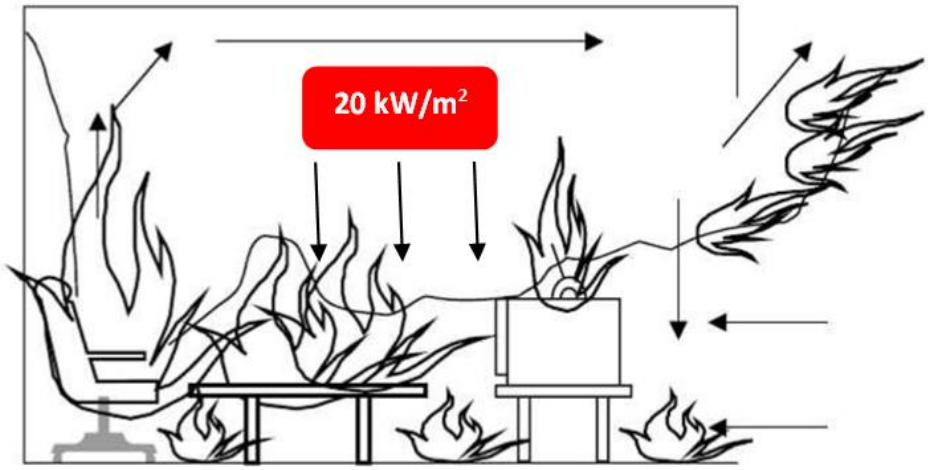
Il calore radiante gioca un ruolo molto importante come principale causa di propagazione degli incendi, meno come fonte primaria d'accensione.

Ciò nonostante, il calore radiante emesso da caminetti, stufe e caloriferi può ad esempio portare materiale di natura cellulosica prossimo alla temperatura di accensione.

La trasmissione del calore per conduzione non è l'unico modo di attivazione di un incendio, in alcuni casi l'incendio può attivarsi se c'è un sufficiente calore radiante. In questo caso, le qualità riflettenti o assorbenti del combustibile sono di fondamentale importanza, così come la sua densità e la conduttività termica. Tutto ciò che è necessario è che il combustibile possa assorbire più calore di quello che può dissipare, raggiungendo per questo una temperatura superiore a quella di autoaccensione anche se localmente in alcune zone. I raggi della luce solare diretta (che corrispondono ad un tipico flusso di calore radiante la cui intensità è dell'ordine di 1 $kW/m^2$) non sono abbastanza intensi per innescare un incendio nei materiali combustibili comuni, ma se sono concentrati o focalizzati da un oggetto trasparente in grado di convogliarli, possono raggiungere i 10÷20 $kW/m^2$ nel punto focale del percorso della luce, potendo a questo punto innescare del materiale facilmente combustibile, come quello di natura cellulosica.

Più in generale la radiazione termica è la principale causa di propagazione di un incendio che si sviluppa all'interno di un ambiente confinato. Non a caso, dal punto di vista scientifico è generalmente assunto che la fase di flash-over di un incendio (punto 1.4.2) ovvero la fase

generalizzata di propagazione a tutti i combustibili presenti, si raggiunge quando il flusso termico radiante prodotto dai fumi e gas caldi stratificati a soffitto, raggiunge il valore circa 20 kW/m$^2$ a pavimento. Nell'intorno di tale valore, infatti, i combustibili solidi presenti nell'ambiente pirolizzano partecipando alla combustione.




*f)* *Autocombustione*

L'autocombustione si verifica quando un materiale combustibile si innesca in assenza di sorgenti esterne di attivazione. Infatti, nell'autocombustione, l'energia di attivazione è fornita dal calore generato da processi quali reazioni biochimiche o fermentazioni. In generale, l'autocombustione si ha quando una sostanza si ossida (brucia) ad una velocità tale che la generazione di calore supera la sua dissipazione, con un accumulo di energia termica tale da provocare l'accensione.

L'accumulo di energia può verificarsi in quei casi in cui la sostanza combustibile, quale fieno, carbone, viene stoccata in cumuli che non consentono la dissipazione del calore e determinando così un incremento della temperatura interna al cumulo. La crescita di temperatura, a sua volta, aumenta la velocità di reazione e con essa la produzione e l'accumulo di altra energia sotto forma di calore. Questo meccanismo può determinare il raggiungimento della "temperatura di accensione del combustibile" all'interno del cumulo, con l'inevitabile innesco di un incendio.

Il carbone attivo può dar luogo ad un'autocombustione in masse di qualche chilo e la reazione richiede da diverse ore ad alcuni giorni. Fieni ed erbe richiedono masse rilevanti (100 kg o più) e giorni o settimane prima che possa avvenire un'accensione, anche a temperature moderate.

Più alta è la temperatura di partenza e più velocemente il processo può progredire. La biancheria di cotone, se non adeguatamente asciugata attraverso un processo di essiccazione eseguito dopo un lavaggio, può auto-innescarsi dopo poche ore.

La presenza di oli da cucina che non sono stati rimossi dal lavaggio può contribuire ad un auto-riscaldamento della biancheria, come anche la presenza di residui di candeggina.

*g)* *Reazioni chimiche esotermiche*

Un certo numero di composti chimici sono in grado di generare grande calore, anche con formazione di fiamme. Alcuni incendi accidentali, avvenuti all'interno di negozi di prodotti per la casa, sono conseguenti a perdite o fuoriuscite di agenti corrosivi (acidi o basi) che sono entrati in contatto con metalli o materiali combustibili che, al contatto con forti ossidanti (cloro per piscina), hanno dato luogo ad una reazione esotermica.

Nota: si dice reazione esotermica una reazione chimica che produce energia termica.

Tali reazioni accadono più frequentemente all'interno di impianti industriali, e richiedono per una valutazione l'attenta conoscenza dei meccanismi di reazione. Molti incendi di origine chimica sono dovuti alla combustione o decomposizione di sostanze chimiche pericolose che in particolari situazioni possono dar luogo a reazioni fuggitive molto veloci e caratterizzate da rapidi incrementi di temperatura e pressione.

*h)* *Sigarette*

Sigarette e sigari, essendo fonti di combustione senza fiamma (covanti), pur avendo una bassa potenza di rilascio termico, possono innescare combustibili cellulosici finemente divisi, imbottiture di cotone e materiali termoplastici quali schiume.

Mozziconi di sigarette accesi, abbandonati in cestini porta rifiuti possono innescare incendi; al contrario, mozziconi accesi lasciati cadere su pozze di liquidi infiammabili difficilmente risultano "efficaci" all'accensione di un incendio anzi, più facilmente si spengono una volta terminata la loro corsa all'interno della pozza di liquido.

*i)* *Apparecchi elettrici*

Il calore prodotto dagli apparecchi elettrici può, naturalmente, causare l'accensione di materiali combustibili posti nelle vicinanze, anche quando i suddetti apparecchi sono utilizzati correttamente. Stufe elettriche, tostapane, o forni offrono una fonte di accensione per la presenza di resistenze elettriche che possono raggiungere temperature superficiali dell'ordine dei 600 °C o maggiori. Tali superfici calde possono ad esempio innescare la maggior parte dei materiali cellulosici (compresi gli alimenti) se entrano in contatto con essi.

Le lampade ad incandescenza possono generare temperature in aria, in corrispondenza della superficie del bulbo di vetro, che vanno da 70 °C ai 270 °C in funzione della potenza della lampada. Tali temperature possono bruciare materiali cellulosici o fondere materiali sintetici che entrano in contatto con la sorgente di calore.

### 1.1.7 Prodotti della combustione

La conoscenza dei prodotti della combustione è fondamentale per comprendere i rischi connessi con lo sviluppo di un incendio e per saper adottare, in contesti emergenziali, le possibili contromisure di salvaguardia atte a ridurre gli effetti sull'uomo.

Tra i prodotti della combustione quelli che ci interessano sono i seguenti:

- gas di combustione
- fiamme
- fumo
- calore

*a)* *Gas di combustione*

I gas di combustione sono quei prodotti della combustione che rimangono allo stato gassoso anche quando raggiungono raffreddandosi la temperatura ambiente di riferimento 15 °C. I principali gas di combustione sono:

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

La produzione di tali gas dipende dal tipo di combustibile, dalla percentuale di ossigeno presente e dalla temperatura raggiunta nell'incendio.

Nella stragrande maggioranza dei casi, la mortalità per incendio è da attribuire all'inalazione di questi gas che producono danni biologici per anossia o per tossicità.

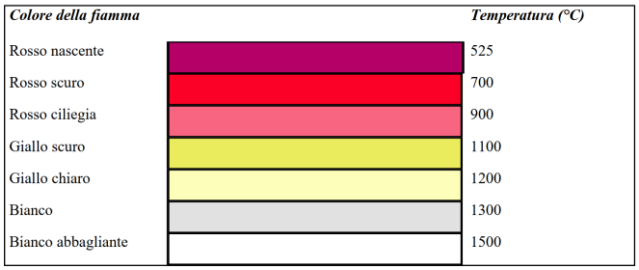
Tra i gas prodotti dall'incendio rientra anche il vapore acqueo, che non è un gas di combustione, in quanto torna allo stato liquido una volta raffreddato.

*b)* *Fiamme*

Le fiamme sono costituite dall'emissione di luce conseguente alla combustione di gas sviluppatisi in un incendio.

Nota: In particolare nell'incendio di combustibili gassosi è possibile valutare approssimativamente il valore raggiunto dalla temperatura di combustione dal colore della fiamma.

Scala cromatica delle temperature nella combustione dei gas




*c)* *Fumi*

I fumi sono formati da piccolissime particelle solide (aerosol) e liquide (nebbie o vapori condensati). Le particelle solide sono sostanze incombuste che si formano quando la combustione avviene in carenza di ossigeno e vengono trascinate dai gas caldi prodotti dalla combustione stessa, e impediscono la visibilità ostacolando l'attività dei soccorritori e l'esodo delle persone. Le particelle solide dei fumi, che sono incombusti e ceneri, rendono il fumo di colore scuro. Le particelle liquide, invece, sono costituite essenzialmente da vapor d'acqua, che al di sotto dei 100°C condensa dando luogo a fumo di color bianco.

*d)* *Calore*

Il calore è la causa principale della propagazione degli incendi. Realizza l'aumento della temperatura di tutti i materiali e i corpi esposti, provocandone il danneggiamento fino alla distruzione.

## 1.2 Le principali cause di incendio in relazione allo specifico ambiente di lavoro

Le condizioni che possono determinare l'insorgenza di un incendio sono da ricercare nei numerosi fattori che caratterizzano gli ambienti (di lavoro e non) e che non si esauriscono nella semplice disamina delle sostanze combustibili presenti e dei potenziali meccanismi di innesco. Infatti, a prescindere dai livelli di pericolo intrinsechi di un dato luogo, dipendenti anche dalla tipologia di attività svolta, gioca un ruolo fondamentale il sistema di gestione attuato per definire le misure di esercizio e comportamentali più corrette nei riguardi della sicurezza antincendio.

Per esprimere meglio tale concetto si può senz'altro affermare che un luogo di lavoro nel quale si detengono grandi quantitativi di combustibile e/o vengono effettuate lavorazioni pericolose, ma che al contempo viene esercito con adeguate misure tecniche, organizzative e gestionali, possa essere caratterizzato, da un punto di vista statistico, da un minore livello di rischio rispetto ad altro luogo di lavoro che, seppur contraddistinto da fattori di pericolo minori, disponga di

carenti misure di prevenzione e controllo.

In conclusione si deve tenere presente che il rischio d'incendio è fortemente influenzato dai sistemi organizzativi e dai comportamenti adottati dagli occupanti.

A titolo meramente indicativo e non esaustivo, si elencano alcune delle cause e delle condizioni di pericolo più comuni per il rischio incendio:

- deposito o manipolazione non idonea di sostanze infiammabili o combustibili;
- accumulo di rifiuti, carta o altro materiale combustibile che può essere facilmente incendiato (accidentalmente o deliberatamente);
- negligenza nell'uso di fiamme libere e di apparecchi generatori di calore;
- inadeguata pulizia delle aree di lavoro e scarsa manutenzione delle apparecchiature;
- impianti elettrici o utilizzatori difettosi, sovraccaricati e non adeguatamente protetti;
- riparazioni o modifiche di impianti elettrici effettuate da persone non qualificate;
- apparecchiature elettriche lasciate sotto tensione anche quando inutilizzate;
- utilizzo non corretto di impianti di riscaldamento portatili;
- ostruzione della ventilazione di apparecchi di riscaldamento, macchinari, apparecchiature elettriche e di ufficio;
- fumare in aree ove è proibito o non usare il posacenere;
- negligenze di appaltatori o di addetti alla manutenzione.

## 1.3 Le sostanze estinguenti

L'estinzione dell'incendio si ottiene per raffreddamento, sottrazione del combustibile e soffocamento. Tali azioni possono essere ottenute singolarmente o contemporaneamente mediante l'uso delle sostanze estinguenti, che vanno scelte in funzione della natura del combustibile e delle dimensioni del fuoco.

È di fondamentale importanza conoscere le proprietà e le modalità d'uso delle principali sostanze estinguenti:

- acqua
- schiuma
- polveri
- gas inerti
- agenti estinguenti alternativi

### *a) Acqua*

L'acqua è la sostanza estinguente per antonomasia. La sua azione estinguente si esplica con le seguenti modalità:

- abbassamento della temperatura del combustibile per assorbimento del calore;

Nota: In generale, l'assorbimento del calore da parte dell'acqua è tanto maggiore quanto più la temperatura è prossima alla temperatura di ebollizione (100 ° C). Possiamo comprendere meglio il fenomeno attraverso un esempio. L'energia termica necessaria per riscaldare un kg di acqua da 10°C a 100 ° C è circa 376 kJ. Una volta giunta alla temperatura di 100°C l'acqua evapora, con un ulteriore apporto termico di 2260 kJ. L'energia termica necessaria per far evaporare 1 kg di acqua è pertanto pari a 6 volte quella che serve per riscaldarla fino alla temperatura di ebollizione. E' quindi l'evaporazione dell'acqua che assorbe il calore

prodotto dalla combustione.

- azione di soffocamento per sostituzione dell'ossigeno con il vapore acqueo;

Nota: L'acqua, evaporando, aumenta il suo volume di 1670 volte, spostando l'aria e i vapori infiammabili prodotti durante l'incendio, ed esplicando, quindi, un'azione separante.

- diluizione di sostanze infiammabili solubili in acqua fino a renderle non più tali;

Nota: Anche questa è un'azione separante. La diluizione in acqua delle parti solubili del combustibile in acqua evita il contatto con l'ossigeno (azione separante) e allontana il combustibile (rimozione del combustibile).

- imbibimento dei combustibili solidi.

Nota: la partecipazione alla combustione di un combustibile solido bagnato è contrastata dalla presenza di acqua, in quanto l'energia termica fornita dall'esterno o dall'incendio, finché il combustibile è bagnato, non aumenta la temperatura ma procura il calore per l'evaporazione dell'acqua

L'uso dell'acqua quale agente estinguente è consigliato per incendi di combustibili solidi. Tuttavia esistono sostanze incompatibili, come ad esempio il sodio ed il potassio che a contatto con l'acqua liberano idrogeno (sostanza pericolosa perché estremamente infiammabile).

È di particolare interesse far notare come l'acqua migliori considerevolmente la sua azione estinguente con il diminuire della dimensione delle gocce costituenti il getto liquido.

Infatti ad una minor dimensione della goccia (ad esempio quella tipica del getto "spray") corrisponde, a parità di volume liquido utilizzato, una maggiore superficie di scambio termico tra acqua e sostanza combustibile, che si riflette a sua volta in una maggiore capacità di assorbimento del calore da parte dell'acqua (ovvero in aumento dell'azione di raffreddamento).

L'acqua è un buon conduttore di energia elettrica. L'acqua a getto pieno non è impiegabile su impianti e apparecchiature in tensione. Esistono estintori ad acqua frazionata/nebulizzata utilizzabili su apparecchi a tensione non superiore a 1000 V alla distanza di 1 m, in quanto hanno superato una specifica prova.

*b) Schiuma*

La schiuma è un agente estinguente costituito da una miscela di acqua, liquido schiumogeno e aria (o altro gas inerte). Generalmente l'ordine di grandezza delle concentrazioni nella soluzione liquida sono: 90-95% di acqua e 5-10% di liquido schiumogeno.

L'azione estinguente delle schiume avviene per separazione del combustibile dal comburente e per raffreddamento. Esse sono impiegate normalmente per incendi di liquidi infiammabili.

In base al rapporto tra il volume della schiuma prodotta e la soluzione acqua-schiumogeno d'origine le schiume si distinguono in:

- Alta espansione: > 1:200
- Media espansione: 1:20 – 1:200
- Bassa espansione: < 1:20

Nota: Sono disponibili diversi tipi di liquidi schiumogeni che vanno impiegati in relazione al tipo di combustibile:

liquidi schiumogeni fluoro-proteinici

Sono formati da una base proteinica addizionata con composti fluorurati. Essi sono adatti alla formazione di schiume a bassa espansione, hanno un effetto rapido e molto efficace su incendi di prodotti petroliferi.

liquidi schiumogeni sintetici

Sono formati da miscele di tensioattivi. Essi sono adatti alla formazione di tutti i tipi di schiume e garantiscono una lunga conservabilità nel tempo, sono molto efficaci per azione di soffocamento su grandi superfici e volumi.

liquidi schiumogeni fluoro-sintetici (AFFF - Acqueous Film Forming Foam)

Sono formati da composti fluorurati. Essi sono adatti alla formazione di schiume a bassa e media espansione che hanno la caratteristica di scorrere rapidamente sulla superficie del liquido incendiato. L'impiego degli schiumogeni AFFF realizza una più

efficace azione estinguente in quanto consente lo spegnimento in tempi più rapidi con una minore portata di soluzione schiumogena per metro quadrato di superficie incendiata.

liquidi schiumogeni per alcoli

Sono formati da una base proteinica additivata con metalli organici. Essi sono adatti alla formazione di schiume a bassa espansione e sono molto efficaci su incendi di alcoli, esteri, chetoni, eteri, aldeidi, acidi, fenoli, etc.

Nota: le recenti normative in materia di tutela ambientale stanno restringendo o addirittura vietando l'utilizzo di determinati composti presenti in molte tipologie di schiumogeno, particolarmente per quelli a base di fluoro. Ad esempio La Direttiva 2006/122/EC del 12/12/2006 proibisce l'uso di PFOS (perfluorottano sulfonato) nei tensioattivi fluorurati poiché tale composto chimico risulta essere di tipo persistente nell'ambiente. Di conseguenza l'industria chimica ha recentemente avviato lo studio e la produzione di sostanze prive di tali composti, o addirittura prive di fluoro, con caratteristiche di biodegradabilità e comparabili prestazioni.

*c) Polveri*

Le polveri sono costituite da particelle solide finissime a base di bicarbonato di sodio, potassio, fosfati e sali organici.

L'azione estinguente delle polveri è prodotta dalla decomposizione delle stesse per effetto delle alte temperature raggiunte nell'incendio, che dà luogo ad effetti chimici sulla fiamma con azione anticatalitica, ed alla produzione di anidride carbonica e vapore d'acqua. I prodotti della decomposizione delle polveri pertanto separano il combustibile dal comburente, raffreddano il combustibile incendiato e inibiscono il processo della combustione. Le polveri sono generalmente adatte per fuochi di classe A,B e C, mentre per incendi di classe D devono essere utilizzate polveri speciali.

Le polveri antincendio risultano normalmente dielettriche, quindi utilizzabili su apparecchiature elettriche sotto tensione; inoltre, ai fini di un loro corretto uso, è bene evidenziare le seguenti ulteriori caratteristiche:

- non spengono efficacemente le braci;
- presentano un rischio di danneggiamento di apparecchiature;
- sono irritanti per le vie respiratorie.

*d) Gas inerti*

I gas inerti utilizzati per la difesa dagli incendi sono l'anidride carbonica ($CO_2$) e in minor misura l'azoto ($N_2$). La loro presenza nell'aria riduce la concentrazione del comburente (soffocamento) fino ad impedire la combustione.

L'anidride carbonica non risulta tossica per l'uomo, è un gas più pesante dell'aria perfettamente dielettrico, normalmente conservato come gas liquefatto sotto pressione. Essa produce, differentemente dall'azoto, anche un'azione estinguente per raffreddamento dovuta all'assorbimento di calore generato dal passaggio dalla fase liquida alla fase gassosa.

La $CO_2$ è quindi adatta per lo spegnimento di fuochi di classe B.

Al momento dell'azionamento, l'anidride carbonica contenuta nel corpo dell'estintore, spinta dalla propria pressione interna, pari a circa 55/60 bar (a 20°C), raggiunge il cono diffusore, dal quale, attraverso il passaggio obbligato in un filtro frangi getto si espande, con una temperatura di circa -78°C, sottoforma di "neve carbonica" o "ghiaccio secco".

Il gas circonda il combustibile in fiamme, abbassa la concentrazione d'ossigeno e provoca lo spegnimento per raffreddamento e soffocamento.

È da osservare come negli estintori portatili la $CO_2$ venga utilizzata quale sostanza estinguente tal quale, mentre l'azoto come gas inerte è normalmente utilizzato per la pressurizzazione di altre

sostanze estinguenti (polveri).

Diverso invece è il caso degli impianti fissi a deplezione di ossigeno, installati in ambienti in cui sono conservati beni da proteggere nei riguardi dell'incendio ma anche dagli effetti dannosi delle sostanze estinguenti a base d'acqua (ad esempio testi antichi, opere d'arte, documenti di valore, ecc.). In tal caso i suddetti impianti possono prevedere indistintamente l'immissione di anidride carbonica o di azoto nel vano da proteggere, estinguendo l'incendio per soffocamento grazie alla riduzione della concentrazione di ossigeno nell'atmosfera.

Nota: la riduzione della concentrazione di ossigeno ai fini dell'estinzione dell'incendio determina generalmente ambienti non idonei alla salvaguardia della vita; pertanto, l'utilizzo di tali sostanze comporta la necessità di una corretta gestione e adeguata informazione e formazione per i lavoratori.

*e) Agenti estinguenti alternativi*

Nei precedenti paragrafi è stato fatto cenno alla possibilità di estinguere un incendio attuando un'azione differente dalla separazione, dal soffocamento e dal raffreddamento.

In particolare si è fatto riferimento alla cosiddetta inibizione chimica, ovvero alla possibilità, tramite specifiche sostanze, di bloccare la reazione chimica di ossidazione del combustibile da parte del comburente (catalisi negativa o anticatalisi).

In passato le sostanze per eccellenza impiegate a tal fine erano i cosiddetti idrocarburi alogenati (HALON, HALogenated-HydrocarbON), formati da idrocarburi saturi in cui gli atomi di idrogeno erano parzialmente o totalmente sostituiti con atomi di cromo, bromo o fluoro.

L'utilizzo degli HALON è stato ormai vietato da diversi anni a causa della produzione, con le alte temperature dell'incendio, di sostanze tossiche per l'ambiente e dannose per l'ozonosfera.

Ad oggi quindi sono disponibili agenti alternativi ("clean agents"), sostituivi dell'Halon, aventi un indice di impoverimento dello strato di ozono prossimo allo "0", sebbene siano contraddistinti da una capacità estinguente sensibilmente inferiore a quella degli halon.

## 1.4 I rischi alle persone e all'ambiente

### 1.4.1 Premessa

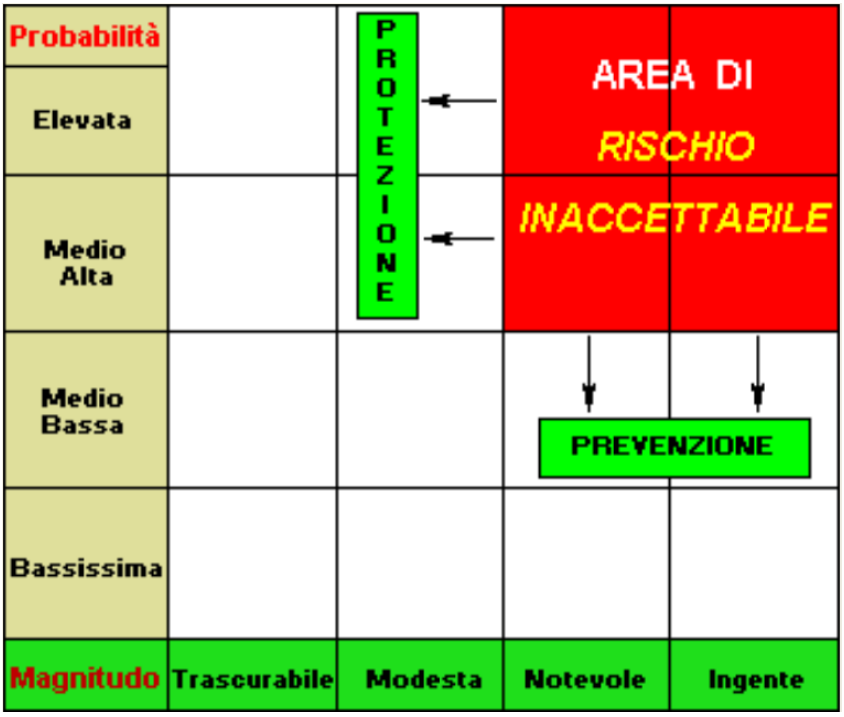
Il rischio di ogni evento incidentale (l'incendio nel nostro caso) risulta definito da due fattori:
1. La frequenza, cioè la probabilità che l'evento si verifichi in un determinato intervallo di tempo;
2. La magnitudo, cioè l'entità delle possibili perdite e dei danni conseguenti al verificarsi dell'evento.

Da tali fattori deriva quindi la definizione analitica:

**Rischio = Frequenza x Magnitudo**

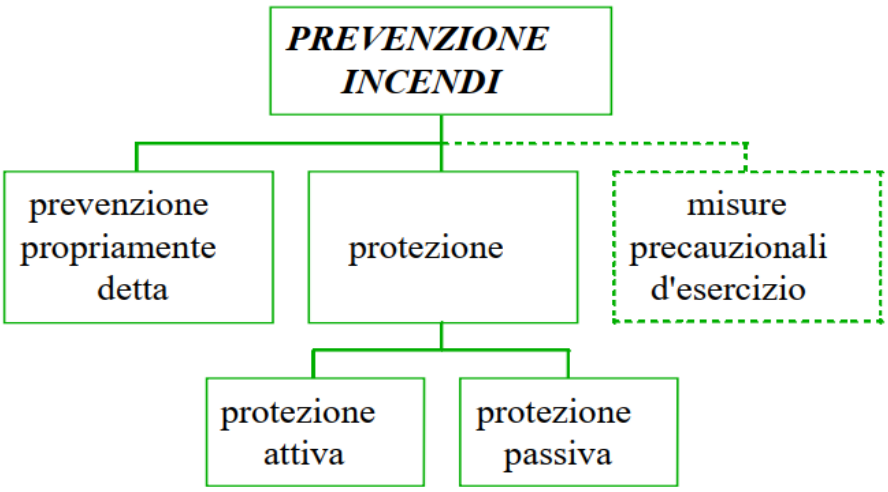
Dalla formula del rischio appare evidente che quanto più si riducono la frequenza o la magnitudo, o entrambe, tanto più si ridurrà il rischio.

Il diagramma sottostante rappresenta in modo qualitativo tale relazione e mostra chiaramente che ad una combinazione di alti valori di magnitudo e frequenza si definisce un campo di non accettabilità del rischio (area rossa del grafico).




Tale rappresentazione mostra altrettanto chiaramente come si possa transitare ad una condizione di rischio accettabile (area bianca), giacché l'eliminazione assoluta del rischio non è praticamente perseguibile, attuando azioni di **prevenzione** e **protezione**, con le quali è possibile gestire il livello residuo di rischio portandolo ad un valore stimato accettabile, ovvero quanto più prossimo allo "zero".

In particolare agendo sulle misure di prevenzione si interviene sulla frequenza, riducendo le probabilità di accadimento degli eventi incidentali. Viceversa se si opera nel campo delle misure protettive si ottiene un'attenuazione dei livelli di danno, con conseguente riduzione dei valori di magnitudo.




Ovviamente le azioni preventive e protettive non devono essere considerate alternative ma complementari tra loro nel senso che, concorrendo esse al medesimo fine, devono essere intraprese in modo congiunto al fine di ottenere risultati ottimali. Inoltre è importante far notare come le misure di prevenzione siano da attuare prioritariamente rispetto a quelle di protezione.

Le misure di protezione, che hanno come obiettivo la limitazione degli effetti dell'incendio nello

spazio e nel tempo (garantire l'incolumità dei lavoratori, limitare gli effetti nocivi dei prodotti della combustione, contenere i danni a strutture, macchinari, beni), sono suddivisibili in due categorie:

- **Protezione passiva;**
- **Protezione attiva.**

Sono misure di protezione attiva tutte quelle che, per entrare in funzione, necessitano di un intervento da parte dell'uomo o dell'attivazione di un impianto. Viceversa le misure di protezione passiva non necessitano di interventi dell'uomo o di attivazioni di impianti. Sebbene tali concetti saranno approfonditi nel prosieguo della trattazione si elencano di seguito le varie tipologie di misure di protezione attuabili.

**Protezione Passiva:**

- Compartimentazione antincendio (utilizzo di strutture separanti resistenti al fuoco e/o distanze di sicurezza);
- Materiali classificati per la reazione al fuoco;
- Sistemi di esodo.

**Protezione Attiva:**

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

I principi sopra esposti, riguardo al concetto di rischio, hanno validità del tutto generale, non solo nell'ambito della sicurezza antincendio.

Nell'ambito della sicurezza antincendio il particolare rischio per la salvaguardia dell'incolumità delle persone, legato all'insorgere di un incendio all'interno di un'attività gestita dall'uomo, può essere caratterizzato attraverso due parametri fondamentali :

- La **caratteristica *prevalente* degli occupanti ($\delta_{occ}$)**;
- La **velocità caratteristica prevalente di crescita dell'incendio**, riferita al tempo $t_\alpha$ in secondi impiegato dalla potenza termica per raggiungere il valore di 1000 kW **($\delta_\alpha$)**.

Questi due parametri vengono classificati secondo criteri consolidati della letteratura tecnica, acquisiti sulla base dell'esperienza e dei dati raccolti nel corso di molti anni.

La caratteristica prevalente degli occupanti è definita tramite una lettera da A ad E, come indicato nella tabella seguente:

| Caratteristiche prevalenti degli occupanti $\delta_{occ}$ | | Esempi |
|---|---|---|
| A | Gli occupanti sono in stato di veglia ed hanno familiarità con l'edificio | Ufficio non aperto al pubblico, scuola, autorimessa privata, centro sportivo privato, attività produttive in genere, depositi, capannoni industriali |

| | | |
|---|---|---|
| B | Gli occupanti sono in stato di veglia e non hanno familiarità con l'edificio | Attività commerciale, autorimessa pubblica, attività espositiva e di pubblico spettacolo, centro congressi, ufficio aperto al pubblico, ristorante, studio medico, ambulatorio medico, centro sportivo pubblico |
| C | Gli occupanti possono essere addormentati: | |
| Ci | ● in attività individuale di lunga durata | Civile abitazione |
| Cii | ● in attività gestita di lunga durata | Dormitorio, residence, studentato, residenza per persone autosufficienti |
| Ciii | ● in attività gestita di breve durata | Albergo, rifugio alpino |
| D | Gli occupanti ricevono cure mediche | Degenza ospedaliera, terapia intensiva, sala operatoria, residenza per persone non autosufficienti e con assistenza sanitaria |
| E | Occupanti in transito | Stazione ferroviaria, aeroporto, stazione metropolitana |

Il parametro dà indicazioni sulla risposta all'emergenza dell'utente tipico dell'attività esaminata: con la lettera A sono compresi gli individui con la migliore risposta in caso di emergenza, ovvero persone in stato di veglia che hanno conoscenza e familiarità del luogo in cui si trovano e che quindi si ritiene siano sufficientemente autonomi e rapidi nell'effettuare l'esodo in emergenza.

Con le restanti lettere si caratterizzano tipologie di utenti con decrescente capacità di risposta nella gestione di situazioni di emergenza, considerando occupanti che seppur in stato di veglia non hanno conoscenza dei luoghi (B), oppure utenti che possono trovarsi in stato di sonno o impediti a livello motorio perché sottoposti a degenza (C, D), con ovvio aumento del rischio in termini di esposizione al pericolo.

Nella tabella seguente viene invece mostrata la classificazione relativa alla misura (convenzionale) della velocità caratteristica prevalente dell'incendio, che può assumere valori numerici interi da 1 a 4.

| $\delta_\alpha$ | $t_\alpha$ | Criteri |
|---|---|---|
| 1 | lenta | Ambiti di attività con carico di incendio limitato, oppure ove siano presenti prevalentemente materiali o altri combustibili che contribuiscono in modo trascurabile all'incendio. |
| 2 | media | Ambiti di attività ove siano presenti prevalentemente materiali o altri combustibili che contribuiscono in modo moderato all'incendio. |
| 3 | rapida | Ambiti con presenza di significative quantità di materiali plastici impilati, prodotti tessili sintetici, apparecchiature elettriche e elettroniche, materiali combustibili non classificati per reazione al fuoco.<br>Ambiti ove avvenga impilamento verticale di significative quantità di materiali combustibili con $3{,}0\ m < h \leq 5{,}0\ m$.<br>Ambiti con impianti tecnologici o di processo che impiegano significative quantità di materiali combustibili. Ambiti con contemporanea presenza di materiali combustibili e lavorazioni pericolose ai fini dell'incendio. |
| 4 | ultra rapida | Ambiti ove avvenga impilamento verticale di significative quantità di materiali combustibili con $h > 5{,}0\ m$.<br>Ambiti ove siano presenti o in lavorazione significative quantità di sostanze o miscele pericolose ai fini dell'incendio, oppure materiali plastici cellulari/espansi o schiume combustibili non classificati per la reazione al fuoco. |

Il parametro può assumere valori da 1 a 4, ai cui estremi corrispondono rispettivamente il profilo

di rischio più basso (lenta velocità di propagazione dell'incendio) e più alto (velocità di crescita dell'incendio ultrarapida).

Anche per quest'ultimo parametro il termine "*caratteristica prevalente*" si riferisce al campione di condizioni più rappresentativo per la caratterizzazione della velocità di propagazione dell'incendio del luogo esaminato, non solo in termini di tipologia e quantità di materiali combustibili presenti, ma anche in relazione alle condizioni di stoccaggio degli stessi e alla presenza di lavorazioni pericolose.

La combinazione dei suddetti parametri caratteristici fornisce, in modo del tutto analogo alla composizione delle grandezze "magnitudo" e "frequenza", un'indicazione molto chiara dei livelli di rischio per la salvaguardia della vita umana nei confronti del pericolo d'incendio (cosiddetto "profilo di rischio vita – $R_{vita}$").

Nella seguente tabella sono riportati, a titolo esemplificativo, dei profili di rischio vita associabili a comuni destinazioni d'uso di ambiti lavorativi e sociali. Tali profili devono ovviamente intendersi indicativi, poiché sarà la valutazione del rischio effettuata dal datore di lavoro/responsabile dell'attività ad attribuire l'effettivo livello di rischio caratteristico del caso in esame.

| Tipologie di destinazione d'uso | $R_{vita}$ |
|---|---|
| Palestra scolastica | A1 |
| Autorimessa privata | A2 |
| Ufficio non aperto al pubblico, sala mensa, aula scolastica, sala riunioni aziendale, archivio, deposito librario, centro sportivo privato | A2-A3 |
| Attività commerciale non aperta al pubblico (es. all'ingrosso, …) | A2-A4 |
| Laboratorio scolastico, sala server | A3 |
| Attività produttive, attività artigianali, impianti di processo, laboratorio di ricerca, magazzino, officina meccanica | A1-A4 |
| Depositi sostanze o miscele pericolose | A4 |
| Galleria d'arte, sala d'attesa, ristorante, studio medico, ambulatorio medico | B1-B2 |
| Autorimessa pubblica | B2 |
| Ufficio aperto al pubblico, centro sportivo pubblico, sala conferenze aperta al pubblico, discoteca, museo, teatro, cinema, locale di trattenimento, area lettura di biblioteca, attività espositiva, autosalone | B2-B3 |
| Attività commerciale aperta al pubblico (es. al dettaglio, …) | B2-B4 |
| Civile abitazione | Ci2-Ci3 |
| Dormitorio, residence, studentato, residenza per persone autosufficienti | Cii2 – Cii3 |
| Camera d'albergo | Ciii2-Ciii3 |

| | |
|---|---|
| Degenza ospedaliera, terapia intensiva, sala operatoria, residenza per persone non autosufficienti e con assistenza sanitaria | D2 |
| Stazione ferroviaria, aeroporto, stazione metropolitana | E2 |

È infine necessario accennare che l'evoluzione delle normative di sicurezza ha comportato negli anni una maggiore attenzione al rischio ambiente, anche nello specifico settore della prevenzione incendi. Pertanto nelle varie attività lavorative e sociali è necessario che i responsabili delle stesse procedano, unitamente alla valutazione dei rischi per la salvaguardia della vita umana, anche alla valutazione della significatività del rischio per l'ambiente, tenendo conto in particolare:

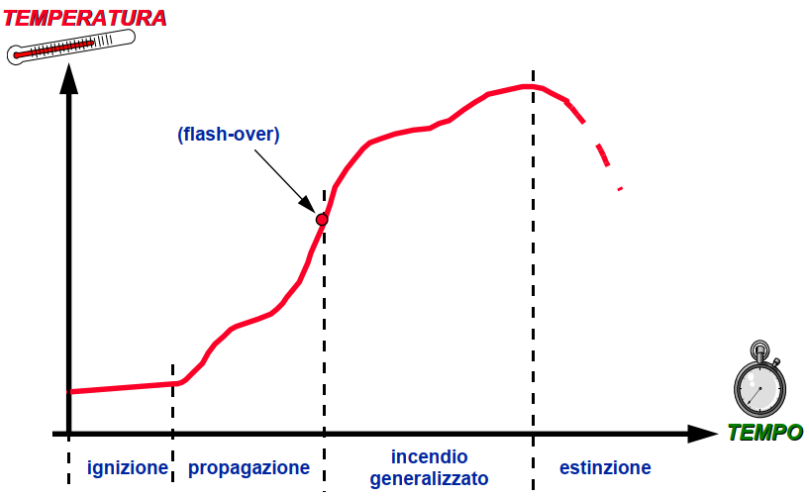
- dell'ubicazione dell'attività, ivi compresa la presenza di ricettori sensibili nelle aree esterne (fiumi, laghi, aree protette, ecc.);
- della tipologia e dei quantitativi di materiali combustibili presenti e dei prodotti della combustione da questi sviluppati in caso di incendio;
- delle misure di prevenzione e protezione antincendio adottate (per l'eventuale mitigazione degli effetti scaturiti dall'incendio).

### 1.4.2 Dinamica dell'incendio

Nei paragrafi precedenti sono state fornite le nozioni ed i parametri fisici che stanno alla base dei processi di combustione e della valutazione del rischio di incendio.

Un ulteriore aspetto da approfondire è quello dell'analisi del comportamento dell'incendio nell'arco di tempo cha va dalla fase iniziale di accensione a quella finale di completa estinzione.

In genere per esaminare tale evoluzione ci si riferisce ad una rappresentazione grafica che descrive l'andamento della temperatura con il passare del tempo (cosiddetta curva temperatura-tempo).




Nota: Si fa notare come tale curva possa essere definita esclusivamente per incendi in ambienti confinati (al chiuso), poiché solo in tale condizione è possibile misurare la temperatura media dell'ambiente interessato dall'incendio.Inoltre dal punto di vista della sicurezza antincendio è di maggiore interesse l'analisi del fenomeno all'interno degli ambienti chiusi, poiché i livelli di rischio per la salvaguardia della vita umana aumentano a causa dell'effetto di confinamento dei prodotti della combustione, con conseguente maggiore e più rapido accumulo di calore, fumo e gas rispetto all'analogo incendio che si sviluppa in luogo all'aperto.

Nella rappresentazione grafica soprariportata è possibile distinguere essenzialmente 4 fasi caratteristiche dell'evoluzione di un incendio completamente sviluppato:

1) Fase di ignizione
2) Fase di propagazione

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

**4)** Estinzione e raffreddamento

La fase di **ignizione** dipende dai seguenti fattori:

- infiammabilità del combustibile;
- possibilità di propagazione della fiamma;
- grado di partecipazione al fuoco del combustibile;
- geometria e volume degli ambienti;
- possibilità di dissipazione del calore nel combustibile;
- ventilazione dell'ambiente;
- caratteristiche superficiali del combustibile;
- distribuzione nel volume del combustibile, punti di contatto.

La fase di **propagazione** è caratterizzata da:

- 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.

La fase di **incendio generalizzato (flash-over)** è caratterizzata da:

- brusco incremento della temperatura;
- crescita esponenziale della velocità di combustione;
- forte aumento di emissioni di gas e di particelle incandescenti, che si espandono e vengono trasportate in senso orizzontale, e soprattutto in senso ascensionale; si formano zone di turbolenze visibili;
- i combustibili vicini al focolaio si autoaccendono, quelli più lontani si riscaldano e raggiungono la loro temperatura di combustione con produzione di gas infiammabili.

L'incendio generalizzato rappresenta una sorta di "punto di non ritorno" dell'evoluzione dell'incendio. Il fenomeno si sviluppa istantaneamente a partire dalle condizioni sopradescritte, caratterizzate da ordini di grandezza della temperatura e dell'irraggiamento termico rispettivamente di 500-600 °C e di 15-20 kW/m$^2$. Infatti quando l'ambiente ha raggiunto tali valori di calore ed energia termica, grazie soprattutto alla trasmissione del calore operata dalle ingenti quantità di fumo, istantaneamente tutti i materiali combustibili presenti nell'ambiente si autoaccendono, anche se non investiti direttamente dalle fiamme.

Il raggiungimento di tale condizione decreta definitivamente il fallimento di tutte le misure preventive e protettive attuate; pertanto anche l'azione di spegnimento dei soccorritori, che è fortemente pregiudicata, viene prioritariamente indirizzata al contenimento degli effetti verso l'esterno ed alla salvaguardia degli ambienti adiacenti a quello interessato dall'incendio.

L'ultima fase è la fase di **estinzione** e **raffreddamento**

Quando l'incendio ha terminato di interessare tutto il materiale combustibile ha inizio la fase di decremento delle temperature all'interno del locale a causa della progressiva diminuzione di

apporto termico e della dissipazione di calore attraverso i fumi e di fenomeni di conduzione termica.

In realtà non è detto che tale condizione sia sempre raggiunta in quanto l'effettiva dinamica dell'estinzione sarà influenzata, tra i vari fattori, dalle condizioni di ventilazione dell'ambiente e/o dai quantitativi di materiale combustibile.

Se ad esempio la quantità di materiale combustibile fosse significativa e durante l'incendio non vi fosse sufficiente apporto di aria dall'esterno, si potrebbe verificare la cessazione della combustione dei materiali per esaurimento dell'ossigeno. Questa condizione peraltro creerebbe una potenziale situazione di pericolo aggiuntivo per chi dovesse intervenire, negli istanti successivi, all'interno dell'ambiente. Infatti, tenendo presente che il materiale incombusto è contenuto in un ambiente con temperature ancora molto elevate, l'ingresso di aria (comburente), dovuto ad esempio ad un accesso attraverso una porta o all'apertura di finestrature, comporterebbe nuovamente l'accensione dei combustibili ed il fenomeno del cosiddetto ritorno di fiamma (backdraft).

### 1.4.3 Effetti dell'incendio sull'uomo

I principali effetti dell'incendio sull'uomo sono:

- **anossia** (a causa della riduzione del tasso di ossigeno nell'aria)
- azione tossica dei fumi
- riduzione della visibilità
- azione termica

Essi sono determinati dai prodotti della combustione:

- gas di combustione
- fiamma
- calore
- fumo

*a)* *Gas di combustione*

Come già accennato nei precedenti paragrafi i principali gas di combustione sono:

- ossido di carbonio (CO)
- anidride carbonica ($CO_2$)
- idrogeno solforato ($H_2S$)
- anidride solforosa ($SO_2$)
- ammoniaca ($NH_3$)
- acido cianidrico (HCN)
- acido cloridrico (HCl)
- perossido d'azoto ($NO_2$)
- aldeide acrilica ($CH_2CHCHO$)
- fosgene ($COCl_2$)

Per le finalità previste ci soffermeremo solamente su alcuni di questi gas, in quanto ritenuti i più

comuni nelle reazioni di combustione che coinvolgono i materiali quotidianamente presenti nelle attività dell'uomo.

**Ossido (monossido) di carbonio**

L'ossido di carbonio si sviluppa in incendi covanti in ambienti chiusi ed in carenza di ossigeno. Ha le seguenti caratteristiche:

- incolore
- inodore
- non irritante

Negli incendi risulta il più pericoloso tra i tossici del sangue sia per l'elevato livello di tossicità, sia per i notevoli quantitativi generalmente sviluppati.

Nota: Il monossido di carbonio viene assorbito per via polmonare; attraverso la parete alveolare passa nel sangue per combinazione con l'emoglobina dei globuli rossi formando la carbossi-emoglobina. Con tale azione si bloccano i legami che la stessa ha con l'ossigeno che in condizioni normali forma l'ossiemoglobina. La presenza di ossido di carbonio nell'aria determina un legame preferenziale tra questo e l'emoglobina, in quanto l'affinità di legame che intercorre tra l'ossido di carbonio e l'emoglobina è di circa 220 volte superiore a quella tra l'emoglobina e l'ossigeno. I sintomi riconducibili sono: cefalea, nausea, vomito, palpitazioni, astenia, tremori muscolari, già avvertibili con un'esposizione di alcune ore ad una concentrazione di 100 p.p.m. (parti per milione).
A 200 p.p.m. l'affanno è forte, si accusano forti vertigini e abbassamento della vista.
A 600 p.p.m. si è già in pericolo di vita.
A 1000 p.p.m. la morte sopraggiunge dopo circa 90 minuti.
Se si sommano gli effetti dell'ossido di carbonio sull'organismo umano con quelli conseguenti ad una situazione di stress, di panico e di condizioni termiche avverse, i massimi tempi di esposizione sopportabili dall'uomo in un incendio reale sono quelli indicati nella seguente tabella:

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

**Anidride carbonica**

L'anidride carbonica è un gas asfissiante in quanto, pur non producendo effetti tossici sull'organismo umano, si sostituisce all'ossigeno dell'aria. Quando ne determina una diminuzione a valori inferiori al 17% in volume, produce asfissia.

Inoltre è un gas che accelera e stimola il ritmo respiratorio; con una percentuale del 2% di $CO_2$ in aria la velocità e la profondità del respiro aumentano del 50% rispetto alle normali condizioni. Con una percentuale di $CO_2$ al 3% l'aumento è del 100%, cioè raddoppia.

Nota: tra i gas di combustione che possono formarsi in un incendio ci sono anche l'acido cianidrico e il fosgene.
L'acido cianidrico si sviluppa in modesta quantità in incendi ordinari attraverso combustioni incomplete di lana per carenza di ossigeno, seta, resine acriliche, uretaniche e poliammidiche. Possiede un odore caratteristico di mandorle amare. E' un aggressivo chimico che interrompe la catena respiratoria a livello cellulare generando grave sofferenza funzionale nei tessuti ad alto fabbisogno di ossigeno, quali il cuore e il sistema nervoso centrale. L'acido cianidrico penetra per via inalatoria, cutanea e digerente. I cianuri dell'acido cianidrico a contatto con l'acidità gastrica presente nello stomaco vengono idrolizzati bloccando la respirazione cellulare con la conseguente morte della cellula per anossia. I sintomi che si manifestano sono: iperpnea (fame d'aria), aumento degli atti respiratori, colore della cute rosso, cefalea, ipersalivazione, bradicardia, ipertensione.
Il fosgene è un gas tossico che si sviluppa durante le combustioni di materiali che contengono il cloro, come per esempio alcune materie plastiche. Esso diventa particolarmente pericoloso in ambienti chiusi. Il fosgene a contatto con l'acqua o con l'umidità si scinde in anidride carbonica e acido cloridrico, che è estremamente pericoloso in quanto intensamente caustico e capace di raggiungere le vie respiratorie. I sintomi sono: irritazione (occhi, naso, e gola), lacrimazione, secchezza della bocca, costrizione toracica, vomito, mal di testa.

*b)* *Effetti del calore*

Il calore è dannoso per l'uomo potendo causare la disidratazione dei tessuti, difficoltà o blocco della respirazione e scottature. Una temperatura dell'aria di circa 150 °C è da ritenere 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.

Purtroppo negli incendi sono presenti notevoli quantità di vapore acqueo, pertanto una temperatura di circa 60°C è da ritenersi la massima respirabile per breve tempo.

L'irraggiamento genera ustioni sull'organismo umano che possono essere classificate a seconda della loro profondità in:

**ustioni di I grado:** superficiali - facilmente guaribili

**ustioni di II grado**: formazione di bolle e vescicole - consultazione struttura sanitaria

**ustioni di III grado**: profonde - urgente ospedalizzazione.

L'irraggiamento, oltre che sulle persone, può provocare danni alle strutture.

I valori di irraggiamento dannosi per le persone e per gli edifici sono riportati nella tabella al punto 1.1.5.

## 1.5 Specifiche misure di prevenzione incendi

### S.5.5. Misure di prevenzione degli incendi

Le misure di prevenzione degli incendi devono essere individuate nella prima fase della valutazione del rischio. Per ciascun elemento identificato come pericoloso ai fini antincendio, è necessario valutare se esso possa essere eliminato, ridotto, sostituito, separato o protetto da altre parti dell'attività.

Si riportano, a titolo esemplificativo, alcune azioni elementari per la prevenzione degli incendi:

a. pulizia dei luoghi ed ordine ai fini della riduzione sostanziale:

i. della probabilità di innesco di incendi (es. riduzione delle polveri, dei materiali stoccati scorrettamente o al di fuori dei locali deputati, …),

ii. della velocità di crescita dei focolari (es. la stessa quantità di carta correttamente archiviata in armadi metallici riduce la velocità di propagazione dell'incendio);

b. riduzione degli inneschi;

Nota: Siano identificate e controllate le potenziali sorgenti di innesco (es. uso di fiamme libere non autorizzato, fumo in aree ove sia vietato, apparecchiature elettriche malfunzionanti o impropriamente impiegate, …) …….

c. riduzione del carico di incendio;

d. sostituzione di materiali combustibili con velocità di propagazione dell'incendio rapida, con altri con velocità d'incendio più lenta;

e. controllo e manutenzione regolare dei sistemi, dispositivi, attrezzature e degli impianti rilevanti ai fini della sicurezza antincendio;

f. controllo degli accessi e sorveglianza, senza che ciò possa limitare la disponibilità del sistema d'esodo;

g. gestione dei lavori di manutenzione o di modifica dell'attività; il rischio d'incendio aumenta notevolmente quando si effettuano lavori di manutenzione ordinaria e straordinaria e di modifica, in quanto possono essere:

i. condotte operazioni pericolose (es. lavori a caldo, …);

ii. temporaneamente disattivati impianti di sicurezza;

iii. temporaneamente sospesa la continuità di compartimentazione;

iv. impiegate sostanze o miscele pericolose (es. solventi, colle, …).

Tali sorgenti di rischio aggiuntive, generalmente non considerate nella progettazione antincendio iniziale, devono essere specificamente affrontate (es. se previsto nel DVR, …).

h. in attività lavorative, formazione ed informazione del personale ai rischi specifici dell'attività, secondo la normativa vigente;

i. istruzioni e segnaletica contenenti i divieti e le precauzioni da osservare.

Le misure di prevenzione degli incendi identificate nella fase di valutazione del rischio sono vincolanti per l'esercizio dell'attività..

Estratto da D.M. 3/8/2015

**Tra le misure di prevenzione incendi possiamo annoverare la sicurezza degli impianti tecnologici e di servizio.**

1. Ai fini della sicurezza antincendio devono essere considerati almeno i seguenti impianti tecnologici e di servizio:

a. produzione, trasformazione, trasporto, distribuzione e di utilizzazione dell'energia elettrica;

b. protezione contro le scariche atmosferiche;

c. sollevamento o trasporto di cose e persone;

Nota Ad esempio: ascensori, montacarichi, montalettighe, scale mobili, marciapiedi mobili, …

d. deposito, trasporto, distribuzione e utilizzazione di solidi, liquidi e gas combustibili, infiammabili e comburenti;

e. riscaldamento, climatizzazione, condizionamento e refrigerazione, comprese le opere di evacuazione dei prodotti della combustione, e di ventilazione ed aerazione dei locali.

2. Per gli impianti tecnologici e di servizio inseriti nei processi produttivi dell'attività il progettista effettua la valutazione del rischio di incendio e prevede adeguate misure antincendio di tipo preventivo, protettivo e gestionale.

Estratto da D.M. 3/8/2015

**In realtà la sicurezza degli impianti tecnologici e di servizio, pur essendo sostanzialmente una misura di prevenzione incendi, per gli obiettivi che si prefigge è anche una misura di protezione antincendio. Di seguito sono riportati gli obiettivi di sicurezza degli impianti tecnologici e di servizio, tra cui possiamo individuare, anche a titolo di esercizio, obiettivi di prevenzione, ma anche obiettivi di protezione.**

Gli impianti tecnologici e di servizio ……. devono rispettare i seguenti obiettivi di sicurezza antincendio:

a. limitare la probabilità di costituire causa di incendio o di esplosione;

b. limitare la propagazione di un incendio all'interno degli ambienti di installazione e contigui;

c. non rendere inefficaci le altre misure antincendio, con particolare riferimento agli elementi di compartimentazione;

d. consentire agli occupanti di lasciare gli ambienti in condizione di sicurezza;

e. consentire alle squadre di soccorso di operare in condizioni di sicurezza;

f. essere disattivabili, o altrimenti gestibili, a seguito di incendio.

2. La gestione e la disattivazione di impianti tecnologici e di servizio, anche quelli destinati a rimanere in servizio durante l'emergenza, deve:

a. poter essere effettuata da posizioni protette, segnalate e facilmente raggiungibili;

b. essere prevista e descritta nel piano d'emergenza.

Estratto da D.M. 3/8/2015

## 1.6 Accorgimenti comportamentali per prevenire gli incendi

Il personale deve adeguare i propri comportamenti ponendo particolare attenzione ai punti sotto riportati:

- Deposito ed utilizzo di materiali infiammabili e facilmente combustibili;
- utilizzo di fonti di calore;
- impianti ed apparecchi elettrici;
- fumo;
- rifiuti e scarti combustibili;
- aree non frequentate;

### 1.6.1 Deposito ed utilizzo di materiali infiammabili e facilmente combustibili

Dove è possibile, occorre che il quantitativo di materiali infiammabili, depositati o utilizzati, sia limitato a quello strettamente necessario per la normale conduzione dell'attività e tenuto lontano dalle vie di esodo. I quantitativi in eccedenza devono essere depositati in appositi locali od aree destinate unicamente a tale scopo.

Le sostanze infiammabili, quando possibile, dovrebbero essere sostituite con altre meno pericolose (per esempio adesivi a base minerale dovrebbero essere sostituiti con altri a base acquosa).

Il personale che manipola sostanze infiammabili o chimiche pericolose deve essere adeguatamente informato.

### 1.6.2 Utilizzo di fonti di calore

Le cause più comuni di incendio al riguardo includono:

a) impiego e detenzione delle bombole di gas utilizzate in apparecchi di riscaldamento (anche quelle vuote);

b) depositare materiali combustibili sopra o in vicinanza di apparecchi di riscaldamento;

c) utilizzo di apparecchi in ambienti non idonei (presenza infiammabili, alto carico di incendio etc.);

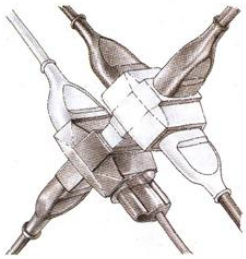
d) utilizzo di apparecchi in mancanza di adeguata ventilazione degli ambienti.

I condotti di aspirazione e i filtri di cucine, forni, seghe, molatrici, devono essere tenuti puliti con frequenza adeguata per evitare accumuli impropri.

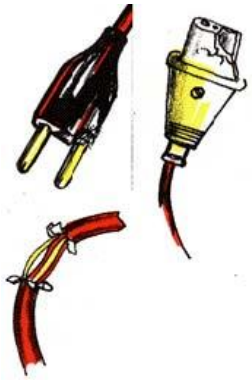
Gli ambienti in cui sono previste lavorazioni con fiamme libere dovranno essere accuratamente controllati. I luoghi dove si effettuano lavori di saldatura o di taglio alla fiamma, devono essere tenuti liberi da materiali combustibili; è necessario tenere presente il rischio legato alle eventuali scintille.

### 1.6.3 Impianti ed attrezzature elettriche

Il personale deve essere istruito sul corretto uso delle attrezzature e degli impianti elettrici e in modo da essere in grado di riconoscere difetti.



Le prese multiple non devono essere sovraccaricate per evitare surriscaldamenti degli impianti.



Nel caso debba provvedersi ad una alimentazione provvisoria di una apparecchiatura elettrica, il cavo elettrico deve avere la lunghezza strettamente necessaria ed essere posizionato in modo da evitare possibili danneggiamenti.

Le riparazioni elettriche devono essere effettuate da personale competente e qualificato.

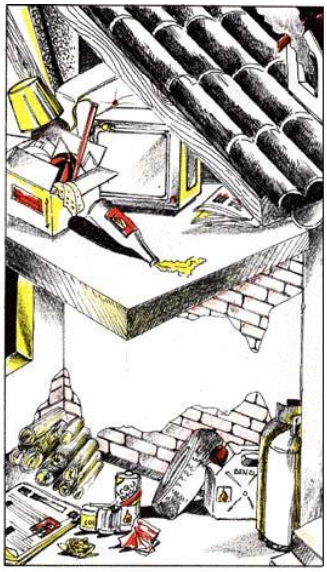
Tutti gli apparecchi di illuminazione producono calore e possono essere causa di incendio.

### 1.6.4 Il fumo e l'utilizzo di portacenere

Occorre identificare le aree dove il fumo delle sigarette può costituire pericolo di incendio e disporne il divieto, in quanto la mancanza di disposizioni a riguardo è una delle principali cause di incendi. Nelle aree ove sarà consentito fumare, occorre mettere a disposizione idonei portacenere che dovranno essere svuotati regolarmente.

I portacenere non debbono essere svuotati in recipienti costituiti da materiali facilmente combustibili, né il loro contenuto deve essere accumulato con altri rifiuti. Non deve essere permesso di fumare nei depositi e nelle aree contenenti materiali facilmente combustibili od infiammabili.

### 1.6.5 Rifiuti e scarti di lavorazione combustibili



I rifiuti non debbono essere depositati, neanche in via temporanea, lungo le vie di esodo (corridoi, scale, disimpegni) o dove possono entrare in contatto con sorgenti di ignizione.

L'accumulo di scarti di lavorazione deve essere evitato ed ogni scarto o rifiuto deve essere rimosso giornalmente e depositato in un'area idonea fuori dell'edificio.

### 1.6.6 Aree non frequentate

Le aree del luogo di lavoro che normalmente non sono frequentate da personale (cantinati, locali deposito) ed ogni area dove un incendio potrebbe svilupparsi senza preavviso, devono essere tenute libere da materiali combustibili non essenziali.

Precauzioni devono essere adottate per proteggere tali aree contro l'accesso di persone non autorizzate.

## 1.7 L'importanza del controllo degli ambienti di lavoro

La valutazione del rischio di incendio di un luogo di lavoro è un adempimento obbligatorio per il datore di lavoro, che consiste nell'analisi della specifica attività, finalizzata ad individuare le possibili ipotesi d'incendio e le corrispondenti conseguenze.

La valutazione del rischio di incendio comprende sei argomenti fondamentali:

a. l'individuazione dei pericoli di incendio
b. la descrizione del contesto e dell'ambiente in cui i pericoli sono inseriti
c. la determinazione di quantità e tipologia degli occupanti esposti al rischio di incendio
d. l'individuazione dei beni esposti al rischio di incendio
e. la valutazione qualitativa o quantitativa delle conseguenze dell'incendio su occupanti, beni e ambiente
f. l'individuazione delle misure preventive che possano rimuovere o ridurre i pericoli che determinano rischi significativi.

La valutazione del rischio di incendio è quindi la base per la costruzione delle misure di sicurezza da adottare nello specifico luogo di lavoro, che deve pertanto essere esercito in conformità alle condizioni descritte nell'analisi del rischio.

I controlli degli ambienti di lavoro devono verificare il mantenimento delle condizioni analizzate nella valutazione del rischio di incendio, quali, ad esempio:

- Verifica che i passaggi, i corridoi, le scale e tutte le vie d'esodo siano fruibili e liberi da ostruzioni e da pericoli
- Verifica del funzionamento dei dispositivi di apertura delle porte
- Verifica del funzionamento dei dispositivi di autochiusura delle porte tagliafuoco
- Verifica del mantenimento delle condizioni di esercizio degli impianti e delle fonti di rischio
- Verifica del rispetto dei limiti quantitativi e della corretta ubicazione di sostanze

infiammabili e materiali combustibili

- Verifica degli accessi al luogo di lavoro

Il mantenimento delle condizioni di esercizio secondo quanto previsto nella valutazione del rischio di incendio è fondamentale per mantenere un adeguato livello di sicurezza dell'attività e per garantire l'efficacia delle misure di sicurezza progettate ed adottate.

## 1.8 La segnaletica di sicurezza sui luoghi di lavoro

Articolo 163 - Obblighi del datore di lavoro

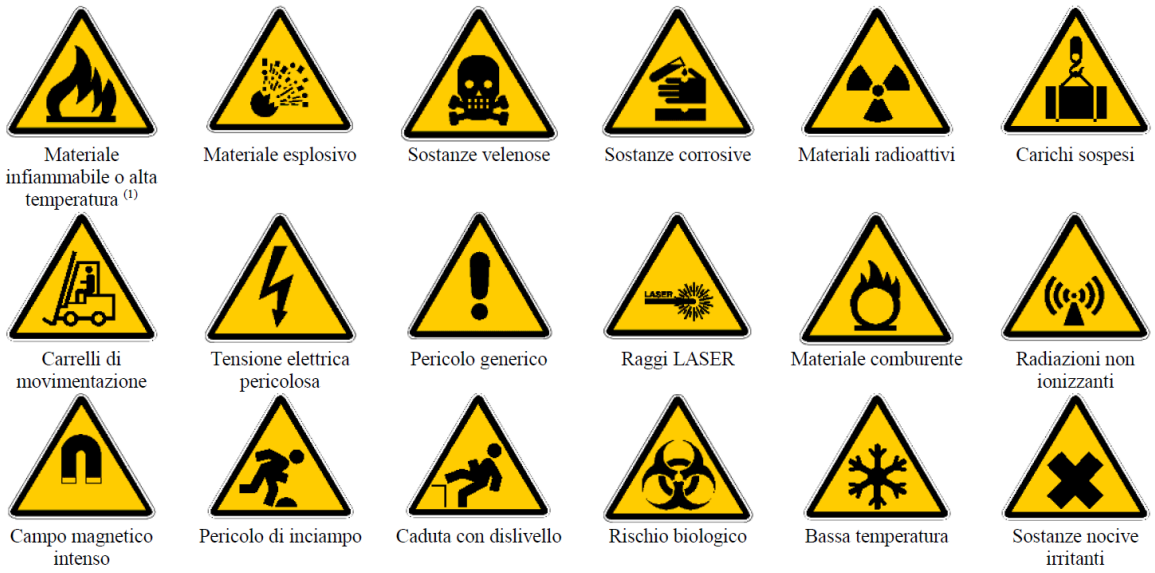
1. Quando, anche a seguito della valutazione effettuata in conformità all'articolo 28, risultano rischi che non possono essere evitati o sufficientemente limitati con misure, metodi, ovvero sistemi di organizzazione del lavoro, o con mezzi tecnici di protezione collettiva, il datore di lavoro fa ricorso alla segnaletica di sicurezza, conformemente alle prescrizioni di cui agli allegati da ALLEGATO XXIV a ALLEGATO XXXII.

Estratto da d.lg.s. 81/2008

La segnaletica di sicurezza pertanto contribuisce alla prevenzione degli incendi, fornendo indicazioni su divieti, rischi ed obblighi derivanti dalla valutazione del rischio di incendio.

***Segnali di Divieto***

***Segnali di Avvertimento***



***Segnali di Prescrizione***

## 1.9 L'importanza delle verifiche e delle manutenzioni sui presidi antincendio

Sono presidi antincendio gli impianti, le attrezzature e altri sistemi di sicurezza antincendio, quali, estintori, reti di idranti, impianti automatici di spegnimento e controllo dell'incendio, impianti di rivelazione e allarme incendio, porte e finestre apribili resistenti al fuoco.

Il datore di lavoro è responsabile dell'effettuazione di controlli e manutenzione sui presidi antincendio al fine di garantirne la costante efficienza e il regolare funzionamento.

Gli interventi di manutenzione e i controlli sui presidi antincendio sono eseguiti e registrati nel rispetto delle disposizioni legislative e regolamentari vigenti, secondo la regola dell'arte, in accordo alle norme tecniche applicabili emanate dagli organismi di normazione nazionali o internazionali e delle istruzioni fornite dal fabbricante e dall'installatore, secondo i criteri indicati nell'Allegato I al D.M. 1.09.2021.

Esaminiamo alcune tra le numerose motivazioni che hanno portato alla definizione del sistema dei controlli sui presidi antincendio, attraverso il D.M. 1.09.2021:

- i presidi antincendio sono destinati a funzionare solo in caso d'incendio, evento che, fortunatamente, avviene con frequenze molto basse nella maggior parte delle attività lavorative;
- per ridurre la probabilità di mancato funzionamento dei presidi antincendio in occasione di un incendio, è necessario che gli stessi siano sottoposti, con adeguata periodicità, alla manutenzione ed ai controlli previsti da norme e specifiche tecniche di riferimento;
- oltre all'adeguata periodicità, affinché la manutenzione e i controlli di cui sopra siano efficaci, essi devono essere effettuati in modo da garantire l'efficienza e la funzionalità dei presidi antincendio;

- il decreto del Ministero dell'Interno 1.09.2021 introduce la qualificazione dei manutentori dei presidi antincendio; avere dei tecnici manutentori qualificati offre maggiori garanzie riguardo all'effettiva efficacia di manutenzione e controlli;
- l'implementazione di quanto riportato ai punti precedenti, riduce sino ad un livello considerato accettabile la probabilità che un presidio antincendio, in caso d'incendio, possa non funzionare in maniera corretta o addirittura fallire completamente.

Prima dell'emanazione del decreto, infatti, non era prevista alcuna qualificazione nel settore dei controlli e della manutenzione dei presidi antincendio, ma il tutto era affidato a competenze, abilità e conoscenze spesso acquisite sul campo in funzione della sola esperienza. A partire dalla data di entrata in vigore del D.M. 1.09.2021 la manutenzione dei presidi antincendio deve essere effettuata da tecnici manutentori qualificati, che hanno seguito uno specifico percorso di formazione e superato un esame presso una commissione formata da dirigenti e funzionari del Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco.

Tale importante novità riguarda tutti i luoghi di lavoro, da quelli più semplici a quelli più complessi ed articolati, nonché tutti i presidi antincendio negli stessi installati. Tra questi ultimi rientrano certamente i seguenti:

- Estintori
- Reti di idranti
- Impianti sprinkler
- Impianti di rivelazione e allarme incendio (IRAI)
- Sistemi di allarme vocale per scopi d'emergenza (EVAC)
- Sistemi di evacuazione fumo e calore
- Sistemi a pressione differenziale
- Sistemi a polvere
- Sistemi a schiuma
- Sistemi spray ad acqua
- Sistemi ad acqua nebulizzata (water mist)
- Sistema estinguente ad aerosol condensato
- Sistemi a riduzione di ossigeno
- Porte e finestre apribili resistenti al fuoco
- Sistemi di spegnimento ad estinguente gassoso

Vediamo alcune definizioni riguardanti i controlli dei presidi antincendio:

…….si definiscono:

a) manutenzione: operazione o intervento finalizzato a mantenere in efficienza ed in buono stato, impianti, attrezzature e altri sistemi di sicurezza antincendio;

b) tecnico manutentore qualificato: persona fisica in possesso dei requisiti tecnico professionali di cui all'allegato II, che costituisce parte integrante del presente decreto;

…….

d) controllo periodico: insieme di operazioni da effettuarsi con frequenza non superiore a quella indicata da disposizioni, norme, specifiche tecniche o manuali d'uso e manutenzione per verificare la completa e corretta funzionalità di impianti, attrezzature e altri sistemi di sicurezza antincendio;

e) sorveglianza: insieme di controlli visivi atti a verificare, nel tempo che intercorre tra due controlli periodici, che gli impianti, le attrezzature e gli altri sistemi di sicurezza antincendio siano nelle normali condizioni operative, siano correttamente fruibili e non presentino danni materiali evidenti. La sorveglianza può essere effettuata dai lavoratori normalmente presenti dopo aver ricevuto adeguate istruzioni.

Estratto da D.M. 2/9/2021

Le definizioni di cui ai punti d) ed e) si riferiscono a due concetti che appaiono simili, ma che sono profondamente diversi: il primo, il controllo periodico, potrà essere effettuato solo da un tecnico manutentore qualificato, in quanto presuppone un livello adeguato di competenze, conoscenze ed abilità, che potrà essere acquisito solo a valle del percorso di qualificazione di cui all'allegato II; il secondo, la sorveglianza, potrà essere effettuato anche dai lavoratori normalmente presenti, dopo aver ricevuto adeguate istruzioni, in quanto si sostanzia in controlli visivi finalizzati a verificare, in prima battuta, che i presidi antincendio siano nelle normali condizioni operative, correttamente fruibili e non presentino danni materiali evidenti.

# 2 MODULO 2: Strategia antincendio (prima parte)

## 2.1 Le aree a rischio specifico

Nei luoghi di lavoro, in particolare in quelli che non rientrano nella classificazione di "*luoghi a basso rischio di incendio*", è possibile individuare degli ambiti caratterizzati da **un rischio di incendio sostanzialmente differente rispetto a quello tipico dell'attività**, cioè rispetto a quello che potrebbe essere valutato non considerando gli specifici pericoli di incendio presenti in tali aree (*es: un'area di deposito di materiale combustibile con un carico di incendio elevato, o comunque, sostanzialmente maggiore rispetto a quello presente nel resto dell'attività).* Le disposizioni più recenti che regolano la progettazione della sicurezza antincendio, in virtù della loro tipicità, definiscono tali aree come **"aree a rischio specifico".**

G.1.16 Aree a rischio specifico

1. Area a rischio specifico: ambito dell'attività caratterizzato da rischio di incendio sostanzialmente differente rispetto a quello tipico dell'attività.

Estratto da D.M. 3/8/2015

La presenza di tali aree all'interno dei luoghi di lavoro deve essere individuata dal progettista della sicurezza antincendio sulla base delle regole tecniche di prevenzione incendi, della valutazione del rischio incendio e di alcuni criteri definiti dalle regole di progettazione generale della sicurezza antincendio:

a. aree in cui si **detengono o trattano sostanze o miscele pericolose**, materiali combustibili, in quantità significative;
b. aree in cui si **effettuano lavorazioni pericolose** ai fini dell'incendio;
c. aree in cui vi è presenza di **impianti o loro componenti rilevanti ai fini della sicurezza antincendio** (es: impianti di produzione e\o trasformazione dell'energia elettrica; impianti di riscaldamento, ….)
d. aree con **carico di incendio specifico qf > 1200 MJ/m$^2$**, non occupate o con presenza occasionale e di breve durata di personale addetto;
e. aree in cui vi è presenza di impianti ed attrezzature con **fluidi di processo in pressione o ad alta temperatura**;
f. aree in cui vi è presenza di **superfici esposte ad elevate temperature o fiamme libere**;
g. aree in cui vi è presenza di **reazioni chimiche pericolose** ai fini dell'incendio;
h. ambiti dell'attività con rischio ambiente **significativo.**

In considerazione dei criteri indicati, potremmo avere aree a rischio specifico in numerosi luoghi di lavoro; di seguito, ad esempio, si descrivono alcuni possibili casi:

- **Esempio 1 (rif. "criteri" lett. b)** - in uno stabilimento meccanico, per la produzione, ad esempio, di grandi "radiatori" ovvero "caldaie", dove la maggior parte dell'area produttiva non presenta, per tipologia di lavorazioni e materiali utilizzati elevati rischi di incendio *[lavorazioni a freddo di metalli; pertanto area produzione caratterizzata, ai fini del $R_{vita}$, da una "velocità di crescita" di tipo moderata, se non lenta*] è presente un'area, di estensione limitata rispetto all'intera area di lavorazione, nella quale sono effettuate tagli delle lamiere di acciaio con la tecnica dell'"ossitaglio" [*tecnica di taglio che utilizza il calore di una fiamma prodotta da una miscela di ossigeno e acetilene*

*per mezzo di un cannello*]. In tale area, sia per le sostanze utilizzate che per presenza di sorgenti di innesco, la probabilità che possa innescarsi un incendio, con evoluzione più o meno rapida, è sicuramente maggiore rispetto alla rimante parte dell'attività produttiva;

- **Esempio 2 (rif. "criteri" lett. d)** – in un grande deposito di materiali per l'edilizia, prevalentemente destinato a attrezzature, prodotti e materiali non particolarmente rilevanti ai fini del rischio di incendio (*attrezzature, carpenteria metallica, prodotti inerti; pertanto area caratterizzata, ai fini del $R_{vita}$, da una "velocità di crescita" di tipo indicativamente lenta*) sono presenti aree/locali, di estensione limitata rispetto al deposito, nei quali sono depositati grandi quantitativi di materiale combustibile, immagazzinato anche con altezze di impilamento superiori a 3 / 4 metri (*legname, polistirolo, teli in plastica, ecc*) il cui carico di incendio specifico è nettamente superiore a 1200 MJ/$m^2$ (*nota: carico di incendio localizzato, in relazione alla distribuzione non uniforme del materiale combustibile*). In tale area, pertanto, a differenza del resto del deposito, in considerazione del materiale e della modalità di stoccaggio, la "dinamica dell'incendio" sicuramente comporterebbe, laddove fosse innescato, una "velocità di crescita" molto rapida, sicuramente molto più veloce che nel restante deposito.

L'individuazione di "aree a rischio specifico" consente di concentrare una particolare attenzione, progettuale e gestionale, della sicurezza antincendio a tali zone, senza coinvolgere l'intero ambiente di lavoro, nel quale potranno essere progettate misure di sicurezza antincendio commisurate al concreto, e mediamente più basso, rischio incendio presente.

Definita la presenza di "aree a rischio specifico", le misure utili a mitigare il rischio di incendio "puntuale" presente in tali aree (strategia antincendio) sono indicate nelle specifiche regole tecniche di progettazione della sicurezza antincendio ovvero, dove non esplicitate, devono essere individuate dal progettista della sicurezza antincendio, sempre sulla base della valutazione del rischio incendio, con riferimento ad un elenco di misure proposte dalle regole di progettazione generale della sicurezza antincendio:

a. **inserimento delle aree a rischio specifico in compartimenti distinti** per ambiti aventi caratteristiche di rischio omogenee, interposizione di distanze di separazione, riduzione delle superfici lorde di compartimento, ubicazione fuori terra o su piani poco interrati;
b. controllo dell'incendio, mediante **l'adozione almeno di impianti manuali di spegnimento** (naspi/idranti);
c. **installazione di sistemi manuali o automatici di inibizione, controllo o estinzione dell'incendio** a bordo macchina per la protezione specifica degli impianti e delle apparecchiature a rischio specifico di incendio;
d. installazione di un **impianto di rilevazione ed allarme automatici**, anche localizzati solo sull'area interessata
e. installazioni di **sistemi a bordo macchina per il rilevamento automatico di anomalie o guasti** che comportino la deviazione dai parametri di funzionamento ordinario degli impianti e delle attrezzature di processo, **con le funzioni automatiche di allarme ed intercettazione delle alimentazioni elettriche e dei fluidi pericolosi**;
f. effettuazione della **valutazione del rischio di formazione di atmosfere esplosive,** nel

caso di presenza di sostanze infiammabili;

g. adozione di accorgimenti impiantistici e costruttivi per limitare e confinare i rilasci di sostanze o miscele pericolose;

Nota: ad esempio: bacini di contenimento, disponibilità di polveri o dispositivi assorbenti, inserimento di valvole di eccesso di flusso, intercettazioni automatiche e manuali dei sistemi di distribuzione, incamiciatura delle tubazioni, …

h. adozione di accorgimenti per limitare l'impatto esterno di eventuali rilasci di sostanze o miscele pericolose;

Nota: ad esempio: distanze di separazione che tengano conto della propagazione degli effluenti nelle matrici ambientali, …

i. adozione di sistemi di rilevazione ed allarme, di procedure gestionali per la sorveglianza ed il controllo dei parametri critici dei processi;

Nota: ad esempio: allarmi di massimo livello per i serbatoi, …

j. formazione, informazione ed addestramento degli addetti alla gestione delle lavorazioni e dei processi pericolosi;

Nota: Tale formazione, informazione ed addestramento deve prevedere nozioni riguardanti i parametri critici di funzionamento delle lavorazioni e dei processi pericolosi, le modalità e le procedure di avvio e fermo degli impianti in sicurezza, la gestione degli stati di allarme e di emergenza, …

k. disponibilità di specifiche attrezzature di soccorso, dispositivi di protezione collettiva ed individuale;

Sulla base dei criteri forniti, con riferimento ai casi sopra esemplificati, potranno trovare applicazione le seguenti soluzioni progettuali:

- **Esempio 1** - *stabilimento meccanico lavorazione a freddo, con aree ossitaglio* – In questo caso il progettista potrà valutare e progettare l'adozione di una o più misure in precedenza elencate; in particolare: installazione impianti di rilevazione e allarme, anche finalizzati alla individuazione di perdite di gas infiammabile o comburente (rif. "elenco misure" - *lett.d e lett. i*) con relative procedure gestionali; centralizzazione dell'impianto di distribuzione dei gas, con depositi esterni e installazione, in zona protetta e facilmente raggiungibile, di intercettazioni manuali\automatiche del flusso di gas (rif. "elenco misure" - *lett. g*); valutazione del rischio per atmosfere esplosive (rif. "elenco misure" - *lett. f*);
- **Esempio 2** – grande deposito di materiali per l'edilizia, con area dedicata all'immagazzinamento di materiale combustibile in grandi quantità – anche in questo caso il progettista potrà valutare e progettare l'adozione di una o più misure in precedenza elencate; in particolare: collocazione dei materiali in un compartimento distinto (rif. "elenco misure" - lett. a); impianti "rilevazione e allarme incendio" (solo nell'area a rischio specifico; rif. "elenco misure" lett. d); sistema di controllo dell'incendio mediante impianto con rete idranti (solo nell'area a rischio specifico; rif. "elenco misure" lett. b)

È evidente che alle misure "tecniche" dovranno sempre corrispondere specifiche procedure gestionali nonché adeguata formazione, informazione ed addestramento degli addetti alla gestione della lavorazione e dei processi pericolosi nonché la disponibilità di idonee attrezzature di soccorso e dispositivi di protezione individuale e collettiva.

## 2.2 La protezione contro le esplosioni

L'esplosione è il risultato di una rapida espansione di gas dovuta ad una reazione chimica di combustione. Gli effetti della esplosione sono: produzione di calore, una onda d'urto ed un picco di pressione. Quando la reazione di combustione si propaga alla miscela infiammabile non ancora bruciata con una velocità minore di quella del suono la esplosione è chiamata DEFLAGRAZIONE. Quando la reazione procede nella miscela non ancora bruciata con velocità superiore a quella del suono la esplosione è detta DETONAZIONE. Gli effetti distruttivi delle detonazioni sono maggiori rispetto a quelli delle deflagrazioni .

Una esplosione può aver luogo quando gas, vapori o polveri infiammabili, entro il loro campo di esplosività, vengono innescati da una fonte di innesco avente sufficiente energia. In particolare in un ambiente chiuso saturo di gas, vapori o polveri l'aumento della temperatura dovuto al processo di combustione sviluppa un aumento di pressione che può arrivare fino ad 8 volte la pressione iniziale.

Nei luoghi di lavoro in cui sono presenti, durante qualunque fase delle attività svolte[1], delle "*sostanze infiammabili allo stato di gas, vapori, nebbie o polveri*" è potenzialmente possibile la formazione di **atmosfere a rischio di esplosione**, cioè di aree dove, una volta miscelata la sostanza con l'aria, in caso di innesco, la combustione si propaga rapidamente con significativi effetti termici e di sovrappressione sulle eventuali persone esposte, sugli impianti e sulle strutture[2].

Atmosfera esplosiva: una miscela con l'aria, a condizioni atmosferiche, di sostanze infiammabili allo stato di gas, vapori, nebbie o polveri in cui, dopo accensione, la combustione si propaga nell'insieme della miscela incombusta.

Estratto da d.lgs. 81/2008

È sufficiente, quindi, che in un'attività siano presenti, durante le normali condizioni di lavoro, o accidentalmente, sostanze combustibili e/o infiammabili miscelate con l'aria nelle giuste proporzioni (*miscelazione compresa nel campo di esplosività*) per determinare una possibile presenza di atmosfere esplosive. Affinché si verifichi un'esplosione devono, quindi, essere **simultaneamente presenti** i seguenti fattori:

- una "***sostanza infiammabile*", ** derivante dal processo di produzione;
- ossigeno (aria);
- **sorgente di innesco "efficace"**, cioè in grado di fornire all'atmosfera esplosiva una energia sufficiente e provocare l'accensione[3] ;
- un rapporto specifico tra ossigeno e materiale infiammabile (campo di esplosività).

Nota: Le sorgenti di innesco possono essere:

- scariche elettriche: possono derivare dalla manovra di interruttori, relè, da correnti vaganti, da protezione catodica, dagli avvolgimenti dei motori elettrici, etc…

[1] in deposito, in ciclo di lavorazione o di trasformazione, in sistemi di trasporto, manipolazione o movimentazione

[2] *effetti fisici di un'esplosione*: fiamme e gas caldi; irraggiamento termico; onde di pressione; proiezione di frammenti o oggetti; rilasci di sostanze pericolose

[3] La più bassa energia necessaria a provocare l'accensione della miscela infiammabile è detta MIE (Minimum Ignition Energy)

- scariche elettrostatiche: queste possono essere caratterizzate da energie dell'ordine di decine di mJ e potenziali di decine di kV. Le operazioni e le situazioni in cui si possono generare riguardano l'uso di attrezzature di plastica o di fibre sintetiche, di indumenti isolanti (scarpe di gomma, fibre sintetiche) che si caricano per strofinio, specialmente su pavimenti isolanti, lo scorrimento di fluidi e polveri (riempimento di serbatoi, passaggio in tubazioni isolanti, scarico di gas compressi), l'agitazione di polveri e liquidi in recipienti;
- scariche atmosferiche: si generano in seguito ai campi elettrici e magnetici connessi con il fenomeno della scarica atmosferica;
- scintille generate meccanicamente: si tratta di particelle metalliche prodotte per attrito ed urto e incendiate, per esempio durante le lavorazioni meccaniche, o prodotte a seguito dell'urto fra utensili o arnesi realizzati in metalli leggeri e pezzi con presenza di ruggine;
- superfici calde: le superfici calde di apparecchi, tubi radianti, cuscinetti, essiccatoi, etc. possono generare l'accensione dell'atmosfera esplosiva;
- reazioni esotermiche: si hanno reazioni chimiche esotermiche con sviluppo di calore non sufficientemente disperso e produzione di energia sufficiente per l'innesco, in presenza di depositi di farine (per fermentazione batterica), gomme, fertilizzanti, incrostazioni piroforiche, sali metallici e organici, olii e grassi;
- fiamme libere: presenti, per esempio, nelle operazioni di taglio e saldatura o nei bruciatori, sono evidentemente pericolose per il loro alto contenuto energetico. Tra le operazioni in cui porre maggiore attenzione vi è il taglio di recipienti chiusi contenenti residui di sostanze infiammabili;
- impulsi di pressione: generano calore a causa della compressione adiabatica nei restringimenti o per esempio nella fuoriuscita di gas;
- onde elettromagnetiche: la pericolosità dipende dalla potenza del campo emettitore in prossimità delle parti metalliche che fungono da antenna ricevente e che possono scaldarsi o generare scariche elettriche;
- radiazioni ionizzanti: la pericolosità è legata all'energia associata alla radiazione che può essere assorbita;
- ultrasuoni: le onde acustiche possono riscaldare la sostanza che le assorbe.

I parametri LEL (Lower Explosion Limit) e l'UEL (Upper Explosion Limit), limite inferiore e limite superiore di esplodibilità, individuano il range di esplosione (campo di esplosività):

- **LEL**: concentrazione in aria di sostanza infiammabile al disotto della quale l'atmosfera non esplode
- **UEL**: concentrazione in aria di sostanza infiammabile al disopra della quale l'atmosfera non esplode

Alcuni esempi di luoghi di lavoro nei quali, potenzialmente, è possibile la formazione di aree a "rischio esplosione" sono:

- Alimentari: stoccaggio e lavorazione di cereali, farine, zucchero
- Industria tessile: filatura
- Falegnamerie, lavorazione del legno
- Industria chimica e petrolifera
- Industria farmaceutica
- Industria metallurgica
- Stoccaggi di carburante gassoso, liquido, solido. Depositi di gas naturale o di GPL
- Impianti di compressione o decompressione di gas combustibili
- Produzione e stoccaggio di vernici, smalti, coloranti
- Carrozzerie

- Distillerie, produzione di alcolici
- Produzione di profumi

In presenza delle condizioni che possono dar luogo alla formazione di aree esplosive, il datore di lavoro ha l'obbligo di adottare le **misure tecniche** e **organizzative** adeguate alla natura dell'attività svolta **necessarie al conseguimento dei seguenti obiettivi**, in ordine di priorità decrescente:

a. **prevenire la formazione di atmosfere esplosive**, e, laddove l'attività non consente la prevenzione,
b. **evitare l'accensione** di atmosfere esplosive,
c. **attenuare i danni** di un'esplosione in modo da garantire la salute e la sicurezza dei lavoratori, e in generale delle persone che potrebbero essere prossime a tali aree.

Le prescrizioni minime per il miglioramento della tutela della sicurezza e della salute dei lavoratori esposti al rischio di atmosfere potenzialmente esplosive sono indicate nel D.Lgs 81/2008 "Titolo XI Protezione da atmosfere esplosive (artt. 287-297)"[4].

Al fine della riduzione del rischio per atmosfere esplosive nei luoghi di lavoro e perseguire gli obiettivi sopra indicati, dovranno pertanto essere attuate le seguenti fasi:

- la **valutazione del rischio di esplosione**, con la quale il datore di lavoro individua, in funzione delle tipicità della propria attività, le zone nelle quali è potenzialmente possibile la formazione di atmosfera esplosiva (probabilità di formazione e potenziali estensioni delle aree nelle quali è possibile la formazione di atmosfera esplosiva) e la presenza di sorgenti potenzialmente efficaci all'interno di tali zone;
- l'adozione, sulla base della propedeutica valutazione, delle idonee **misure di prevenzione, gestione e protezione.**

Nota: La classificazione delle zone è una attività fondamentale della fase di valutazione del rischio; infatti, tale valutazione consente di individuare le aree del luogo di lavoro alle quali è associato un livello di probabilità di presenza di atmosfera esplosiva. Tale valutazione consente di evitare che sorgenti di accensione efficaci si trovino in tali zone ovvero, nel caso non sia possibile eliminare tali sorgenti, mediante la scelta di apparecchiature con un adeguato livello di protezione e adottare le opportune misure di sicurezza di tipo tecnico ed organizzativo.
Si distinguono i seguenti tre tipi di zone per miscele pericolose in aria (in condizioni atmosferiche) di **gas, vapore e nebbie**:
Zona 0: "Area in cui è presente in permanenza o per lunghi periodi o frequentemente un'atmosfera esplosiva consistente in una miscela di aria e di sostanze infiammabili, sotto forma di gas, vapore o nebbia";
Zona 1: "Area in cui la formazione di un'atmosfera esplosiva, consistente in una miscela di aria e sostanze infiammabili, sotto forma di gas, vapori o nebbia, è probabile che avvenga occasionalmente durante le normali attività";
Zona 2: "Area in cui durante le normali attività non è probabile la formazione di un'atmosfera esplosiva consistente in una miscela di aria e sostanze infiammabili, sotto forma di gas, vapore o nebbia o, qualora si verifichi, sia unicamente di breve durata";
Analogamente per le **polveri**:
Zona 20: "Area in cui è presente in permanenza o per lunghi periodi o frequentemente un'atmosfera esplosiva sotto forma di nube di polvere combustibile nell'aria";
Zona 21: "Area in cui la formazione di un'atmosfera esplosiva sotto forma di nube di polvere combustibile nell'aria, è probabile che avvenga occasionalmente durante le normali attività";
Zona 22: "Area in cui durante le normali attività non è probabile la formazione di un'atmosfera esplosiva sotto forma di nube di polvere combustibile nell'aria o, qualora si verifichi, sia unicamente di breve durata".

[4] Per i luoghi di lavoro che, ai fini della mitigazione del rischio incendio, rientrano nel campo di applicazione del DM 3 agosto 2015 "Codice di Prevenzioni Incendi" trova applicazione la specifica regola tecnica verticale "Atmosfere Esplosive" nella quale, in analogia con quanto indicato dal titolo IX del DLgs 81/2008, sono indicati i criteri finalizzati a minimizzare i rischi connessi con le atmosfere esplosive.

| Tipo di zona | | Presenza atmosfera esplosiva | Frequenza in un anno | Durata |
|---|---|---|---|---|
| Gas, vapori, nebbie | Polveri | | In 365 giorni | ore |
| 0 | 20 | Continua o per lunghi periodi | $>10^{-1}$ | >1000 |
| 1 | 21 | Periodica od occasionale nel funzionamento normale | $10^{-1}>P>10^{-3}$ | 1000>h>10 |
| 2 | 22 | Non prevista nel funzionamento normale e solo per brevi periodi | $10^{-3}>P>10-5$ | 10>h>0,1 |

Per quanto riguarda le misure tecniche per prevenire le atmosfere esplosive ricordiamo:

- evitare o ridurre la concentrazione in aria di sostanze infiammabili (mediante ventilazione, manutenzione, pulizia, utilizzo di componenti a tenuta, progettazione mirata);
- sostituire, ove possibile, le sostanze esplosive;
- adottare tecniche d'inertizzazione;
- evitare le sorgenti di accensione efficaci;
- controllare l'atmosfera (con rivelatori e allarmi) e la temperatura;
- controllare il processo ed i suoi parametri.

Le misure organizzative comprendono:

- qualificazione dei lavoratori;
- formazione;
- istruzioni operative;
- autorizzazioni allo svolgimento di un lavoro;
- manutenzione;
- sorveglianza, verifica;
- segnaletica.

Quando non è possibile evitare l'esplosione bisogna attenuarne gli effetti utilizzando:

- sistemi resistenti alla pressione d'esplosione con o senza deformazioni permanenti;
- scarico dell'esplosione;
- soppressione dell'esplosione;
- isolamento dell'esplosione (barriere antifiamma, deviatori, valvole).

Nell'assolvere gli obblighi della ***valutazione dei rischi di esplosione*** e l'adozione delle relative misure di mitigazione del rischio, il datore di lavoro deve elaborare e tenere aggiornato il **«documento sulla protezione contro le esplosioni»** nel quale sono documentate e precisate le attività svolte e le misure adottate per raggiungere gli obiettivi di prevenzione, gestione e protezione del rischio di esplosione.

La presenza di aree in cui possono formarsi atmosfere esplosive deve essere puntualmente

evidenziata con la diposizione di apposita segnaletica "**SEGNALE DI AVVERTIMENTO PER INDICARE LE AREE IN CUI POSSONO FORMARSI ATMOSFERE ESPLOSIVE":**

Area in cui può formarsi un'atmosfera esplosiva

Al fine di facilitare la comprensione del segnale, al di sotto di esso devono essere riportate le seguenti indicazioni: PERICOLO ESPLOSIONE e DANGER EXPLOSION

Inoltre, in caso di presenza di aree con "rischio di esplosione", oltre al documento di valutazione del rischio, il datore di lavoro, nel rispetto degli obblighi di informazione e formazione, provvede affinché **i lavoratori esposti a tali particolari rischi siano informati e formati in relazione al risultato della valutazione dei rischi**, con particolare riguardo:

a) alle misure adottate;
b) alla classificazione delle zone;
c) alle modalità operative necessarie a minimizzare la presenza e l'efficacia delle sorgenti di accensione;
d) ai rischi connessi alla presenza di sistemi di protezione dell'impianto;
e) ai rischi connessi alla manipolazione ed al travaso di liquidi infiammabili e/o polveri combustibili;
f) al significato della segnaletica di sicurezza e degli allarmi ottico/acustici;
g) agli eventuali rischi connessi alla presenza di sistemi di prevenzione delle atmosfere esplosive, con particolare riferimento all'asfissia;
h) all'uso corretto di adeguati dispositivi di protezione individuale e alle relative indicazioni e controindicazioni all'uso.

## 2.3 Misure antincendio (prima parte):

### 2.3.1 Reazione al fuoco

*a)* ***Premessa***

La reazione al fuoco è una misura antincendio di protezione passiva che esplica i suoi principali effetti nella fase iniziale dell'incendio, con l'obiettivo di limitare l'innesco dei materiali e la propagazione dell'incendio. Essa si riferisce al comportamento al fuoco dei materiali nelle effettive condizioni d'uso finali, con particolare riguardo al grado di partecipazione all'incendio che essi manifestano in condizioni standardizzate di prova.

Tali requisiti sono applicati agli ambiti dell'attività ove si intenda limitare la partecipazione dei materiali alla combustione e ridurre la propagazione dell'incendio.

Estratto da D.M. 3/8/2015

*b)* *Definizioni*

Reazione al fuoco: una delle misure antincendio di protezione da perseguire per garantire un adeguato livello di sicurezza in condizione di incendio ed in particolare nella fase di prima propagazione dell'incendio (pre-flashover). Essa esprime il comportamento di un materiale che, con la sua decomposizione, partecipa al fuoco al quale è stato sottoposto in specifiche condizioni.

Classe di reazione al fuoco: grado di partecipazione di un materiale (o di un prodotto) al fuoco al quale è stato sottoposto; viene attribuita a seguito di prove normalizzate tramite cui valutare specifici parametri o caratteristiche, che concorrono a determinarne il grado di partecipazione all'incendio.

Materiale: il componente o i componenti variamente associati che possono partecipare alla combustione in dipendenza della propria natura chimica e delle effettive condizioni di messa in opera/applicazione per l'utilizzo finale.

Materiale incombustibile: materiale che non partecipa o contribuisce in maniera non significativa all'incendio, indipendentemente dalle sue condizioni di utilizzo finale.

.....

Condizione d'uso finale (End-use condition): applicazione o messa in opera effettiva di un prodotto o materiale, in relazione a tutti gli aspetti che influenzano il comportamento di tale prodotto in diverse condizioni di incendio. Include aspetti quali orientamento, posizione in relazione ad altri prodotti adiacenti (tipologia di substrato, formante una cavità con un substrato, …) e metodo di fissaggio (incollato, agganciato in maniera meccanica o semplicemente a contatto).

Estratto da D.M. 3/8/2015

*c)* *Classificazione di reazione al fuoco dei materiali*

Le normative di prevenzione incendi prescrivono in alcuni ambienti la posa in opera di prodotti con determinate prestazioni di reazione al fuoco. Si tratta ad esempio della posa in opera di rivestimenti a parete, a pavimento o soffitto lungo le vie di esodo. In altri ambienti, quali ad esempio locali di pubblico spettacolo, le norme prescrivono l'impiego di prodotti quali tendaggi, poltrone o sedute con specifiche caratteristiche di reazione al fuoco.

I materiali da costruzione, anche detti "*prodotti da costruzione*", sono a tutt'oggi classificati in base alle loro caratteristiche di reazione al fuoco secondo specifiche metodologie di prova e criteri di classificazione di cui a norme **europee** o **italiane**. Con riferimento alla **normativa europea**, i prodotti da costruzione, possono avere le seguenti classi "europee" di reazione al fuoco: A1, A2, B, C, D, E ed F (F reazione non determinata), con grado di partecipazione al fuoco che aumenta passando dalla classe A alla F (decrescendo, in tal modo, la prestazione offerta).

Nota: In linea del tutto generale, i prodotti da costruzione possono essere impiegati nelle opere da costruzione dove è prescritta la classe di reazione al fuoco, se muniti di marcatura CE a garanzia della conformità del prodotto a specifici requisiti. Esistono tuttavia alcuni prodotti, per i quali non risulta ancora applicabile la procedura ai fini della marcatura CE, il cui impiego è subordinato all'omologazione rilasciata dal Ministero dell'Interno. Tra i prodotti da costruzione per i pavimenti, i prodotti a sviluppo lineare, i cavi elettrici e i tetti, esistono classificazioni europee armonizzate "ad hoc".

Secondo la normativa italiana, le **classi italiane di reazione al fuoco** previste, risultano: **0 (materiali incombustibili), 1, 2, 3, 4 e 5** con l'aumentare del grado di partecipazione al fuoco ovvero del contributo alla generazione e propagazione al fuoco offerto dal prodotto (decrescendo, in tal modo, la prestazione offerta).

Esiste poi una classificazione di reazione al fuoco per i "mobili imbottiti" per i quali le classi previste risultano: **1IM, 2IM e 3IM** all'aumentare del grado di partecipazione all'incendio.

Nota: Tra i mobili imbottiti rientrano anche i materassi impiegati nelle camere di degenza delle strutture sanitarie/ospedaliere, che, trattandosi di prodotti non permanentemente incorporati in un'opera da costruzione, più frequentemente possono essere soggetti a sostituzioni/modifiche nel corso dell'esercizio di una attività. Tali modifiche potrebbero dar luogo a variazioni delle prestazioni di reazione al fuoco dei suddetti materiali e, pertanto diventa di fondamentale importanza l'attività di controllo finalizzata ad assicurare il mantenimento delle misure di sicurezza antincendio durante l'esercizio dell'attività, secondo le indicazioni previste in fase progettuale.

Il principio del mantenimento delle condizioni di progetto iniziali per il corretto esercizio dell'attività, ovvero il principio della gestione della sicurezza antincendio in esercizio dell'attività, vale chiaramente anche per i prodotti da costruzione, in quanto devono essere mantenute in essere le prestazioni di reazione al fuoco dei materiali. Si pensi ad esempio ai casi in cui si effettuano interventi di manutenzione ordinaria o straordinaria nel corso della vita utile di un'opera da costruzione che potrebbero dar luogo a variazioni delle iniziali condizioni di progetto a seguito, ad esempio, della sostituzione di materiali con prodotti aventi differenti prestazioni di reazione al fuoco o anche a variazioni della configurazione di posa in opera di un prodotto.

Si evidenzia che ogni materiale viene provato nelle effettive condizioni di impiego e di posa in opera, e le prove dimostrano quanto il comportamento dello stesso possa cambiare al variare della configurazione.

### 2.3.2 Resistenza al fuoco

*a) Premessa*

La finalità della resistenza al fuoco è quella di garantire la capacità portante delle strutture in condizioni di incendio nonché la capacità di compartimentazione, per un tempo minimo necessario al raggiungimento degli obiettivi di sicurezza di prevenzione incendi.

Estratto da D.M. 3/8/2015

*b) Definizioni*

Resistenza al fuoco: una delle misure antincendio di protezione da perseguire per garantire un adeguato livello di sicurezza di un'opera da costruzione in condizioni di incendio. Essa riguarda la capacità portante in caso di incendio, per una struttura, per una parte della struttura o per un elemento strutturale nonché la capacità di compartimentazione in caso di incendio per gli elementi di separazione strutturali (es. muri, solai, …) e non strutturali (es. porte, divisori, …).

Capacità portante in caso di incendio: attitudine della struttura, di una parte della struttura o di un elemento strutturale, a conservare una sufficiente ***resistenza meccanica sotto l'azione del fuoco***, tenendo conto delle altre azioni agenti.

Capacità di compartimentazione in caso d'incendio: attitudine di un elemento costruttivo a conservare, sotto l'azione del fuoco, un sufficiente ***isolamento termico ed una sufficiente tenuta ai fumi e ai gas caldi*** della combustione, nonché tutte le altre prestazioni se richieste.

……

Classe di resistenza al fuoco: intervallo di tempo espresso in minuti, definito in base al carico di incendio specifico di progetto, durante il quale il compartimento antincendio garantisce la resistenza al fuoco. È riferita ad una curva di incendio nominale.

Estratto da D.M. 3/8/2015

*c)* *Generalità sulla resistenza al fuoco*

Il concetto di capacità portante di una struttura in caso di incendio è anche richiamato nell'allegato I al Regolamento Prodotti da Costruzione, dove in riferimento alla "sicurezza in caso d'incendio", è stabilito che "le opere di costruzione devono essere concepite e realizzate in modo che, in caso di incendio:

a) la capacità portante dell'edificio possa essere garantita per un periodo di tempo determinato;

b) la generazione e la propagazione del fuoco e del fumo al loro interno siano limitate;

c) la propagazione del fuoco a opere di costruzione vicine sia limitata;

d) gli occupanti possano abbandonare le opere di costruzione o essere soccorsi in altro modo;

e) si tenga conto della sicurezza delle squadre di soccorso.

Le principali prestazioni di resistenza al fuoco richieste ad un elemento costruttivo o strutturale e i relativi simboli sono di seguito riportati:

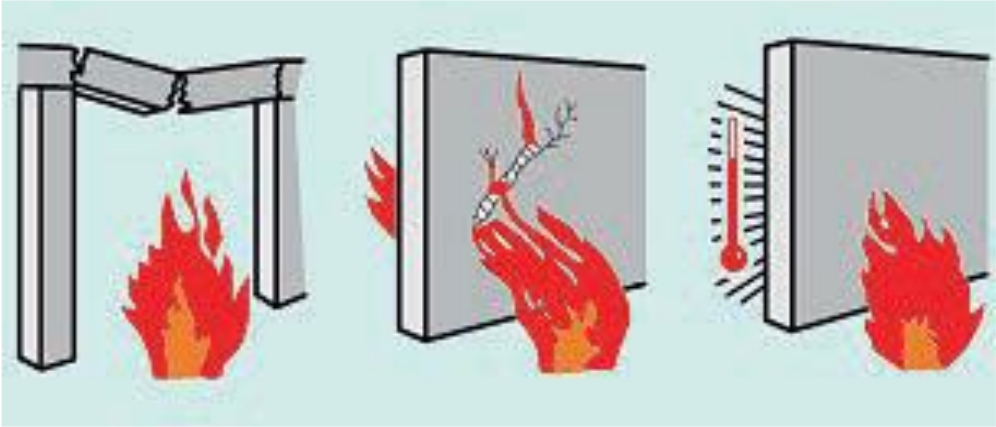
| Simbolo | Prestazione | Descrizione |
|---|---|---|
| R | Capacità portante | Capacità di un elemento strutturale di portare i carichi presenti in condizioni di incendio normalizzato, per un certo periodo di tempo. |
| E | Tenuta | Capacità di un elemento costruttivo o strutturale di impedire il passaggio di fumi e gas caldi per un certo periodo di tempo, in condizioni di incendio normalizzate. |
| I | Isolamento | Capacità di un elemento costruttivo o strutturale di impedire il passaggio calore di un incendio normalizzato per un certo periodo di tempo. A seconda dei limiti più o meno severi al trasferimento di calore, il requisito si specializza in I1 o I2. L'assenza di indicazione al pedice sottintende il requisito I2. |
| Estratto da D.M. 3/8/2015 | | |

Pertanto, a titolo d'esempio:

con il simbolo **REI 60** si identifica un elemento costruttivo che deve conservare, per 60 minuti, la capacità portante, la tenuta e l'isolamento termico;

con il simbolo **RE 60** si identifica un elemento costruttivo che deve conservare, per 60 minuti, la capacità portante e la tenuta;

con il simbolo **R 60** si identifica un elemento costruttivo che deve conservare, per 60 minuti, la capacità portante.



| “R” Capacità portante | “E” Tenuta | “I” Isolamento |
|---|---|---|

Dunque elementi portanti, quali ad esempio pilastri, potranno al più possedere requisiti di Capacità portante (R).

Nota: gli elementi strutturali quali travi e pilastri sono privi di una capacità di compartimentazione in caso d’incendio, intesa come “l’attitudine di un elemento costruttivo a conservare, sotto l’azione del fuoco, un sufficiente isolamento termico ed una sufficiente tenuta ai fumi e ai gas caldi della combustione, nonché tutte le altre prestazioni se richieste”.

Le pareti divisorie non portanti e le porte resistenti al fuoco potranno al più essere caratterizzati da requisiti di tenuta (E) ed isolamento (I) che ne esprimono la capacità di compartimentazione.

Nota: Gli elementi separanti che non contribuiscono al sistema strutturale sono privi di capacità portante in caso d’incendio, intesa come, “l’attitudine della struttura, di una parte della struttura o di un elemento strutturale, a conservare una sufficiente resistenza meccanica sotto l’azione del fuoco, tenendo conto delle altre azioni agenti”,

Nota: Alle prestazioni sopra indicate, se ne possono aggiungere altre a seconda della funzione dell’elemento costruttivo o strutturale. (W – irraggiamento, M – azione meccanica, C – dispositivo automatico di chiusura, S – tenuta di fumo, P o PH – continuità di corrente o capacità di segnalazione, G – resistenza all’incendio di fuliggine, K – capacità di protezione al fuoco, D – durata della stabilità a temperatura costante, DH – durata della stabilità lungo la curva standard tempo temperatura, F – funzionalità degli evacuatori motorizzati di fumo e calore, B – funzionalità degli evacuatori naturali di fumo e calore).

### *d) Classe di resistenza al fuoco*

La classe di resistenza al fuoco della struttura, ovvero l’intervallo di tempo espresso in minuti, durante il quale è garantita la resistenza al fuoco, viene definita in fase progettuale in funzione degli obiettivi di sicurezza di prevenzione incendi che si intendono perseguire e dei corrispondenti **livelli di prestazione** che si richiedono alla struttura come di seguito indicati:

| Liv. | Descrizione |
|---|---|
| I | Assenza di conseguenze esterne per collasso strutturale |
| II | Mantenimento dei requisiti di resistenza al fuoco per un periodo sufficiente all’evacuazione degli occupanti in luogo sicuro all’esterno della costruzione |
| III | Mantenimento dei requisiti di resistenza al fuoco per un periodo congruo con la durata dell’incendio |
| IV | Requisiti di resistenza al fuoco tali da garantire, dopo la fine dell’incendio, un limitato danneggiamento della costruzione |
| V | Requisiti di resistenza al fuoco tali da garantire, dopo la fine dell’incendio, il mantenimento della totale funzionalità della costruzione stessa |
| Estratto da D.M. 3/8/2015 | |

I Livelli di prestazione sono stabiliti dal progettista in sede di progettazione e dipendono dalla valutazione del rischio di incendio. Ad esempio:

- il livello di prestazione I, che consente la realizzazione di opere da costruzione prive di prestazioni di resistenza al fuoco, è consentito solo laddove l'attività non preveda la presenza di occupanti, ad esclusione di quella occasionale e di breve durata di personale addetto;
- nelle attività con caratteristica prevalente degli occupanti diversa da A il livello di prestazione deve essere almeno III, e pertanto l'opera da costruzione deve mantenere i requisiti di resistenza al fuoco per un periodo congruo con la durata dell'incendio.

Con riferimento ai livelli di prestazione, la classe di resistenza al fuoco della struttura aumenta a partire dal livello I procedendo verso i successivi fino al livello V, nel quale si richiede la totale funzionalità della stessa al termine dell'incendio.

Fatta eccezione per il primo livello di prestazione per il quale si accetta anche il collasso strutturale dell'opera da costruzione, sempre che questa non rovini su altri manufatti e che non via sia presenza di occupanti (es. depositi intensivi automatizzati privi di lavoratori), la grandezza di riferimento per le valutazioni della resistenza al fuoco delle opere da costruzione è costituita dal **carico d'incendio specifico di progetto**.

Il carico di incendio specifico di progetto è utilizzato, ad esempio, per la determinazione della classe minima di resistenza al fuoco da richiedere alle strutture quando è necessario garantire la resistenza al fuoco per tutta la durata dell'incendio (livello di prestazione III).
Tale parametro, esprime la potenzialità termica che può sprigionarsi all'interno del compartimento in seguito ad un incendio e, in quanto tale, è determinato in ragione della tipologia e dei quantitativi dei materiali combustibili presenti, tenuto conto delle misure di protezione antincendio disposte a protezione dello stesso e del relativo rischio incendio.
Si riportano di seguito le definizioni di carico d'incendio, carico d'incendio specifico e carico d'incendio specifico di progetto.

*Carico di incendio*: potenziale termico netto della totalità dei materiali combustibili contenuti in uno spazio, corretto in base ai parametri indicativi della partecipazione alla combustione dei singoli materiali. Limitatamente agli elementi strutturali di legno, è possibile considerarne il contributo tenendo conto del fatto che gli stessi devono altresì garantire la conseguente resistenza al fuoco. Tale contributo deve essere determinato tramite consolidati criteri di interpretazione del fenomeno. Il carico di incendio è espresso in MJ; convenzionalmente 1 MJ è assunto pari all'energia sviluppata da 0,057 kg di legna equivalente.

*Carico d'incendio specifico*: carico di incendio riferito all'unità di superficie lorda di piano, espresso in $MJ/m^2$.

*Carico d'incendio specifico di progetto*: carico d'incendio specifico corretto in base ai parametri indicatori del rischio di incendio del compartimento antincendio e dei fattori relativi alle misure antincendio presenti. Esso costituisce la grandezza di riferimento per le valutazioni della resistenza al fuoco delle opere da costruzione.

Estratto da D.M. 3/8/2015

Sulla base del carico di incendio specifico di progetto ($q_{f,d}$) , attraverso una tabella, si stabilisce la classe di resistenza al fuoco richiesta. Come si può notare all'aumentare del carico di incendio, aumenta la classe minima di resistenza al fuoco richiesta alla struttura.

| Carico d'incendio specifico di progetto | Classe minima di resistenza al fuoco |
|---|---|
| $q_{f,d} \leq 200$ MJ/m$^2$ | Nessun requisito |
| $q_{f,d} \leq 300$ MJ/m$^2$ | 15 |
| $q_{f,d} \leq 450$ MJ/m$^2$ | 30 |
| $q_{f,d} \leq 600$ MJ/m$^2$ | 45 |
| $q_{f,d} \leq 900$ MJ/m$^2$ | 60 |
| $q_{f,d} \leq 1200$ MJ/m$^2$ | 90 |
| $q_{f,d} \leq 1800$ MJ/m$^2$ | 120 |
| $q_{f,d} \leq 2400$ MJ/m$^2$ | 180 |
| $q_{f,d} > 2400$ MJ/m$^2$ | 240 |
| Estratto da D.M. 3/8/2015 | |

Valori di riferimento del carico d'incendio specifico, possono essere desunti da dati presenti nella letteratura tecnica in funzione della destinazione d'uso di una struttura:

| Attività | Valore medio [MJ/m$^2$] |
|---|---|
| Civili abitazioni | 780 |
| Ospedali (stanza) | 230 |
| Alberghi (stanza) | 310 |
| Biblioteche | 1500 |
| Uffici | 420 |
| Scuole | 285 |
| Centri commerciali | 600 |
| Teatri (cinema) | 300 |
| Trasporti (spazio pubblico) | 100 |
| Estratto da D.M. 3/8/2015 | |

Nota: Questi dati, raffrontati con quelli della precedente tabella, possono fornire delle prime indicazioni sulle variazioni dei requisiti di resistenza al fuoco richiesti ad una struttura al variare della sua destinazione d'uso. Biblioteche, ad esempio, caratterizzate statisticamente da elevati valori del carico d'incendio specifico, richiederanno prestazioni di resistenza al fuoco maggiori, rispetto ad edifici per civile abitazione. Questi ultimi, a loro volta, dovranno essere caratterizzati da una classe minima di resistenza al fuoco maggiore di quella posseduta da strutture ad uso uffici che, invece, sono caratterizzate da un valor medio del carico d'incendio specifico inferiore al corrispondente valore di un edificio destinato a civile abitazione.

La progettazione e la realizzazione di elementi costruttivi resistenti al fuoco impone che vengano mantenute in essere, durante l'esercizio dell'attività, le condizioni utilizzate nella progettazione. Ad esempio

- È necessario che siano rispettati *i valori dei carichi d'incendio* (tipologia, quantitativi di materiali combustibili presenti nel compartimento) presi a riferimento per il calcolo della suddetta misura;
- E' necessario che siano rispettate le modalità di stoccaggio dei materiali combustibili (distribuzione uniforme e/o localizzata – altezze di impilamento, etc.);
- E' necessario mantenere costantementi efficaci *le misure di protezione antincendi presenti nel compartimento*, quali: controllo o estinzione dell'incendio con impianti manuali o automatici, impianti di rivelazione e allarme, controllo di fumi e calore, misure gestionali, etc.

Nota: Si riporta di seguito l'elenco di alcuni elementi costruttivi e prodotti classificabili ai fini della resistenza al fuoco:

elementi portanti privi di funzione di compartimento antincendio quali: muri, solai, tetti, colonne, balconi, scale e passerelle classificabili rispetto alla capacità portante "R";
elementi portanti con funzione di compartimento antincendio quali: muri, solai e tetti classificabili rispetto alla capacità portante "R", alla tenuta "E", all'isolamento "I", all'irraggiamento "W" e all'azione meccanica "M";
prodotti e sistemi per la protezione di parti o elementi portanti delle opere di costruzione quali: membrane protettive, rivestimenti, pannelli, intonaci, vernici e schermi protettivi dal fuoco, classificabili negli stessi termini previsti per gli elementi portanti protetti;
parti o elementi non portanti di opere di costruzioni e prodotti afferenti, quali: pareti divisorie, controsoffitti; facciate (curtain walls), muri esterni che includono pareti vetrate, pavimenti sopraelevati, sistemi di sigillatura di fori passanti e di giunti lineari,
porte e chiusure resistenti al fuoco e rispettivi sistemi di chiusura, quali porte a tenuta di fumo e chiusure di passaggi ;
prodotti destinati ai sistemi di ventilazione, esclusi i sistemi di estrazione del fumo e del calore quali: condotte di ventilazione e serrande tagliafuoco classificabili rispetto alla tenuta "E" e all'isolamento "I";
prodotti da utilizzare nei sistemi di controllo del fumo e del calore quali: condotti di estrazione del fumo, serrande, barriere al fumo, evacuatori motorizzati di fumo e calore (ventilatori) ……..

### 2.3.3 Compartimentazione

*a) Premessa*

La finalità della compartimentazione è di **limitare la propagazione dell'incendio** e dei suoi effetti:

a. verso altre attività, afferenti ad altro responsabile dell'attività o di diversa tipologia;

b. all'interno della stessa attività.

La compartimentazione è realizzata mediante:

a. compartimenti antincendio, ubicati all'interno della stessa opera da costruzione;

b. interposizione di distanze di separazione, tra opere da costruzione o altri bersagli combustibili, anche ubicati in spazio a cielo libero.

Estratto da D.M. 3/8/2015

*b) Definizioni*

Spazio a cielo libero: luogo esterno alle opere da costruzione non delimitato superiormente.

Spazio scoperto: spazio avente caratteristiche tali da contrastare temporaneamente la propagazione dell'incendio tra le eventuali opere da costruzione o strutture che lo delimitano.

Compartimento antincendio (o compartimento): parte dell'opera da costruzione organizzata per rispondere alle esigenze della sicurezza in caso di incendio e delimitata da prodotti o elementi costruttivi idonei a garantire, sotto l'azione del fuoco e per un dato intervallo di tempo, la resistenza al fuoco. Qualora non sia prevista alcuna compartimentazione, si intende che il compartimento coincida con l'intera opera da costruzione.

Filtro: compartimento antincendio nel quale la probabilità di avvio e sviluppo dell'incendio sia resa trascurabile.

Nota: Ad esempio, grazie all'assenza di inneschi efficaci ed al ridotto carico di incendio specifico $q_f$.

Di tipo protetto (o protetto): qualificazione di un volume dell'attività costituente compartimento antincendio.

Nota: Si riportano alcune esempi di applicazione della definizione: scala protetta, locale protetto, vano protetto, percorso protetto, …

Nota: Se non riferito ad un volume dell'attività, il termine assume altri significati, ad esempio soccorritore protetto, materiale protetto, elemento portante protetto, apertura protetta da ostruzione, posizione protetta, …

Di tipo a prova di fumo (o a prova di fumo): locuzione che indica la capacità di un compartimento di limitare l'ingresso di fumo generato da incendio che si sviluppi in compartimenti comunicanti.

Nota: Si riportano alcuni esempi di applicazione della definizione: scala a prova di fumo, vano a prova di fumo, percorso a prova

di fumo, …

Di tipo esterno (o esterno): qualificazione di una porzione dell'attività esterna all'opera da costruzione, con caratteristiche tali da contrastare temporaneamente la propagazione dell'incendio proveniente dall'opera da costruzione.

Nota: Si riportano alcuni esempi di applicazione della definizione: scala esterna, percorso esterno, …

Intercapedine antincendio: vano di distacco, adeguatamente dimensionato per l'aerazione, la ventilazione o lo smaltimento dei prodotti della combustione, superiormente delimitato da spazio scoperto e longitudinalmente delimitato da muri perimetrali (con o senza aperture) appartenenti all'opera da costruzione servita e da terrapieno o da muri di altra opera da costruzione, aventi pari resistenza al fuoco.

Estratto da D.M. 3/8/2015

*c) Spazio scoperto*

Nota: Lo spazio scoperto limita la propagazione dell'incendio e dei suoi effetti. Lo spazio scoperto non è un compartimento antincendio.

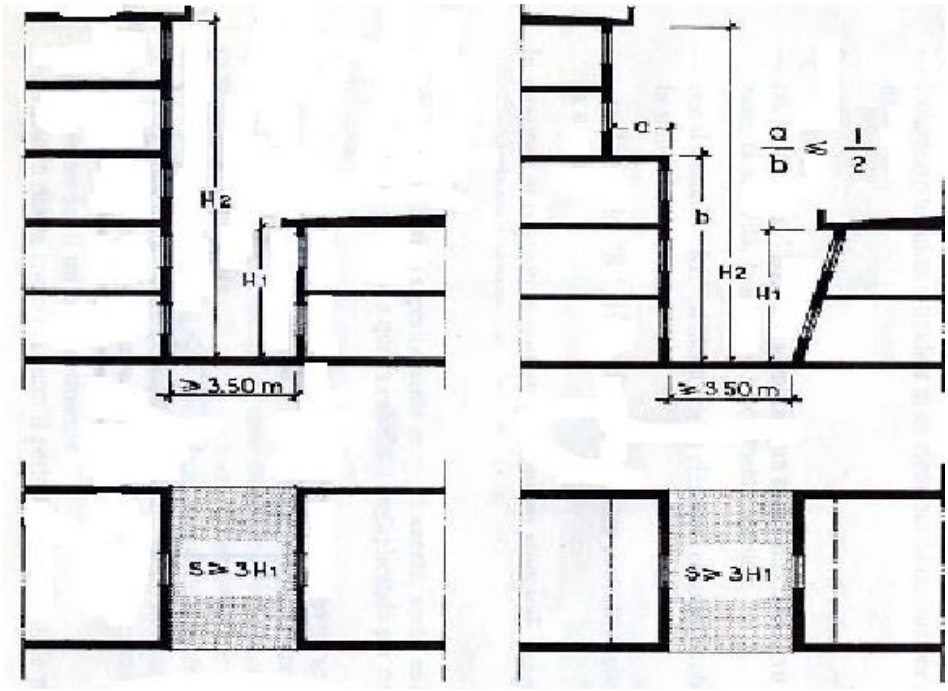
Lo spazio scoperto è uno spazio a cielo libero o superiormente grigliato, anche delimitato su tutti i lati, avente:

a. superficie lorda minima libera in pianta, espressa in $m^2$, non inferiore a quella calcolata moltiplicando per 3 l'altezza in metri della parete più bassa che lo delimita;

b. distanza fra le strutture verticali che delimitano lo spazio scoperto ≥ 3,50 m.

Estratto da D.M. 3/8/2015

Lo spazio scoperto non è a priori un luogo sicuro. Infatti, un distanziamento di 3,50 m non sempre è sufficiente a garantire l'assenza di effetti dell'incendio nei confronti degli occupanti o di edifici prospicienti. Si tratta comunque di un luogo idoneo allo sfogo in alto dei prodotti della combustione.




Rappresentazione grafica di spazio scoperto

*d)* *Compartimento*

Nota: La funzione del compartimento è di limitare la progressione dell'incendio all'interno delle opere da costruzione, relegandone gli effetti a spazi circoscritti per un lasso temporale prestabilito.

Estratto da D.M. 3/8/2015

Il compartimento antincendio deve garantire, in caso d'incendio:

- la **resistenza al fuoco** (ossia la capacità portante), cioè l'attitudine della struttura, parte o elemento, a conservare una sufficiente resistenza meccanica sotto l'azione del fuoco, considerando le altre azioni agenti;
- la **capacità di compartimentazione**, ovvero l'attitudine di un elemento costruttivo a conservare, sotto l'azione del fuoco, sufficiente isolamento termico (I), tenuta ai fumi e gas caldi della combustione (E), nonché tutte le altre prestazioni, ove richieste (W, M, S, ecc.).

Il compartimento antincendio è quindi uno spazio dotato di resistenza al fuoco e di capacità di compartimentazione. Tutti gli elementi separanti del compartimento devono avere adeguate capacità di compartimentazione (solai, pareti, porte, eventuali chiusure di passaggi impiantistici e canalizzazioni). In particolare le porte di compartimentazione sono classificate in relazione al tempo, espresso in minuti, durante il quale sono mantenuti i requisiti E (tenuta) ed I (isolamento termico)

Nota: normalmente le porte di compartimentazione, dette anche porte tagliafuoco, sono classificate secondo entrambe le caratteristiche, ma possiamo avere porte classificate solo con il requisito E (es. E 60, EI 60). Inoltre in alcuni casi sono richieste porte con tenute anche ai fumi freddi, che sono identificate con il pedice sa (es. $EI_{sa}$ 60).

Le porte tagliafuoco, per garantire la compartimentazione, devono essere in posizione normalmente chiusa, a meno che non siano collegate a dispositivi di sgancio elettromagnetico asservito ad impianto di rivelazione e allarme incendio.

*e)* *Compartimento a prova di fumo*

Nota: Nel compartimento a prova di fumo è impedito l'ingresso di effluenti dell'incendio da compartimenti comunicanti.

Per essere considerato a prova di fumo in caso di incendio che si sviluppi in compartimenti comunicanti, il compartimento antincendio deve essere realizzato in modo da garantire una delle seguenti misure antincendio aggiuntive verso i compartimenti comunicanti dai quali si intende garantire la protezione dall'ingresso di fumo:

a. il compartimento è dotato di un **sistema di pressione differenziale** progettato, installato e gestito secondo la norma UNI EN 12101-6;

b. i compartimenti comunicanti da cui si intende garantire la protezione dall'ingresso di fumo sono dotati di **sistemi di evacuazione di fumo e calore (SEFC)** che mantengono i fumi al di sopra dei varchi di comunicazione (capitolo S.8);

c. il compartimento è dotato di **sistemi di evacuazione di fumo e calore (SEFC)**, i compartimenti comunicanti da cui si intende garantire la protezione dall'ingresso di fumo sono dotati di SEFC;

d. il compartimento è separato con **spazio scoperto** dai compartimenti comunicanti da cui si intende garantire la protezione dall'ingresso di fumo;

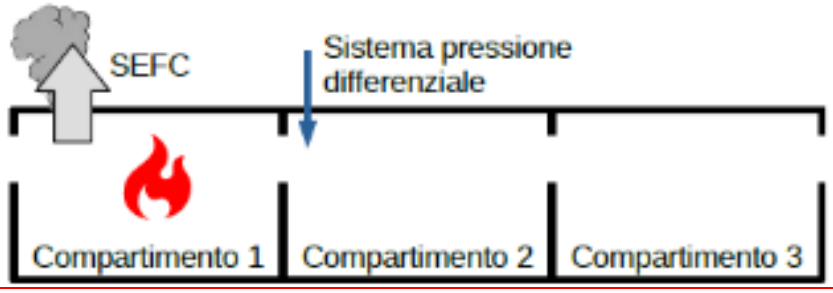
e. il compartimento è separato con **filtro a prova di fumo** dai compartimenti comunicanti da cui si intende garantire la protezione dall'ingresso di fumo;

f. il compartimento è separato con altri compartimenti a prova di fumo dai compartimenti comunicanti da cui si intende garantire la protezione dall'ingresso di fumo.

Nota: Nella tabella S.3-5 sono riportati alcune applicazioni. Esempi di compartimento a prova di fumo sono: scala a prova di fumo, vano ascensore a prova di fumo, …

Estratto da D.M. 3/8/2015

Nella illustrazione di seguito riportata, è raffigurato un esempio in pianta di un compartimento a prova di fumo, evidenziando i compartimenti nei quali viene limitato l'ingresso di fumo proveniente da compartimenti comunicanti. In buona sostanza, la qualificazione "a prova di fumo" può essere seguita dalla specifica del compartimento rispetto al quale è garantita tale limitazione d'ingresso del fumo in caso d'incendio.




Il compartimento 2 e a prova di fumo proveniente dai compartimenti 1 e 3.
I compartimenti 1 e 3 non sono a prova di fumo proveniente dal compartimento 2.
Il compartimento 1 e a prova di fumo proveniente dal compartimento 3 e viceversa.

Estratto da D.M. 3/8/2015

*f)* *Filtro*

Il filtro è un compartimento antincendio nel quale la probabilità di avvio e sviluppo dell'incendio sia resa trascurabile, in particolare grazie all'assenza d'inneschi efficaci ed al ridotto carico d'incendio specifico $q_f$ ammesso.

Nota: Nel filtro si ritiene improbabile l'innesco di un incendio ed è limitato l'ingresso di effluenti dell'incendio da compartimenti comunicanti. Nel filtro è generalmente ammessa la presenza di reception, portinerie, sale d'attesa, limitate apparecchiature elettriche, impianti tecnologici e di servizio ausiliari al funzionamento dell'attività, …

1. Il filtro è un compartimento antincendio dotato di tutte le seguenti ulteriori caratteristiche:

a. avente classe di resistenza al fuoco ≥ 30 minuti;

b. munito di due o più chiusure dei varchi almeno E 30-$S_a$;

c. avente carico di incendio specifico qf ≤ 50 MJ/$m^2$;

d. non vi si detengono o trattano sostanze o miscele pericolose;

e. non vi si effettuano lavorazioni pericolose ai fini dell'incendio.

Estratto da D.M. 3/8/2015

*g)* *Filtro a prova di fumo*

Nota: Per definizione, il filtro a prova di fumo è un filtro, avente anche i requisiti di compartimento antincendio a prova di fumo. Pertanto nel filtro a prova di fumo si ritiene improbabile l'innesco di un incendio ed è impedito l'ingresso di effluenti dell'incendio. Sono accettate anche le modalità realizzative tradizionali di cui al comma 1, perché si ritiene consentano il rapido smaltimento degli effluenti che eventualmente vi entrassero.

Se monopiano e di ridotta superficie lorda, è ammesso realizzare il filtro a prova di fumo come filtro, dotato di una delle seguenti ulteriori caratteristiche:

a. mantenuto in sovrappressione, ad almeno 30 Pa in condizioni di emergenza, da specifico sistema progettato, realizzato e gestito secondo la regola dell'arte;

Nota: La norma UNI EN 12101-6 riporta un metodo generalmente accettato per progettare il sistema di sovrappressione del filtro a prova di fumo.

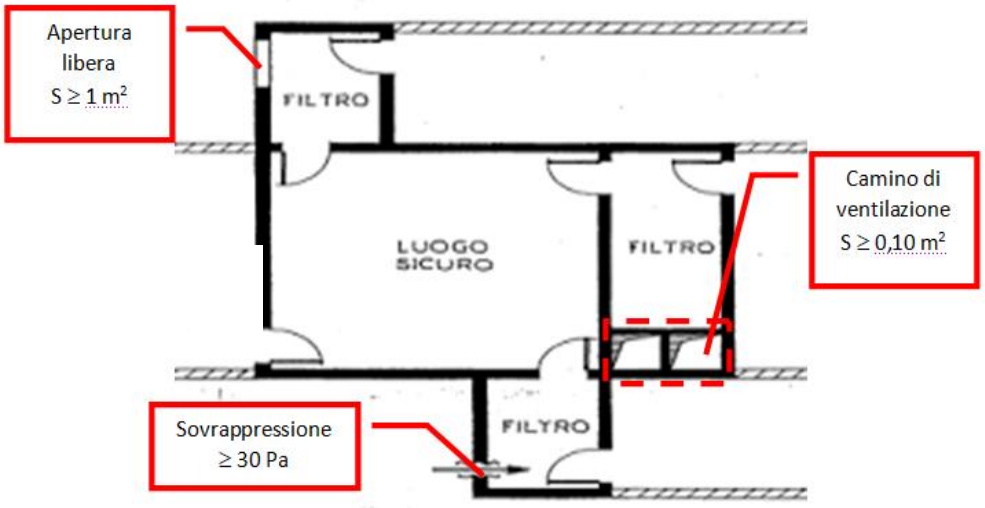
b. dotato di camino per lo smaltimento dei fumi d'incendio e di ripresa d'aria dall'esterno, adeguatamente progettati e di sezione ≥ 0,10 m2;

c. areato direttamente verso l'esterno con aperture di superficie utile complessiva ≥ 1 m2. Tali aperture devono essere permanentemente aperte o dotate di chiusure apribili in modo automatico in caso di incendio. È escluso l'impiego di condotti.

Per i varchi del filtro a prova di fumo è ammesso l'impiego di chiusure E 30.

Estratto da D.M. 3/8/2015

Nell'illustrazione di seguito riportata, sono raffigurati degli esempi di filtri a prova di fumo di cui alle lett. a), b) e c).




Rappresentazione grafica di filtri a prova di fumo

*h) Segnaletica*

1. Le porte tagliafuoco devono essere contrassegnate su entrambi i lati con segnale UNI EN ISO 7010-F007, riportante il messaggio "Porta tagliafuoco tenere chiusa" oppure "Porta tagliafuoco a chiusura automatica" se munite di fermo elettromagnetico in apertura.

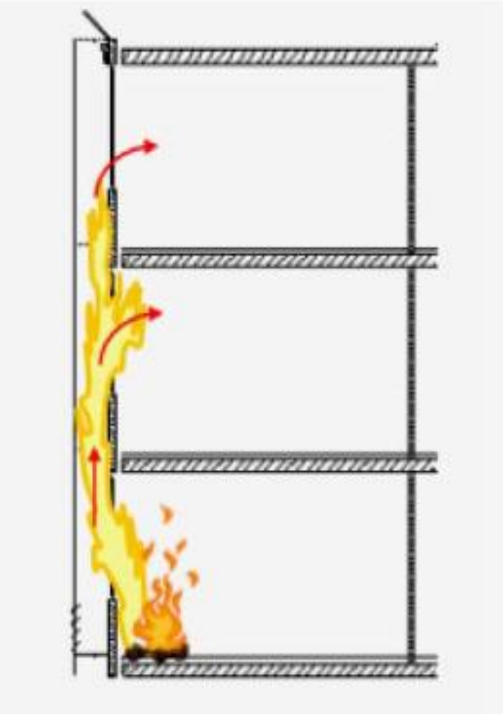
F007
Porta tagliafuoco

F007
Porta tagliafuoco dotata di fermo in apertura

Estratto da D.M. 3/8/2015

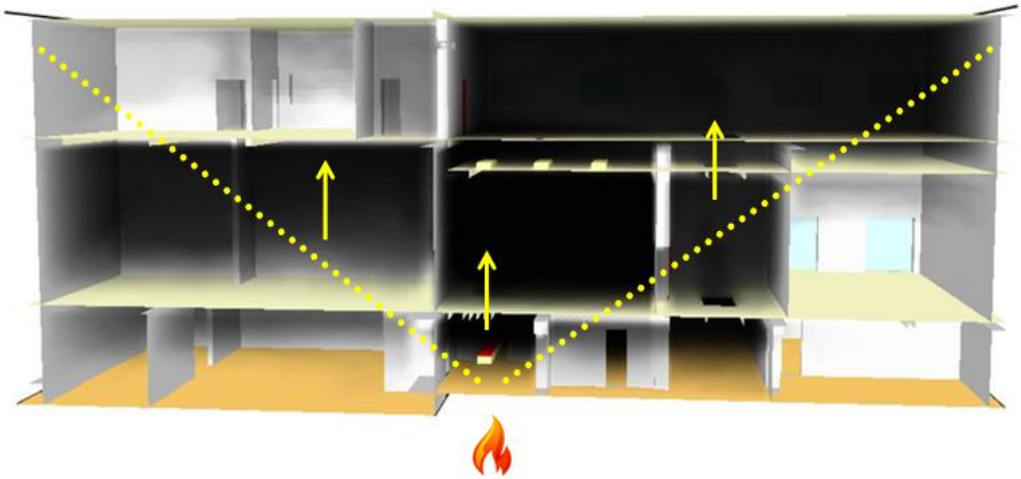
A titolo esemplificativo, è noto come chiusure d'ambito verticali quali facciate del tipo ventilate,

in assenza di specifiche misure di protezione antincendi, possono dar luogo ad effetti di propagazione dell'incendio tra i diversi piani della struttura.



Effetto di propagazione dell'incendio su facciate ventilate

Anche la presenza di attraversamenti di piano o tra diversi piani, da parte di cavedi tecnici per il passaggio di impianti-canalizzazioni, in assenza di specifiche misure di protezione antincendio, rappresenta una via preferenziale di propagazione dell'incendio.



Propagazione dell'incendio tra piani

*i)* ***Distanza di separazione per limitare la propagazione dell'incendio***

L'interposizione della distanza di separazione "d" in spazio a cielo libero tra ambiti della stessa attività o verso altre attività consente di limitare la propagazione dell'incendio.

Nota: Ad esempio, ove non sia interposta idonea distanza di separazione su spazio a cielo libero o compartimentazione edifici distinti sono assimilabili a porzioni dello stesso compartimento.

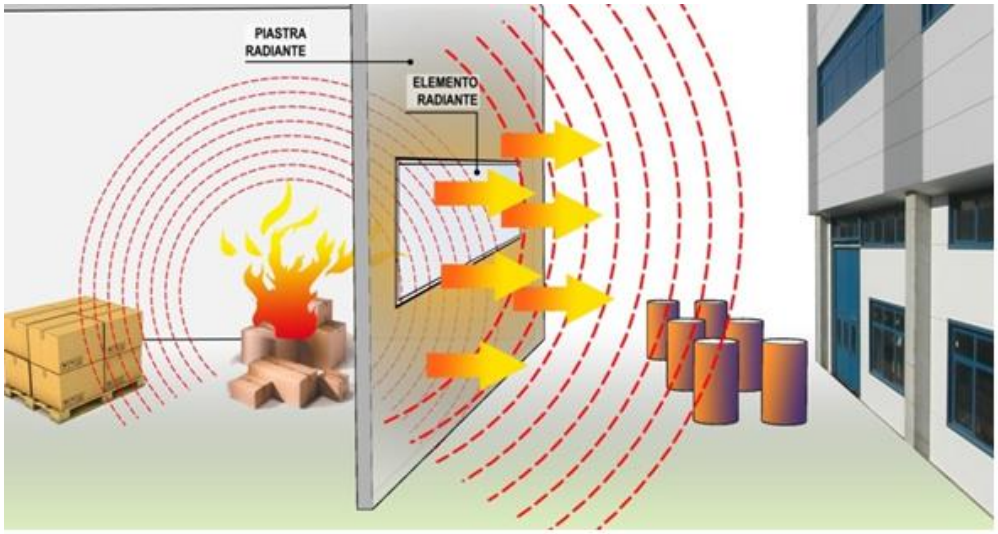
Estratto da D.M. 3/8/2015

L’interposizione di un’opportuna distanza di separazione “d” in spazio a cielo libero evita, ad esempio, la propagazione dell’incendio tra depositi di materiali combustibili stoccati all’aperto. Pertanto, il mantenimento in fase d’esercizio della suddetta misura è condizione indispensabile per un’efficace contrasto alla propagazione dell’incendio in un luogo esterno alle opere da costruzione.

I parametri che influiscono sul calcolo della distanza di separazione, sono sostanzialmente quelli che governano il meccanismo di trasmissione del calore per irraggiamento. Il materiale “bersaglio”, ovvero il materiale combustibile esposto agli effetti del calore emesso da una determinata sorgente deve essere opportunamente distanziato da questa se si vuole scongiurare la propagazione dell’incendio.

Pensiamo ad esempio a cumuli di materiali combustibili stoccati all’aperto oppure vani porta e vani finestra di edifici attraverso i quali può essere irraggiato il calore proveniente da un incendio che si manifesta all’interno dell’ambiente.

Ad esempio nella figura seguente è illustrata una situazione in cui un potenziale incendio di materiali solidi all’interno di un edificio, attraverso l’apertura, può innescare il materiale infiammabile contenuto nei fusti all’esterno; occorrerà pertanto verificare che il flusso termico emesso dalla piastra radiante, rappresentata dalla parete di confine tra l’edificio e lo spazio esterno, non raggiunga, alla distanza a cui sono stoccati fusti di materiali infiammabile, quel valore soglia dell’irraggiamento termico a cui il liquido inizia ad emettere vapori che possono essere innescati.




Propagazione dell’incendio su spazio a cielo libero

Anche rispetto a quest’ultima misura di protezione antincendio, è importante far notare quanto una corretta gestione dell’attività risulti di fondamentale importanza per il mantenimento delle condizioni di sicurezza. Immaginiamo ad esempio un’attività con stoccaggi all’aperto in cumuli di materiali combustibili, separati con opportune distanze di sicurezza. Variazioni dell’organizzazione dei cumuli (in termini di variazioni delle distanze relative tra di essi, cambiamenti dimensionali dei cumuli oppure variazioni della tipologia dei materiali stoccati) possono dar luogo ad un incremento del livello del rischio incendio.

### 2.3.4 Esodo

*a)* ***Premessa***

La finalità del sistema d'esodo è di assicurare che gli occupanti dell'attività possano raggiungere un luogo sicuro o permanere al sicuro, autonomamente o con assistenza, prima che l'incendio determini condizioni incapacitanti negli ambiti dell'attività ove si trovano.

Nota: Gli occupanti raggiungono l'incapacitazione quando diventano inabili a mettersi al sicuro a causa degli effetti dell'incendio

Il sistema d'esodo deve assicurare la prestazione richiesta a prescindere dall'intervento dei Vigili del fuoco.

Nota: Ad esempio, la funzione richiesta agli spazi calmi è quella di consentire agli occupanti di attendere l'assistenza dei soccorritori per completare l'esodo verso luogo sicuro.

Le modalità previste per l'esodo sono le seguenti:

a. esodo simultaneo;

b. esodo per fasi;

Nota: L'esodo per fasi si attua ad esempio in: edifici di grande altezza, ospedali, multisale, centri commerciali, grandi uffici, attività distribuite, …

c. esodo orizzontale progressivo;

Nota: L'esodo orizzontale progressivo si attua ad esempio nei reparti di degenza degli ospedali.

d. protezione sul posto.

Nota: La protezione sul posto si attua ad esempio in: centri commerciali, mall, aerostazioni, …

Estratto da D.M. 3/8/2015

*b)* ***Definizioni***

Sistema d'esodo: insieme delle misure di salvaguardia della vita che consentono agli occupanti di raggiungere un luogo sicuro o permanere al sicuro, autonomamente o con assistenza, prima che l'incendio determini condizioni incapacitanti negli ambiti dell'attività ove si trovano.

Nota: Gli occupanti raggiungono l'incapacitazione quando diventano inabili a mettersi al sicuro a causa degli effetti dell'incendio

Nota: Il sistema d'esodo è costituito da luoghi sicuri, vie d'esodo, uscite, porte, illuminazione di sicurezza,segnaletica, …

Luogo sicuro: luogo in cui è permanentemente trascurabile il rischio d'incendio per gli occupanti che vi stazionano o vi transitano; tale rischio è riferito ad un incendio nell'attività.

Luogo sicuro temporaneo: luogo in cui è temporaneamente trascurabile il rischio d'incendio per gli occupanti che vi stazionano o vi transitano durante l'esodo; tale rischio è riferito ad un incendio in ambiti dell'attività specificati, diversi dal luogo considerato.

Spazio calmo: luogo sicuro temporaneo ove gli occupanti possono attendere e ricevere assistenza per completare l'esodo verso luogo sicuro.

Affollamento: numero massimo ipotizzabile di occupanti.

Densità di affollamento: numero massimo di occupanti assunto per unità di superficie lorda dell'ambito di riferimento (persone/$m^2$).

Via d'esodo (o via d'emergenza): percorso senza ostacoli al deflusso, appartenente al sistema d'esodo, che consente agli occupanti di raggiungere un luogo sicuro dal luogo in cui si trovano.

Via d'esodo orizzontale: porzione di via d'esodo a quota costante o con pendenza ≤ 5%.

Nota: Ad esempio: corridoi, porte, uscite, …

Via d'esodo verticale: porzione di via d'esodo che consente agli occupanti variazioni di quota con pendenza > 5%.

Nota: Ad esempio: scale, rampe, …

Scala d'esodo: scala appartenente al sistema d'esodo.

……

……

Uscita finale (o uscita d'emergenza): varco del sistema di esodo al piano di riferimento, che immette all'esterno su luogo sicuro temporaneo o luogo sicuro.

Corridoio cieco (o percorso unidirezionale): porzione di via d'esodo da cui è possibile l'esodo in un'unica direzione.

Lunghezza di corridoio cieco: distanza che ciascun occupante deve percorrere lungo una via d'esodo dal punto in cui si trova fino a raggiungere:

a. un punto in cui diventa possibile l'esodo in più di una direzione,

b. oppure un luogo sicuro

Nota: L'incendio lungo il corridoio cieco può impedire l'esodo degli occupanti. Poiché non è possibile stabilire a priori il compartimento di primo innesco, il corridoio cieco è indipendente dai compartimenti eventualmente attraversati.

Lunghezza d'esodo: distanza che ciascun occupante deve percorrere lungo una via d'esodo dal punto in cui si trova fino a raggiungere un luogo sicuro temporaneo oppure un luogo sicuro.

……

Nota: Ad esempio, la lunghezza d'esodo è usata per limitare il tempo che gli occupanti impiegano per abbandonare qualsiasi compartimento di primo innesco dell'attività.

……..

Esodo simultaneo: modalità di esodo che prevede lo spostamento contemporaneo degli occupanti fino a luogo sicuro.

Nota: L'attivazione della procedura di esodo segue immediatamente la rivelazione dell'incendio oppure è differita dopo verifica da parte degli occupanti dell'effettivo innesco dell'incendio.

Esodo per fasi: modalità di esodo di una struttura organizzata con più compartimenti, in cui l'evacuazione degli occupanti fino a luogo sicuro avviene in successione dopo l'evacuazione del compartimento di primo innesco. Si attua con l'ausilio di misure antincendio di protezione attiva, passiva e gestionali.

Esodo orizzontale progressivo: modalità di esodo che prevede lo spostamento degli occupanti dal compartimento di primo innesco in un compartimento adiacente capace di contenerli e proteggerli fino a quando l'incendio non sia estinto o fino a che non si proceda ad una successiva evacuazione fino a luogo sicuro.

**Protezione sul posto:** modalità di esodo che prevede la protezione degli occupanti nell'ambito in cui si trovano.

Estratto da D.M. 3/8/2015

*c) Caratteristiche del sistema d'esodo*

**Luogo sicuro:** si considera luogo sicuro per l'attività almeno una delle seguenti opzioni:

a. La pubblica via
b. Ogni altro spazio a cielo libero sicuramente collegato alla pubblica via in ogni condizione dell'incendio, che non sia investito dai prodotti della combustione (fumo, gas, calore, fiamme), in cui non vi sia pericolo di crolli, che sia idoneo a contenere gli occupanti che lo impiegano durante l'esodo

**Luogo sicuro temporaneo:** si considera luogo sicuro temporaneo qualsiasi altro compartimento o spazio scoperto che può essere attraversato dagli occupanti per raggiungere il luogo sicuro tramite il sistema d'esodo senza rientrare nel compartimento in esame.

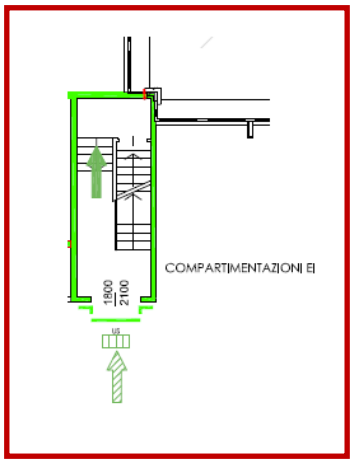
Ai fini delle vie d'esodo, non devono essere considerati le scale portatili, gli ascensori e le rampe con pendenza superiore al 20%. Le rampe con pendenza superiore al 5% sono considerate vie di esodo verticali.

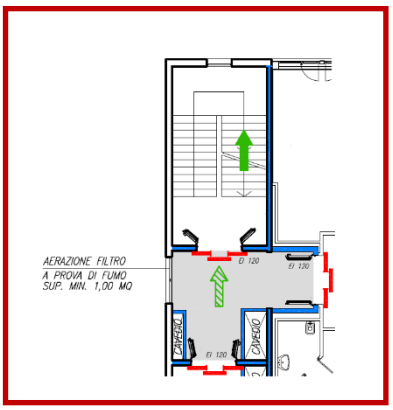
Nota: In generale gli occupanti con disabilità motorie non possono percorrere autonomamente rampe di pendenza superiore all'8%. Rampe con pendenza superiore al 12% dovrebbero essere impiegate per l'esodo solo eccezionalmente.
In alcuni casi, se progettati sulla base di specifica valutazione del rischio e di specifica progettazione, le vie di esodo possono comprendere scale e marciapiedi mobili.
È ammesso l'uso di scale alla marinara a servizio di locali ove vi sia basso affollamento ed esclusiva presenza di personale specificatamente formato (es. locali impianti o di servizio, cabine di manovra, cavedi impiantistici, …).

Tutte le superfici non devono essere sdrucciolevoli, né presentare avvallamenti o sporgenze pericolose e devono essere in condizioni tali da rendere sicuro il movimento ed il transito degli occupanti.

Il fumo ed il calore dell'incendio smaltiti o evacuati dall'attività non devono interferire con le vie d'esodo.

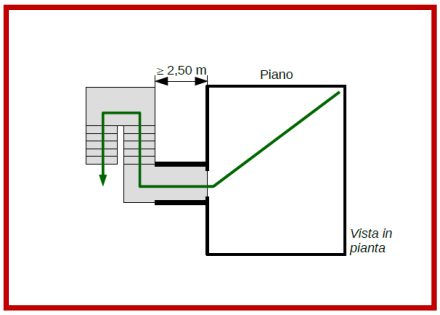
I percorsi d'esodo protetti (es. corridoi, scale, rampe, atri,…) sono vie di esodo inserite in vani protetti ad esse dedicati.

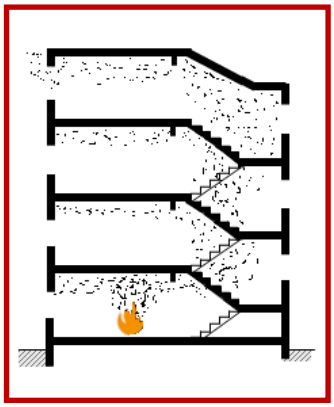



I percorsi d'esodo a prova di fumo (es. corridoi, scale, rampe, atri, …) devono essere inseriti in vani a prova di fumo ad essi dedicati.

Le vie d'esodo esterne (es. scale, rampe, passerelle, camminamenti, …) devono essere completamente esterne alle opere da costruzione. Inoltre devono essere opportunamente distanti o protette rispetto all'ambito servito in modo che, durante l'esodo degli occupanti, non siano investite dagli effetti dell'incendio.



Le vie d'esodo senza protezione sono tutte quelle che non possono essere classificate come protette, a prova di fumo o esterne.

Le scale d'esodo devono essere dotate di corrimano laterale.

Le uscite finali devono essere posizionate in modo da consentire l'esodo rapido degli occupanti verso luogo sicuro.

*d)* *Porte lungo le vie di esodo*

Le porte installate lungo le vie d'esodo devono essere facilmente identificabili ed apribili da parte di tutti gli occupanti. L'apertura delle porte non deve ostacolare il deflusso degli occupanti lungo le vie d'esodo.

Nota: Ad esempio, le porte che si aprono su pianerottoli o corridoi non devono ridurre la larghezza calcolata del percorso d'esodo, né creare pericolo per gli occupanti durante l'esodo.

Nota: In alcune situazioni le particolari esigenze d'esercizio dell'attività o di sicurezza antintrusione implicano la necessità di cautelarsi da un uso improprio delle porte; in tali casi può essere consentita l'adozione di idonei e sicuri sistemi di controllo ed apertura delle porte, e la gestione della sicurezza antincendio dell'attività deve prevedere le modalità di affidabile, immediata e semplice apertura di tali porte in caso di emergenza.

Le porte ad apertura manuale, al fine di consentire l'affidabile, immediata e semplice apertura delle porte, sono dotate, in condizioni di elevata densità di affollamento, di dispositivi di apertura a semplice spinta, disciplinati da specifiche normative.

Nota: Lungo le vie di esodo è consentito installare porte ad azionamento automatico dello specifico tipo previsto per l'impiego sulle vie di esodo. Tali porte non devono costituire intralcio all'esodo degli occupanti, in particolare in caso di emergenza, in assenza di alimentazione elettrica, in caso di guasto. Le porte ad azionamento automatico devono essere inserite nella progettazione della gestione della sicurezza antincendio dell'attività.

Nota: È consentito installare tornelli e varchi automatici per il controllo degli accessi lungo le vie d'esodo. Tali tornelli non devono costituire intralcio all'esodo degli occupanti, in particolare in caso di emergenza, in assenza di alimentazione elettrica, in caso di guasto. I tornelli ed i relativi sistemi ed accessori di azionamento, controllo e comando devono essere inseriti nella progettazione della gestione della sicurezza antincendio dell'attività.

*e)* *Segnaletica d'esodo ed orientamento*

Il sistema d'esodo (es. vie d'esodo, luoghi sicuri, spazi calmi, …) deve essere facilmente riconosciuto ed impiegato dagli occupanti grazie ad apposita *segnaletica di sicurezza*.

Ciò normalmente è conseguito attraverso segnaletica standardizzata.

La segnaletica d'esodo deve essere adeguata alla complessità dell'attività e consentire l'orientamento degli occupanti. A tal fine devono essere installate in ogni piano dell'attività apposite planimetrie semplificate, correttamente orientate, in cui sia indicata la posizione del lettore (es. *"Voi siete qui"*) ed il *layout* del sistema d'esodo (es. vie d'esodo, spazi calmi, luoghi sicuri, …).

*f)* *Illuminazione di sicurezza*

Lungo le vie d'esodo deve essere installato impianto di illuminazione di sicurezza, qualora l'illuminazione possa risultare anche occasionalmente insufficiente a consentire l'esodo degli occupanti.

Nota: Ad esempio: attività esercite in orari pomeridiani e notturni, locali con scarsa illuminazione naturale, …

Durante l'esodo, l'impianto di illuminazione di sicurezza deve assicurare un illuminamento orizzontale al suolo sufficiente a consentire l'esodo degli occupanti …….

Negli ambiti ove l'attività sia svolta con assente o ridotta illuminazione ordinaria (es. sale cinematografiche, sale teatrali, …) eventuali gradini lungo le vie d'esodo devono essere provvisti di illuminazione segnapasso.

Estratto da D.M. 3/8/2015

*g)* *Cenni alla progettazione del sistema d'esodo*

Al fine di limitare la probabilità che l'esodo degli occupanti sia impedito dall'incendio il numero minimo di vie d'esodo e uscite indipendenti da ciascun locale è progettato in funzione del rischio di incendio e, in particolare, dell'affollamento.

L'affollamento di ogni locale è stabilito in fase di valutazione del rischio dal datore di lavoro sulla base dell'effettivo affollamento previsto e dei criteri riportati nella tabella seguente, estratta dal DM 3/8/2015, che, in generale, non devono essere superati. L'affollamento stabilito costituisce vincolo per l'esercizio dell'attività.

| Tipologia di attività | Densità di affollamento |
|---|---|
| Ambiti all'aperto destinati ad attività di spettacolo o intrattenimento, delimitati e privi di posti a sedere | 2,0 persone/m$^2$ |
| Locali al chiuso di spettacolo o intrattenimento (es. sale concerti, trattenimenti danzanti, …) privi di posti a sedere e di arredi, con carico di incendio specifico $q_f \leq 50$ MJ/m$^2$ | |
| Ambiti per mostre, esposizioni | 1,2 persone/m$^2$ |
| Ambiti destinati ad attività di spettacolo o intrattenimento (es. sale concerti, trattenimenti danzanti, …) con presenza di arredi o con carico di incendio specifico $q_f > 50$ MJ/m$^2$ | |
| Ambiti adibiti a ristorazione | 0,7 persone/m$^2$ |
| Ambiti adibiti ad attività scolastica e laboratori (senza posti a sedere) | 0,4 persone/m$^2$ |
| Sale d'attesa | |
| Uffici | |
| Ambiti di vendita di *piccole* attività commerciali al dettaglio con settore alimentare o misto | |
| Ambiti di vendita di *medie* e *grandi* attività commerciali al dettaglio con settore alimentare o misto | 0,2 persone/m$^2$ |
| Ambiti di vendita di attività commerciali al dettaglio senza settore alimentare | |
| Sale di lettura di biblioteche, archivi | |
| Ambulatori | 0,1 persone/m$^2$ |
| Ambiti di vendita di attività commerciali all'ingrosso | |
| Ambiti di vendita di *piccole* attività commerciali al dettaglio con specifica gamma merceologica non alimentare | |
| Civile abitazione | 0,05 persone/m$^2$ |

| Tipologia di attività | Criteri |
|---|---|
| Autorimesse pubbliche | 2 persone per veicolo parcato |
| Autorimesse private | 1 persona per veicolo parcato |
| Degenza | 1 degente e 2 accompagnatori per posto letto + addetti |
| Ambiti con posti a sedere o posti letto (es. sale riunioni, aule scolastiche, dormitori, …) | Numero posti + addetti |
| Altri ambiti | Numero massimo presenti (addetti + pubblico) |

Estratto da D.M. 3/8/2015

Le vie di esodo o le uscite sono ritenute indipendenti quando è minima la probabilità che possano essere rese contemporaneamente indisponibili dagli effetti dell'incendio.

Il corridoio cieco è una via d'esodo che offre agli occupanti una sola via d'esodo senza alternative. Per quanto possibile è meglio evitarlo. I corridoi ciechi devono avere comunque lunghezza limitata.

Esistono valori di riferimento per le lunghezze massime delle vie di esodo e le lunghezze massime dei corridoi ciechi. La lunghezza massima della via di esodo (dal luogo in cui si trova l'occupante fino a luogo sicuro temporaneo) varia da 20 a 70 m a seconda del profilo di rischio dell'attività.

Ad esempio:

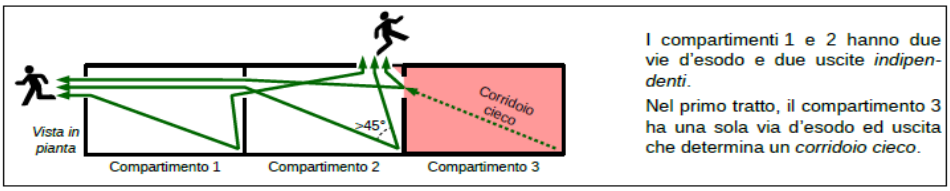
- 20 m per i locali con occupanti addormentati e velocità di crescita dell'incendio alta
- 70 m per i locali con occupanti in stato di veglia e con familiarità e velocità di crescita dell'incendio bassa.

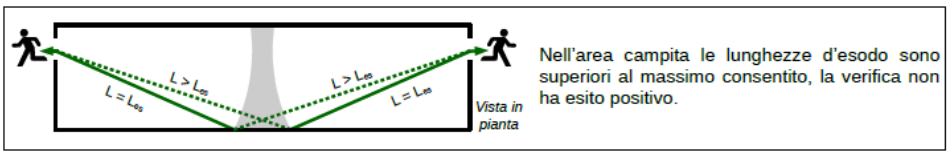
In presenza di particolari misure di protezione le suddette lunghezze possono essere

incrementate.

La lunghezza massima dei corridoi ciechi (dal luogo in cui si trova l'occupante fino a luogo sicuro) varia da 10 a 45 m (circa la metà).

Si riportano di seguito alcuni esempi di vie di esodo.




La larghezza delle vie di esodo orizzontali e verticali si determina in base:

- alle caratteristiche del sistema d'esodo
- all'affollamento
- alle caratteristiche prevalenti degli occupanti (con familiarità con l'edificio, senza familiarità con l'edificio, prevalentemente addormentati, degenti, in transito)
- alla velocità caratteristica di crescita dell'incendio.

La larghezza della via di esodo è la minima misurata, dal piano di calpestio fino all'altezza di 2 m, deducendo l'ingombro di eventuali elementi sporgenti con esclusione degli estintori. Tra gli elementi sporgenti non vanno considerati i corrimano e i dispositivi di apertura delle porte con sporgenza minore o uguale a 80 mm.

La larghezza delle vie d'esodo deve essere valutata lungo tutta la via d'esodo.

Le norme stabiliscono la larghezza minima delle vie di esodo sulla base di questi fattori. In ogni caso le larghezze non possono essere inferiori a quelle indicate nelle tabelle seguenti.

| Larghezza | Criterio |
|---|---|
| ≥ 1200 mm | Affollamento dell'ambito servito > 1000 occupanti<br>oppure<br>> 200 occupanti prevalentemente in piedi e densità di affollamento >0,7 pers/m$^2$ |
| ≥ 1000 mm | Affollamento dell'ambito servito > 300 occupanti |
| ≥ 900 mm | Affollamento dell'ambito servito ≤ 300 occupanti<br>Larghezza adatta anche a coloro che impiegano ausili per il movimento |
| ≥ 800 mm | Varchi da ambito servito con affollamento ≤ 50 occupanti |
| ≥ 700 mm | Varchi da ambito servito con affollamento ≤ 10 occupanti (es. singoli uffici, camere d'albergo, locali di abitazione, appartamenti, ….) |
| ≥ 600 mm | Ambito servito ove vi sia esclusiva presenza di personale specificamente formato, oppure occasionale e di breve durata di un numero limitato di occupanti (es. locali impianti o di servizio, piccoli depositi, …..) |
| L'affollamento dell'ambito servito corrisponde al totale degli occupanti che impegnano ciascuna delle vie di esodo che si dipartono da tale ambito | |

Tabella 2.3.4.1 Larghezze minime per vie di esodo orizzontali

| Larghezza | Criterio |
|---|---|
| ≥ 1200 mm | Affollamento dell'ambito servito > 1000 occupanti<br>oppure<br>> 200 occupanti prevalentemente in piedi e densità di affollamento >0,7 pers/m2 |
| ≥ 1000 mm | Affollamento dell'ambito servito > 300 occupanti |
| ≥ 900 mm | Affollamento dell'ambito servito ≤ 300 occupanti |
| ≥ 600 mm | Ambito servito ove vi sia esclusiva presenza di personale specificamente formato, oppure occasionale e di breve durata di un numero limitato di occupanti (es. locali impianti o di servizio, piccoli depositi, …..) |
| L'affollamento dell'ambito servito corrisponde al totale degli occupanti che impegnano ciascuna delle vie di esodo che si dipartono da tale ambito | |

Tabella 2.3.4.2 Larghezze minime per vie di esodo verticali

L'altezza minima delle vie di esodo è pari a 2 m. Sono ammesse altezze inferiori, per brevi tratti segnalati, lungo le vie d'esodo da ambiti ove vi sia esclusiva presenza di personale specificamente formato od occasionale e di breve durata di un numero limitato di occupanti (es. locali impianto o di servizio, piccoli depositi, ….) oppure secondo le risultanze di specifica valutazione del rischio.

Nelle attività all'aperto la probabilità che gli effetti dell'incendio impediscano l'esodo degli occupanti è considerata meno rilevante rispetto alle altre attività, perché fumo e calore dell'incendio si disperdono direttamente in atmosfera. Per questo i parametri per la progettazione del sistema d'esodo per attività all'aperto sono diversi e meno restrittivi di quelli per la progettazione delle attività al chiuso.

*h)* *Eliminazione o superamento delle barriere architettoniche per l'esodo*

In tutti i piani dell'attività nei quali vi può essere presenza non occasionale di occupanti che non abbiano sufficienti abilità per raggiungere autonomamente un luogo sicuro tramite vie di esodo verticali, deve essere adottata almeno una delle seguenti modalità:

a. impiego di spazi calmi
b. esodo orizzontale progressivo
c. esodo orizzontale verso luogo sicuro.

### 2.3.5 Rivelazione ed allarme

*a)* *Premessa*

Gli impianti di rivelazione incendio e segnalazione allarme incendi (IRAI) sono realizzati con l'obiettivo di sorvegliare gli ambiti di una attività, rivelare precocemente un incendio e diffondere l'allarme al fine di:

a. attivare le misure protettive (es. impianti automatici di inibizione, controllo o estinzione, ripristino della compartimentazione, evacuazione di fumi e calore, controllo o arresto di impianti tecnologici di servizio e di processo, …);
b. attivare le misure gestionali (es. piano e procedure di emergenza e di esodo, …) progettate e programmate in relazione all'incendio rivelato ed all'ambito ove tale principio di incendio si è sviluppato rispetto all'intera attività sorvegliata.

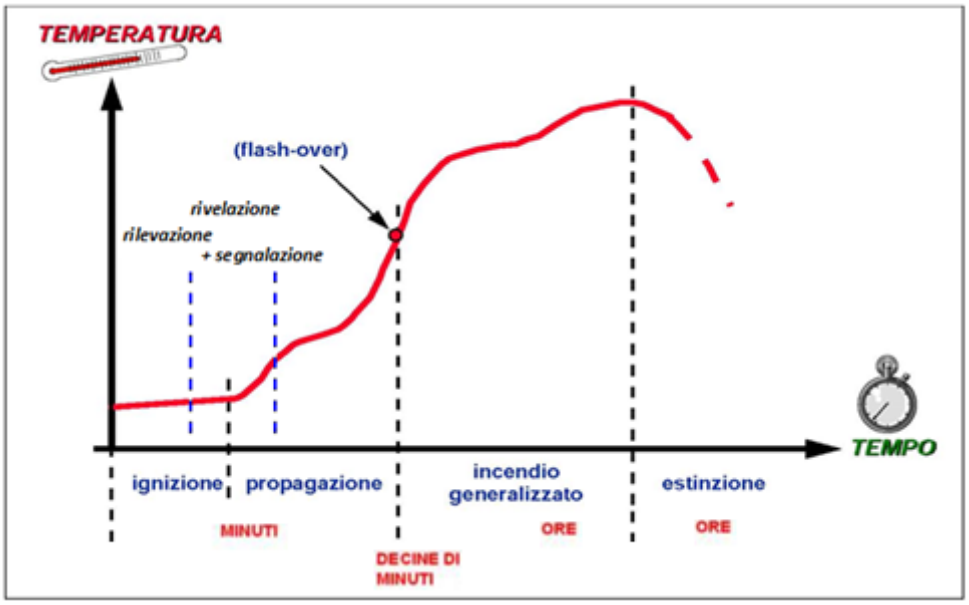
Estratto da D.M. 3/8/2015

La probabilità di spegnere un incendio è tanto maggiore quanto più repentinamente lo stesso

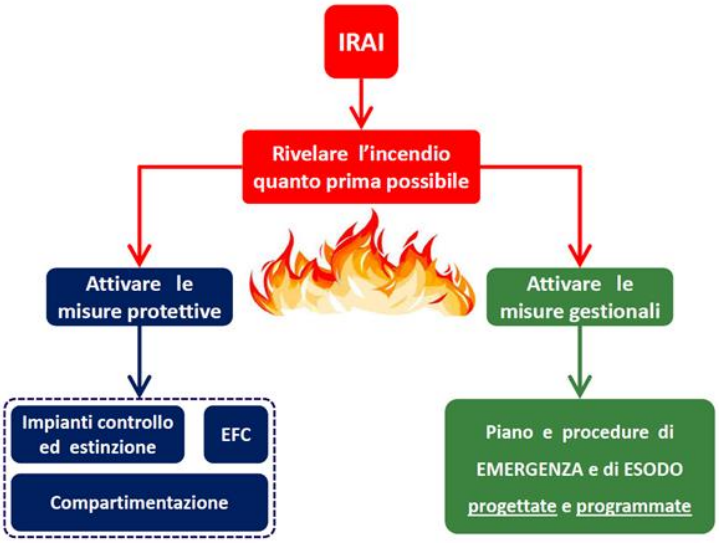
viene rilevato e segnalato (rilevazione + segnalazione = rivelazione).

Nota: La rilevazione d'incendio non è altro che la misura di una grandezza tipica legata ad un fenomeno fisico provocato da un incendio. Avvenuta la rilevazione, con il superamento del valore di soglia, si ha la rivelazione quando "la notizia" che si sta sviluppando l'incendio viene comunicata (rivelata) al "sistema" (uomo o dispositivo automatico) demandato ad intervenire.

Anche la sicurezza delle persone presenti in un luogo in cui si è innescato un incendio è determinata dalla rapidità con cui lo stesso viene rilevato e segnalato, mettendo in allarme i presenti ed anticipando il più possibile le operazioni di esodo.




La precoce rivelazione di un principio di incendio consente di attivare tutte le misure di protezione e di gestione dell'emergenza in tempi brevi e comunque tali da consentire un adeguato livello di salvaguardia delle persone e dei beni dagli effetti di un incendio (produzione di monossido di carbonio, calore, fiamme, fumi tossici etc.).




Sulla base della valutazione del rischio di incendio, devono essere definite le modalità di rivelazione e diffusione dell'allarme di incendio.

La rivelazione e la diffusione dell'allarme incendio possono essere demandate alla sorveglianza da parte degli occupanti. In tal caso devono essere codificate idonee procedure finalizzate al rapido e sicuro allertamento degli occupanti in caso di incendio, da inserire nel piano di

emergenza.

In attività più complesse può essere installato un impianto di segnalazione manuale di incendio con funzione di allarme incendio estesa a tutta l'attività. La rivelazione è demandata alla sorveglianza da parte degli occupanti.

La rivelazione automatica dell'incendio, se presente, può essere implementata a porzioni dell'attività o all'intera attività, e deve essere sempre accompagnata dalla funzione di segnalazione manuale e dalla funzione di allarme incendio estesa a tutta l'attività.

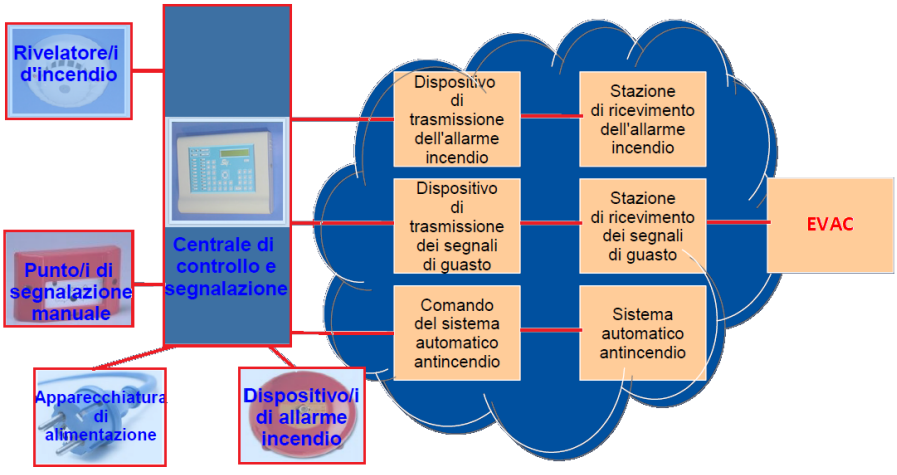
Gli impianti automatici di rivelazione dell'incendio hanno il compito di segnalare il verificarsi di un principio d'incendio così da consentire un intervento tempestivo da parte di chi riceve l'allarme oppure attivare automaticamente le funzioni di controllo previste, quali:

- messa in allerta delle persone in caso di pericolo;
- chiamata delle squadre di intervento e di spegnimento;
- attivazione degli apparati che limitano la propagazione del fumo e dell'incendio (ad esempio, la chiusura delle porte  e serrande tagliafuoco);
- azionamento degli evacuatori di fumo e di calore;
- disattivazione di sistemi tecnologici (o apparati);
- comandi verso sistemi di automazione dell'edificio, in particolare sistemi di riscaldamento e ventilazione, nonché ascensori;
- disalimentazione della rete di distribuzione elettrica;
- accensione delle luci d'emergenza
- attivazione dei sistemi di gestione dell'evacuazione
- attivazione di sistemi fissi di spegnimento

I criteri da seguire per la realizzazione e l'esercizio dei sistemi fissi automatici di rilevazione d'incendio sono contenuti in specifiche norme di sistema.

Un sistema di rivelazione incendio è costituito da componenti base quali:

- Rivelatori automatici;
- Punti di rivelazione e segnalazione manuale (pulsanti);
- Centrale di controllo e segnalazione;
- Alimentazioni;
- Sistema di diffusione degli allarmi.



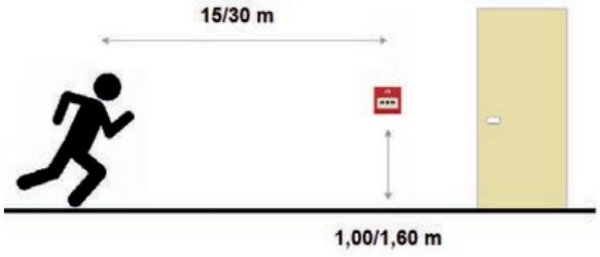
Il sistema può essere completato con componenti facoltativi (richiesti in alcuni casi dalla normativa):

- Combinatore telefonico (o sistema equivalente);
- Collegamento a stazioni di ricevimento guasti e allarmi (ponte radio);
- Box di alimentazione supplementari;
- Interconnessioni con altri sistemi di protezione attiva e altri impianti tecnologici.

*b)* *Punti di segnalazione manuale*

L'azionamento del punto di segnalazione manuale richiede la rottura o lo spostamento di un elemento frangibile, installato sulla parte della superficie frontale del pulsante.

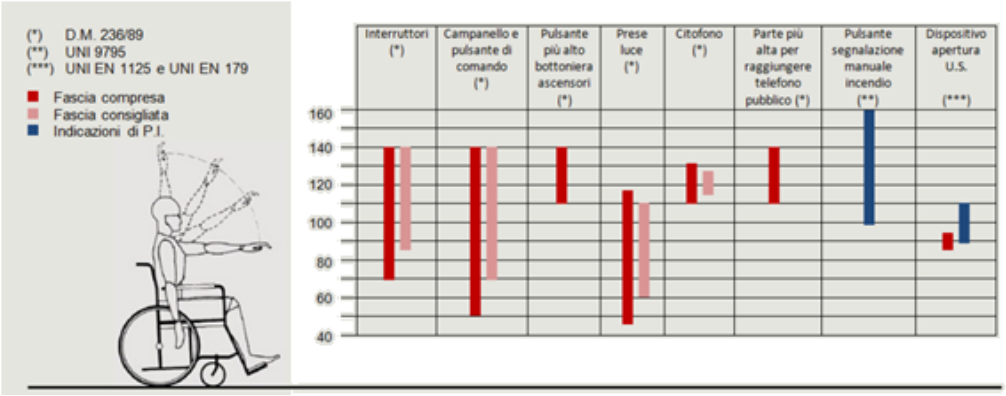
I punti di segnalazione manuale debbono essere raggiungibili mediante percorsi compresi tra i 15 e i 30 m. Debbono essere installati almeno due pulsanti per zona, in posizione ben visibile e facilmente accessibile, ed in corrispondenza di tutte le uscite di sicurezza. L'altezza di installazione dal pavimento del pulsante manuale deve essere compresa tra 1 m e 1,6 m.



Per consentire a tutti gli occupanti, anche a quelli che impiegano ausili di movimento, di inviare l'allarme d'incendio, i pulsanti manuali della funzione D (funzione di segnalazione manuale di un impianto IRAI) dovrebbero essere collocati ad una quota pari a circa 110 cm dal piano di calpestio.

Nota: Qualora i pulsanti manuali d'allarme incendio non siano adeguati alle specifiche necessità degli occupanti, si può ricorrere anche a sistemi prensili (es. interruttori a corda pendenti da soffitto o pareti, …).

Estratto da D.M. 3/8/2015

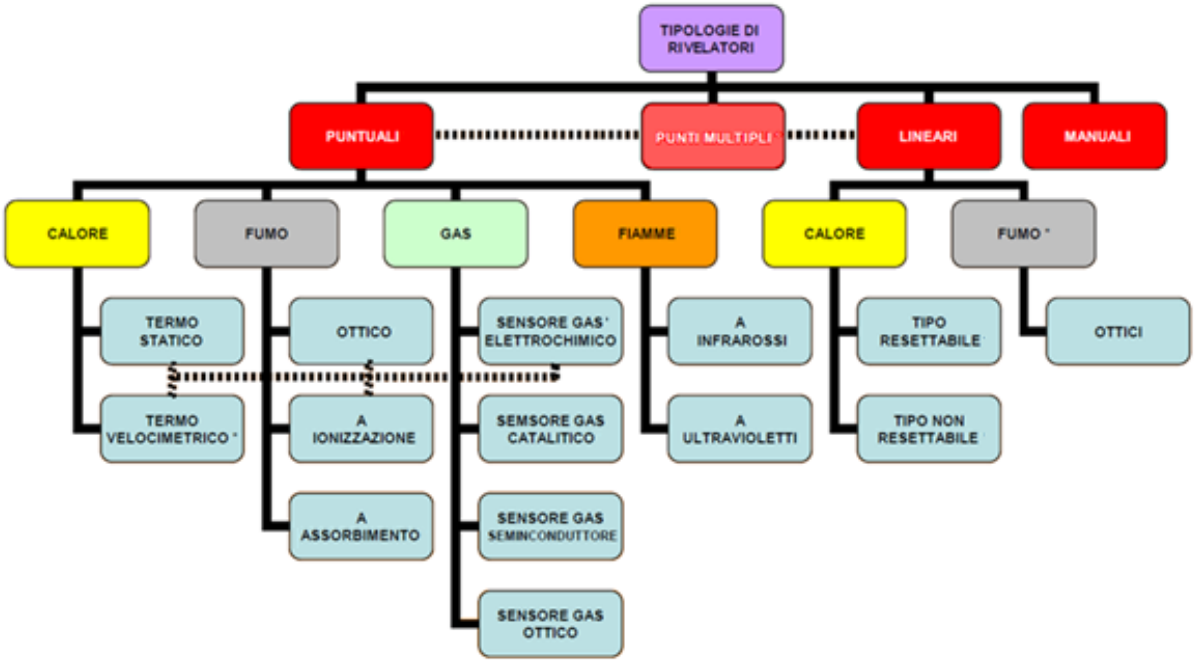



*c)* *Rivelatori d'incendio*

I rivelatori sono organi sensibili deputati a controllare una determinata grandezza ed ad inviare alla centrale di controllo gli opportuni segnali allorché rilevano delle anomalie. Ogni tipo di fuoco produce, sia pure in maniera diversa e in tempi diversi, fumi, radiazioni luminose e calore. Il

differente comportamento dell'incendio (ad esempio: gas combustibili e liquidi o solidi infiammabili possono originare incendi con sviluppo violento di fiamme, mentre materiali quali legno, rivestimenti di cavi elettrici, fibre tessili, imballaggi, materie plastiche, gomma, ecc. possono originare incendi che attraversano fasi di graduale evoluzione prima di raggiungere uno sviluppo violento), è condizionato dall'ambiente in cui si verifica e determina la scelta del dispositivo in termini:

1) di configurazione del rivelatore:
   - rivelatore puntiforme (risponde al fenomeno in prossimità di un punto fisso);
   - rivelatore a punti multipli (risponde al fenomeno in prossimità di un certo numero di punti);
   - rivelatore lineare (risponde al fenomeno lungo una linea continua).
2) di fenomeno rivelato:
   - sensori per gas e per il fumo;
   - sensori infrarossi (IR) e ultravioletti (UV) per energia radiante (corpi incandescenti) e fiamma;
   - sensori di temperatura ad elemento fusibile, bulbo di vetro, elemento bimetallico o elettronico;
3) di metodo di risposta:
   - rivelatore statico (intervento se la grandezza supera un certo valore per un tempo sufficientemente lungo);
   - rivelatore differenziale (allarme se la differenza tra due grandezze del fenomeno misurato in due o più luoghi supera un certo valore per un tempo sufficientemente lungo);
   - rivelatore velocimetrico (allarme quando la rapidità di cambiamento del fenomeno misurato nel tempo supera un certo valore per un tempo sufficientemente lungo).



Di seguito si elencano alcuni esempi applicativi di Scelta dei Rivelatori d'incendio:

- Autorimessa – temperatura soglia fissa o temovelocimetrico
- Cucina – Temperatura soglia fissa
- Tettoie di Carico/Scarico – termovelocimetrico
- Locali Tecnici Condizionati o non – termici o termovelocimetrici – fumo
- Magazzini Logistica – multicriterio.

### 2.3.6 Controllo di fumo e calore

*a)* ***Premessa***

La misura antincendio del controllo di fumo e calore ha come scopo lo smaltimento dei prodotti della combustione in caso di incendio.

In generale, la misura antincendio di controllo di fumo e calore si attua attraverso:

- aperture di smaltimento di fumo e calore di emergenza
- sistemi di ventilazione orizzontale forzata del fumo e del calore (SVOF)
- sistemi per l'evacuazione di fumo e calore (SEFC)

*b)* ***Aperture di smaltimento di fumo e calore di emergenza***

Lo smaltimento di fumo e calore d'emergenza può essere realizzato per mezzo di aperture di smaltimento dei prodotti della combustione verso l'esterno dell'edificio. Tali aperture coincidono generalmente con quelle già ordinariamente disponibili per la funzionalità dell'attività (es. finestre, lucernari, porte, …).

**Caratteristiche**

Le *aperture di smaltimento* devono essere realizzate in modo che:

a. sia possibile smaltire fumo e calore da tutti gli ambiti del compartimento;

b. fumo e calore smaltiti non interferiscano con il sistema delle vie d'esodo, non propaghino l'incendio verso altri locali, piani o compartimenti.

Le ***aperture di smaltimento*** devono essere protette dall'ostruzione accidentale durante l'esercizio dell'attività.

Devono essere previste indicazioni specifiche per la gestione in emergenza delle aperture di smaltimento …….

Estratto da D.M. 3/8/2015

Lo smaltimento di fumo e calore d'emergenza ha la sola funzione di facilitare l'opera di estinzione dei soccorritori.

Le tipologie delle aperture di smaltimento sono riportate di seguito:

- Permanentemente aperte
- Dotate di sistema automatico di apertura (attivazione da impianto di rivelazione e allarme incendio)
- Con infissi comandati da posizione protetta e segnalata
- Con infissi comandanti da posizione non protetta
- Con chiusura bassofondente (policarbonato, PMMA,…) o con possibilità di immediata demolizione da parte delle squadre di soccorso

Le aperture di smaltimento dovrebbero essere distribuite uniformemente nella porzione superiore di tutti i locali, al fine di facilitare lo smaltimento dei fumi caldi.

*c)* *Sistemi di ventilazione forzata orizzontale del fumo e del calore (SVOF)*

Tali sistemi, come le aperture di smaltimento, possono facilitare l'opera di estinzione dei soccorritori, fornendo condizioni favorevoli per le squadre di soccorso da un punto di accesso sino alla posizione dell'incendio. Inoltre possono proteggere le vie di esodo, ad esclusione di quelle nel compartimento di primo Innesco e agevolare lo smaltimento di fumo e calore dall'attività dopo l'incendio, ripristinando rapidamente le condizioni di sicurezza.

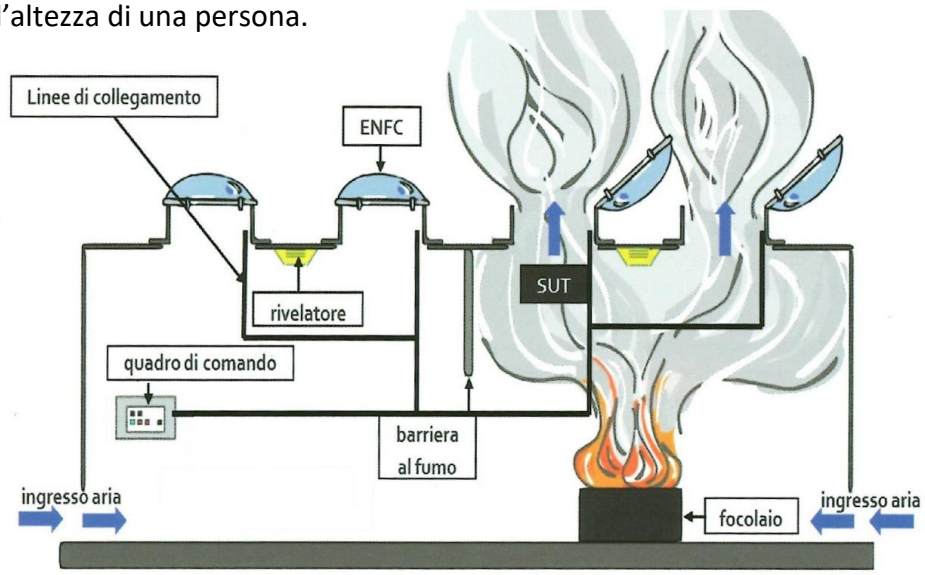
*d)* *Sistemi di evacuazione del fumo e del calore (SEFC)*

I SEFC creano e mantengono uno strato d'aria sostanzialmente indisturbato nella porzione inferiore dell'ambiente protetto mediante l'evacuazione di fumo e calore prodotti dall'incendio. Mantengono le vie di esodo libere da fumo e calore, agevolano le operazioni antincendio, ritardano o prevengono il flashover e quindi la generalizzazione dell'incendio, limitano i danni agli impianti di servizio o di processo ed al contenuto dell'ambito protetto, riducono gli effetti termici sulle strutture dell'ambiente protetto, agevolano il ripristino delle condizioni di sicurezza dell'attività dopo l'emergenza.

Estratto da D.M. 3/8/2015

I sistemi di evacuazione fumo e calore possono essere di tipo naturale (SENFC) o forzato (SEFFC).

I SENFC prevedono la realizzazione di evacuatori ad apertura automatica in grado di mantenere uno strato libero da fumo fino ad una altezza stabilita in fase di progettazione e comunque superiore all'altezza di una persona.



# 3 MODULO 3: Strategia antincendio (seconda parte)

## 3.1 Misure antincendio (seconda parte)

### 3.1.1 Controllo dell'incendio

*a)* ***Premessa***

La presente misura antincendio ha come scopo l'individuazione dei presidi antincendio da installare nell'attività per:

a. la protezione nei confronti di un principio di incendio;
b. la protezione manuale o automatica, finalizzata all'inibizione o al controllo dell'incendio;
c. la protezione mediante completa estinzione di un incendio.

I presidi antincendio considerati sono gli estintori d'incendio ed i seguenti sistemi di protezione attiva contro l'incendio, di seguito denominati impianti: la rete di idranti, gli impianti manuali o automatici di inibizione controllo o di estinzione, ad acqua e ad altri agenti estinguenti.

Estratto da D.M. 3/8/2015

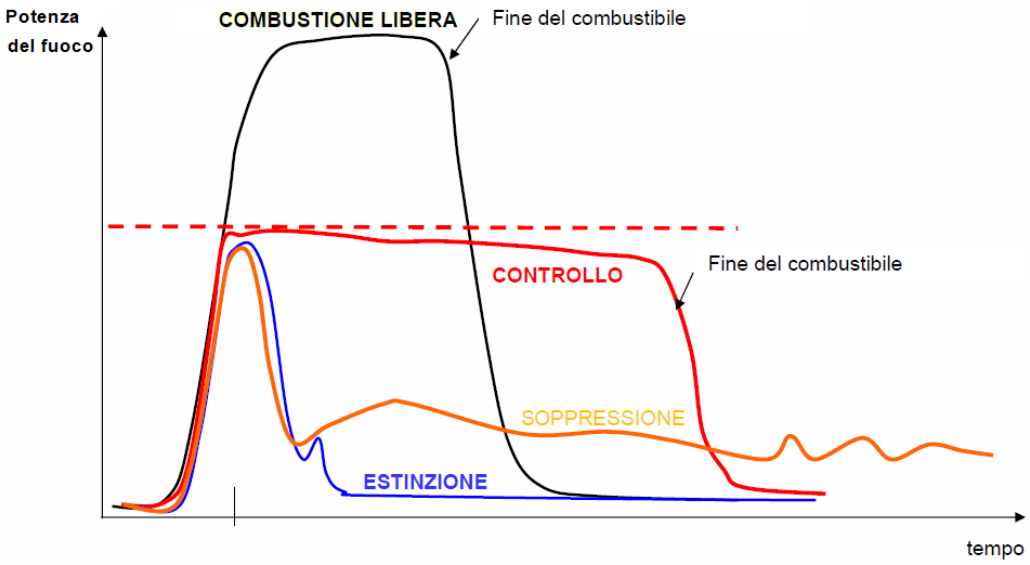
Il controllo di un incendio è l'azione continua e diretta al condizionamento del sistema di combustione sia allo stato d'incendio che durante lo svolgimento del processo allo scopo di:

a) prevenire l'insorgenza;
b) contenerne lo sviluppo;
c) arrestarne la reazione (estinzione).

I principi teorici sui quali si fondano i metodi di applicazione per il controllo degli incendi consistono nella individuazione delle condizioni limite oltre le quali non è possibile lo svolgimento del processo di ignizione né la propagazione del fronte di fiamma in un sistema di combustione.

Gli **incendi possono essere controllati con** l'applicazione di **uno o** (come avviene correntemente) **più metodi combinati insieme**. Generalmente in ogni metodo gli effetti del controllo sono conseguiti mediante l'impiego di agenti estinguenti e di sostanze inerti con la funzione di sottrazione del calore di reazione, di modificazione delle concentrazioni dei componenti attivi del sistema di combustione e di rottura delle reazioni a catena nel processo di combustione stesso. Nella tecnologia dei sistemi di protezione, il **concetto di controllo** dell'incendio **assume un significato ben preciso** che occorre comprendere in modo chiaro e definito perché è **sostanziale nella scelta della strategia antincendio** da adottare.

Per controllo dell'incendio s'intende quell'intervento che riesce a mantenere l'incendio stesso in uno stato di "non sviluppo" o comunque di limitate dimensioni, tale da poter essere facilmente attaccato ed estinto dalle squadre di emergenza successivamente intervenute. È l'azione che, come detto sopra, deve sempre seguire la fase di allarme, e può essere combinata all'azione di estinzione vera e propria, che comporta sempre l'intervento delle squadre di emergenza o dei Vigili del Fuoco.




I **sistemi di controllo** possono essere **i più vari** a partire **dal sistema più semplice** che è legato all'intervento delle squadre di emergenza, che possiamo definire come **sistema di controllo manuale**, **per il quale** vanno comunque **predisposti gli opportuni presidi**.

Il **sistema di controllo** per antonomasia è il **sistema sprinkler**, almeno nella versione standard che esercita appunto un'azione di tipo "controllo"; il sistema sprinkler, per sua natura, è quello che riesce a mantenere **condizioni di incendio particolarmente contenute**, limitando i danni alle strutture, ma **non è detto che riesca a spegnere** l'incendio in modo completo. In genere l'azione di spegnimento è legata all'arrivo delle squadre di emergenza che hanno appunto il compito, in presenza di un impianto sprinkler, di verificare il completo spegnimento, agendo eventualmente con presidi manuali, e autorizzare l'interruzione dell'erogazione idrica da parte dell'impianto.

**Soppressione**

Una **particolare modalità di controllo dell'incendio** è **la "soppressione"**; con l'approfondimento degli studi sui sistemi di estinzione si sono definiti parametri abbastanza precisi per identificare la condizione di controllo dell'incendio e la condizione di vero e proprio spegnimento. Si è così evidenziato che esistono sistemi **in grado di ridurre l'incendio realmente in maniera marcata, pur non essendo in grado di giungere al completo spegnimento. Questa riduzione marcata dell'incendio, con eliminazione di fiamme visibili, si chiama appunto soppressione, ed è tale da lasciare comunque dei focolai d'incendio potenzialmente pericolosi** in caso di aerazione dell'ambiente e di mancato spegnimento definitivo da parte delle squadre di emergenza, poiché si possono riattivare.

**Estinzione**

Per estinzione si intende il **completo e definitivo spegnimento** non solo delle fiamme, che sono la parte più evidente del fenomeno incendio, ma **anche delle braci**; l'estinzione in pratica si può definire come **quello stadio da cui si ha la certezza di non riaccensione** dell'incendio anche **in assenza di azioni di controllo**. L'estinzione dell'incendio avviene **di solito attraverso l'intervento delle squadre di emergenza** che possono eseguire quella completa ispezione dei luoghi dove si è verificato l'evento per raggiungere la certezza necessaria ad affermare che l'incendio è effettivamente finito. Talvolta, specie nel caso di aree con presenza di grandi quantità di materiali combustibili, gli incendi nascosti sotto la cenere possono durare parecchie ore od anche giorni.

*b)* *Estintori d'incendio*

**Caratteristiche**

L'estintore è un presidio di base complementare alle altre misure di protezione attiva e di sicurezza in caso d'incendio.

La capacità estinguente di un estintore, determinata sperimentalmente, ne indica la prestazione antincendio convenzionale.

L'impiego di un estintore è riferibile solo ad un principio d'incendio e l'entità della capacità estinguente ad esso associata fornisce un grado comparativo della semplicità nelle operazioni di estinzione.

Ulteriori aspetti che contraddistinguono gli estintori utili alla valutazione del rischio sono: il peso o la capacità, connessi alla carica di estinguente, la dielettricità del getto, connessa alla natura dell'estinguente. Informazioni su caratteristiche usualmente indesiderate del getto, come tossicità, residui e temperature pericolose, completano il quadro necessario per l'individuazione dell'estintore più appropriato.

Estratto da D.M. 3/8/2015

Gli estintori sono mezzi di estinzione, da usare per pronto intervento sui principi d'incendio. In relazione al peso complessivo si possono distinguere in:

- **Estintore portatile**, che pronto all'uso ha una massa minore o uguale a 20 Kg.
- **Estintore carrellato:** estintore trasportato su ruote di massa maggiore di 20 Kg e contenente un mezzo estinguente con cariche fino a 150 Kg.

**La carica degli estintori non può essere superiore a 6 kg o 6 litri**; estintori con cariche superiori sono utilizzabili solo negli ambienti destinati ad attività di processo non accessibili al pubblico se non permanentemente accompagnato.

Estratto da D.M. 3/8/2015

Un estintore è caratterizzato dall'agente estinguente che esso contiene. Gli estintori si dividono in:

- estintore a **polvere**
- estintore ad anidride carbonica
- estintori ad acqua e agenti estinguenti a base d'acqua (schiume)
- estintori a **Clean Agent** (sostanze non conduttive, volatili gassose, che non lasciano residui dopo l'evaporazione).