IPSOA
ISL IGIENE & SICUREZZA DEL LAVORO

i CORSI

MENSILE DI FORMAZIONE E AGGIORNAMENTO PROFESSIONALE

Anno XXII – Marzo 2019
Direzione e Redazione Via dei Missaglia n. 97 Edificio B3 - 20142 Milano

3/2019

edicolaprofessionale.com/ISLcorsi

Formazione degli addetti antincendio

MODULO UNICO

00238108
5 000002 381089

Wolters Kluwer



La soluzione di Wolters Kluwer per supportare i manager HSE nella gestione strategica e operativa della compliance

Sistema HSE

Informazione e aggiornamento tecnico-normativo, pratica professionale, formazione e soluzioni gestionali per il manager HSE

L'aggiornamento quotidiano

Il **Quotidiano Sicurezza e Ambiente** garantisce un aggiornamento giornaliero su tutte le novità di rilievo, una prima interpretazione e valutazione degli impatti per gli operatori del settore.

Gli approfondimenti e le soluzioni tecniche

ISL Igiene & Sicurezza, la prestigiosa rivista di aggiornamento giuridico e orientamento tecnico, offre analisi approfondite, a cura dei maggiori esperti del settore, su valutazione dei rischi, medicina del lavoro e sorveglianza sanitaria, antincendio ed emergenze, sicurezza nei cantieri, formazione dei lavoratori e sicurezza aziendale.

Il supporto normativo e gli strumenti operativi

Tutto Sicurezza e Ambiente raccoglie tutta la normativa nel testo vigente e annotato, la prassi, la giurisprudenza e soprattutto utili strumenti esplicativi ed operativi: guide, modulistica, schede macchine, procedure, rischi e misure, esempi di VdR, materiale didattico per la formazione ecc.

La gestione degli adempimenti

In Pratica HSE, mediante un innovativo sistema di organizzazione e accesso dei contenuti, consente di individuare rapidamente tutti gli adempimenti in tema di sicurezza e ambiente di un'azienda. Basta rispondere a un semplice questionario guidato sull'azienda e le sue caratteristiche, dal comparto produttivo al numero di lavoratori, e si ottiene la lista "ragionata" degli adempimenti obbligatori. Ogni adempimento è descritto nei dettagli, dai responsabili dell'attività alle sanzioni, e può essere organizzato in uno scadenzario personalizzato.

L'implementazione del SGSL

SIMPLEDO è il software d'eccellenza che supporta i manager nella salvaguardia della salute e sicurezza dei lavoratori, nella gestione e valutazione dei rischi, nella stesura del DUVRI, nella formazione continua dei lavoratori.
È un software web-based che consente di responsabilizzare tutte le risorse umane aziendali e implementare il protocollo SGSL UNI-INAIL per una politica aziendale di prevenzione efficace.

Y18ETCL

Per informazioni
Direzione Marketing
marketing.tecnico-it@wolterskluwer.com

Wolters Kluwer
When you have to be right

Formazione degli addetti antincendio

Andrea Rotella - RSPP, formatore, tecnico di prevenzione incendi

Premessa 5

L'incendio: meccanismi di funzionamento 5

Principi della combustione 5

Elementi della combustione 6

Sviluppo ed evoluzione dell'incendio 8

Rischi alle persone in caso di incendio 10

I parametri chimico-fisici della combustione 11

Altre caratteristiche dei combustibili 13

Le sostanze estinguenti 15

La prevenzione degli incendi 20

Principali cause di incendio e misure di prevenzione 20

Misure di protezione attiva 21

Misure di protezione passiva 31

Piano di emergenza 37

Indicazioni normative 37

Compiti e ruoli 37

ISL
IGIENE & SICUREZZA DEL LAVORO
i corsi
MENSILE DI FORMAZIONE
E AGGIORNAMENTO PROFESSIONALE

EDITRICE
Wolters Kluwer Italia s.r.l.
Via dei Missaglia n. 97 Edificio B3 - 20142 Milano (MI)

DIRETTORE RESPONSABILE
Giulietta Lemmi

REDAZIONE
Donatella Armini, Marta Piccolboni, Maria Lorena Radice

REALIZZAZIONE GRAFICA
Wolters Kluwer Italia S.r.l.

FOTOCOMPOSIZIONE
Integra Software Services Pvt. Ltd.

PUBBLICITÀ:
Wolters Kluwer
E-mail: advertising-it@wolterskluwer.com
www.wolterskluwer.com
Via dei Missaglia n. 97 Edificio B3
20142 Milano (MI), Italia

Autorizzazione del Tribunale di Milano n. 438 del 18 giugno 1999
Iscrizione al R.O.C. n. 1702

ABBONAMENTI
Gli abbonamenti hanno durata annuale e si intendono confermati per l'anno successivo se non disdettati entro la scadenza a mezzo semplice lettera.

ITALIA - Abbonamento annuale: € 124,00

ESTERO - Abbonamento annuale: € 248,00

Prezzo copia: € 15,00

Arretrati: prezzo dell'anno in corso all'atto della richiesta

DISTRIBUZIONE
Vendita esclusiva per abbonamento

Il corrispettivo per l'abbonamento a questo periodico è comprensivo dell'IVA assolta dall'editore ai sensi e per gli effetti del combinato disposto dell'art. 74 del D.P.R. 26/10/1972, n. 633 e del D.M. 29/12/1989 e successive modificazioni e integrazioni.

REDAZIONE
Per informazioni in merito agli argomenti trattati scrivere o telefonare a:

IPSOA Redazione ISL i corsi

Casella Postale 12055 - 20120 Milano
telefono (02) 82476.022 - 023
e-mail: redazione.riviste.sicurezza-it@wolterskluwer.com

AMMINISTRAZIONE
Per informazioni su gestione abbonamenti, numeri arretrati, cambi d'indirizzo, ecc.

scrivere o telefonare a:

IPSOA Servizio Clienti
Casella postale 12055 – 20120 Milano
telefono (02) 824761
telefax (02) 82476.799
Servizio risposta automatica:
telefono (02) 82476.999

Egregio Abbonato,
ai sensi dell'art. 13 del Regolamento (UE) 2016/679 del 27 aprile 2016, "relativo alla protezione delle persone fisiche con riguardo al trattamento dei dati personali, nonché alla libera circolazione di tali dati e che abroga la direttiva 95/46/CE (regolamento generale sulla protezione dei dati)", La informiamo che i Suoi dati personali sono registrati e custoditi su database elettronici situati nel territorio nazionale e di Paesi appartenenti allo Spazio Economico Europeo (SEE), o paesi terzi che garantiscono un adeguato livello di protezione dei dati. Wolters Kluwer Italia S.r.l., in qualità di Titolare del trattamento, utilizzerà i dati che La riguardano per finalità amministrative e contabili. I Suoi recapiti postali e il Suo indirizzo di posta elettronica potrebbero essere anche utilizzati ai fini di vendita diretta di prodotti o servizi analoghi a quelli della presente vendita.
Lei ha il diritto di chiedere a Wolters Kluwer Italia S.r.l. l'accesso ai dati personali che La riguardano, nonché la rettifica, la cancellazione per violazione di legge, la limitazione o l'opposizione al loro trattamento ai fini di invio di materiale pubblicitario, vendita diretta e comunicazioni commerciali. Lei ha, inoltre, il diritto di revocare il consenso in qualsiasi momento, senza pregiudicare la liceità del trattamento basata sul consenso prestato prima della revoca, nonché di proporre reclamo all'Autorità Garante per il trattamento dei dati personali ai sensi dell'art. 77 del Regolamento UE 679/2016.
L'elenco aggiornato dei responsabili e delle persone autorizzate al trattamento è consultabile presso la sede di Wolters Kluwer Italia S.r.l. – Via dei Missaglia, n. 97, Edificio B3 – 20142 Milano (MI).

Formazione degli addetti antincendio

Andrea Rotella – RSPP, formatore, tecnico di prevenzione incendi

Premessa

Il controllo del fuoco da parte della specie umana rappresenta una tappa fondamentale della sua evoluzione e sopravvivenza. Grazie ad esso si sono rese possibili la cottura sistematica dei cibi, la resistenza al freddo, la realizzazione di nuovi materiali, forme primitive di comunicazione a distanza, la difesa da altri animali. Con il controllo del fuoco la specie umana si differenziò ulteriormente dalle altre specie e tutt'oggi, nonostante vi siano altri animali in grado di comunicare o utilizzare utensili, l'uso del fuoco resta una prerogativa esclusiva dell'uomo.

Ma il fuoco, per l'uomo, non ha rappresentato solo benefici. Ancor prima che questi ne scoprisse le virtù, dovette imparare a temerne le conseguenze, specie quelle generate da incendi naturali degli *habitat* in cui viveva e cacciava. E probabilmente, anche da queste necessità ebbero origine le prime intuizioni che gli consentirono, inizialmente, di "conservare" il fuoco generato da fulmini o altre cause naturali, per poi imparare a "trasportarlo" e, infine, a "produrlo" autonomamente. Anche dopo averlo addomesticato, l'uomo continuò a temerne la potenza devastatrice, pur riconoscendone ed apprezzandone i vantaggi, fino ad assumere, tra l'altro una valenza sacra che persiste tutt'oggi (ad esempio, il fuoco simboleggia lo Spirito Santo nella religione cattolica e, nello stesso tempo, le fiamme dell'inferno sono lo strumento con cui sono puniti i peccatori).

Il controllo del fuoco passa anche attraverso la scoperta e l'utilizzo dei metodi necessari per spegnerlo ma, spesso, nella storia, l'uomo venne sopraffatto dalla sua potenza subendone le conseguenze, specie sotto forma di incendi che, nelle epoche passate, devastarono intere città. E, così, ancora oggi, come nel caso del grande incendio che, nell'estate del 2018, ha distrutto oltre 1.000 km^2 di foreste, causando oltre 80 morti e ha richiesto, per la sua gestione, lo sfollamento di centinaia di migliaia di persone.

Ma gli incendi odierni non interessano unicamente gli ambienti aperti. Nel 2017, le statistiche dei Vigili del fuoco evidenziano circa 326.000 interventi eseguiti nel nostro Paese per fronteggiare incendi o esplosioni e, di questi, quasi 50.000 riguardano eventi accaduti in luoghi chiusi (ambienti di lavoro o edifici a civile abitazione). Data la presenza ubiquitaria di materiali combustibili e la possibile presenza, anche solamente accidentale, di sorgenti di innesco, è inevitabile che all'adozione doverosa e sistematica di misure atte a prevenire gli incendi si affianchino misure di contrasto finalizzate a ridurne le conseguenze laddove questo si innescasse. Sia le misure di prevenzione sia quelle di protezione necessitano di specifiche competenze per essere correttamente attuate e, a tal fine, anche in considerazione della tempestività con la quale deve essere eseguito un intervento di lotta antincendio per impedire che un eventuale principio di incendio si propaghi con conseguenze devastanti, il legislatore ha previsto che in tutte le aziende e unità produttiva siano designati e formati un numero sufficiente di lavoratori addetti alle misure di prevenzione incendi e lotta antincendio (artt. 43, comma 1, lett. b) e 37, comma 9, D.Lgs. n. 81/2008) e, dal canto loro, i lavoratori non possano rifiutare la designazione senza giustificato motivo (art. 43, comma 3, D.Lgs. n. 81/2008).

I contenuti minimi della suddetta formazione sono distinti in tre possibili livelli, in ragione degli esiti della valutazione del rischio di incendio (rischio basso, medio o elevato) e, così, la sua durata (rispettivamente, 4, 8 o 16 ore), ai sensi dell'allegato 9, D.M. 10 marzo 1998.

Il presente contributo tratta gli argomenti elencati nei programmi previsti dalla norma, così da costituire un possibile ausilio didattico nei corsi di formazione rivolti ad addetti antincendio.

L'incendio: meccanismi di funzionamento

Principi della combustione

Nonostante la combustione sia un fenomeno esperienziale diffuso, la comprensione dei meccanismi che la sottendono è meno scontata di quanto possa sembrare. È opinione comune che "per accendere il fuoco" sia necessaria la presenza di un combustibile (es. legno, metano, benzina), aria ed una fiamma o scintilla, ma chi abbia provato ad accendere

un caminetto non sempre è riuscito nel proprio intento al primo tentativo, nonostante la presenza di tutti e tre questi elementi; così come sarà spesso accaduto di non riuscire ad accendere il fornello del piano cottura, nonostante la palese fuoriuscita del metano dagli ugelli, la presenza di aria nell'ambiente e della scarica piezoelettrica.
La predetta opinione è corretta in linea di principio, ma è una semplificazione a livello macroscopico di un fenomeno che, per essere meglio compreso, richiede la comprensione di alcuni concetti di base che si svolgono su una scala molto più piccola, quella atomica e molecolare.

Elementi della combustione

La combustione, infatti, altro non è che una rapida reazione chimico-fisica di ossidoriduzione, nella quale uno dei due reagenti (quello che si ossida) è chiamato comunemente combustibile e l'altro (l'agente ossidante) è denominato comburente. In effetti, la precedente definizione non avrà aumentato di molto la comprensione del lettore, ma è proprio la natura chimica del fenomeno ad averne sempre resa difficile la comprensione, tanto che solo a partire dal 1800 cominciarono a formarsi teorie scientificamente fondate sui principi della combustione. Tutti, oggi, sanno che la materia è costituita da atomi e che questi possono legarsi tra loro per formare molecole. Atomi e molecole costituiscono gli ingredienti (reagenti) di qualunque reazione chimica. Nello specifico, per una reazione chimica di combustione sono necessari due reagenti: uno di questi è costituito da atomi o molecole di specie chimiche che chiameremo combustibili, mentre l'altro reagente, analogamente, è costituito da atomi o molecole di specie chimiche denominate comburenti. Possiamo dire che il combustibile è ciò che brucia, mentre il comburente è ciò che consente al combustibile di bruciare.
Quando avviene la reazione, i due reagenti si trasformano e formano altre specie chimiche che chiameremo prodotti della combustione (es. gas, fumi, ceneri) e tutto questo avviene con rilascio di energia in forma di luce e calore.
Non basta, tuttavia, che i due reagenti entrino in contatto tra loro perché si generi una reazione di combustione, ma è necessario che venga fornita al combustibile l'energia necessaria all'attivazione della reazione: tale energia di attivazione è quella che, generalmente, viene definita innesco.
Nel seguito verranno approfonditi gli elementi di base di una reazione di combustione.
I combustibili sono presenti nei tre stati della materia e possono essere di origine naturale o sintetica (artificiale):
— combustibili solidi (es. legno, carta, carbone, plastica, ecc.);
— combustibili liquidi (es. petrolio, olio combustibile, benzina, alcol etilico, ecc.);
— combustibili gassosi (es. metano, GPL, acetilene, idrogeno, ecc.).

Combustibili solidi

Alcuni combustibili solidi, a differenza di quelli liquidi o gassosi, presentano la caratteristica di poter bruciare sia producendo fiamma che in assenza di fiamma, come nel caso del legno che, oltre a produrre fiamma, è in grado di bruciare in forma di braci. Questa prerogativa, come vedremo, è importante ai fini della scelta dell'agente estinguente, in quanto non tutti questi sono idonei allo spegnimento di fuochi che bruciano producendo braci.
Proprio la combustione della legna è uno dei processi più semplici da osservare nella realtà quotidiana. Che cosa succede realmente quando proviamo ad accendere un caminetto? Avvicinando la fiamma che utilizziamo come innesco, osserveremo, innanzitutto il riscaldamento dei legni a diretto contatto con la fiamma e quelli immediatamente vicino ad essa. L'aumento della temperatura, di poco a poco, produrrà l'essiccazione di questi legni con il conseguente rilascio dell'acqua in essi contenuti che avverrà al superamento dei 100 °C. La parte di legna così essiccata, ancora a contatto con la fiamma di innesco, continua il proprio riscaldamento e, intorno alla temperatura di 150 °C, inizia un processo definito pirolisi che determina la decomposizione del legno in molecole più semplici e, a temperature ancora più elevate (oltre i 250 °C), consente la formazione di molecole di combustibili gassosi (metano, monossido di carbonio, ecc.) e carbone. Questo processo che, sinora, è avvenuto in assenza di produzione di fiamma, si trasforma in "fuoco" (inteso nel senso di combustione con fiamma) con l'accensione dei combustibili gassosi prodotti dalla pirolisi. Ciò produrrà un rapido incremento delle temperature generato dal rilascio di energia da parte della reazione di combustione dei gas e la combustione completa anche del carbone prodotto dalla pirolisi (1).
Il processo appena descritto si autoalimenta, nel senso che le fiamme prodotte dalla combustione dei prodotti gassosi della pirolisi riscalderanno altra legna, replicando il fenomeno.

(1) La pirolisi non è una reazione di combustione. Questo processo, infatti, avviene in assenza di ossigeno, utilizzando per la decomposizione dei composti complessi semplicemente il calore. Sfruttando proprio questo principio, fin dall'antichità, la pirolisi è stata utilizzata per la produzione di carbone, attraverso l'impiego di sistemi che favorissero la combustione lenta della legna, ovvero, facendo avvenire la combustione a temperature basse (inferiori a 280 °C, oltre le quali si ottiene, come detto, la combustione dei prodotti gassosi della pirolisi, con conseguente produzione di fiamma) ed in condizioni di scarso afflusso di ossigeno.

Uno dei motivi per cui, senza un minimo di tecnica (o senza l'ausilio di prodotti specifici) è frustrante accendere il caminetto, è che spesso la legna impiegata è umida e il processo di essiccazione si prolunga oltre il tempo della durata della fiammella di innesco, impedendo il riscaldamento ulteriore della legna e l'avvio della pirolisi. Tra le tecniche consigliate per accendere con successo un caminetto c'è quella di avvicinare la fiamma di innesco a legni di piccole dimensioni, proprio per rendere più veloce la loro essiccazione. La combustione dei combustibili solidi si differenzia, tra l'altro, da quella dei combustibili liquidi o gassosi, proprio per la caratteristica di essere dipendente dalle dimensioni ("forma" e volume) del combustibile: in generale, più la loro pezzatura è ridotta, tanto più essi bruciano con facilità e velocemente, fino al punto che a dimensioni inferiori al mezzo millimetro, la combustione di una nube di polveri può assumere caratteristiche esplosive.

Combustibili liquidi

I combustibili liquidi, come detto, bruciano solo con fiamma. In effetti, a bruciare non è il liquido, ma il suo vapore che si miscela con l'ossigeno contenuto nell'aria: una volta innescata opportunamente la miscela, l'evaporazione del combustibile liquido proseguirà, facilitata anche dal calore prodotto dalla reazione di combustione e i vapori ulteriormente rilasciati verranno innescati dalle fiamme già presenti, autoalimentando il processo di combustione come già visto precedentemente.
Un caso particolare è costituito dai combustibili solidi liquefacibili, ovvero quei materiali che, pur presentandosi allo stato solido a temperatura ambiente, di fatto bruciano dopo essersi liquefatti per effetto delle temperature dell'innesco o dell'incendio e, pertanto, si comportano, dal punto di vista della combustione, come dei combustibili liquidi. Plastica, cera, paraffina sono alcuni esempi.

Combustibili gassosi

La combustione dei combustibili gassosi avviene con modalità notevolmente più semplici rispetto ai casi precedenti, poiché il combustibile si trova già in fase aeriforme e può liberamente e facilmente miscelarsi con l'ossigeno contenuto nell'aria. In presenza di opportune concentrazioni reciproche di combustibile e comburente, una sorgente di innesco di intensità sufficiente produrrà l'attivazione della reazione di combustione.

Il comburente

All'interno di una reazione di combustione, il comburente costituisce l'agente ossidante senza il quale non può avvenire alcuna ossidoriduzione e, conseguentemente, combustione (2).
Nella pratica quotidiana e anche ai fini della lotta antincendio, il comburente per antonomasia, nonché quello che partecipa alla stragrande maggioranza delle reazioni di combustione, è l'ossigeno contenuto nell'aria. L'aria che respiriamo è, difatti, una miscela, composta dalle seguenti percentuali di gas (3):
– Azoto (N2): 78,08%
– Ossigeno (O2): 20,95%
– Argon (Ar): 0,934%
– Biossido di carbonio (CO2): 407,05 ppm
– Neon (Ne): 18,18 ppm
– Elio (He): 5,24 ppm
– Monossido di azoto (NO): 5 ppm
– Kripton (Kr): 1,14 ppm
– Metano (CH4): 1 - 2 ppm
– Idrogeno (H2): 0,5 ppm
– Ossido di diazoto (N2O): 0,5 ppm
– Xeno (Xe): 0,087 ppm
– Diossido di azoto (NO2): 0,02 ppm
– Ozono (O3): da 0 a 0,01 ppm
– Radon (Rn): 6 × 10-14 ppm
Per i nostri fini, possiamo semplificare dicendo che nell'aria è presente circa il 21% di ossigeno mentre tutti gli altri componenti vengono assimilati all'azoto (per una concentrazione complessiva del 79%) che, invece, è un gas inerte che, cioè, non partecipa alle reazioni di combustione.
Incrementi della concentrazione di ossigeno, anche minimi, hanno effetti molto rilevanti nella facilitazione delle reazioni di combustione e nel generare temperature di fiamma molto più elevate di quelle che si realizzerebbero in concentrazione atmosferica (è il principio alla base del cannello ossiacetilenico o delle fiamme ossidriche) ed occorre, dunque, attivare particolari e rigorose misure di prevenzione in tutti quegli ambienti ove sia possibile il rilascio

(2) Vale la pena precisare come tutte le combustioni siano reazioni di ossidoriduzione, ma non tutte le reazioni di ossidoriduzione siano reazioni di combustione. Per fare un esempio, i processi di produzione di corrente elettrica nelle pile avvengono mediante ossidoriduzioni ma, in tutta evidenza, non sono reazioni di combustione.
(3) Viene di seguito riportata la composizione dell'aria secca.

di ossigeno (es. depositi di bombole di ossigeno, particolari processi industriali, camere iperbariche).
Al contrario, la riduzione della concentrazione di ossigeno rende più difficoltosa l'evoluzione della reazione di combustione e può portare allo spegnimento delle fiamme anche senza la necessità di eliminare completamente l'ossigeno dall'ambiente, ma semplicemente abbassandone il tenore fin quando la concentrazione residua non sarà più sufficiente a sostenere la reazione di combustione.
Evidentemente, l'ossigeno gassoso non è l'unica molecola in grado di fungere da comburente in una reazione di combustione ma, certamente, la sua presenza è talmente ubiquitaria da far trascurare altri possibili agenti ossidanti. Tuttavia, è necessaria porre molta attenzione a quei processi industriali nei quali altri elementi possano fungere da comburenti per taluni combustibili, come per esempio ossidi, perossidi, cloro, perclorati, nitriti, nitrati, ecc., ricordando che, trattandosi di reazioni chimiche, al mutare di uno dei reagenti, mutano le caratteristiche e gli effetti della reazione.

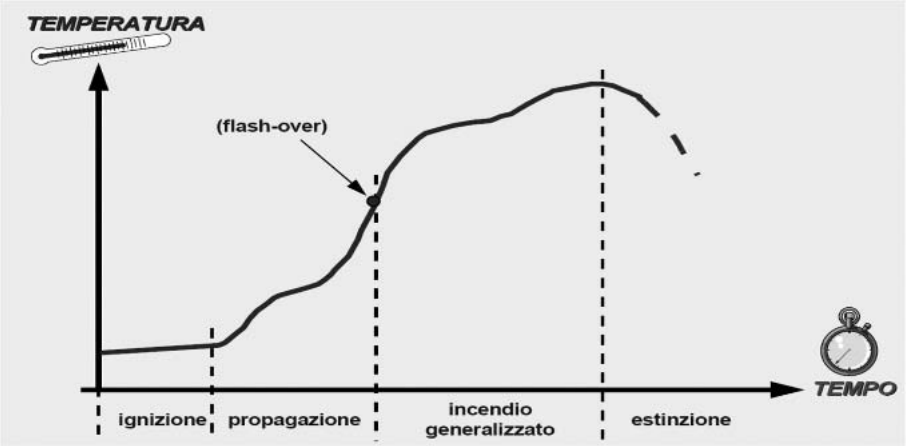
L'innesco

Con questo termine generico intendiamo tutte le sorgenti di energia in grado di attivare la reazione chimica di combustione.
È esperienza comune che il contatto di una fiamma con, per esempio, un combustibile solido (es. foglio di carta) può produrne l'accensione. Tale modalità di innesco è definita accensione diretta e viene utilizzata quotidianamente: il fornello di casa si accende mediante una scarica piezoelettrica che entra in contatto con la miscela aria-metano; le sigarette si accendono con la fiamma di un accendino a contatto diretto con carta e tabacco e, a sua volta, la brace di una sigaretta lanciata sciaguratamente fuori dal finestrino di un'auto, può generare l'accensione delle sterpaglie a bordo strada.
Al contrario, l'accensione indiretta avviene considerando le tre modalità di trasmissione di energia termica che si studiano comunemente in fisica:
— conduzione: è noto che, ponendo l'estremità di una sbarra di ferro sulla fiamma, il calore si trasferisce anche alle parti della sbarra non a diretto contatto con la sbarra. Per esempio, durante un incendio, il riscaldamento delle parti metalliche strutturali di un edificio può innescare altri focolai in zone non ancora raggiunte dalle fiamme;
— convezione: riguarda essenzialmente i fluidi (liquidi, gas, vapori, aeriformi in genere), nei quali la trasmissione del calore avviene mediante moti di circolazione delle masse riscaldate interne al fluido stesso che riducendo la loro densità, tendono a spostarsi, entrando in contatto con la restante massa del fluido più fredda e trasferendovi calore mentre, nel frattempo, queste masse fredde si spostavano per prendere il posto delle masse calde. È il principio per cui riusciamo a far bollire l'acqua in una pentola, riscaldiamo le nostre case e, durante un incendio, è il principale veicolo di calore che ne consente la propagazione attraverso i moti convettivi dei fumi, gas e dell'aria calda;
— irraggiamento: questo meccanismo sfrutta le onde elettromagnetiche e, pertanto, non necessita un "mezzo" per trasferire il calore. Una sorgente termica luminosa, come una fiamma, emette infatti radiazioni elettromagnetiche in diverse bande dello spettro. Noi ne vediamo solo la frazione visibile ma è anche presente una componente di raggi infrarossi a frequenza inferiore a quella percepibile dall'occhio umano. L'aspetto rilevante è che la quantità di calore trasmessa per irraggiamento è proporzionale alla quarta potenza della temperatura della sorgente emittente (T^4), il che significa che il suo contributo è relativamente trascurabile a basse temperature, ma cresce molto velocemente man mano che la temperatura aumenta.
Un'ulteriore, possibile, sorgente di innesco, è costituita dall'attrito nella quale l'energia necessaria ad attivare la reazione chimica di combustione è fornita dallo sfregamento di due materiali. Oltre ad essere stata storicamente una delle prime forme di accensione del fuoco utilizzate dall'uomo, può costituire l'innesco accidentale di incendi generati da macchinari nei quali ci sono parti in movimento reciproco ad elevata velocità non adeguatamente lubrificate.
Una forma meno comune di innesco è, invece, costituita dall'autocombustione. Come dice la parola stessa, in questo caso non è presente una fonte di innesco interna, ma l'energia di accensione è fornita da reazioni chimiche esotermiche tra due opportune specie chimiche messe a contatto tra loro o reazioni di fermentazione biologica (es. fieno umido, cumuli di spazzatura di materiale organico).

Sviluppo ed evoluzione dell'incendio

Un incendio all'interno di un ambiente chiuso è caratterizzato da uno specifico andamento denominato "curva d'incendio" (vedi Figura 1), rappresentabile graficamente con un diagramma che riporta il tempo sull'asse delle ascisse e la temperatura su quello delle ordinate, e consiste nella successione di quattro fasi.

Figura 1 - Curva d'incendio



Ignizione

Questa prima fase comporta un aumento relativamente lento della temperatura e può avere, nel caso dei combustibili solidi, una durata anche piuttosto "lunga" (da qualche minuto fino ad ore), in dipendenza della geometria dei locali, dell'infiammabilità del combustibile e della ventilazione disponibile. Può essere il caso di una sigaretta non completamente spenta buttata nel cestino della carta straccia, la quale non necessariamente comincerà immediatamente a bruciare facendo divampare delle fiamme, ma produrrà una condizione di fuoco latente o covante che potrà prolungarsi per qualche tempo, con scarsa produzione di fumi e gas.
La rilevazione del focolaio di incendio in questa fase consentirebbe un intervento tempestivo e a basso rischio per gli operatori addetti all'intervento.

Propagazione

Nel momento stesso in cui divampano le prime fiamme si entra nella fase di propagazione vera e propria nella quale inizialmente le fiamme producono l'estendersi del fronte dell'incendio lambendo direttamente i materiali combustibili ed incendiandoli mentre successivamente, con l'aumentare della temperatura che, come si può vedere dalla curva, cresce in maniera sempre più decisa col passare del tempo, il calore stesso prodotto dal fuoco fa superare la temperatura di accensione ai materiali combustibili più vicini, anche a distanza di qualche decina di centimetri.
Durante la fase di propagazione vengono prodotti fumi e gas tossici; i principali parametri che influenzano la crescita del focolaio di incendio sono i seguenti:
— la quantità di combustibile presente che determina direttamente la quantità di energia disponibile;
— il potere calorifico del combustibile stesso;
— i fattori fisici e geometrici dei materiali, in particolare il volume e le superfici dei corpi: la suddivisione e la granulometria dei materiali sono molto importanti; come già visto, polveri molto fini (ad esempio di cotone), possono dare origine a miscele esplosive, una stoffa leggera dello stesso materiale spiegata su un tavolo prenderà fuoco pressoché istantaneamente, mentre una pila di lenzuoli di cotone strettamente imballati si innescherà con molta più difficoltà;
— i prodotti della combustione di alcuni materiali che, essendo veri e propri gas combustibili (vapori di liquidi infiammabili, prodotti di distillazione del legno o di altri materiali come le plastiche), sono in grado di propagare gli incendi a grande distanza;
— il grado di umidità dell'ambiente, poiché bassi valori igrometrici (ambienti secchi), facilitano il procedere della combustione;
— la ventilazione e la circolazione dell'aria e dei gas di combustione;
— le caratteristiche geometriche e fisiche dell'ambiente, in particolare le sue dimensioni e il materiale di cui sono costituite le sue pareti.
La fase di propagazione può avere una durata variabile da un paio fino a 20-30 minuti.
L'intervento, in questa fase, utilizzando dispositivi di spegnimento portatili, è efficace nei primi minuti, superati i quali i mezzi di spegnimento portatili potrebbero non essere più efficaci ma, soprattutto, le temperature e la presenza dei gas di combustione rappresenterebbero un serio rischio per gli addetti all'intervento. A meno che non si abbiano le attrezzature adeguate (mezzi, dispositivi di spegnimento) e una formazione specifica al loro utilizzo nonché la capacità di valutare correttamente la situazione, quando l'estensione del focolaio supera la

valutazione di "principio di incendio", l'intervento è da considerarsi appannaggio di professionisti.
Col progredire della reazione di combustione si ha un improvviso aumento della produzione di gas di distillazione prodotti dai materiali combustibili stessi. Tali gas, miscelandosi con l'aria, producono una miscela a sua volta infiammabile che comporta l'estensione violenta dell'incendio. Inoltre, con il graduale aumento della temperatura nell'ambiente chiuso, si ha il raggiungimento della temperatura di autoaccensione della maggioranza del materiale combustibile presente, fattore che consentirà l'innesco della reazione di combustione anche dei materiali non direttamente lambiti dalle fiamme. Il punto di *flashover* vero e proprio è quello corrispondente al raggiungimento del valore della temperatura di accensione più alto fra i materiali combustibili presenti. Poiché si ha la partecipazione contemporanea di tutti i materiali combustibili alla reazione di combustione, l'incremento della temperatura è notevole e brusco a partire dal *flashover* il quale rappresenta il punto che divide la fase di propagazione dalla fase di incendio generalizzato.

Incendio generalizzato

La combustione, in questa fase, riguarda oramai tutti i materiali combustibili presenti nell'ambiente e si manifesta anche in modo violento se vi sono adeguate condizioni di ventilazione in grado di soddisfare la maggior richiesta di ossigeno necessaria al mantenimento della reazione. Questo comporta la possibilità di propagazione dell'incendio anche per irraggiamento (grazie alle elevate temperature raggiunte, nell'ordine dei 1000° C) e per la proiezione di scintille. Il calore generato in questa fase per il 60% viene trasportato dai gas di combustione, per il 10% è irradiato all'esterno attraverso le aperture e per il 30% viene assorbito dalle strutture.
Questa fase, in funzione della quantità di combustibile presente, può avere una durata variabile da pochi minuti fino a qualche ora ed è altamente distruttiva per i materiali coinvolti e anche per le strutture non protette.
Gli interventi sull'incendio, in genere eseguiti da professionisti, in questa fase sono finalizzati al controllo della propagazione dell'incendio ed al progressivo raffreddamento che condurrà all'estinzione.

Raffreddamento

Superato il punto massimo della fase precedente, si ha una diminuzione sempre più rapida delle temperature per effetto dell'esaurimento del combustibile.

Rischi alle persone in caso di incendio

In una qualunque reazione chimica, i reagenti originari si modificano per produrre nuove specie chimiche, definite "prodotti", mantenendo invariata la massa. In una reazione di combustione i prodotti della combustione sono di natura chimico-fisica (fumi e gas).
Per fare un esempio, considereremo il caso del metano (formula chimica: CH_4, ovvero una molecola di metano è costituita da un atomo di carbonio (C) - e 4 atomi di idrogeno (H)). Questo, come noto, è un combustibile utilizzato diffusamente per scopi domestici e come si è detto, per bruciare, dovrà reagire con un comburente che, nella maggioranza dei casi sarà costituito dall'ossigeno gassoso contenuto nell'aria (O_2).
La reazione di combustione del metano sarà rappresentata come di seguito:

$$CH_4 + 2O_2 \longrightarrow CO_2 + 2H_2O$$

In condizioni ideali, dunque, l'ossidazione completa di una molecola di metano richiede due molecole di ossigeno gassoso per generare una molecola di anidride carbonica (CO_2) e una molecola di acqua (H_2O) in forma di vapore acqueo. Reazioni simili sono definibili in tutte le reazioni di combustione e, cambiando i reagenti iniziali, in particolare il combustibile, si ottengono altre molecole di prodotti finali. Nella realtà, durante un incendio, le condizioni "ideali" si verificano solo parzialmente (temperature non sufficientemente elevate, carenza di ossigeno, impurità contenute nei combustibili) e, dunque, i prodotti finali di reazione possono differire da quelli che si ottengono sulla carta.
Di seguito si presenta un breve elenco dei più comuni e pericolosi prodotti di combustione, tenendo presente che al di là della pericolosità del singolo agente chimico, l'elevata variabilità e quantità dei materiali che vengono coinvolti in un incendio all'interno di qualunque ambiente di vita o di lavoro, e la variabilità delle condizioni di combustione, sono tali per cui la loro presenza a più o meno alte concentrazioni è da darsi sostanzialmente per scontata. Inoltre, tenuto conto che i fumi ed i gas tenderanno ad occupare tutto il volume a loro disposizione, i prodotti di combustione rappresentano di gran lunga il principale rischio per le persone durante un incendio, perché riducono la visibilità e generano tosse convulsa e lacrimazione che impediscono alle persone di allontanarsi, fino a che non rimangono vittime dei loro effetti tossici.

Prodotti della combustione

1) Monossido di carbonio - (CO)
Questo gas, incolore, inodore e insapore, deriva da una combustione incompleta dei combustibili contenenti carbonio (come il caso del metano su visto). In condizioni di carenza di

ossigeno, l'ossidazione potrebbe non avvenire in modo completo, portando alla formazione di CO, un gas emotossico che, se respirato, si lega in modo molto stabile con l'emoglobina contenuta nel sangue che, pertanto, non si rende più disponibile al trasporto dell'ossigeno, con conseguenze che, a seconda delle concentrazioni, inducono torpore, svenimento e, infine, la morte. Considerando che il carbonio è un elemento presente in moltissimi combustibili e che durante un incendio la combustione e la presenza dei fumi e dei gas tendono a ridurre la concentrazione di ossigeno, il monossido di carbonio è una concreta minaccia per la sicurezza delle persone (vittime e soccorritori); inoltre, essendo un gas che può essere ancora ossidato - quindi di per sé combustibile - in condizioni particolari (con la complicità di altri prodotti di combustione a loro volta combustibili) può indurre fenomeni quasi esplosivi in ambienti chiusi (per esempio laddove si rompa una finestra in un locale quasi saturo di fumi e gas. Questo fenomeno è detto *backdraft*).

2) Anidride carbonica - (CO_2)

Come si è visto, essa si forma con l'ossidazione completa del metano e, in generale, degli idrocarburi. È un gas blandamente tossico ma, comunque, è irrespirabile. Di conseguenza la sua presenza nell'aria contribuisce a ridurre la concentrazione di ossigeno disponibile per la respirazione, inducendo fenomeni di asfissia (oltre che partecipare al meccanismo di sottrazione di ossigeno che comporta la formazione di monossido di carbonio). È un prodotto di combustione comune praticamente in qualunque incendio.

3) Idrogeno solforato - (H_2S)

È un prodotto di reazione di combustibili contenenti zolfo (quali la lana, la gomma, le pelli, ecc.), dall'odore caratteristico di uova marce. È molto tossico per il sistema nervoso anche a basse concentrazioni.

4) Anidride solforosa - (SO_2)

Si forma nelle medesime condizioni nelle quali si forma l'idrogeno solforato e ne condivide l'odore caratteristico. È un gas irritante per gli occhi e le vie respiratorie.

5) Ammoniaca - (NH_3)

Si forma bruciando materiali contenenti azoto (es. lana, tessuti acrilici, resine) ed è un gas irritante per gli occhi e le vie respiratorie.

6) Acido cianidrico - (HCN)

Si forma nella combustione in carenza di ossigeno di materiali contenenti azoto. Ha un odore caratteristico di mandorle amare ed è estremamente tossico.

7) Acido cloridrico - (HCl) e fosgene ($COCl_2$)

Entrambi sono gas molto tossici (il fosgene era utilizzato nella prima guerra mondiale come arma chimica) e si sviluppano dalla combustione di materiali plastici.

8) Acroleina - (C_3H_4O)

Si produce dalla combustione, ad esempio della carta o di tessuti naturali, ed è un gas irritante.

9) Fumo

Il fumo altro non è che il vapore acqueo prodotto o dalla reazione di combustione o dall'evaporazione dell'acqua contenuta all'interno dei combustibili. Il suo colore nero è determinato dalla sospensione di particolato di materiale solido non combusto. Oltre a contribuire a facilitare la propagazione dell'incendio e la diffusione dei gas, è la principale causa della riduzione di visibilità e le particelle in sospensione nel fumo sono anch'esse tossiche o irritanti.

Il calore

La reazione di combustione è esotermica, ovvero avviene con rilascio di calore. L'energia rilasciata dipende sia dalla natura del combustibile che dalle condizioni al contorno, specie l'afflusso continuo di aria.

Le temperature delle fiamme raggiungono l'ordine di diverse centinaia o, anche, migliaia di gradi centigradi e il calore, oltre a rappresentare un rischio concreto per le persone, induce la propagazione rapida dell'incendio e la distruzione dei materiali, fino a costituire un rischio per le strutture anche in cemento armato o acciaio. Quest'ultimo e i ferri di armatura delle strutture in cemento armato possono riscaldarsi fino a circa 300 °C senza subire riduzioni sensibili delle loro proprietà meccaniche, ma superata questa soglia la degradazione diviene molto rapida e già a 550 °C la loro resistenza si abbatte del 60%. Una struttura in acciaio non protetta dagli effetti di un incendio, con le temperature tipiche che vi si sviluppano, rischia di collassare dopo soli 15-20 minuti. Nel caso delle strutture in cemento armato, lo strato di calcestruzzo che riveste i ferri di armatura, se correttamente dimensionato, li protegge dagli effetti del calore permettendo alla struttura di resistere per qualche ora.

I parametri chimico-fisici della combustione

I combustibili presentano alcune caratteristiche, determinabili sperimentalmente, che identificano la loro tendenza, più o meno elevata, a prendere fuoco e a bruciare autonomamente una volta innescati e rappresentano, dunque, un indice di pericolosità di una determinata sostanza. Vale la pena precisare che, per quanto tali concetti possano apparire nell'immediato

puramente teorici e di scarsa applicazione pratica, la loro conoscenza e comprensione risulta utile per inquadrare correttamente il fenomeno nella sua complessità.

Flash point

La temperatura di infiammabilità (*flash point*) è un parametro riferibile esclusivamente ai combustibili liquidi e identifica la temperatura oltre la quale il liquido infiammabile emette vapori in quantità sufficienti a formare, con l'aria, una miscela infiammabile, ovvero che possa essere accesa mediante un'opportuna sorgente d'innesco. Esso è storicamente utilizzato per identificare l'attitudine all'infiammabilità dei liquidi e, su questa base, essi vengono distinti dal D.M. 31 luglio 1934 (4) in tre categorie (per pericolosità crescente):
— Categoria A (T_i < 21 °C): benzina, alcoli;
— Categoria B (21 °C ≤ T_i ≤ 65 °C): gasolio;
— Categoria C (T_i > 65 °C): bitume, oli combustibili.
Si riportano di seguito i valori delle temperature di infiammabilità di alcuni combustibili liquidi.
Sostanza e temperatura di infiammabilità [°C]:
— Benzene: -11;
— Acetone: -17;
— Metanolo: 10;
— Gasolio per autotrazione: 55;
— Toluene: 4.
Quanto più bassa è la temperatura di infiammabilità di un liquido, tanto più esso è "pericoloso", ovvero, tanto prima è in grado di produrre vapori infiammabili. Ad esempio, l'acetone, già a partire da -17 °C, una temperatura abbondantemente inferiore a quella tipica dell'ambiente, possiede un tasso di evaporazione pericoloso, a differenza del gasolio che, invece, a temperatura ambiente non è infiammabile e, pertanto, deve essere preriscaldato portandolo ad una temperatura minima di 55 °C laddove se ne volesse produrre l'accensione.

Limiti di infiammabilità

Per solidi, liquidi e gas infiammabili, il campo di infiammabilità rappresenta il *range* di concentrazione in aria delle polveri (per i solidi), dei vapori (per i liquidi) o del gas entro il quale la miscela può bruciare.
Tale *range* è identificato da due valori estremi:
— limite inferiore di infiammabilità (LFL: *lower flammable limit*);
— limite superiore di infiammabilità (UFL: *upper flammable limit*).
Si riportano in Tabella 1 i valori caratteristici di alcune sostanze.
Per le polveri di combustibili solidi (es. legno, farina, zucchero, alluminio, magnesio) si considera il solo limite inferiore, espresso in g/m^3 che risulta frequentemente compreso tra 15 e 30 g/m^3.
Il limite inferiore di infiammabilità per un liquido, in pratica, si ottiene al raggiungimento della temperatura di infiammabilità, ovvero al raggiungimento di tale temperatura sulla superficie del liquido si forma una concentrazione di vapori pari al LFL che, miscelata con aria e in presenza di un opportuno innesco, è in grado di dar vita ad una reazione di combustione.

Tabella 1 - Valori di infiammabilità di alcune sostanze

Sostanza	LFL (% in volume)	UFL (% in volume)
Acetilene	2,5	81
Acetone	2,5	13
Benzina per autotrazione	1,5	7,6
Benzene	1,3	7,9
Toluene	1,2	7,1
Metano	5	15
Propano	2,1	9,5
Gasolio	0,5	5
Monossido di carbonio	15	74
Idrogeno	4	75

(4) D.M. 31 luglio 1934 "Approvazione delle norme di sicurezza per la lavorazione, l'immagazzinamento, l'impiego o la vendita di oli minerali e per il trasporto degli oli stessi".

A concentrazioni inferiori al LFL, semplicemente, la concentrazione di polveri, vapori o gas nell'aria è troppo diluita per permettere alla combustione di propagarsi. Al contrario, sopra il valore dello UFL si riscontra un'atmosfera eccessivamente ricca di combustibile e carente di ossigeno.
In tutta evidenza, quanto più basso è il valore del limite inferiore, tanto più una sostanza è da considerarsi pericolosa, perché in grado di bruciare anche a concentrazioni molto basse (dal punto di vista operativo questo ragionamento, per i liquidi, è vero solo a parità di temperatura di infiammabilità. Ad esempio, pur essendo il LFL del gasolio più basso di quello della benzina, rimane pur sempre vero che la condizione minima necessaria perché il gasolio possa raggiungere questa concentrazione di vapori è il superamento di una temperatura di almeno 55 °C, mentre la benzina, a temperatura ambiente avrà già superato il proprio limite inferiore di infiammabilità).

Temperatura di accensione

Questo parametro rappresenta, nei fatti "l'innesco opportuno" sinora utilizzato per attivare la reazione di combustione. Essa infatti rappresenta la temperatura minima alla quale deve essere portata la miscela combustibile/comburente per accendersi e continuare a bruciare autonomamente.
Si riportano in Tabella 2 alcuni valori convenzionali.
Questi valori sono da intendersi come puramente indicativi, dato che il loro valore muta notevolmente al variare del test di laboratorio con il quale vengono determinati.
In effetti, a fini prevenzionistici e con utilità più marcata nel settore delle atmosfere esplosive, è più utile ragionare in termini di "energie minime di accensione", ovvero dell'energia che deve essere fornita per portare il combustibile alla sua temperatura di accensione. Per fare un banale esempio, guardando i valori in tabella, sembrerebbe intuitivo pensare che quanto più bassa è la temperatura di accensione, tanto più la sostanza è da ritenersi pericolosa, con la paradossale conseguenza che la carta è più facilmente innescabile dell'acetilene. Ovviamente, le cose non stanno così, infatti l'energia necessaria per riscaldare un granello di polvere di carta attivando la combustione è ordini di grandezza inferiore a quella necessaria per riscaldare l'acetilene fino a portarlo alla sua temperatura di accensione.
Un aspetto importante per la comprensione del fenomeno della combustione è che, una volta raggiunta la temperatura di accensione, la reazione chimica si autosostiene, ovvero la fonte energetica che ha consentito al combustibile di iniziare a bruciare, può essere rimossa poiché il calore necessario per propagare la combustione al resto del combustibile, è prodotto direttamente dalla reazione di combustione.

Altre caratteristiche dei combustibili

Ci sono molti altri parametri chimico-fisici della combustione, ma ci limiteremo ai più importanti, per non appesantire la trattazione dell'argomento. Vale tuttavia la pena dar conto di qualche altra caratteristica essenziale dei combustibili per fornire alcune nozioni utili all'addetto antincendio.

Densità

La densità relativa dei gas o vapori rispetto all'aria è importante per predire la loro diffusione nell'ambiente in caso di rilascio. Convenzionalmente i gas vengono divisi in:
— leggeri (densità relativa ≤ 0,8), come ad esempio l'idrogeno, l'ammoniaca o il metano. In caso di rilascio, essi tenderanno a spostarsi verso l'alto, accumulandosi sul soffitto in un ambiente aperto o disperdendosi rapidamente nell'aria, all'aperto;

Tabella 2 - Alcuni valori convenzionali di temperatura di accensione

Sostanza	Temperatura di accensione [°C]
Benzina	440
Acetilene	304
Metano	538
Metanolo	385
Gasolio	338
Cherosene	249
Legno	250
Carta	230

— pesanti (densità relativa ≥ 1,2), come ad esempio i GPL o l'idrogeno solforato. In caso di rilascio, essi tenderanno a migrare verso il basso, verso il pavimento o formando sacche di gas nei cunicoli o nelle fosse. All'aperto, non si disperdono facilmente e la nube di gas o vapori può spostarsi per effetto del vento senza necessariamente diluirsi portandosi al di sotto del LFL. I gas con densità intermedia, compresa tra 0,8 e 1,2 non hanno invece un comportamento predeterminato e, in funzione della temperatura e di moti d'aria, potranno spostarsi verso l'alto, verso il basso o distribuirsi uniformemente nell'aria.

Potere calorifico

È la quantità di calore che si sviluppa dalla combustione completa di un kg di combustibile solido o liquido o da 1 m^3 di gas combustibile. Si misura in megajoule (MJ) e il suo calcolo è necessario per progettare strutture resistenti al fuoco. Conoscendo, infatti, i valori dei poteri calorifici dei materiali presenti in un ambiente (ricavati da tabelle sperimentali) e note le quantità di tali materiali, è possibile conoscere quale sarà il calore che si svilupperà in caso di un incendio. Noto questo valore, il progettista, seguendo le indicazioni di specifiche norme tecniche, sarà in grado di dimensionare travi, pilastri ed altri elementi strutturali e non in modo che la struttura resista per un tempo predeterminato all'azione dell'incendio.

Tipologie di fuoco

A seconda del tipo di combustibile, i fuochi da essi generati si distinguono (norma UNI EN 3) in cinque classi (Tabella 3).
Tale classificazione tornerà particolarmente utile nel capitolo dedicato agli estintori.

Tabella 3 - Classificazione dei fuochi

Classe	Generato da	Pittogramma
A	combustibili solidi quali legno, carta, pelli, gomma e derivati, tessili, con l'esclusione dei metalli	
B	combustibili liquidi, quali idrocarburi, alcol, solventi, oli minerali grassi, eteri, benzine e simili, e da solidi liquefacibili	
C	combustibili gassosi, quali idrogeno, metano, butano, acetilene, propilene	
D	metalli combustibili quali potassio, sodio e loro leghe, magnesio, zinco, zirconio, titanio e alluminio in polvere. Essi bruciano sulla superficie metallica a temperatura molto elevata, spesso con fiamma brillante	
F	oli e grassi in apparecchi per la cottura	

Le sostanze estinguenti

Il triangolo del fuoco

Quanto sinora espresso in termini di chimica e fisica della combustione può essere riassunto, a livello concettuale, con un semplice schema che costituisce, oltre che un modello per la descrizione di come rendere possibile una reazione di combustione, anche il modello che sottende le azioni per il suo conseguente spegnimento, nonché per la sua prevenzione. Lo schema in questione è denominato triangolo del fuoco, illustrato in Figura 2.
I lati del triangolo rappresentano i tre elementi necessari per la combustione che richiamiamo qui, ancora una volta:
— combustibile: qualsiasi sostanza capace di infiammarsi, organica o inorganica;
— comburente: usualmente l'ossigeno;
— fonte d'innesco: sorgente che apporta di calore al sistema.
Quando uno dei tre elementi della combustione viene a mancare, questa non avviene. Ma non solo: rimuovendo uno qualunque dei lati, laddove la combustione fosse già in atto, se ne otterrebbe lo spegnimento.

Esaurimento

Eliminare il lato del triangolo "combustibile" (azione di spegnimento definita esaurimento) consiste nell'allontanare o separare la sostanza combustibile dal focolaio di incendio. È un'azione comunemente utilizzata negli incendi boschivi, per esempio, tagliando alberi o bagnando le aree che ancora non hanno preso fuoco, in modo da impedire che il fuoco si propaghi e lasciando che la zona che ha preso fuoco consumi il combustibile fino al suo esaurimento. Analogamente si può usare sabbia per limitare i focolai di pozze di liquido infiammabile, bagnare le strutture circostanti a quella incendiata per impedire che prendano fuoco. In effetti, questa misura è più frequentemente utilizzata per controllare lo sviluppo di incendi. È una misura risolutiva solo in alcuni casi, come ad esempio l'intercettazione di una valvola di gas.

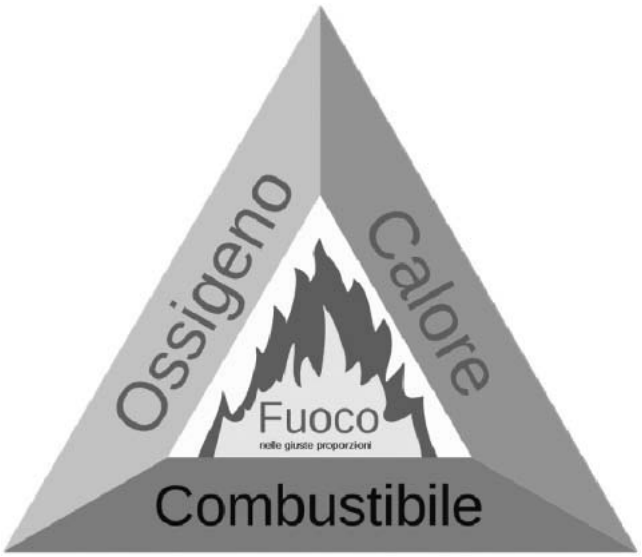
Soffocamento

La rimozione del lato "comburente" ("ossigeno") è detta soffocamento. Consiste nel rimuovere o ridurre l'ossigeno o, più spesso, separare il combustibile dal comburente.
Coprendo con un coperchio o uno straccio bagnato una padella d'olio che ha preso fuoco farà sì che il fuoco continui a bruciare fin quando la concentrazione di aria sotto il coperchio non sarà scesa al di sotto del limite inferiore di infiammabilità che costituisce una delle condizioni necessarie per il sostentamento della combustione. Come vedremo, tale tecnica è principalmente adottata erogando alcuni gas inerti per ridurre la concentrazione di ossigeno in ambienti chiusi o nei dintorni del principio di incendio.

Raffreddamento

Rimuovere il lato "calore" ("fonte di innesco") significa intervenire sulla sorgente termica che consente il mantenimento della combustione. Tale azione è definita raffreddamento e consiste nel sottrarre calore fin quando la temperatura del combustibile non scende al di sotto della sua temperatura di accensione.

Figura 2 - Triangolo del fuoco



Catena di reazione

Nonostante a livello didattico si faccia sempre riferimento al triangolo del fuoco, in effetti, esso è più propriamente riferibile alle combustioni che avvengono in assenza di fiamma. Infatti, nel caso di combustioni in presenza di fiamma è necessario accennare ad un ulteriore meccanismo intrinseco alla reazione di combustione, ovvero quello della catena di reazione. Prendendo spunto dalla reazione chimica del metano (che, ricordiamo, trattandosi di un gas, brucia solo con fiamma) precedentemente rappresentata, in realtà, la trasformazione del CH_4 dell'O_2 in CO_2 e H_2O avviene attraverso una serie di complessi e lunghi passaggi intermedi di cui non daremo conto. Nel corso di questi stadi transitori, la reazione di ossidazione è resa possibile perché si formano delle sostanze dette radicali liberi, che rendono possibile e facilitano il prosieguo della reazione nei suoi stadi successivi, fino alla produzione finale di anidride carbonica e acqua. Senza lo sviluppo di questa catena di reazione, la reazione chimica non arriverebbe a compimento.
È per questo motivo che, più propriamente, nelle combustioni con fiamma, in luogo del triangolo, occorrerebbe parlare di tetraedro del fuoco, rappresentato nella Figura 3.

Inibizione chimica

Ai fini dello spegnimento di combustioni con fiamma, allora, intervenire sull'ulteriore lato della catena di reazione consisterà nell'intercettare e/o impedire la formazione dei radicali liberi, impedendo che la reazione di ossidazione si concluda. L'intervento in questione è definito inibizione chimica ed è ottenuto attraverso l'impiego di specifiche sostanze estinguenti.

Acqua

L'acqua rappresenta uno degli agenti estinguenti più efficaci e, storicamente, più utilizzati per gli interventi contro gli incendi, ciò grazie alla sua relativamente facile disponibilità ed al basso costo.
Con riferimento al triangolo o tetraedro del fuoco, essa agisce efficacemente sulla combustione grazie ai seguenti meccanismi:
— raffreddamento. L'erogazione di 1 l/min di acqua alle normali temperature di utilizzo (circa 13-15 °C), evaporando completamente, assorbe 2,8 MJ/min di calore. Ciò comporta il raffreddamento sostanziale del combustile sia per applicazione diretta dell'acqua su di esso, sia per sottrazione di calore dall'ambiente nel quale viene erogato, fino a condurre all'abbattimento delle temperature al di sotto della temperatura di accensione;
— soffocamento. L'evaporazione a cui si è fatto riferimento al precedente punto, comporta la produzione di circa 2500 l/min di vapore acqueo. Questa notevole quantità di vapore, diluisce l'ossigeno contenuto nell'aria, contribuendo a rallentare la combustione.
Oltre che direttamente erogata sull'incendio, l'acqua può essere utilizzata per:
— raffreddare contenitori o strutture, proteggendole dal calore;
— diluire liquidi combustibili, a condizione che siano miscibili in acqua (dunque escludendo tutti gli idrocarburi);
— imbibire combustibili solidi in grado di assorbire l'acqua (es. la carta). Questo intervento potrebbe comunque danneggiare i materiali;
— creare schermi d'acqua a protezione degli operatori addetti all'intervento, proteggendoli dal calore;

Figura 3 - Tetraedro del fuoco



— portare un getto violento sui combustibili per allontanarli da focolaio di incendio;
— bagnare il combustibile per rallentarne l'accensione.
Le principali attrezzature impiegate per l'erogazione dell'acqua comprendono:
— estintori portatili;
— naspi;
— idranti;
— impianti *sprinkler*;
— impianti *water mist* (a nebbia d'acqua).
Essa può essere erogata, in funzione delle necessità, a getto pieno, frazionato o nebulizzato: quanto più aumenta il frazionamento, tanto più si facilita l'evaporazione dell'acqua e, dunque, l'azione dei suoi meccanismi di spegnimento (l'acqua, come si è visto, per essere efficace deve evaporare). Ovviamente, il prezzo da pagare al frazionamento è, principalmente, la distanza di erogazione dall'incendio che si riduce progressivamente, chiedendo all'operatore che esegue l'intervento di avvicinarsi al fronte di fiamma.
Negli ultimi anni si è assistito allo sviluppo di nuove tecnologie basate comunque sull'impiego dell'acqua, ma con modalità di erogazione che ne prevedono l'erogazione con una pressione molto elevata in grado di generare nebbie con particelle di dimensioni variabili tra 50 e 1000 µm. Il vantaggio dell'uso di tali tecniche è quello di combinare le caratteristiche di estinzione dell'acqua con le qualità di penetrazione tipiche dei gas estinguenti, senza che l'impiego causi rischi per le persone o l'ambiente. Tali sistemi vengono definiti *water-mist* e comportano un rapido, quasi istantaneo, decremento della temperatura. Infatti, la presenza, nell'ambiente dove ha sede l'incendio, di un numero elevato di gocce d'acqua di piccole dimensioni comporta una superficie totale esposta e valori dei coefficienti di scambio termico e massico notevolmente maggiori rispetto a quelli caratteristici delle erogazioni che sistemi convenzionali che generano gocce di diametro maggiore e, conseguentemente, una capacità di scambio di energia e di massa tra le gocce e l'ambiente circostante nettamente più elevata. Inoltre, essendo le gocce dotate di una massa estremamente ridotta, il *mist* erogato dispone della capacità di permanere per lungo tempo in sospensione e di raggiungere anche parti non direttamente esposte all'erogazione, grazie all'effetto di trascinamento esercitato su di esso dai moti convettivi dei fluidi presenti, elevando ulteriormente la sua efficacia. Altro elemento di importanza non trascurabile, conseguente alla elevata dispersione in aria causata dalle masse ridotte delle gocce, e alla ridotta quantità d'acqua utilizzata, è lo scarsissimo effetto di bagnamento delle superfici.
Inoltre, le ridotte quantità d'acqua utilizzate comportano, per questi sistemi, valori minori delle loro dimensioni e masse rispetto a quelli degli impianti convenzionali, nonostante le elevate pressioni di esercizio richiedano componenti di qualità più elevata e, in particolare, più robusti e di spessore maggiore. Ciò crea una notevole riduzione degli ingombri e dei pesi e, conseguentemente, dei problemi installativi ad essi collegati, non trascurando come essi garantiscano una elevatissima compatibilità con la presenza dell'uomo, a differenza di quelle di diversi tipi di agenti estinguenti gassosi.
Con riferimento alle classi di incendio, l'acqua è particolarmente indicata per fuochi di classe A (combustibili solidi), grazie alle sue capacità di raffreddamento ed alla sua efficacia anche nello spegnimento delle braci.
Al contrario, in generale, essa è controindicata (5):
— per liquidi infiammabili (classe B) non solubili o più leggeri dell'acqua stessa (es. gli idrocarburi);
— in presenza di apparecchiature o impianti elettrici sotto tensione;
— in presenza di sostanze incompatibili con l'acqua dal punto di vista chimico (es. carburo di calcio che produce acetilene o acido solforico);
— in presenza di metalli combustibili che a contatto con acqua possono generare il rilascio di idrogeno.

Schiuma

Un agente schiumogeno (schiume meccaniche) a base acquosa viene emulsionato con aria , in modo tale da aumentarne il volume e farlo diventare molto leggero.
Tralasciando le schiume per l'applicazione su incendi boschivi, quelle comunemente impiegate nelle applicazioni industriali (depositi di idrocarburi, aeroporti, ecc.) esercitano la loro azione di estinzione secondo i seguenti meccanismi:

(5) Tali controindicazioni hanno carattere generale e possono trovare eccezioni, specie in funzione del grado di frazionamento dell'acqua e delle modalità con le quali viene erogata. Ad esempio, pur se con attenzione, l'uso di acqua a getto frazionato può essere impiegata anche su incendi di combustibili liquidi, così come un suo elevato frazionamento (come nel caso di alcuni estintori idrici), la rende compatibile anche per essere utilizzata su apparecchiature elettriche, fino a determinati valori di tensione ed erogando almeno da distanza superiore ad 1 m.

— soffocamento: grazie alla sua leggerezza, la schiuma si spande sulla superficie del combustibile solido o liquido, impedendo all'aria di entrare in contatto col combustibile;
— raffreddamento: come si diceva, l'agente schiumogeno è a base acquosa e, pertanto, l'acqua in esso contenuta, a contatto con le elevate temperature del combustibile, evaporerà, sottraendo calore all'ambiente circostante e al combustibile stesso;
— separazione: se erogata sul combustibile ancora non innescato, ne impedisce l'accensione dei vapori.
A tal fine è bene precisare che, più che di "schiuma", occorrerebbe parlare di "schiume" ad indicare le diverse tipologie disponibili di tale agente, in funzione:
— del tipo di liquido schiumogeno;
— della concentrazione della soluzione schiumogena;
— del tempo che la schiuma impiega a "sgonfiarsi" (tempo di dimezzamento);
— del rapporto di espansione dato dal rapporto tra il volume di schiuma ottenuto ed il volume iniziale di soluzione;
— della loro fluidità e scorrevolezza sulla superficie del combustibile.
Non entreremo nel merito di ciascuna di queste caratteristiche, cosa che richiederebbe una trattazione molto lunga dell'argomento: basti sapere che esistono molteplici tipologie di schiume, adatte ciascuna a particolari incendi. Le schiume sono particolarmente indicate per l'impiego su fuochi di combustibili liquidi (Classe B), per la loro capacità di coprirne la superficie esercitando l'azione di soffocamento, tanto da rappresentare il principale agente estinguente nei confronti di questa tipologia di fuochi, specie laddove si abbia a che fare con depositi di liquidi infiammabili. Ma la schiuma possiede anche una certa efficacia per i fuochi di classe A (combustibili solidi).
Al contrario, il suo uso è incompatibile con:
— fuochi di metalli combustibili (classe D);
— impianti e apparecchiature elettriche sotto tensione (essendo, le schiume, a base acquosa);
— liquidi incompatibili con la schiuma a disposizione che potrebbero degradarne le caratteristiche.

Gas inerti

L'erogazione di un gas inerte, ovvero che non partecipa alla reazione di combustione, esercita sul fuoco le seguenti azioni di spegnimento:
— soffocamento: la scarica del gas riduce la concentrazione di ossigeno nell'ambiente necessaria al mantenimento della combustione;
— raffreddamento: l'espansione del gas, dalla bombola che lo contiene ad alta pressione all'ambiente nel quale viene erogato, ne determina il raffreddamento, contribuendo a ridurre la temperatura del combustibile, sul quale viene erogato, al di sotto della temperatura di accensione.
I gas inerti più utilizzati sono:
— argon;
— azoto;
— anidride carbonica;
— loro miscele.
Si tratta di gas presenti nell'aria, dunque non tossici (ad eccezione dell'anidride carbonica, alle concentrazioni alla quale viene erogata), per quanto, evidentemente, in grado di determinare l'asfissia di persone che si trovassero in ambienti nei quali la loro erogazione abbia abbassato il tenore di ossigeno nell'aria al di sotto dei limiti di sopravvivenza (nel settembre del 2018, due impiegati del dell'archivio di Stato di Arezzo sono deceduti a causa di una fuoriuscita accidentale dell'argon dall'impianto di spegnimento fisso).
La loro efficacia si limita essenzialmente agli ambienti chiusi, nei quali possono essere erogati mediante impianti di spegnimento fissi o estintori (anidride carbonica).
I vantaggi principali dell'uso dei gas inerti sono:
— pulizia: non sporcano e non distruggono i materiali su cui vengono erogati, non sommando ai danni dell'incendio anche quelli del suo spegnimento. Per tale motivo essi rappresentano una buona soluzione per proteggere ambienti con contenuto di elevato pregio (musei, gallerie d'arte, biblioteche) e locali tecnici, CED, cabine elettriche, centri di calcolo;
— compatibilità con la presenza di elettricità che, sommata al punto precedente, ne evidenziano l'uso privilegiato ove sono presenti impianti sotto tensione e componentistica elettrica o elettronica nei quali non è possibile l'uso di acqua che, comunque, pregiudicherebbe anche le condizioni dell'impianto a valle dell'intervento.
I gas inerti non sono efficaci nello spegnimento delle braci, la cui combustione è in grado di proseguire anche in carenza di ossigeno. Al contrario, essendo essi stessi gas, sono efficaci su fuochi di classe C.

Polvere

La polvere chimica (ne esistono di diversa natura, anche se si usa principalmente il fosfato d'ammonio o solfato d'ammonio) svolge la propria azione estinguente mediante i seguenti meccanismi:
— soffocamento: l'erogazione della polvere, grazie alla sua granulometria finissima, depositandosi, isola il combustibile dal comburente. Alcune polveri, decomponendosi per effetto del calore rilasciano anidride carbonica che integra l'azione di diluizione dell'ossigeno presente nell'aria;
— anticatalisi (inibizione chimica): la decomposizione della polvere, per effetto della temperatura del combustibile sul quale si deposita, rilascia delle specie chimiche che si legano con i radicali liberi che rendono possibile la propagazione della catena di reazione, intercettandole e impedendo alla reazione combustione di proseguire.
Trattandosi, in genere, di polveri dielettriche il loro uso è compatibile con impianti e attrezzature elettriche sotto tensione, per quanto non siano gli agenti estinguenti più indicati a questo scopo a causa del loro principale difetto: sporcano. A valle della scarica, la rimozione della polvere richiede una pulizia particolarmente onerosa e comporta, in modo inevitabile, il danneggiamento di apparecchiature elettriche.
Altri loro difetti consistono nella riduzione della visibilità in fase di scarica e per l'irritabilità delle vie aeree nel caso in cui vengano respirate (pur non essendo tossiche, sono molto sottili e deve evitarsene l'inalazione).
Ad ogni modo, le polveri sono l'agente estinguente più diffuso negli estintori, grazie alla loro versatilità che le rende compatibili con fuochi di solidi (classe A), liquidi (classe B), gas (classe C) (6).
Specifiche polveri sono, inoltre, idonee per fuochi di classe D (metalli combustibili), grazie alla loro capacità, a contatto con le temperature tipiche che si sviluppano nella combustione di questi materiali, di decomporsi fondendo, formando una crosta impermeabile all'aria quando si solidifica.

Alternative ecologiche agli halon

Gli idrofluorocarburi (HFC) sono composti chimici di origine sintetica formati da atomi di carbonio, fluoro e idrogeno. Il legame tra carbonio e fluoro conferisce a queste sostanze proprietà particolari (inerzia termica e chimica), tali da renderle particolarmente adatte a essere utilizzate come agenti estinguenti. Gli HFC sono stati introdotti come sostituti dei clorofluorocarburi (CFC) e degli idroclorofluorocarburi (HCFC), i quali sono stati progressivamente eliminati con l'entrata in vigore del Protocollo di Montreal, in quanto contribuiscono alla riduzione dello strato di ozono stratosferico. Il problema è che anche gli HFC non sono innocui, essendo dei gas serra molto più impattanti dell'anidride carbonica (da 4 a 15000 volte).
Gli HFC svolgono l'azione estinguente assorbendo calore dalla fiamma. Possiedono caratteristiche tali da risultare ottimi estinguenti e i migliori sostituti dell'halon in determinate condizioni, soprattutto lì dove è necessario garantire rapidità di spegnimento dell'incendio, sicurezza e ridotta occupazione di spazio. Gli HFC raggiungono infatti il livello di spegnimento in 10 secondi, a fronte dei 60 secondi richiesti dai gas inerti e di alcuni minuti (da 1 a 7) richiesti dalla CO_2. Poiché, inoltre, sono compressi in fase liquida, gli impianti ad HFC necessitano di una minore quantità di estinguente rispetto agli altri, e quindi di un minor numero di bombole. Inoltre, a differenza dei gas inerti e della CO_2, non sono tossici alle concentrazioni di spegnimento e di conseguenza non danno problemi nella protezione di spazi frequentati dagli esseri umani.
Per tutti questi motivi gli HFC si sono imposti come i migliori sostituti degli halon per la protezione di banche, centri di calcolo ed elaborazioni dati, aerei e veicoli militari, musei, ecc. Di fatto, è già iniziato, comunque, il processo per il progressivo disuso di questi estinguenti (specie il HFC-23 che è attualmente il più utilizzato). Con il regolamento F-gas, è già stato introdotto (gennaio 2016) il divieto di immissione in commercio di nuove apparecchiature contenenti HFC-23 e questo ha consentito di registrare una crescita notevole nell'uso dell'FK 5-1-12 e dei gas inerti.
L'FK 5-1-12 è un fluido estinguente che assicura un processo di spegnimento veloce (spegne in pochi secondi) e pulito, non rilasciando alcun tipo di residuo nell'area in cui viene erogato. Questa sostanza, di recente introduzione nel mercato, è inoltre atossica, non corrosiva, non conduttiva e con un margine di sicurezza tra la concentrazione di spegnimento e quella alla quale si potrebbero riscontrare effetti avversi per le persone pari al 69%, margine molto più elevato che per i gas inerti o i tradizionali estinguenti a base di HFC. A parità di volume da proteggere richiede un numero di bombole inferiore di circa sei volte rispetto a quello necessario per i gas inerti; inoltre a temperatura ambiente si trova in fase liquida, condizione che consente operazioni di travaso, ricarica e manutenzione molto più economiche e meno impegnative. Per tutte queste caratteristiche esso è particolarmente adatto alla protezione di

(6) Alcune polveri permettono l'omologazione degli estintori solo per fuochi di classe B e C, per esempio bicarbonato e solfato di potassio, bicarbonato di sodio.

apparecchiature sensibili (ad es., apparecchi di telecomunicazione e computer, installazioni marine, piattaforme petrolifere).

La prevenzione degli incendi

Principali cause di incendio e misure di prevenzione

Si riportano in Tabella 4 le principali cause di incendio rilevate nell'"Annuario Statistico del Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco" per l'anno 2017.
Come si può vedere, non è stato possibile rilevare una percentuale elevata di cause (presumibilmente riferibile ad incendi boschivi), ma sono senz'altro molte quelle accertate riconducibili a impianti o attrezzature tipiche di ambienti di lavoro.
La prevenzione, intesa come insieme delle misure volte a ridurre la probabilità di insorgenza di incendi, consisterà nel tentare di impedire che i tre elementi necessari ad una reazione di combustione (combustibile, comburente e innesco) suddetti elementi possano combinarsi. Vale tuttavia la pena considerare che, per ciò che concerne il comburente, fatto salvo che in alcuni impianti di processo o particolari soluzioni, la sua presenza può ritenersi ubiquitaria, essendo questo rinvenibile nell'ossigeno presente nell'aria che respiriamo e, pertanto, a fini preventivi, difficilmente la sua eliminazione o riduzione al di sotto delle concentrazioni stechiometriche necessarie per impedire che la reazione di combustione possa aver luogo sarà considerata una soluzione praticabile.
Simili considerazioni possono essere fatte per il combustibile. Gran parte della materia che ci circonda, in ognuno degli stati fisici che può assumere, presenta un certo grado di infiammabilità. È pur vero che, in questo caso, a fini preventivi, è possibile fare delle valutazioni, proprio in ragione della maggiore o minore attitudine dei materiali a partecipare ad una reazione di combustione. Tuttavia, difficilmente sarà possibile eliminare tutti i combustibili dal luogo di lavoro, per quanto una delle misure minime ed inderogabili da garantire consisterà, comunque, nella riduzione al minimo delle quantità di combustibili presenti.

Tabella 4 - Principali cause di incendio rilevate nel 2017

CAUSA	DETTAGLIO CAUSA	INCENDI ED ESPLOSIONI	
		N° INTERVENTI	%
Cause che determinano soccorso a persone	Non potute accertare	1.299	0,4%
Cause di incidenti di mezzi di trasporto	Disattenzione	424	0,1%
Cause di innesco di incendio	Altre	20.547	6,3%
	Camino e/o canna fumaria	13.101	4,0%
	Cause elettriche	11.796	3,6%
	Mozzicone di sigaretta e fiammiferi	6.499	2,0%
	Autocombustione	1.784	0,5%
	Mancata adozione di misure precauzionali, di esercizio e di sicurezza	1.612	0,5%
	Surriscaldamento di motori e macchine	1.470	0,5%
	Elettrodomestici	1.025	0,3%
	Faville da sfregamento di parti meccaniche	650	0,2%
	Fulmine	579	0,2%
	Fuochi d'artificio e giochi pirotecnici	361	0,1%
	Guasti ad impianti di produzione di calore	333	0,1%
Dolose	Probabile dolo	13.129	4,0%
	Probabile colpa	2.790	0,9%
Non potute accertare	Non potute accertare	202.480	62,1%
Cause che determinano altri tipi di interventi	Altre	6.870	2,1%
	Cause impreviste	3.429	1,1%
	Disattenzione generale	2.356	0,7%
	Funzionamento difettoso di impianti e/o macchinari	927	0,3%
*	*	29.569	9,1%
TOTALE			99,1%

(*) scheda d'intervento ancora aperta, dati parzialmente inseriti.

Fonte: Annuario Statistico del Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco.

In effetti, pur con tutte le semplificazioni eseguite nei ragionamenti su esposti, appare evidente come la presenza contemporanea di combustibili e comburente possa darsi sostanzialmente per scontata.
Ciò su cui, dunque, generalmente si concentra la prevenzione incendi consiste nell'intervento sulle sorgenti di innesco, evitandone la presenza o la formazione o garantendo che, laddove essa non possa escludersi o sia addirittura necessaria (si pensi all'esecuzione di lavorazioni che generino fiamme libere), essa avvenga in condizioni di sicurezza.
Il D.M. 10 marzo 1998 suggerisce al punto 2.1 le principali misure di prevenzione riassunte in Tabella 5.
Vale la pena fare qualche considerazione, in particolare, rivolta agli incendi di natura elettrica, essendo questi la causa stimata del 10-20% degli incendi all'interno degli ambienti di vita e di lavoro (7). Con specifico riguardo ad alcune tipologie di attività, difatti, si riscontrano le seguenti percentuali di causa di innesco di origine elettrica:
— locali commerciali e scuole: 14%;
— locali di pubblico spettacolo: 14%;
— strutture alberghiere: 18%;
— case di riposo: 34%.
Escludendo per il momento i fulmini e le scariche elettrostatiche, le cause di incendi di natura elettrica si riducono sostanzialmente a quattro. Per analizzare completamente il problema è auspicabile distinguere chiaramente tra questi quattro possibili modi di guasto dovuti a diverse classi di difetti nelle installazioni elettriche:
1) sovraccarico (8);
2) guasti di isolamento (difetti o deterioramento);
3) guasti ai terminali di collegamento (collegamenti inadeguati o allentati, deterioramento della pressione di contatto);
4) guasti ai conduttori (rotti o danneggiati - sezione ridotta).
Il diagramma di flusso in Figura 4 riporta cause e sottocause di guasto, nonché i modi di protezione necessari.
Appare evidente come, a monte di tutto, risulti necessaria una corretta progettazione e installazione degli impianti e delle apparecchiature, nonché il loro mantenimento in condizioni di efficienza. A tal proposito, con particolare riferimento alla prevenzione dalle sovracorrenti, chi scrive ritiene che ogni azienda dovrebbe chiedere ai propri manutentori elettrici un'indagine periodica condotta mediante la termografia, una tecnica molto efficace per prevenire incendi di natura elettrica.

Misure di protezione attiva

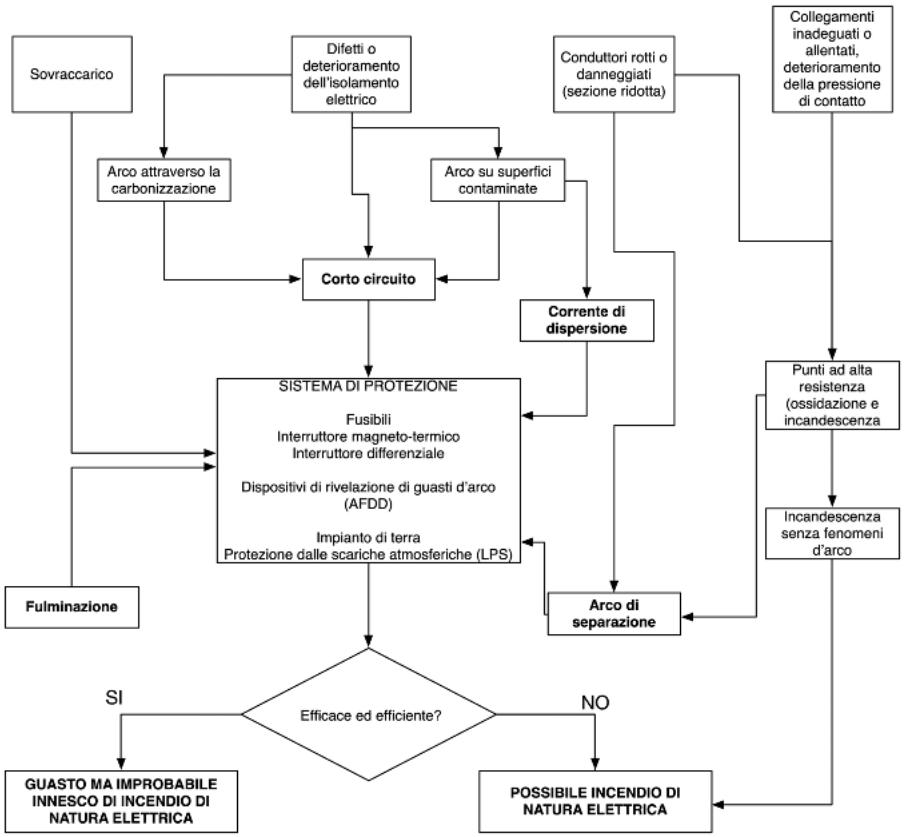
Per protezione attiva si intendono tutti quei dispositivi che, in caso di incendio, svolgono un ruolo attivo nella rilevazione e nell'estinzione dello stesso. Essa comprende:
— estintori;
— rete idrica antincendio;
— impianto di rivelazione incendio;

Tabella 5 - D.M. 10 marzo 1998, principali misure di prevenzione

Tipologia	Esempi
Tecniche	— realizzazione di impianti elettrici realizzati a regola d'arte; — messa a terra di impianti, strutture e masse metalliche, al fine di evitare la formazione di cariche elettrostatiche; — realizzazione di impianti di protezione contro le scariche atmosferiche conformemente alle regole dell'arte; — ventilazione degli ambienti in presenza di vapori, gas o polveri infiammabili; — adozione di dispositivi di sicurezza.
Organizzative-gestionali	— rispetto dell'ordine e della pulizia; — controlli sulle misure di sicurezza; — predisposizione di un regolamento interno sulle misure di sicurezza da osservare; — informazione e formazione dei lavoratori.

(7) "Gli incendi di natura elettrica", CNVVF, 2017.
(8) Sebbene il sovraccarico non possa definirsi propriamente come un difetto ma, più correttamente, come una condizione anomala di funzionamento in quanto si verifica in un circuito elettricamente sano che può portare, nel tempo, a cortocircuiti e dispersioni, esso è di solito il risultato di un sistema difettoso di progettazione o di aggiunte impreviste o non autorizzate alle installazioni. A volte, tuttavia, il sovraccarico delle macchine elettriche può verificarsi a causa di difetti nei macchinari azionati, quali pompe o altre macchine.

Figura 4 - Cause e sottocause di guasto, modi di protezione necessari



Fonte: "Gli incendi di natura elettrica", CNVVF, 2017.

— impianti di spegnimento;
— dispositivi di segnalazione ed allarme;
— evacuatori di fumo e di calore;
— segnaletica;
— presenza adeguatezza ed affidabilità di una squadra di emergenza interna.
Di seguito saranno analizzati i principali.

Estintori

Un estintore è un dispositivo mobile finalizzato all'estinzione degli incendi mediante l'impiego di appositi agenti estinguenti.
Gli estintori si distinguono in due grandi categorie (Figura 5) in ragione, proprio, della loro trasportabilità:
— estintori portatili: aventi una massa complessiva inferiore a 20 kg;
— estintori carrellati: aventi una massa complessiva superiore a 20 kg.
Sono altresì presenti dispositivi fissi, utilizzati per lo più per protezione localizzata (es. su macchinari o imbarcazioni) e, in genere, ad azionamento automatico. Gli estintori rappresentano una misura di protezione attiva molto efficace su principi di incendio e la loro adozione è, sostanzialmente, obbligatoria in qualunque ambiente di lavoro. Sono costituiti dai seguenti componenti:
— un serbatoio contenente l'agente estinguente e, se presente, il propellente necessario alla sua eiezione a distanza. Il serbatoio può essere permanentemente sotto pressione o, in alternativa, contenere al suo interno una cartuccia ausiliaria contenente il propellente;
— una valvola per consentire/regolare l'erogazione dell'estinguente;
— una manichetta flessibile che viene impugnata per direzionare il getto (non prevista negli estintori di taglia più piccola).
Nel caso degli estintori carrellati, questi sono anche provvisti di ruote.
Su ciascun estintore deve essere presente un'etichetta del tipo di quella riportata nella Figura 6.
Essa, come si vede, è divisa in cinque parti.
1) La prima parte riporta:
— la dicitura "estintore";

Figura 5 - Tipologie di estintori



Estintore portatile



Estintore carrellato

— la carica nominale ed il tipo di agente estinguente (es. 6 kg di polvere);
— le classi di fuoco su cui può essere impiegato (es. ABC) la sua capacità estinguente nei confronti di ciascuna di esse (es. 55A, 233B, C).
Quest'ultima è determinata sulla base di prove eseguite in condizioni standard ed i numeri associati ad ogni classe di fuoco (xA, yB, C) rappresenta, per ciascuna di esse, l'efficacia estinguente: maggiore è il numero associato a ciascuna classe di fuoco, maggiore è l'efficacia di quell'estintore. Così, ad esempio, un estintore di capacità 34A è meno efficace su incendi di combustibili solidi rispetto ad un altro di capacità 55A e, analogamente, un estintore di capacità 144B riuscirà ad estinguere focolai più piccoli di liquidi combustibili rispetto ad un estintore 233B.
A questo proposito, i valori che l'estintore può assumere sono:
— classe A: 5A, 8A, 13A, 21A, 27A, 34A, 43A, 55A;
— classe B: 21B, 34B, 55B, 70, B, 89B, 113B, 144B, 183B, 233B;
— classe C: non è previsto un valore di efficacia.

Figura 6 - Etichetta estintore



2) La seconda parte dell'etichetta riporta le istruzioni d'uso ed i pittogrammi riferibili alle classi di incendio su cui l'apparecchio può essere impiegato.
3) La terza parte dell'etichetta consta delle limitazioni e dei pericoli d'uso con particolare riferimento alla tossicità e alle apparecchiature sotto tensione.
4) La quarta parte riporta indicazioni relative all'esercizio ed alla manutenzione, al contenuto dell'estintore, i riferimenti al modello ed all'omologazione dell'attrezzatura e il *range* di temperature limite per l'utilizzo.
5) La quinta parte contiene il nominativo e l'indirizzo del costruttore.
Ciascun estintore portatile, sulla base dell'agente estinguente che contiene, delle sue quantità e della sua efficacia, avrà specifiche caratteristiche circa il getto utile dell'estinguente, la pressione di esercizio, ecc., ma è bene considerare che l'autonomia di tali attrezzature, ovvero il tempo massimo di erogazione prima che l'estintore risulti scarico, è variabile, normalmente, tra i 6 ed i 15 secondi e può comunque arrivare al massimo a qualche decina di secondi; pertanto essi sono da considerarsi mezzi destinati all'intervento da parte di persone addestrate al loro utilizzo esclusivamente su principi di incendio, per i quali possono risultare molto efficaci.
Per quanto concerne il loro numero e la loro dislocazione, non esiste una regola specifica, ma occorre far riferimento alle norme tecniche ed alle indicazioni contenute nel D.M. 10 marzo 1998. In generale valgono i seguenti suggerimenti.
Gli estintori devono essere idonei per la classe di incendio che può svilupparsi all'interno dell'ambiente di lavoro specifico.
È preferibile che gli estintori siano sollevati da terra, ma in ogni caso la loro sommità non deve essere disposta ad altezze superiori ad 1,5 m anzi, preferibilmente, qualora il loro posizionamento in basso non crei disagio, risulta più funzionale che vengano posizionati con la sommità ad 1 m dal piano di calpestio, di modo da facilitarne il distacco dal supporto.
Tutti gli estintori devono essere chiaramente visibili ed identificati con apposita segnaletica e comunque posti ad una distanza congrua dalle macchine, impianti o attrezzature a rischio, di modo da consentirne il raggiungimento anche in caso di incendio senza che tale operazione crei di per se stessa rischi per la sicurezza dell'addetto. È preferibile inoltre che essi siano installati lungo le vie d'uscita, in prossimità delle uscite stesse.
La distanza che l'operatore deve percorrere per raggiungere un'attrezzatura non deve essere superiore a 30 m (benché non specificato dal decreto, è chiaro che tale distanza debba riferirsi ad un percorso libero da ostacoli tra la posizione dell'operatore e l'estintore) e comunque, nel caso di edifici a più piani, deve essere presente almeno un estintore per ciascun piano.
Gli estintori collocati all'esterno devono essere protetti dall'azione degli agenti atmosferici.
Il datore di lavoro è responsabile del mantenimento delle condizioni di efficienza delle attrezzature ed impianti di protezione antincendio e deve attuare la sorveglianza, il controllo e la manutenzione in conformità a quanto previsto dalle disposizioni legislative e regolamentari vigenti. Scopo dell'attività di sorveglianza, controllo e manutenzione è quello di rilevare e rimuovere qualunque causa, deficienza, danno od impedimento che possa pregiudicare il corretto funzionamento ed uso dei presidi antincendio.

Manutenzione estintori

La manutenzione di tali attrezzature, nel suo complesso, consta di quattro distinte fasi:
1) Controllo iniziale: viene eseguita dall'azienda che effettua la manutenzione degli estintori, laddove subentrasse ad un precedente fornitore, al momento della presa in carico. Consiste in un esame delle condizioni dell'attrezzatura, delle registrazioni presenti e della documentazione, della leggibilità delle marcature.
2) Sorveglianza: a cura di personale dell'utente in possesso di adeguata formazione. Non è prevista una specifica periodicità, ma la norma tecnica UNI 9994 ne raccomanda l'esecuzione con cadenza mensile. Consiste in un esame visivo volto a verificare le condizioni generali, quali: l'integrità dell'estintore e del suo supporto, la presenza e corretta compilazione del cartellino di manutenzione, l'assenza di manomissioni e la facile raggiungibilità dell'estintore, la segnaletica, ecc.
3) Controllo: eseguito da personale della ditta specializzata con frequenza al massimo semestrale, consiste nelle stesse verifiche della fase di sorveglianza, a cui aggiungere accertamenti relativi alla pressione interna (mediante pesatura per gli estintori ad anidride carbonica), l'assenza di anomalie e danni. Al termine, è prevista la redazione di un rapporto di intervento e l'aggiornamento del cartellino di manutenzione.
4) Revisione programmata: anche in questo caso essa può essere fatta solo dal personale competente della ditta specializzata e prevede un esame approfondito dell'estintore, con la sostituzione di alcune sue parti, tra cui l'agente estinguente. La data della revisione (mm/aa) e la denominazione dell'azienda che l'ha espletata devono essere riportati sia all'interno che all'esterno dell'estintore ed è prevista la redazione di un rapporto tecnico. La periodicità con la quale deve essere eseguita la revisione è la seguente:

— estintori a polvere: 36 mesi;
— estintori a CO_2: 60 mesi;
— estintori a base d'acqua: con serbatoio in acciaio al carbonio con agente estinguente premiscelato: 24 mesi; con serbatoio in acciaio al carbonio contenente solo acqua ed eventuali altri additivi in cartuccia: 48 mesi; con serbatoio in acciaio INOX o lega di alluminio: 48 mesi;
— estintori ad idrocarburi alogenati: 72 mesi.
Il collaudo, eseguito anch'esso dall'azienda specializzata, consiste in prove sul serbatoio dell'estintore. Per estintori marcati CE, la periodicità è la seguente:
— estintori a CO_2: 120 mesi;
— estintori a polvere: 144 mesi;
— estintori a base d'acqua: con serbatoio in acciaio al carbonio con agente estinguente premiscelato: 72 mesi; con serbatoio in acciaio al carbonio contenente solo acqua ed eventuali altri additivi in cartuccia: 96 mesi; con serbatoio in acciaio INOX o lega di alluminio: 144 mesi;
— estintori ad idrocarburi alogenati: 144 mesi.
Sono reperibili sul mercato estintori contenenti ciascuno degli agenti estinguenti descritti nei capitoli precedente. Si darà conto, nel seguito delle principali caratteristiche di ciascuno.

Estintore idrico

Consente l'erogazione di un getto d'acqua fortemente frazionato grazie alla forma dell'ugello (simile ad una doccetta), così da garantirne la massima efficacia. In genere l'acqua è sempre addizionata con agenti chimici tensioattivi in grado di formare un sottile film sul combustibile sul quale essa viene erogata, per migliorare l'azione di soffocamento.
L'eiezione dell'acqua avviene impiegando come propellente anidride carbonica o azoto ed il peso complessivo delle attrezzature più comuni è pari a:
— circa 11 kg per estintori contenenti 6 kg di acqua;
— circa 16 kg per estintori contenenti 9 kg di acqua.
In genere, essi possono essere utilizzati in presenza di apparecchi elettrici sottotensione (fino a 1000 V in c.a. ed erogando da una distanza di almeno 1 m).
La distanza dalla base delle fiamme alla quale dovrebbe avvenire l'erogazione per assicurare la massima efficacia è la seguente:
— da 2 a 3 m per estintori contenenti solo acqua;
— da 3 a 4 m per estintori contenenti acqua e additivi.
Sono normalmente utilizzati in ambienti con combustibili solidi (ma sono efficaci anche sui liquidi combustibili) e, grazie alla loro capacità di non sporcare e di garantire il mantenimento della visibilità durante l'erogazione, si stanno diffondendo, in particolare, negli uffici, anche per interventi su quadri elettrici.

Estintore a polvere

È probabilmente il tipo di estintore più diffuso negli ambienti di lavoro. È reperibile in varie taglie, per quanto il tipo da 6 kg di polvere (per un peso complessivo dell'estintore di circa 11 kg), sia certamente il più diffuso perché garantisce un'adeguata capacità e maneggevolezza. In genere si preferisce l'acquisto di estintori con polveri polivalenti ABC per coprire tutte le esigenze, ma sono disponibili sul mercato anche estintori di tipo BC e, anche, quelli adatti a fuochi di classe D.
Il propellente utilizzato è quasi sempre azoto a pressione permanente, ma sono reperibili anche tipologie con pressione ausiliaria (con bombolina interna o esterna) caricati ad anidride carbonica.
La distanza dalla base delle fiamme alla quale dovrebbe avvenire l'erogazione per assicurare la massima efficacia è di circa 3-4 m.
A causa del danneggiamento che il suo utilizzo determina sugli apparecchi elettrici, per i quali è perfettamente compatibile, negli ambienti di lavoro, specie in prossimità dei quadri elettrici, si preferisce integrarne la presenza con altri estintori con agenti estinguenti puliti.

Estintore ad anidride carbonica

Insieme a quelli a polvere, sono la tipologia di estintore più diffuso, in particolare perché presentano l'indiscutibile vantaggio di non sporcare i materiali e le attrezzature sui quali vengono utilizzati e poiché sono impiegabili in sicurezza su attrezzature e impianti sotto tensione. Tali attrezzature sono idonee per affrontare fuochi di classi B e C, mentre non sono omologabili per l'estinzione di fuochi di classe A in quanto non idonei allo spegnimento delle braci.
L'anidride carbonica è conservata all'interno di una bombola che costituisce l'estintore stesso, alla pressione di circa 60 atm (la bombola è collaudata a 250 atm a 15 °C) consentendone la liquefazione. Al momento della pressione della leva di apertura, l'anidride carbonica uscendo dal cono diffusore, normalmente montato all'estremità di un tubo semirigido, si espande sino a raggiungere la pressione atmosferica con conseguente immediato raffreddamento (circa -78 °C) ed una gittata massima di 2 o 3 m. Il loro impiego è da sconsigliarsi nel caso di fuochi all'aperto in presenza di vento.

A causa delle elevate pressioni della bombola, il peso di questi estintori è maggiore rispetto ad altre tipologie:
— circa 6 kg per estintori contenenti 2 kg di anidride carbonica;
— circa 15 kg per estintori contenenti 5 kg di anidride carbonica.

Modalità di utilizzo

Come detto, l'estintore portatile non ha una grande autonomia; pertanto, affinché il suo impiego acquisti la massima efficacia, è necessario seguire modalità di utilizzo corrette, così da massimizzarne il risultato riducendo al minimo gli sprechi di sostanza estinguente.
Si ricordi al proposito che, poiché la reazione di combustione ha inizio dove la miscela combustibile-comburente si innesca, l'azione di estinzione deve colpire non già le fiamme, ma la loro base, ovvero il getto dell'estintore deve essere rivolto verso la superficie del solido o del liquido infiammato. Tale azione dovrà essere condotta con la massima attenzione, per evitare sia l'inalazione dei fumi e dei gas di combustione, sia l'effetto del calore e delle fiamme. È necessario pertanto, dopo aver verificato che l'estintore raccolto sia idoneo alla classe di fuoco che si intende attaccare, avvicinarsi al principio di incendio mantenendosi il più possibile abbassati e mai controvento (se all'aperto o in presenza di correnti d'aria).
Giunti di fronte al fuoco, ad una distanza idonea al getto dell'estintore, si proceda pertanto a seguire le indicazioni per l'uso riportate sull'etichetta dell'estintore (Figura 7).
A tal proposito si noti che, poiché l'azione di spegnimento deve essere eseguita mediante un movimento a ventaglio del getto estinguente e che lo stesso deve essere diretto alla base delle fiamme, per assicurare il massimo risultato è preferibile che la lancia venga impugnata dalla mano con la quale ciascuno ha maggiore confidenza (la sinistra per i mancini, la destra per gli altri), mentre l'altra mano sarà utilizzata per reggere l'estintore e mantenere la pressione sulla leva.
Quando, come è preferibile anche per agevolare un'eventuale richiesta di soccorso, l'intervento dovesse essere eseguito contemporaneamente da due operatori, questi non devono mai assumere posizioni contrapposte, ma stare sempre dallo stesso lato o agire con un angolo massimo di 90° l'uno rispetto all'altro, per evitare di essere colpiti sia da getti di sostanze estinguenti, sia da materiale incandescente proiettato dallo stesso getto dell'estintore manovrato dal compagno.
L'operatore dovrà cercare di non scaricare immediatamente l'intero estintore, ma dovrà procedere con idonee scariche, anche per verificare l'efficacia della propria azione e per spegnere eventuali focolai residui che dovessero permanere.
È fondamentale che dopo l'avvenuto spegnimento si verifichi l'assenza di eventuali braci che potrebbero causare un reinnesco dell'incendio.

Figura 7 - Indicazioni per l'uso dell'estintore



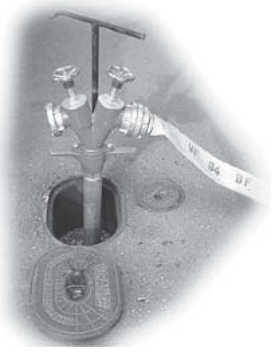
Rete di idranti

È una misura prevista per la protezione attiva interna e/o esterna agli edifici che utilizza come agente estinguente l'acqua, utilizzata per gli incendi di combustibili solidi.
Si compone di una parte fissa costituita dalla rete vera e propria (alimentata dall'acquedotto comunale, da riserve idriche inesauribili o da vasche di accumulo), gruppi di pressurizzazione e dagli idranti nonché di una parte mobile costituita dalle manichette e dalle lanche o dai naspi ed il suo utilizzo è, in genere, riservato ai Vigili del fuoco essenzialmente perché destinato all'estinzione di fuochi non più definibili "principi di incendio"; ciò, tuttavia, non significa che esse non possano essere impiegate anche da personale delle squadre di emergenza aziendale ma, in questo caso, è necessaria una buona formazione, addestramento, periodiche prove pratiche, procedure di intervento per non mettere a repentaglio l'incolumità degli addetti.
Non entreremo nel merito della parte impiantistica, limitando la trattazione ai soli apparecchi di erogazione (idranti e naspi).
Col termine idrante antincendio si intende l'attacco unificato, dotato di valvola di intercettazione ad apertura manuale, collegato ad una rete di alimentazione idrica.
Esso può essere:
— a muro, composto essenzialmente da una cassetta, o da un portello di protezione, un supporto della tubazione, una valvola manuale di intercettazione, una tubazione flessibile completa di raccordi, una lancia erogatrice;
— sottosuolo, ovvero permanentemente collegato a una rete di alimentazione idrica, costituito da una valvola provvista di un attacco unificato ed alloggiato in una custodia con chiusino installato a piano di calpestio;
— a colonna soprasuolo, ovvero permanentemente collegato a una rete di alimentazione idrica, costituito da una valvola alloggiata nella porzione interrata dell'apparecchio, manovrato attraverso un albero verticale che ruota nel corpo cilindrico, nel quale sono anche ricavati uno o più attacchi con filettatura unificata (Figura 8).
L'adozione di una rete di idranti è determinata dagli esiti della valutazione del rischio di incendio o, più frequentemente, dal rispetto di norme tecniche antincendio che ne prevedono l'adozione nel caso di specifiche attività, specie per quelle soggette a controlli periodici da parte dei Vigili del fuoco.
Gli attacchi degli idranti utilizzati in Italia sono di tre diametri unificati: UNI 45, UNI 70 ed UNI 100 dove i numeri stanno ad indicare i diametri interni in millimetri.
In genere la maggior parte degli idranti utilizzati all'interno dei fabbricati o delle aree da proteggere sono del tipo UNI 45 installati in apposite cassette e contenenti anche un tubo flessibile (detto "manichetta") ed una lancia di erogazione. Spesso, quando serve maggiore protezione in termini di quantità di acqua, si installano anche cassette con idranti UNI 70.
Si tenga, infatti, presente che un idrante UNI 70 alla pressione di 2-3 atmosfere ha una portata pari a circa il doppio di un idrante UNI 45 (circa 250 l/min contro 120 l/min).
La pressione ottimale di alimentazione della rete è da ritenere intorno alle 7-10 atm ma molto spesso, nella realtà, si trova, invece, una pressione di 2-4 atm.
All'attacco dell'idrante deve essere collegata la tubazione flessibile (o manichetta). Questa, se in pressione, è di sezione circolare e quando non lo è risulta appiattita. La lunghezza è in genere di 20 m. Ciascuna manichetta riporta alle sue estremità un raccordo maschio ed un raccordo

Figura 8 - Tipi di idrante antincendio



Idrante a muro



Idrante sottosuolo



Idrante a colonna soprasuolo

femmina: il primo serve per collegare la manichetta alla lancia erogatrice o ad altre manichette per prolungarne la lunghezza, il secondo deve essere collegato all'idrante o, ovviamente, alla manichetta che lo precede.
All'interno delle cassette le manichette sono avvolte "in doppio" di modo che le due estremità si trovino vicine ed all'esterno del rotolo, devono essere libere da impedimenti allo srotolamento (capita a volte di trovare manichette ancora tenute chiuse con il filo di nylon con le quali sono state vendute). La norma tecnica prevede che la manichetta, se presente nella cassetta dell'idrante, sia sempre collegata ad esso.
Alla manichetta viene collegata, all'altra estremità, in corrispondenza del raccordo maschio, la lancia erogatrice, un dispositivo provvisto di bocchello di sezione unificata e di un attacco unificato, dotato di valvola che permette di regolare e dirigere il getto d'acqua. Essa trasforma l'energia di pressione in energia cinetica: tali lance sono difatti provviste di un'apposita leva che consente di chiudere il getto e di erogare acqua a getto pieno o frazionato di modo da garantire la massima efficacia senza inutili sprechi di estinguente. Da ricordare che il getto frazionato, oltre ad avere una maggiore capacità di raffreddamento, consente anche di ridurre il rischio di elettrocuzione nel caso di impiego degli idranti su impianti o attrezzature elettriche. Si rammenti però che l'impiego di getto frazionato o nebulizzato comporta una notevole riduzione della gittata dell'acqua.
Le lance possono essere a leva o a rotazione e l'erogazione del getto frazionato può essere:
— a velo diffuso (laminare) con angolo di erogazione fisso di 90°± 5°;
— a forma di cono con angolo di erogazione non minore di 45°.
La norma stabilisce inoltre la gittata effettiva minima:
— getto pieno: 10 m;
— getto frazionato a velo diffuso: 6 m;
— getto frazionato a forma di cono: 3 m.
Ai fini dell'impiego è necessario, come si diceva, un discreto addestramento pratico, anche per non compiere manovre errate che potrebbero comportare la formazione di strozzature sulla manichetta o altre azioni che si rivelerebbero inutili perdite di tempo. Almeno nella fase iniziale occorre essere in due. La manichetta va tenuta saldamente e, dopo aver afferrato le due estremità, va distesa facendola rotolare con un lancio. A questo punto uno dei due addetti con la lancia erogatrice e il raccordo maschio della manichetta in mano si dirige verso il fuoco (stendendo così automaticamente la manichetta che risulta ancora essere piegata in due), mentre l'altro attacca il raccordo femmina all'idrante.
Nel caso di collegamento di più manichette, dopo aver steso la prima come già visto si procederà alla distesa della seconda seguendo una procedura analoga e, in ultimo, si procederà al collegamento della manichetta all'idrante. All'ordine dell'operatore che si trova in testa, il secondo addetto apre il rubinetto dell'idrante.
È fondamentale, come si può vedere, l'adozione di corrette procedure che puntino al coordinamento, non solo dei due addetti all'idrante, ma anche verso altri soggetti che, per esempio, devono dare il segnale dell'avvenuto sezionamento dell'impianto elettrico.
L'intervento vero e proprio consisterà nel bagnare la base delle fiamme ed eventualmente anche i materiali circostanti, per impedire che prendano fuoco, facendo attenzione a che il getto d'acqua in pressione non sparga il materiale che brucia; eventualmente, dirigere il getto sulle fiamme indirettamente o da lontano.
Può essere utile utilizzare più idranti contemporaneamente, attaccando il fuoco da diverse direzioni.

Naspi

I naspi sono attrezzature più semplici da utilizzare degli idranti essendo costituiti da una tubazione semirigida (generalmente in gomma) avvolta su un tamburo rotante ed avente alla sua estremità una lancia cosiddetta a "pistola" cioè con valvola di apertura e chiusura installata nell'impugnatura.
Essi sono, in genere, di diametro 20 o 25 mm ed hanno normalmente una portata di circa 35 l/min ad una pressione di 1,5 atm. La minore portata, ovviamente, assicura un'efficacia ridotta

Figura 9 - Lance e manichetta



Manichetta — Lancia a leva — Lancia a rotazione

rispetto agli idranti ma in compenso il loro uso è molto più agevole anche da parte di persone poco esperte.
Per usare un naspo UNI 25 occorre seguire la seguente procedura:
— assicurarsi che sia stato staccato l'interruttore elettrico generale ed il gruppo di continuità;
— rompere il vetro (o lo schermo di plastica);
— assicurarsi che il rubinetto posto sulla lancia sia chiuso;
— aprire il rubinetto posto sulla tubazione dell'acqua;
— afferrare la lancia e dirigersi verso l'incendio: la bobina si mette a ruotare e la manichetta si srotola da sola;
— nel caso, dirigersi sopra vento rispetto all'incendio, in modo da non essere colpiti dal fumo e dal calore;
— aprire il rubinetto posto sulla lancia e bagnare la base delle fiamme. Eventualmente bagnare anche i materiali circostanti, per impedire che prendano fuoco;
— al termine dell'intervento, chiudere il rubinetto posto sulla tubazione principale, svuotare la manichetta, ruotare la bobina per avvoltolarvi la manichetta.
Anche le reti idriche antincendio sono soggette a specifica manutenzione da effettuarsi con le periodicità e secondo le indicazioni delle norme tecniche.

Manutenzione naspi

Le fasi della manutenzione sono:
— presa in carico, da effettuarsi mediante ditta specializzata addetta alla manutenzione nel caso di subentro ad altra ditta;
— sorveglianza, da effettuarsi mediante personale interno formato, secondo le periodicità definite dal datore di lavoro. Consiste in un controllo visivo atto a verificare che i componenti della rete idranti siano nelle normali condizioni operative, siano facilmente accessibili, siano presenti le istruzioni d'uso e non presentino danni materiali accertabili tramite esame visivo quali difetti, segni di deterioramento, corrosione o perdite;
— controllo, da effettuarsi con periodicità al massimo semestrale mediante ditta specializzata:
— controllo e manutenzione annuale, da parte di ditta specializzata;
— collaudo periodico quinquennale, da parte di ditta specializzata.

Impianti fissi di spegnimento automatici

Gli impianti automatici di estinzione sono generalmente costituiti da una serie di erogatori di una determinata sostanza estinguente disposti in punti strategici dell'ambiente o delle strutture da proteggere alimentati, tramite una rete di tubazioni, da una centralina la quale si attiva su segnalazione di idonei sensori. Dalla definizione appare evidente che tali impianti, combinando insieme le azioni di rivelazione, allarme e spegnimento, assicurano una protezione che può senz'altro definirsi di livello superiore a quella offerta, ad esempio, dagli impianti di sola rivelazione o da impianti di estinzione manuale.
I più diffusi impianti automatici di estinzione sono gli impianti idrici a pioggia (comunemente chiamati *sprinkler*), gli impianti a schiuma, gli impianti ad estinguenti alogenati o a gas inerti.

Sprinkler

Gli impianti *sprinkler* sono impianti funzionanti ad acqua che intervengono automaticamente nelle fasi iniziali di un incendio evitando, così, il suo estendersi e, contenendo al massimo i danni da esso prodotti. Essi sono costituiti da una rete di tubazioni lungo la quale è installata una serie di erogatori opportunamente posizionati in modo da assicurare una protezione ottimale alla zona da proteggere. Altri componenti fondamentali sono, poi, una o più centrali di controllo ed allarme e l'alimentazione idrica.
Questi impianti trovano vasta utilizzazione in tutti quei casi per i quali l'acqua risulta essere un valido mezzo di spegnimento ed anche in ambienti notevolmente vasti dove sono presenti grandi quantità di sostanze combustibili. È opportuno, pure, tener presente che a favore dell'impiego di tali impianti gioca anche il fatto che essi erogano acqua frazionata e che, inoltre, quando essi intervengono entrano in funzione, generalmente, soltanto gli erogatori sovrastanti la sola zona interessata dell'incendio con conseguente limitata erogazione di acqua e quindi minori danni da essa arrecati.
Naturalmente esistono anche limiti d'impiego non potendo essi essere installati là dove esistono sostanze per le quali non può essere usata l'acqua come agente estinguente o dove esistono apparecchiature che possono essere danneggiate dall'acqua.
Gli ugelli erogatori sono dotati, in genere, di una piccola capsula in vetro che impedisce l'uscita dell'acqua, fungendo da tappo di chiusura. All'interno della capsula è presente un liquido che, in caso di incendio, al raggiungimento di una data temperatura, provoca la rottura della capsula e la fuoriuscita dell'acqua.

Impianti di spegnimento a gas

Gli impianti di spegnimento a gas (alogenati o inerti) hanno il vantaggio di essere puliti e non rovinare il materiale su cui viene erogato l'estinguente. Essi entrano in azione quando il sistema di rivelazione invia un segnale di allarme alla centrale, che mette in atto le azioni per cui è stata programmata, estinguendo le fiamme in brevissimo tempo.

Per un perfetto funzionamento del sistema, è necessario che la progettazione dell'impianto sia eseguita correttamente al fine di avere una distribuzione uniforme del gas in ambiente ed una riduzione di ossigeno che spenga l'incendio senza provocare danni ad eventuali persone/beni presenti.
Il sistema di spegnimento a gas può essere attivato sia manualmente che automaticamente. Lo spegnimento avverrà tramite il metodo della saturazione totale, è necessario pertanto che le aperture di aerazione che possano generare la fuoriuscita del gas dall'ambiente vengano chiuse mediante sistemi automatici.
Dev'essere, altresì, presente un sistema che ritardi l'emissione di gas per lasciare il tempo per l'evacuazione alle persone presenti nel locale. Il successivo rientro nei locali, dopo l'avvenuta scarica, sarà possibile solo dopo un'opportuna aerazione.

Impianti di rivelazione

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, spesso, il funzionamento di un sistema automatico di spegnimento nonché l'eventuale attivazione di particolari altre manovre (chiusura di porte o serrande tagliafuoco, azionamento di allarmi ottici e acustici, apertura di evacuatori di fumo ecc.).
Proprio per questa loro caratteristica di intervento in tempi rapidi nella fase di "principio d'incendio" l'azione di tali impianti comporta certamente una drastica riduzione dei danni da esso provocati.
In via generale tali impianti sono costituiti da una serie di rivelatori opportunamente distribuiti, da una centrale di controllo e segnalazione e dalle alimentazioni. I rivelatori sono gli organi sensibili deputati a controllare una determinata grandezza e a inviare alla centrale di controllo gli opportuni segnali allorché rilevano delle anomalie. Si distinguono in:
— rivelatori di fumo;
— rivelatori di calore;
— rivelatori di fiamma.
In ragione dell'area controllata possono essere:
— puntiformi, in genere applicati ai soffitti dei locali di un edificio che contengono un carico di incendio medio o alto (ad esempio magazzini di prodotti combustibili o infiammabili, archivi cartacei, edifici storico-artistici, stabilimenti produttivi, ecc.). Ognuno di essi rappresenta un punto di rilevamento;
— lineari, usati per la protezione di grandi superfici, in quanto più convenienti, dal punto di vista dell'installazione, dei rilevatori puntiformi. Vengono installati, ad esempio, nei grandi stabilimenti industriali, nei quali sarebbe necessario installare numerosi rilevatori di fumo puntiformi per garantire un'adeguata copertura dell'area. Il loro funzionamento si basa sull'attenuazione prodotta dal fumo sul fascio infrarosso trasmesso da un emettitore posto su una parete che viene rinviato indietro da un riflettore catarifrangente installato sulla parete opposta.
La centrale deve essere ubicata in luogo permanentemente e facilmente accessibile, protetto, per quanto possibile, dal pericolo di incendio diretto, da danneggiamenti meccanici e manomissioni, esente da atmosfera corrosiva, tale inoltre da consentire il continuo controllo della centrale da parte del personale di sorveglianza oppure il controllo a distanza attraverso un sistema di trasmissione tramite il quale gli allarmi di incendio e di guasto e la segnalazione di fuori servizio sono trasferiti ad una o più stazioni di telesorveglianza, dalle quali gli addetti possano dare inizio in ogni momento e con tempestività alle necessarie misure di intervento.

Evacuatori di fumo e calore

Il fumo prodotto da un incendio tende naturalmente a salire verso l'alto, ma se non trova vie di sbocco in breve tempo invaderà tutto il volume chiuso, accumulandosi sul soffitto e scendendo man mano verso il basso, causando un contemporaneo innalzamento della temperatura (con conseguenti danni alle strutture) e la possibile formazione di elevate concentrazioni di gas infiammabili che, come già detto, potranno generare delle esplosioni, nonché tutti i naturali fenomeni comportanti l'intossicazione e la difficoltà di evacuazione delle persone presenti nel locale.
L'installazione degli evacuatori di fumo e di calore, come accennato dalla stessa denominazione, consente la messa a punto di vie di sfogo preferenziali per il fumo ed il calore con i seguenti risultati:
— evacuazione del fumo e dei gas di combustione dall'interno del locale verso l'esterno con conseguenti benefici per l'evacuazione delle persone e l'intervento dei soccorsi;
— limitazione della temperatura all'interno del locale, con conseguenti benefici per la resistenza della struttura e allontanamento del punto di *flashover*.
Tali apparecchiature sono normalmente costituite da lucernari, posizionati ovviamente a soffitto, e muniti di un sensore che ne garantisca l'apertura automatica in caso di incendio o, in alternativa, di apertura manuale. Al fine di garantire un corretto tiraggio vengono anche realizzate delle aperture poste il più possibile in prossimità del pavimento.

Illuminazione di sicurezza

La presenza di un impianto di illuminazione di sicurezza non ha lo scopo di consentire alle persone di proseguire la normale attività lavorativa (in questo caso sarebbe necessaria l'installazione di un impianto di illuminazione di riserva), ma unicamente quello di evitare che in assenza della consueta illuminazione possano accadere incidenti o infortuni, in particolare nell'eventualità di una evacuazione dei locali di lavoro. Per questo motivo, pertanto, la progettazione e la realizzazione di questa tipologia di impianti dovrà essere orientata particolarmente all'illuminazione delle vie di esodo e della segnaletica atta a consentire l'orientamento oltre che a fornire un livello minimo di illuminazione sufficiente ad evitare il panico.
Non sempre la normativa italiana specifica le caratteristiche che tali impianti devono possedere (nel caso si fa riferimento alla norma tecnica), ma laddove previsto essi variano dai 5 lux ai 15 lux (a seconda del livello di rischio) per ciò che riguarda i valori minimi di illuminamento e dai 30 minuti alle 3 ore per ciò che concerne i tempi minimi di autonomia.
I corpi illuminanti devono essere installati ad un'altezza non inferiore a 2 m dal suolo e, almeno, nelle seguenti situazioni:
— in corrispondenza delle uscite di emergenze e delle porte poste lungo le vie di evacuazione;
— in corrispondenza della segnaletica di sicurezza;
— in prossimità di ogni rampa di scale al fine di consentire l'illuminazione dei gradini;
— in prossimità delle attrezzature antincendio e dei telefoni da utilizzare in caso di emergenza;
— in corrispondenza di ogni cambio di direzione o bivio presente lungo le vie di esodo.
L'alimentazione dei corpi illuminanti potrà essere autonoma (solitamente ciascun punto luce è provvisto di batterie tampone) o centralizzata (solitamente mediante gruppi elettrogeni o UPS).
Le norme tecniche prevedono verifiche di funzionamento con cadenza semestrale e, annualmente, verifiche generali e dell'autonomia degli apparecchi di illuminazione di sicurezza per l'emergenza.

Misure di protezione passiva

Si definiscono con tale denominazione tutte quelle misure che non richiedono l'azione di un uomo o l'attivazione di un impianto e sono finalizzate alla limitazione degli effetti dell'incendio nello spazio e nel tempo.
Esse comprendono:
— isolamento dell'edificio e distanze di sicurezza;
— compartimentazione;
— strutture con adeguata resistenza al fuoco;
— materiali con adeguata reazione al fuoco;
— sistemi di vie di esodo;
— ventilazione.

Isolamento dell'edificio e distanze di sicurezza

Al fine di evitare la propagazione di un incendio è possibile interporre barriere o idonee distanze tra le parti sensibili degli edifici e gli elementi a rischio di incendio per ridurre l'impatto dell'irraggiamento termico.
Le distanze di sicurezza si distinguono in:
— distanze interne: distanze tra elementi di uno stesso complesso;
— distanze esterne: distanze tra elementi di un complesso ed edifici o altri elementi esterni;
— distanze di protezione: distanze idonee a proteggere elementi pericolosi di un complesso da possibili azioni esterne. In genere sono identificabili con le distanze degli elementi pericolosi dalla recinzione del complesso di cui fanno parte.
Nelle normative antincendio vengono introdotti valori prestabiliti ricavati empiricamente da dati ottenuti dalle misurazioni dell'energia raggiante effettuata in occasione di incendi reali e in incendi sperimentali.
Laddove non espressamente imposte dalla normativa, le distanze di sicurezza rappresentano una misura di protezione che, per quanto efficace, necessità dell'utilizzo di grandi spazi che dovranno essere lasciati vuoti e costituisce, pertanto, una misura poco conveniente di realizzazione dal punto di vista economico.

Resistenza al fuoco

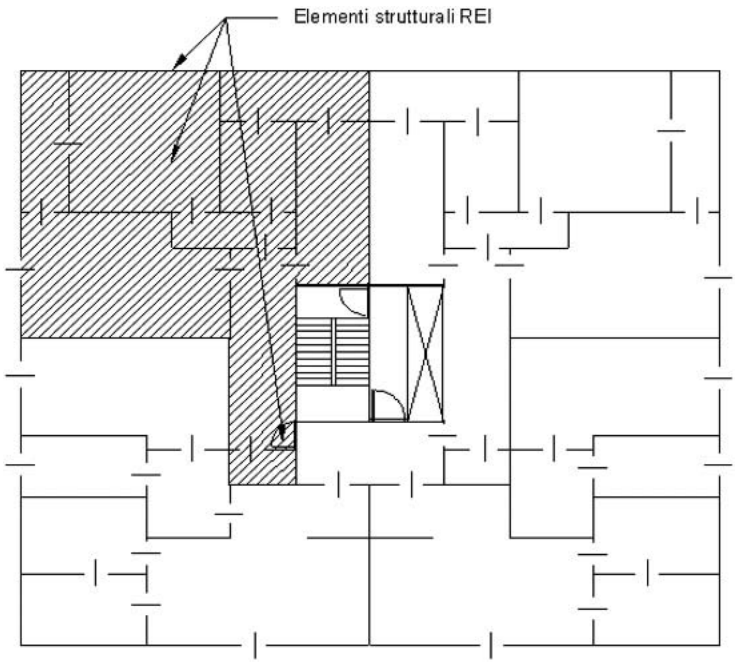
La resistenza al fuoco è definita come la capacità di un elemento di conservare, per un periodo di tempo stabilito, la richiesta stabilità e/o tenuta e/o isolamento termico al fuoco e/o ogni altra prestazione attesa definita in una prova normalizzata di resistenza al fuoco.
Tale definizione cita alcuni termini a cui assegnare il seguente significato:
— stabilità (R): attitudine di un elemento da costruzione a conservare la resistenza meccanica sotto l'azione del fuoco;
— tenuta (E): attitudine di un elemento da costruzione a non lasciar passare né produrre, sottoposto all'azione del fuoco su un lato, fiamme, vapori o gas caldi sul lato non esposto;

– isolamento termico (I): attitudine di un elemento da costruzione a ridurre, entro un dato limite, la trasmissione del calore.
Pertanto:
— con il simbolo "REI" si identifica un elemento costruttivo che deve conservare, per un tempo determinato, la capacità portante, la tenuta e l'isolamento termico;
— con il simbolo "RE" si identifica un elemento costruttivo che deve conservare, per un tempo determinato, la capacità portante e la tenuta;
— con il simbolo "R" si identifica un elemento costruttivo che deve conservare, per un tempo determinato, la capacità portante.
In relazione ai requisiti dimostrati, gli elementi strutturali vengono classificati da un numero che esprime in minuti (15, 20, 30, 45, 60, 90, 120, 180, 240) il tempo durante il quale il materiale conserva le caratteristiche di interesse.
Volendo fare un esempio, pertanto:
— con il simbolo "R 120" si identifica un elemento da costruzione (es. trave, pilastro) che deve rimanere, per 120 minuti, indenne all'esposizione dell'incendio, senza però garantire dalla possibilità del passaggio di fumi e calore attraverso di esso;
— con il simbolo "RE 120" si identifica un elemento da costruzione che riuscirà a conservare, per 120 minuti, la capacità portante e la tenuta, senza però garantire l'impossibilità del passaggio di calore;
— con il simbolo "REI 120" si identifica un elemento da costruzione che potrà garantire, per 120 minuti, la capacità portante, la tenuta e l'isolamento termico.
Oltre alla stabilità, tenuta e irraggiamento termico sono previsti ulteriori parametri prestazionali che non verranno discussi per brevità di trattazione.
Come ovvio, le strutture di un fabbricato devono essere realizzate in modo che possano resistere il più possibile ad un incendio che possa svilupparsi in esso e, pertanto, devono essere realizzate con un'adeguata resistenza al fuoco. Questa è indicata o dalle normative antincendio specifiche o, in loro assenza, deve essere calcolata sulla base del carico di incendio, ovvero, in sostanza, dell'entità (potenziale termico) dell'incendio che ci si aspetta con la combustione completa dei combustibili presenti nell'ambiente, calcolato secondo le indicazioni fornite dalla normativa.

Compartimentazione

Mediante l'interposizione di elementi strutturali di resistenza al fuoco adeguata, è possibile, inoltre, impedire la propagazione degli incendi sia orizzontale che verticale nell'interno di un edificio. Tale misura di protezione è definita compartimentazione e consiste semplicemente nel suddividere un edificio in varie aree delimitate da pareti, porte e solai con adeguate caratteristiche di resistenza al fuoco, in modo che l'incendio sviluppatosi in un dato locale possa propagarsi esclusivamente entro i confini del compartimento al quale il locale stesso appartiene, rimanendovi confinato per un intervallo di tempo predefinito in sede di progettazione, come rappresentato in Figura 10.

Figura 10 - Compartimentazione



A seconda delle necessità si potrà procedere alla realizzazione di varie tipologie di compartimentazione. Per esempio, una compartimentazione cosiddetta verticale conseguirà l'obiettivo di impedire che l'incendio sviluppatosi ad un piano dell'edificio propaghi le proprie fiamme e i fumi ai piani sovrastanti e sottostanti, mentre mediante opportune compartimentazioni orizzontali si potrà ottenere l'obiettivo di separare definitivamente, ai fini della protezione antincendio, zone con differente rischio di incendio, o ancora di ridurre la lunghezza del percorso che una persona dovrà compiere in caso di evacuazione prima di trovarsi al sicuro dagli effetti di un incendio.
Al fine di eseguire una corretta compartimentazione, è necessario che non solo gli elementi strutturali, pareti, solai abbiano adeguate caratteristiche di resistenza al fuoco, ma che tali caratteristiche siano identicamente possedute da qualunque altro elemento di discontinuità che si trovi lungo il confine del compartimento. Ad esempio, non avrebbe alcun senso aver creato un compartimento con pareti e solai REI 120 se la porta di attraversamento di quel compartimento non possedesse anch'essa le medesime caratteristiche di resistenza, in quanto le fiamme, il fumo e il calore potrebbero facilmente evadere dal compartimento attraverso il varco costituito da una porta con caratteristiche di resistenza inferiori. In tal senso il medesimo discorso vale per qualunque altra discontinuità: canalizzazioni, cavedi, tubi, vani scale, ascensori, ecc. per i quali potrà ricorrersi a serrande tagliafuoco, prodotti sigillanti, realizzazione di vani protetti ecc.
È fondamentale ribadire come la compartimentazione, laddove prevista, sia una formidabile misura per la limitazione dei danni prodotti da un incendio e soprattutto per garantire la salvaguardia delle vite umane, ma affinché essa sia realmente efficace è necessario che sia totale ed ermetica. Purtroppo, capita di frequente verificare la presenza di porte tagliafuoco bloccate permanentemente in posizione di apertura con zeppe o addirittura estintori, evitando così il sistema di chiusura automatica delle stesse e garantendosi un comodo passaggio, senza considerare che in caso di incendio la chiusura o meno di una di queste porte potrà fare la differenza tra la vita e la morte delle persone che si trovano in quel compartimento.

Reazione al fuoco

Considerando il fatto che l'incendio è, ovviamente, alimentato dai materiali combustibili esistenti in un ambiente, è chiaro che il modo migliore per evitare la propagazione del fuoco (e, quindi, di limitare i danni) è quello di impiegare materiali incombustibili o, perlomeno, materiali combustibili che abbiano un comportamento al fuoco tale da rendere la combustione più difficile possibile.
Pertanto, mentre per le strutture si parla di resistenza al fuoco (in quanto ciò che interessa è per quanto tempo tali strutture sono in grado di assolvere il compito specifico loro assegnato) per i materiali combustibili non strutturali si parla di reazione al fuoco, la quale esprime la misura del modo in cui tali materiali rispondono o partecipano all'incendio.
La classificazione dei materiali da costruzione prevede la suddivisione crescente degli stessi in 7 classi di combustibilità, partendo da A1 che identifica quelli incombustibili e, seguendo, quelli combustibili identificabili con le sigle A2, B, C, D, E, F. L'assegnazione della classe di reazione al fuoco di un materiale avviene mediante prove sperimentali di laboratorio.
Le normative antincendio specifiche impongono l'adozione di arredi e altri materiali aventi specifiche caratteristiche di reazione al fuoco.

Sistemi di vie di esodo

L'obiettivo di un adeguato sistema di vie di uscita è quello di garantire l'evacuazione in piena sicurezza e nel minor tempo possibile di aree occupate da persone. In particolare, quando si tratta di edifici ad elevata densità di popolazione (alberghi, ospedali, discoteche, ecc.), l'"adeguatezza" e non la semplice "esistenza" di un sistema di vie d'uscita diventa un parametro fondamentale, poiché un evento dannoso, anche di modesta entità potrebbe facilmente ingenerare fenomeni di panico estesi in grado di causare molte più vittime di quanto potrebbe fare l'incendio stesso.
Il dimensionamento corretto delle vie di esodo deve essere basato sulle indicazioni contenute nella normativa antincendio, delle quali daremo conto solo di pochi parametri che possono aiutare a comprendere la logica delle scelte.
Innanzitutto, per definire la superficie standard che occupa una persona in movimento (uomo medio adulto completamente vestito) si fa riferimento al cosiddetto corpo ellisse, la cui area approssimata di 0,22 m^2 è pari a quella di un'ellisse iscritto nel rettangolo di 60 x 45 cm, le cui dimensioni rappresentano appunto l'ingombro della persona durante la marcia, compreso lo spazio necessario all'oscillazione. Partendo da questo presupposto le vie di esodo sono dimensionate in multipli del modulo antincendio che, per l'appunto, è assunto pari a 0,60 m. Nelle attività soggette a controllo periodico da parte dei Vigili del fuoco, le norme prescrivono, in genere, che le singole uscite e le vie di esodo abbiano larghezza multipla del modulo e comunque non inferiore a due moduli (1,20 m).
Il numero di uscite, che in ambienti soggetti a controllo periodico da parte dei Vigili del fuoco devono essere sempre multiple (almeno due) e opportunamente contrapposte (al fine di

garantire la fruibilità almeno di una delle due), è calcolato sulla base dell'affollamento. Esse devono necessariamente sfociare in un luogo sicuro ed il loro percorso, tenuto conto delle velocità di fuga e dei tempi ridotti a disposizione, raramente deve superare, in genere, una lunghezza di 30 m.
Affinché possano efficacemente svolgere il loro compito appare ovvio che le vie di uscita debbano essere sempre mantenute libere da ostacoli di qualsiasi genere in modo che siano percorribili agevolmente. Inoltre, esse dovranno essere chiaramente segnalate con cartelli luminosi alimentati oltre che con l'energia elettrica normale anche con quella di emergenza.
Per tutti i luoghi di lavoro per i quali la norma non ha previsto specifiche indicazioni, occorre invece prendere come riferimento le indicazioni contenute nel D.M. 10 marzo 1998, ovvero:
a) ogni luogo di lavoro deve disporre di vie di uscita alternative, ad eccezione di quelli di piccole dimensioni o dei locali a rischio di incendio medio o basso;
b) ciascuna via di uscita deve essere indipendente dalle altre e distribuita in modo che le persone possano ordinatamente allontanarsi da un incendio;
c) dove è prevista più di una via di uscita, la lunghezza del percorso per raggiungere la più vicina uscita di piano non dovrebbe essere superiore ai valori sotto riportati:
— 15-30 m (tempo massimo di evacuazione 1 minuto) per aree a rischio di incendio elevato;
— 30-45 m (tempo massimo di evacuazione 3 minuti) per aree a rischio di incendio medio;
— 45-60 m (tempo massimo di evacuazione 5 minuti) per aree a rischio di incendio basso;
d) le vie di uscita devono sempre condurre ad un luogo sicuro;
e) i percorsi di uscita in un'unica direzione devono essere evitati per quanto possibile. Qualora non possano essere evitati, la distanza da percorrere fino ad una uscita di piano o fino al punto dove inizia la disponibilità di due o più vie di uscita, non dovrebbe eccedere in generale i valori sotto riportati:
— 6-15 m (tempo di percorrenza 30 secondi) per aree a rischio elevato;
— 9-30 m (tempo di percorrenza 1 minuto) per aree a rischio medio;
— 12-45 m (tempo di percorrenza 3 minuti) per aree a rischio basso;
f) quando una via di uscita comprende una porzione del percorso unidirezionale, la lunghezza totale del percorso non potrà superare i limiti imposti alla lettera c);
g) le vie di uscita devono essere di larghezza sufficiente in relazione al numero degli occupanti e tale larghezza va misurata nel punto più stretto del percorso;
h) deve esistere la disponibilità di un numero sufficiente di uscite di adeguata larghezza da ogni locale e piano dell'edificio;
i) le scale devono normalmente essere protette dagli effetti di un incendio tramite strutture resistenti al fuoco e porte resistenti al fuoco munite di dispositivo di autochiusura, ad eccezione dei piccoli luoghi di lavoro a rischio di incendio medio o basso, quando la distanza da un qualsiasi punto del luogo di lavoro fino all'uscita su luogo sicuro non superi rispettivamente i valori di 45 e 60 m (30 e 45 m nel caso di una sola uscita);
j) le vie di uscita e le uscite di piano devono essere sempre disponibili per l'uso e tenute libere da ostruzioni in ogni momento;
k) ogni porta sul percorso di uscita deve poter essere aperta facilmente ed immediatamente dalle persone in esodo.
Infine, occorre dare, come da D.M. 10 marzo 1998, la definizione di uscita di piano, ovvero uscita che consente alle persone di non essere ulteriormente esposte al rischio diretto degli effetti di un incendio e che può configurarsi come segue:
— uscita che immette direttamente in un luogo sicuro;
— uscita che immette in un percorso protetto attraverso il quale può essere raggiunta l'uscita che immette in un luogo sicuro;
— uscita che immette su di una scala esterna.
Il D.M. 10 marzo 1998 prevede che in linea di massima nei luoghi di lavoro è da ritenersi sufficiente disporre di una sola uscita di piano, tranne che nei seguenti casi:
— l'affollamento del piano è superiore a 50 persone;
— nell'area interessata sussistono pericoli di esplosione o specifici rischi di incendio e pertanto, indipendentemente dalle dimensioni dell'area o dall'affollamento, occorre disporre di almeno due uscite;
— la lunghezza del percorso di uscita, in un'unica direzione, per raggiungere l'uscita di piano, in relazione al rischio di incendio, supera i valori visti precedentemente come definiti dallo stesso decreto.
In questi casi, per definire il numero delle uscite dipende dal numero delle persone presenti (affollamento) e dalla lunghezza dei percorsi suddetti.
Le porte installate lungo le vie di uscita ed in corrispondenza delle uscite di piano devono aprirsi nel verso dell'esodo e possedere un'altezza minima di 2,00 m. L'apertura nel verso dell'esodo non è richiesta quando possa determinare pericoli per passaggio di mezzi o per altre cause, fatta salva l'adozione di accorgimenti atti a garantire condizioni di sicurezza equivalente.
In ogni caso l'apertura nel verso dell'esodo è obbligatoria quando:

a) l'area servita ha un affollamento superiore a 50 persone;
b) la porta è situata al piede o vicino al piede di una scala;
c) la porta serve un'area ad elevato rischio di incendio.
Tutte le porte resistenti al fuoco devono essere munite di dispositivo di autochiusura. Tuttavia, l'utilizzo di porte resistenti al fuoco installate lungo le vie di uscita e dotate di dispositivo di autochiusura può in alcune situazioni determinare difficoltà sia per i lavoratori che per altre persone che normalmente devono circolare lungo questi percorsi. In tali circostanze le suddette porte possono essere tenute in posizione aperta, tramite appositi dispositivi elettromagnetici che ne consentano il rilascio a seguito:
— dell'attivazione di rivelatori di fumo posti in vicinanza delle porte;
— dell'attivazione di un sistema di allarme incendio;
— di mancanza di alimentazione elettrica del sistema di allarme incendio;
— di un comando manuale.

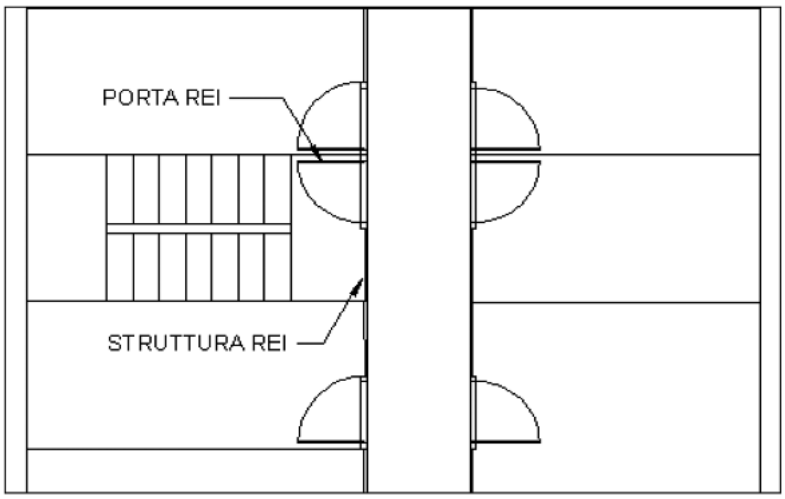
Scale

Nell'ambito dei sistemi di vie d'uscita, un ruolo rilevante è svolto dalle scale anche per la funzione che esse svolgono ai fini della compartimentazione. I vani scala, infatti, dovendo collegare verticalmente i vari piani dell'edificio, se non adeguatamente protetti, consentiranno e faciliteranno la propagazione del fumo e del calore tra un piano e l'altro, anche in virtù di una sorta di effetto camino che vi si genererebbe all'interno.
Inoltre, rappresentando esse, normalmente, l'unica via d'uscita negli edifici multipiano, è evidente che se non adeguatamente compartimentate, diventerebbero immediatamente impraticabili a causa del fumo che ne invaderebbe i vani.
A tal fine, quando le normative antincendio o la valutazione del rischio dovessero richiedere un livello di tutela superiore, è possibile ricorrere alle seguenti tipologie di scale, con differenti gradi di protezione.

Scala protetta

Si intende una scala in vano costituente compartimento antincendio avente accesso diretto da ogni piano, con porte di resistenza al fuoco REI predeterminata e dotate di congegno di autochiusura (Figura 11).
Essa rappresenta un livello minimo di protezione non potendo impedire, ad esempio, l'ingresso del fumo proveniente dalle aree dell'edificio (comunicanti con il vano scala nelle quali si è sviluppato l'incendio) per tutto il tempo durante il quale le porte di accesso al vano scale dovessero rimanere aperte per consentire l'ingresso delle persone.
A tale fine, per migliorare il livello di protezione, laddove tale misura non fosse espressamente prevista dalla normativa antincendio (9), potrebbe essere opportuno dotare il vano scala di aperture di aerazione permanente (o apribili automaticamente in caso di incendio) che possano facilitare la rimozione dei fumi di combustione entrati nel vano scala.

Figura 11 - Scala protetta



(9) Tale ulteriore misura non è indicata nemmeno dal nuovo Codice di prevenzione incendi (D.M. 3 agosto 2015).

Scala a prova di fumo interna

Si intende una scala in vano costituente compartimento antincendio avente accesso, per ogni piano, da filtro a prova di fumo (Figura 12). Quest'ultimo è un vano delimitato da strutture con resistenza al fuoco REI predeterminata, dotato di due o più porte munite di congegni di autochiusura con resistenza al fuoco REI predeterminata e di sistemi per la rimozione dei fumi o che impediscano l'ingresso degli stessi.
In sostanza, per accedere ad una scala di questa tipologia, la persona proveniente dall'area nella quale si è sviluppato l'incendio (o, comunque, dalla quale intende evacuare) deve superare una prima porta "tagliafuoco" che immette in un vano che funge da disimpegno (filtro a prova di fumo) e nel quale troverà una seconda porta resistente al fuoco che apre sul vano scale vero e proprio. I fumi che dovessero entrare nella zona filtro verrebbero rimossi dal sistema di aerazione ivi presente. Questo tipo di scale, evidentemente, garantisce un livello di protezione superiore rispetto alla scala protetta.

Scala a prova di fumo esterna

Segue il medesimo ragionamento su visto per le scale a prova di fumo interne ma, a differenza di queste ultime, il "disimpegno" che separa il vano scale vero e proprio dalla zona pericolosa è costituito da uno spazio scoperto (es. balcone) o da un vano aperto per almeno un lato su spazio scoperto dotato di parapetto (es. terrazzo coperto).

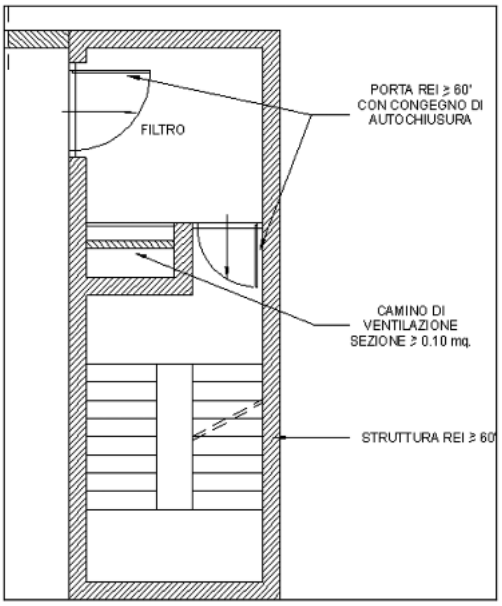
Scala esterna

Si intende una scala totalmente esterna, rispetto al fabbricato servito, munita di parapetto regolamentare e di altre caratteristiche stabilite dalla norma. Essa deve essere realizzata in materiali non combustibili e installata su idonee pareti dell'edificio, per evitare che i fumi che potrebbero fuoriuscire dalle finestre la possano rendere impraticabile.

Ascensori

Quanto detto per le scale circa la loro distinzione in "protette" o "a prova di fumo" vale integralmente anche per gli ascensori.
L'opportunità di realizzare ascensori protetti o a prova di fumo scaturisce non certo dalla necessità di realizzare sicure vie di esodo (in quanto gli ascensori a differenza delle scale non possono essere, per ragioni di sicurezza, considerati tali) quanto dalla necessità di assicurare un'efficiente compartimentazione tra i vari piani (essendo i vani ascensori un elemento di comunicazione in senso verticale).
Un'unica eccezione all'impiego di ascensori durante un incendio è rappresentata dai cosiddetti ascensori antincendio ed ascensori di soccorso, previsti obbligatoriamente solo per alcune tipologie di attività, e che, essendo in possesso di particolari requisiti tecnici, possono essere impiegati per l'esecuzione di operazioni di soccorso esclusivamente da parte di personale specializzato.

Figura 12 - Scala a prova di fumo interna



Piano di emergenza

Indicazioni normative

In ogni azienda con oltre 10 lavoratori è obbligatoria la redazione di uno specifico piano di emergenza. Nel caso di piccoli luoghi di lavoro, tale documento può limitarsi a degli avvisi scritti contenenti norme comportamentali. Il D.M. 10 marzo 1998 fornisce i contenuti minimi di tale piano.

Contenuti

Non è possibile definire un piano di emergenza standard, poiché i suoi contenuti devono riflettere gli esiti di una valutazione che tenga conto, perlomeno, dei seguenti fattori:
— le caratteristiche dei luoghi con particolare riferimento alle vie di esodo;
— il sistema di rivelazione e di allarme incendio;
— il numero delle persone presenti e la loro ubicazione;
— i lavoratori esposti a rischi particolari;
— il numero di addetti all'attuazione ed al controllo del piano nonché all'assistenza per l'evacuazione (addetti alla gestione delle emergenze, evacuazione, lotta antincendio, pronto soccorso);
— il livello di informazione e formazione fornito ai lavoratori.

Compiti e ruoli

Si daranno di seguito alcune indicazioni di massima su quali possono essere i ruoli ed i compiti assegnati a varie figure per la gestione dell'emergenza.

Coordinatore per la gestione dell'emergenza

In caso di segnale di allarme antincendio deve:
— assicurarsi che la squadra di emergenza si sia attivata, comunicando col centralino;
— recarsi sul luogo dell'evento per valutare la situazione;
— valutare la necessità di procedere all'evacuazione parziale o totale dell'edificio;
— dare l'ordine al centralino di allertare i Vigili del fuoco, se necessario;
— attendere all'esterno l'arrivo dei soccorsi esterni e fornire le informazioni necessarie.
In caso di necessità di evacuazione, deve:
— azionare il segnale di evacuazione (o dare l'ordine di evacuazione tramite il centralino);
— dare l'ordine al centralino di allertare i Vigili del fuoco;
— coordinarsi mediante il centralino con le squadre di emergenza;
— attendere all'esterno l'arrivo dei soccorsi esterni e fornire le informazioni necessarie;
— verificare, al punto di raccolta, l'eventuale assenza di persone.
In caso di falso allarme o cessato allarme, deve:
— richiedere la disattivazione del segnale di allarme;
— far rientrare le persone evacuate;
— rimanere a disposizione delle autorità pubbliche (se coinvolte).

Centralino

In caso di segnale di allarme antincendio deve:
— verificare, dalla centralina di allarme, l'area in cui è partito il segnale;
— allertare la squadra di emergenza dell'area interessata;
— allertare il coordinatore per la gestione dell'emergenza;
— attendere l'ordine di chiamare i Vigili del fuoco;
— nel caso venisse dato l'ordine di cui al punto precedente, chiamare i Vigili del fuoco e fornire le informazioni richieste.
In caso di necessità di evacuazione, deve:
— fornire alle squadre di emergenza eventuali comunicazioni provenienti dal coordinatore;
— raggiungere il punto di raccolta.
In caso di falso allarme o cessato allarme, deve:
— disattivare il segnale di allarme.

Squadra di emergenza

In caso di segnale di allarme antincendio deve:
— indossare i DPI previsti;
— recarsi sul luogo dell'evento;
— operare sotto le direttive del coordinatore e sulla base dell'addestramento ricevuto per eliminare la condizione di pericolo, senza mettere a repentaglio la propria incolumità o quella dei colleghi, utilizzando i mezzi estinguenti adeguati.
In caso di necessità di evacuazione, deve:
— fare uscire tutte le persone presenti;
— aiutare eventuali persone in difficoltà;
— abbandonare il luogo di lavoro dopo aver accertato che all'interno non vi sia nessuno;
— raggiungere il punto di raccolta e fornire tutta l'assistenza necessaria.
In caso di falso allarme o cessato allarme, deve:

— comunicare ai lavoratori il cessato allarme;
— richiedere ai lavoratori, se evacuati, di rientrare.

Personale

In caso di segnale di allarme antincendio deve:
— mettere in sicurezza le attrezzature;
— chiudere le finestre;
— attendere ulteriori comunicazioni;
— laddove l'incendio riguardasse la propria area, allontanarsi immediatamente, aiutando eventuali colleghi in difficoltà.
In caso di necessità di evacuazione, deve:
— abbandonare con calma il luogo di lavoro;
— aiutare eventuali colleghi in difficoltà;
— seguire le indicazioni degli addetti alla squadra di emergenza;
— dirigersi verso il punto di raccolta.
In caso di falso allarme o cessato allarme, deve:
— rientrare nel luogo di lavoro.



Suite Sicurezza Lavoro

Progettata su misura per il consulente della sicurezza del lavoro

Suite Sicurezza Lavoro

è il software gestionale **Wolters Kluwer**, su piattaforma cloud **Microsoft Azure**, pensato per rispondere alle esigenze specifiche dei **Professionisti della Sicurezza**.



Area riservata tra **Consulente** e **Azienda-Cliente** per la gestione e la condivisione di documenti e attività inerenti a: **Adempimenti**, **Formazione**, **Lavoratori** e **Sorveglianza Sanitaria**.

Per saperne di più e/o richiedere un'attivazione gratuita del prodotto per **15 gg** invii una mail a: **info.SSL-IT@wolterskluwer.com** o consulti il nostro sito web: **www.suitesicurezzalavoro.it**

Wolters Kluwer
When you have to be right

Y31HCCL

Wolters Kluwer

In Pratica Sicurezza

Adempimenti per la sicurezza e la salute sul lavoro

E alla sicurezza del RSPP chi ci pensa?



Da oggi c'è In Pratica Sicurezza.
MENO RISCHI PER L'AZIENDA, PIÙ SICUREZZA PER TE.

Un RSPP deve pensare a tutto, per assicurare sempre a chi lavora in azienda la massima sicurezza. Se sei un RSPP, questo lo sai bene. Ma ti sei mai chiesto chi pensa alla tua sicurezza? Oggi abbiamo il piacere di presentarti **In Pratica Sicurezza**, l'ultimo nato in casa Wolters Kluwer, che ti aiuta a identificare e a gestire correttamente gli adempimenti. Perché essere un vero RSPP è molto più che sapere le regole della sicurezza: è saperle applicare, in pratica.

Scopri cosa **In Pratica Sicurezza** può fare per te.

Y79ESCL

inpraticasicurezza.it