CENTRO DI INFORMAZIONE SUL PVC

GLI EDIFICI ED IL COMPORTAMENTO AL FUOCO: PROGETTAZIONE, PREVENZIONE E CONTROLLO, INCENDI E COMBUSTIONI, COMPORTAMENTO AL FUOCO

1) Progettazione
2) Prevenzione e controllo
3) Incendi e combustioni
4) Comportamento al fuoco: resistenza e reazione
5) La classificazione italiana ed europea per la reazione al fuoco dei materiali
6) Il ruolo dei pavimenti resilienti

1) PROGETTAZIONE

I progressi nella tecnica delle costruzioni, l'impiego di nuovi materiali, le moderne concezioni nella composizione architettonico – funzionale degli edifici per il soddisfacimento delle crescenti esigenze della vita civile, la necessità del migliore sfruttamento delle aree fabbricabili, consentono ed impongono progettazioni di edifici di misura sempre crescente nelle superfici e nelle altezze.
Secondo il criterio dell'omogeneità, sono distinguibili gruppi di problemi connessi con:

- l'edificio, per quanto concerne l'urbanistica, la tipologia, le strutture e la composizione architettonica funzionale;
- il contenuto dell'edificio, per quanto concerne il carico di fuoco mobile e i rischi associati ai servizi generali e tecnologici derivanti dall'uso di energia termica, elettrica e meccanica;
- gli occupanti dell'edificio, per quanto concerne gli aspetti psicologici delle condizioni di affollamento e i rischi di panico associati all'evacuazione di emergenza.

Seguendo il criterio dei danni presunti, in caso di incendio, alle persone e all'edificio, le soluzioni dei problemi sono connesse con tre concetti fondamentali:

- stati limite, rispetto ai quali le strutture, in ben definite circostanze, assolvono alle loro funzioni progettuali durante il periodo di esposizione al fuoco, in dipendenza del comportamento al fuoco del materiale e delle strutture;
- contenimento delle aree di incendio nel tempo e nello spazio;
- progettazione e pianificazione di un sistema organizzato delle vie di uscita per l'evacuazione di emergenza degli edifici.

Su queste basi la progettazione omogenea per il conseguimento del livello "optimum" della sicurezza dal punto di vista socio – economico richiede la soluzione integrata di due ordini di problemi: problemi di natura strutturale e problemi di natura architettonico – funzionale.
I primi sono connessi con il comportamento al fuoco dei materiali e delle componenti strutturali. I secondi, a loro volta, riflettono due aspetti fondamentali:

- il controllo dei sistemi di combustione per prevenire l'insorgenza e contenere lo sviluppo e la propagazione nello spazio e nel tempo dell'incendio;

- la concezione di sistemi di protezione degli occupanti degli edifici dai pericoli dell'incendio.

2) PREVENZIONE E CONTROLLO

La sicurezza antincendio è un'entità concettuale espressa a livello di obiettivi. I mezzi, le azioni ed i modi per il conseguimento di questi obiettivi formano l'oggetto della prevenzione incendi, la quale, articolata nelle due branche della prevenzione incendi propriamente detta e della protezione antincendio, può essere definita come lo studio e l'applicazione dei modi d'azione diretti a limitare le probabilità dell'accadimento dell'evento incendio e le probabilità dei danni consequenziali o, in altre parole, a ridurre la frequenza e la magnitudo del rischio d'incendio entro "limiti accettabili".
Lo studio delle misure, dei provvedimenti, delle azioni e dei modi della prevenzione incendi richiede una risposta alla domanda concernente la natura e gli stati evolutivi dell'incendio allo stato potenziale e allo stato attivato. Dal punto di vista chimico gli incendi non sono altro che processi di combustione accidentale, processi, cioè, che si svolgono al di fuori del controllo dell'uomo. Ciò vuol dire che lo studio dei metodi di controllo di incendi potenziali e di quelli attivi si basa sull'applicazione dei principi teorici del controllo dei sistemi di combustione.
Un sistema potenziale d'incendio è costituito da due entità essenziali: le sostanze combustibili e le sostanze comburenti, interagenti fra loro e con il contorno fisico (il sistema ambiente). L'attivazione ed il controllo di un sistema potenziale d'incendio (di combustione) avviene per modificazione delle variabili di entrata e di uscita del sistema stesso.
I problemi connessi con lo sviluppo e l'applicazione delle tecniche del controllo dei sistemi d'incendio sono quindi strettamente legati alla teoria della combustione.

La prevenzione incendi persegue certi ben determinati obiettivi, secondo modi di azione derivati dai principi teorici del controllo degli incendi e da considerazioni e valutazioni di ordine sociale, politico, economico e psicologico.
Gli obiettivi hanno in sostanza la duplice finalità di:

- tutela dell'incolumità delle persone;
- conservazione dei beni materiali.

Dal concetto della duplicità degli obiettivi sono derivati due modi di porre i problemi della prevenzione incendi sul piano tecnico e socio – economico, dando luogo alla discriminazione della materia in prevenzione

primaria (sicurezza primaria) e prevenzione secondaria (sicurezza secondaria).

La prevenzione primaria tratta i problemi concernenti la salvaguardia delle vite umane, dei valori umani e degli interessi pubblici. Sono escluse, come già detto, soluzioni basate su valutazioni di solo ordine economico, per l'implicazione di motivazioni di natura etica, psicologica e politica. La prevenzione secondaria tratta i problemi della sicurezza, le cui soluzioni implicano ad un livello ottimo degli investimenti nei sistemi di protezione.

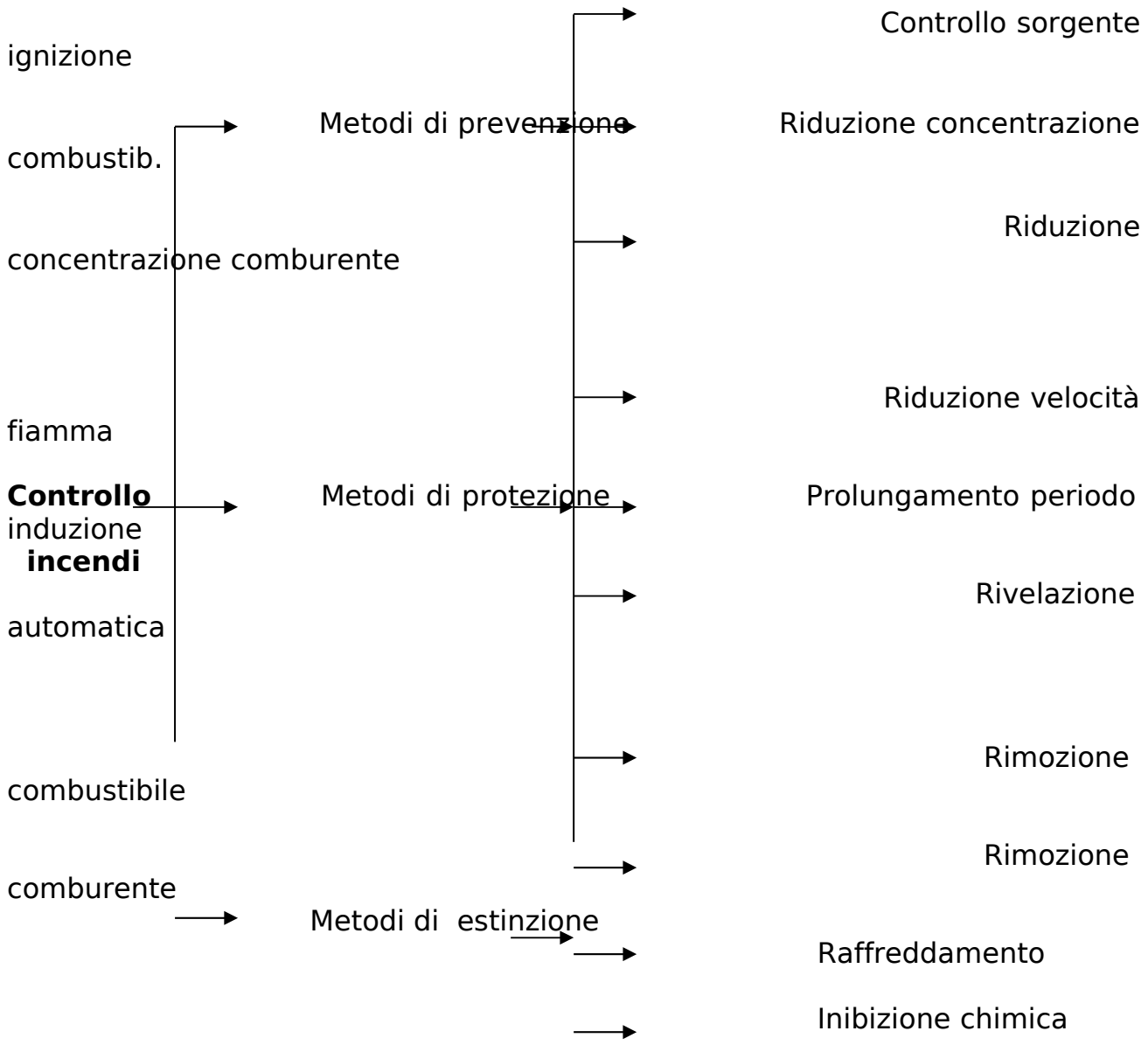
I modi per il conseguimento degli obiettivi prefissati possono riassumersi nei due principi fondamentali della prevenzione-controllo con rispettivamente:

- riduzione del rischio d'incendio, inteso nel senso probabilistico della riduzione della frequenza della insorgenza dell'incendio stesso;
- riduzione dei rischi connessi con la velocità di produzione delle energie dell'incendio.

Le misure di protezione sono di tipo passivo e di tipo attivo.
La protezione passiva persegue il duplice scopo di contenere i danni alle strutture entro limiti riferibili ad una soglia di severità degli incendi correlata al sistema potenziale di combustione e di evitare o limitare gli effetti nocivi dei prodotti della combustione a persone o cose; essa è dunque esprimibile in termini di comportamento al fuoco delle strutture (resistenza al fuoco, reazione al fuoco) di isolamento, di compartimentazione e sezionamento dell'edificio, di sistemi statici di ventilazione e rimozione dei prodotti della combustione e di disegno delle vie dell'evacuazione di emergenza.
Le misure-sistemi di protezione attiva perseguono lo scopo di abbassare la frequenza degli incendi di severità superiore ad una certa soglia, per mezzo della loro rivelazione precoce e dell'estinzione rapida nella prima fase del loro sviluppo. Riassumendo, i metodi di controllo degli incendi sono il risultato di modi di azione diretti al loro condizionamento attraverso misure che ne prevengono l'insorgenza e ne riducono gli effetti.

Nella tabella 1 sono riportati schematicamente i principali modi di azione dei metodi di controllo degli incendi.

Tavola 1 – Riassunto schematico dei metodi di controllo degli incendi



INCENDIO E COMBUSTIONI

3.1) Incendi

La rappresentazione schematica della dinamica dell'incendio per mezzo dei classici schemi del tetraedro o della croce del fuoco non evidenzia la caratteristica evolutiva di un sistema di incendio. Conviene ricorrere alla rappresentazione semplificata del processo d'incendio, considerando un sistema che può essere definito in ogni istante dalle sue variabili di entrata e di uscita.
Le variabili di entrata sono le entità, combustibile e comburente, e l'energia di ignizione, che deve essere superiore all'energia di attivazione.
Le variabili di uscita sono i prodotti della combustione, costituiti da materia (fumi, gas, vapori e residui solidi) e l'energia prodotta.
L'attivazione ed il controllo di un sistema potenziale d'incendio avviene per modificazione delle condizioni del suo contorno fisico e cioè per mezzo delle modificazioni delle variabili di entrata e delle variabili di uscita. La sottrazione del calore prodotto o, in maniera più generale, lo scambio termico con il contorno fisico del sistema stesso, avviene in tre modi diversi: per conduzione, per convezione e per irraggiamento.
Il punto di passaggio dal periodo delle ignizioni al periodo dello sviluppo rappresenta il flash – over o punto di ignizione totale corrispondente all'incendio.
Le propagazioni spaziali dell'incendio da un compartimento all'altro dell'edificio, da un edificio all'altro, dall'edificio ad installazioni esterne e viceversa, avvengono per irraggiamento e per trasporto dei prodotti di combustione, di faville o di corpi incendiati, prevalendo l'una azione o l'altra a seconda del mezzo attraverso il quale si propaga l'incendio.

3.2) Combustioni

La combustione è una reazione esotermica riguardante la combinazione di una sostanza con l'ossigeno. Quasi tutte le sostanze sono, in grado maggiore o minore, soggette alla combustione. L'ossidazione lenta è chiamata talvolta combustione lenta.

Il vasto campo della combustione può essere suddiviso in tre sezioni principali:

- **Combustione omogenea**, la combustione di sostanze gassose (caratterizzata dal sistema gas + gas);
- **Combustione eterogenea**, la combustione di sostanze solide e liquide (sistemi: solido +gas o liquido + gas);
- **Combustione dei sistemi condensati** (esplosivi).

Ogni processo di combustione o decomposizione di una sostanza è di fatto un processo chimico, che consiste essenzialmente nella trasformazione delle sostanze reagenti. Per evidenti interessi legati ai materiali solidi viene di seguito analizzata in dettaglio la combustione eterogenea.

La combustione eterogenea

La combustione eterogenea è il processo di combustione dei sistemi eterogenei nei quali il componente combustibile, liquido o solido, è in uno strato di aggregazione diversa dal comburente gassoso che è ossigeno.
La maggior parte dei processi di combustione delle sostanze solide e liquide si svolgono nella forma di fiamme di diffusione sia nel caso di combustioni accidentali, come gli incendi di liquidi nei serbatoi, di depositi di legno, ecc., sia nel caso di impiego di combustibili negli impianti di generazione di calore. Perché abbia luogo un processo di combustione eterogenea è necessario che sia assicurato il contatto fra le parti chimicamente attive del sistema.
Nelle fiamme, il contatto intimo è compiuto per mezzo del mescolamento diffusivo dei reagenti la cui velocità determina la forma della fiamma e la velocità di combustione.
Una schematizzazione generale dell’intero processo di formazione delle fiamme da diffusione può configurarsi come successione di vari stati: evaporazione e sublimazione; mescolamento con ossidante; reazione chimica.

La combustione dei solidi

I combustibili solidi sono per la maggior parte composti organici ed in parte di origine minerale, come per esempio, i metalli combustibili.
La combustione dei combustibili di origine organica è caratterizzata dalla successione di due stadi: sublimazione dei componenti volatili e combustione del carbonio della massa residua (coke), costituita da carbonio e da componenti minerali (ceneri).
Nel primo stadio la sostanza combustibile, sottoposta all’azione di riscaldamento di una sorgente esterna si decompone nella sua parte volatile, dando luogo alla formazione di miscele infiammabili di gas e

vapori. Se la temperatura della sorgente di ignizione è superiore alla temperatura di autoignizione della miscela formatasi sulla superficie del combustibile, ha inizio la combustione degli elementi volatili con formazione di fiamma di diffusione. Tale processo, somigliante all'ignizione dei combustibili liquidi, cessa, con scomparsa graduale della fiamma, al termine dell'emissione degli elementi volatili. La sua durata dipende dallo scambio termico fra combustibile e la sorgente d'ignizione, dalla superficie specifica di reazione e dalla perdita di calore speso per l'evaporazione dell'umidità e la decomposizione della parte volatile del combustibile.
La maggior parte del calore è speso per l'essiccamento del combustibile, essendo la capacità termica delle sostanze combustibili relativamente bassa (0,2 ÷ 0,3 Kcal/kg). Il secondo stadio del processo caratterizzato, come si è detto, dalla combustione del carbonio della massa residua, ha inizio al termine del processo di eliminazione dei componenti volatili della sostanza e dura fino alla combustione completa del carbonio.
Il processo del secondo stadio si svolge a temperatura più elevata di quello del primo stadio quasi costante, fino al termine della combustione, a spese dell'intenso calore della reazione. Quest'ultimo aspetto rappresenta la caratteristica fondamentale di differenziazione dello svolgimento tra i due stadi.
Per i combustibili organici possono quindi distinguersi due valori della temperatura di ignizione, riferiti rispettivamente all'ignizione degli elementi volatili e all'ignizione della massa del residuo solido. L'ignizione di quest'ultime ha luogo alla rottura dell'equilibrio termico fra il calore generato dalla reazione di ossidazione ed il calore dissipato nello spazio circostante. La temperatura alla quale ha luogo la spontanea e rapida accelerazione del processo chimico di ossidazione, quando il calore prodotto dalla reazione supera il calore dissipato, corrisponde alla temperatura di ignizione del combustibile solido.
La combustione eterogenea del residuo solido delle sostanze combustibili è determinata dalle proprietà puramente chimiche della reazione e dall'afflusso del comburente gassoso dallo spazio circostante sulla superficie di reazione del solido. La velocità di reazione dipende perciò dai fattori che influenzano l'aspetto chimico e l'aspetto fisico del fenomeno. Sotto l'aspetto fisico va detto che il trasporto dell'ossigeno nella zona di reazione e la rimozione dei prodotti di reazione avviene per diffusione ed il processo è regolato da leggi puramente fisiche.
Dal punto di vista del processo chimico il meccanismo della combustione dei residui carbonici consiste nello svolgimento di una reazione complessa che conduce alla formazione simultanea di ossido di carbonio CO e di anidride carbonica CO_2.

Aspetti chimici della combustione

In senso stretto la combustione, come già detto, è un processo chimico di ossidazione di una sostanza (combustibile) da parte di un'altra, l'ossigeno (comburente).
Le reazioni di combustione, com'è noto, sono globalmente esotermiche: esse sviluppano energia sotto forma di calore e, ad alte temperature, anche di luce.
L'energia connessa al processo di combustione dipende essenzialmente dalla composizione chimica del combustibile. I combustibili normali o tradizionali sono costituiti principalmente di due elementi: carbonio e idrogeno. Questi elementi, combinandosi con l'ossigeno, possono dar luogo a varie reazioni:

$$C + \frac{1}{2} O_2 \rightarrow CO \text{ (gas)} + \sim 30.000 \text{ cal} \quad (1)$$

$$CO + \frac{1}{2} O_2 \rightarrow CO_2 \text{ (gas)} + \sim 67.000 \text{ cal} \quad (2)$$

$$H_2 + \frac{1}{2} O_2 \rightarrow H_2O \text{ (liq.)} + \sim 68.000 \text{ cal} \quad (3)$$

L'ossidazione diretta del carbonio a biossido di carbonio sviluppa un'energia termica pari alla somma delle energie prodotte dalla (1) e dalla (2), in quanto, per la legge di Hess, lo stesso composto finale si raggiunge attraverso stadi diversi di reazione:

$$C + O_2 \rightarrow CO_2 \text{ (gas)} + \sim 97.000 \text{ cal}$$

Si definisce **calore di combustione** l'energia totale liberata, sotto forma di calore durante la reazione di ossidazione completa di una mole della sostanza combustibile. L'unità di misura è la $Kcal/_{mole}$ o il $J/_{mole}$.
Il calore di combustione è indipendente dalla concentrazione dell'ossigeno nell'aria.
Il calore di combustione è:

- ISOTERMO, se i prodotti finali della combustione sono riportati alla stessa temperatura alla quale si trovano i reagenti allo stato iniziale;
- ISOCORO, se la combustione si sviluppa a volume costante, ad esempio in un ambiente chiuso;
- ISOBARO, se la combustione si sviluppa a pressione costante, così come si verifica nella maggioranza dei casi.

Si definisce **potere calorifico** di un combustibile la quantità di calore prodotta dalla combustione completa, a pressione costante, dell'unità di massa o di volume del combustibile, avendo riportato i prodotti della combustione alla temperatura iniziale.
Il potere calorifico di una sostanza è quindi pari al calore di combustione moltiplicato per il numero di moli contenute in un Kg (o in un m^3) di quella sostanza.

Se il combustibile contiene atomi di idrogeno si considerano due diversi valori del potere calorifico: potere calorifico superiore (P.C.S.) e potere calorifico inferiore (P.C.I.).
Il potere calorifico inferiore è pari al potere calorifico superiore diminuito del calore di evaporazione, o di condensazione, del vapore d'acqua che si forma durante la combustione: ai fini pratici è questo il potere calorifico cui si fa quasi sempre riferimento. Infatti le molecole d'acqua che si formano durante la reazione evaporano immediatamente assorbendo calore (600 Kcal/$_{kg}$ circa): se non avviene la ricondensazione del vapore, è chiaro che questa quantità di calore può considerarsi perduta.
L'unità di misura del potere calorifico è la Kcal/$_{kg}$ o il MJ/$_{Kg}$ (1 Kcal = 4186,8 J) nel caso di combustibili solidi o liquidi; la Kcal/$_{m3}$ nel caso di combustibili gassosi. Il m^3 può essere riferito a condizioni STANDARD (Stm^3: 15°C; 1,01325 bar) o NORMALI (Nm^3:0 °C; 1,01325 bar).

Nella tabella sono riportati i valori dei pesi specifici in kg/m³ e dei poteri calorifici inferiori di alcune sostanze

Sostanza	**Peso kg /m³** (a 15° C)	**Potere calorifico inferiore** Kcal/$_{kg}$	MJ/$_{kg}$
Acetilene	1,179	1160	48
Alcool etilico	800	6400	27
Alcool metilico	790	4750	20
Anidride carbonica	1,976	1530	6,5
Antracite	800 ÷	7400 ÷ 8300	31 ÷
Benzina	1200		34
Benzene	680 ÷	10500	44
Bitume (catrame)	800	9600	40
Butano	880	9300÷10200	38 ÷
Carbone di legna	1100 ÷		42
Carbon fossile	1500	10600	46
nazionale	2,68	7100÷7500	30
Carbon coke	180 ÷		÷32
Carta sfusa	250	5300	22
Carta compressa	750 ÷	7200	30
Cartone	850	4000	17
Celluloide	350 ÷	11000	47
Cera	480	4000	17
Coke Metallurgico	350 ÷	4500	19
Cotone	800	9000	18
Cuoio	1000 ÷	7000 ÷ 8000	29 ÷

Etano	1200	34	
Etilene	120 ÷	4000	17
Farina	500		5000
Fieno	1380	21	
Gasolio	950		11300
Glicerina	400 ÷	47	
Gomma	600		11250
Idrogeno	1400 ÷	47	
Idrogeno Solforato	1500		4000
Immondizia	850 ÷	17	
Lana	1000		4000
Legno	1,356	17	
Lignite	1,260		10200
Linoleum	450	42	
Litantrace	60 ÷ 200		4000
Metano	850	17	
Olio combustibile	1250		10000
denso	900 ÷	42	
Olio combustibile	1300		28700
fluido	0,089	120	
Olio vegetale	1,54		3890
Ossido di carbonio	300 ÷	16	
Paglia	600		2200
Paraffina	1300	9	
Petrolio	350 ÷		5000
Polistirolo (schiuma)	1000	21	
Polietilene	650 ÷	3000 ÷ 4600	13
Poliuretano	1800	÷ 19	
Propano	1300	2500 ÷ 5100	11
PVC	800 ÷	÷ 21	
Rayon	1200		5000
Resine Plastiche	0,716	21	
Seta	960		7000
Stracci	925	29	
Sughero	850 ÷	11900	
Torba	950	50	
	1,250	9600	
	50 ÷ 150	40	
	870 ÷	9800	
	900	41	
	700 ÷	9000 ÷ 11000	38
	900	÷ 45	
	15 ÷ 30	2440	
	920 ÷	10	
	950	4000	
	1000 ÷	17	
	1200	10000	

	2,019 1000 ÷ 1200 1300 1000 ÷ 1200 1360 300 200 ÷ 350 300 ÷ 650	42 9500 ÷ 10200 ÷ 42 40 7800 ÷ 10000 ÷ 42 32 8300 ÷ 10700 ÷ 45 35 6200 ÷ 9000 ÷ 38 26 11000 46 3600 ÷ 7100 ÷ 30 15 4000 17 3600 ÷ 8300 ÷ 35 15 5000 21 4000 17 4000 17 3000 ÷ 6200 13 ÷ 26

Il **potere comburivoro** è il volume teorico di aria necessario alla combustione di un chilogrammo (o di un metro cubo) di combustibile. E' espresso generalmente in $m^3/_{Kg}$ per i combustibili solidi e liquidi, e in m^3/m^3 per i combustibili gassosi.
Per **combustione teorica completa** si intende la combustione degli elementi contenuti nella sostanza combustibile, quando la reazione si sviluppa completamente con la quantità di aria strettamente necessaria alla combustione, la cosiddetta **aria teorica**.
La temperatura teorica di combustione (o potere pirometrico) di un dato combustibile è la massima temperatura che si potrebbe raggiungere nella combustione completa, con aria teorica, di un Kg (o di un m^3) del combustibile considerato, in condizioni adiabatiche. Si suppone perciò che tutto il calore sviluppato nella reazione sia utilizzato per riscaldare i prodotti della combustione e che non esistano scambi termici con l'ambiente.
Il calcolo della temperatura teorica di combustione si può effettuare con il **metodo del calore totale sensibile**: la temperatura teorica di combustione è quella per cui il calore totale sensibile dei prodotti gassosi della combustione, dalla temperatura iniziale alla temperatura finale, si può considerare uguale al potere calorifico inferiore.

Conoscendo dunque la composizione e la quantità dei fumi, è possibile calcolare il calore totale sensibile in corrispondenza ad alcuni valori della temperatura scelti per tentativi (due valori in genere sono sufficienti) in base alle tabelle dei calori specifici.

I prodotti della combustione

I prodotti della combustione sono costituiti da materia ed energia.
La materia trasformata, in generale, può trovarsi in parte allo stadio solido (ceneri) o liquido (prodotti di fusione), e costituisce i cosiddetti residui, e in parte (o del tutto) allo stato gassoso, sotto forma di gas sviluppati dalla combustione e/o di particelle liquide e solide in sospensione (fumi). L'energia prodotta nella trasformazione si trasmette all'ambiente sotto forma di calore, di rumore e di luce.
I prodotti della combustione più importanti, ai fini della interazione combustione-ambiente, sono:

- i gas della combustione;
- il calore;
- i fumi.

I fumi, a causa della loro importanza nella tecnologia della prevenzione incendi, formano oggetto di una più approfondita trattazione nella parte seconda e terza di questo lavoro, alle quali si rimanda.

I gas

Anidride carbonica (CO_2)

E' uno dei componenti più diffusi e si forma sempre in notevole quantità. In concentrazioni prossime al 10% può essere letale se respirata per più di qualche minuto, ma già a percentuali inferiori fa sentire il suo effetto influendo sul ritmo respiratorio; a concentrazioni del 2 ÷ 3% la velocità di respirazione viene raddoppiata, ed aumenta così la quantità di gas tossici che possono essere inalati.

Ossido di carbonio (CO)

Presente spesso in discrete quantità, è il prodotto più pericoloso ed è certamente una delle principali cause di decesso negli incendi. Si forma prevalentemente nella combustione di sostanze in ambienti chiusi, o comunque in carenza di ossigeno. Come è noto, l'ossido di carbonio reagisce con l'emoglobina del sangue formando carbossiemoglobina, un prodotto che inibisce l'ossigenazione dei tessuti.
Una concentrazione dell'1% è sufficiente per causare svenimento e la morte dopo qualche minuto: lo 0,1% può essere letale dopo un'ora di esposizione. L'ossido di carbonio è oltretutto estremamente insidioso,

perché l’organismo umano non è in grado di percepirlo in tempo, e le contromisure sono relativamente inefficaci.

Anidride solforosa (SO_2)

Può formarsi durante la combustione completa di sostanze contenenti zolfo. Una esposizione di poche minuti a concentrazioni dello 0,5 ÷ 1% può causare seri danni agli occhi e all’apparato respiratorio.

Idrogeno Solforato (H_2S)

Questo prodotto può formarsi durante la combustione di sostanze che contengono zolfo (lane, carni, pellame, etc…) se la concentrazione di ossigeno non è sufficiente. Riconoscibile del caratteristico odore di uova marce, l’idrogeno solforato diventa pericoloso in concentrazioni superiori allo 0,1%, in quanto attacca il sistema nervoso provocando, se l’esposizione non è di breve durata, il blocco respiratorio.

Ammoniaca (NH_3)

Si forma nella combustione di sostanze contenenti azoto (materiali plastici, fibre, resine, etc…). L’ammoniaca causa irritazione agli occhi, al naso e, per lunghe esposizioni, all’apparato respiratorio. Se la concentrazione è superiore allo 0,5% può causare la morte dopo mezz’ora di esposizione.

Ossidi di Azoto (NO, NO_2)

Gli ossidi nitrosi si sviluppano durante la combustione della nitrocellulosa, ad esempio, e di altri composti azotati. La tossicità di questi composti è, in genere, elevata: a partire da concentrazioni dello 0,001% possono causare gravi irritazioni alla gola, con effetti che possono manifestarsi anche dopo molte ore dall’esposizione e che possono essere letali.

Acido Cianidrico (HCN)

Non è un gas molto diffuso, in quanto può svilupparsi nella combustione incompleta di poche sostanze (tessuti e alcune materie plastiche) ma è estremamente tossico anche in minime concentrazioni. E’ riconoscibile per spiccato odore di mandorle amare, che però scompare all’aumentare della concentrazione nell’aria.

Aldeide Acrilica ($CH_2 = CHCHO$)

Detta anche acroleina, è un gas molto tossico e irritante, che si sviluppa nella combustione dei grassi animali. Un periodo di esposizione superiore ai 30 minuti con una concentrazione dello 0,02 può essere fatale.

Cloro (Cl_2)

Allo stato gassoso è estremamente tossico. Una concentrazione in volume dello 0,1% può essere letale istantaneamente; dopo mezz'ora di esposizione può esserlo in una percentuale dello 0,015% circa.

Acido Cloridrico (HCl)

Viene prodotto in fase gassosa nella combustione dei materiali che contengono cloro. E' riconoscibile dal caratteristico odore acre e irritante, e diventa pericoloso, se l'esposizione supera i 30 minuti, in concentrazioni dello 0,01%. Se ha modo di condensarsi, provoca importanti corrosioni delle superfici metalliche.

Fosgene ($COCl_2$)

E' forse uno dei gas più tossici, considerando che è sufficiente una concentrazione dello 0,003% per causare la morte dopo mezz'ora di esposizione, e che lo 0,005% causa il decesso pressoché immediato. Viene prodotto dalla combustione di alcuni materiali plastici.

Acido Fluoridrico (H_2F_2)

Tossico, può essere presente in fase gassosa nella combustione di sostanze che contengono fluoro (teflon, etc…).

Il calore

Da un punto di vista fisico – chimico il calore, in una reazione di combustione, rappresenta una quantità di energia che viene liberata. Da un punto di vista fisiologico rappresenta invece uno degli effetti forse più appariscenti del fenomeno incendio. Le conseguenze di una prolungata esposizione dell'organismo umano a temperature elevate possono essere effettivamente numerose: ustioni, disidratazione dei tessuti, blocco dell'apparato respiratorio, arresto cardiaco.

4) COMPORTAMENTO-SICUREZZA AL FUOCO DEGLI EDIFICI

Resistenza al fuoco

Il comportamento al fuoco delle strutture è l'insieme delle trasformazioni fisiche di un materiale o di un elemento di costruzione sottoposto all'azione del fuoco. Esso è caratterizzato dalle proprietà termiche dei materiali e dalle modalità del loro impiego nelle strutture stesse. Una parte importante dei materiali da costruzione non possiede buone proprietà nei riguardi degli incendi e pertanto il comportamento al fuoco dei materiali e delle strutture è estrinsecato nelle nozioni di **resistenza al fuoco** e **reazione al fuoco**.
La resistenza al fuoco è l'attitudine di un elemento di costruzione o di una struttura a conservare, durante un determinato periodo, la stabilità, la tenuta e l'isolamento termico richiesto.
La reazione al fuoco è il comportamento di un materiale in funzione del suo contributo ad alimentare il fuoco al quale sia sottoposto.
La previsione del comportamento al fuoco delle strutture presenta, com'è noto, notevoli difficoltà per la natura molto complessa dei fenomeni termici che hanno luogo nel corso di un incendio e per la incompleta conoscenza delle leggi di variazione delle proprietà dei materiali alle alte temperature.
In considerazione della concezione probabilistica dei sistemi di combustione, i problemi connessi con la previsione della resistenza al fuoco delle strutture devono essere risolti con metodi probabilistici.
In mancanza di dati statistici, le soluzioni di questi problemi sono ricercate in via deterministica. Secondo queste concezioni le strutture devono assolvere, in ben definite circostanze, alle funzioni progettuali durante il periodo di tempo richiesto. Queste funzioni possono essere espresse rispetto a due differenti stati limite corrispondenti al collasso totale ed allo stato limite della riadattabilità o ripristino della struttura.
In base a questo secondo criterio, la previsione della resistenza al fuoco può riferirsi al criterio della limitazione della massima deformazione o della massima temperatura.
In base alle attuali conoscenze e agli studi condotti nei vari paesi, la resistenza al fuoco delle strutture può essere determinata seguendo due indirizzi fondamentali, quello dei sistemi globali e quello dei sistemi differenziati.

Nei sistemi globali, la durata dell'incendio è stabilità (dall'Autorità Competente) in base a valutazioni qualitative dei fattori influenzanti le condizioni di sicurezza, come la destinazione, l'altezza ed il volume dell'edificio ed i sistemi di protezione attiva e passiva; oppure la resistenza al fuoco può essere determinata in base ad alcuni concetti e

convenzioni quali che la durata dell'incendio viene definita come il periodo di tempo limitato alla "fase di propagazione" dell'intero processo di svolgimento dell'incendio e che la variazione delle temperature con il tempo negli incendi reali, ad alimentazione di combustibile illimitata avviene in modo conforme alla curva standard temperatura – tempo della norma ISO-R834.
La durata dell'incendio, secondo le norme italiane, si determina con una relazione di proporzionalità lineare fra la durata dell'incendio ed il carico di fuoco.
Le norme italiane prevedono 7 classi (c) di resistenza al fuoco degli edifici o parte di essi (Classi 15, 30, 45, 60, 90, 120, 180). Ogni classe esprime la durata dell'incendio e la durata minima di resistenza al fuoco da richiedere alle strutture in esame.

Le classi si determinano, come detto, in base alla relazione di proporzionalità lineare:

$$\mathbf{C = K \cdot q_l}$$

$$\mathbf{q_l = \frac{\sum_{1}^{n} g_i \cdot H_i}{4400\ A_p}}$$

dove:

- q_l è il carico d'incendio in kg legna/m^2;
- g_i è il peso in kg del generico fra gli n combustibili presenti nel compartimento;
- H_i è il potere calorifico superiore in Cal/kg del generico fra gli n combustibili presenti nel compartimento;
- A_p è la superficie del pavimento del compartimento in m^2;
- 4400 è il potere calorifico superiore del legno;
- K è il coefficiente di proporzionalità

In realtà q_l rappresenta la densità del carico d'incendio o di fuoco. La nozione di carico di fuoco o carico totale di fuoco rappresenta la quantità di calore sviluppato dalla combustione completa del combustibile presente nel compartimento.
La resistenza al fuoco di una struttura è il tempo massimo durante il quale una struttura sottoposta all'azione del fuoco convenzionale, sviluppandosi in conformità alla curva temperatura – tempo ISO R 834, assolve alle sue funzioni di progetto prima del raggiungimento dello stato limite di collasso.
Per le strutture di acciaio si fa coincidere lo stato limite di collasso con il raggiungimento della temperatura critica delle strutture stesse. Per temperatura critica deve intendersi la temperatura media della sezione di

un elemento strutturale a partire dalla quale l'elemento stesso perde la sua capacità portante; essa è funzione della qualità dell'acciaio e del sistema statico della sollecitazione cui è sottoposto l'elemento; il suo valore può variare da 500° a 600° C.
Nella determinazione sperimentale l'elemento strutturale è sottoposto in un forno all'azione del fuoco standard, in cui la temperatura varia secondo un determinato programma termico in conformità alla curva temperatura - tempo ISO R 834.
I tempi sono contati dall'inizio della prova fino al raggiungimento dello stato limite. Per la conduzione delle prove sono necessari forni speciali nei quali possono essere prodotte le condizioni di riscaldamento predetto e introdotti i campioni di prova, per quanto possibile, nelle dimensioni d'impiego.
Le varie norme stabiliscono le dimensioni minime dei campioni generalmente comprese fra 3 ÷ 4 m in lunghezza, larghezza o altezza. La circolare 91 prevede dimensioni comprese fra 2 ÷ 3 m.
Le caratteristiche funzionali che devono possedere i campioni sottoposti alle prove, di resistere al collasso o a deformazioni eccessive che possono condurre al collasso, al passaggio di fiamma, fumo o gas caldi e alla trasmissione di eccessivo calore, sono denominate, secondo l'ISO, Stabilità, Integrità e Isolamento che vengono identificate con le lettere R, E, I che indicano: R la resistenza meccanica, E (étanchété) la tenuta alle fiamme e ai fumi, I l'isolamento termico.

La reazione al fuoco

La reazione al fuoco è il comportamento di un materiale o struttura in funzione del suo contributo a sviluppare il fuoco al quale sia esposto; è quindi la misura del modo con cui un materiale risponde o partecipa all'azione di esposizione all'incendio.
L'introduzione di nuovi materiali combustibili e l'uso diverso di quelli esistenti nella costruzione degli edifici ha aumentato sensibilmente il rischio dello sviluppo e propagazione dell'incendio in origine localizzato e circoscritto.
Nei moderni edifici è andato sempre più aumentando l'impiego di materiali combustibili per l'esecuzione di opere di finitura interna e di decorazione, comprendendo in queste opere i materiali per la formazione di soffitti, pavimenti, pareti, finestre, porte, rivestimenti a scopo decorativo e di isolamento termico, acustico e elettrico.
Le opere di finitura sono caratterizzate da un elevato rapporto superficie esposta/volume. I materiali di finitura interna costituiscono pertanto la maggior parte delle superfici esposte all'azione di qualsiasi incendio accidentale originatosi entro gli edifici.
Questi materiali, a seconda della loro composizione chimico – fisica, del loro impiego negli elementi costruttivi, della loro posizione spaziale e del loro contorno fisico, possono contribuire alla propagazione dell'incendio dal centro di ignizione primario ad altri centri di ignizione posti a

differente distanza, partecipando così alla successione delle ignizioni oppure possono comportarsi come barriere antincendio per le loro proprietà di resistenza termica.
Per la scelta di questi materiali è di somma importanza l'analisi dei rischi, connessi con il loro impiego specifico, e la valutazione delle proprietà influenzanti i parametri di reazione al fuoco, al fine di ridurre i rischi stessi a livello accettabile.
I rischi, come già osservato, non dipendono solamente dalle proprietà intrinseche dei materiali costituenti il sistema potenziale d'incendio, ma dalla loro quantità (carico di fuoco fisso), dalla loro configurazione (porosità e geometria) e dalle componenti del sistema ambiente (ventilazione, geometria del locale e proprietà termofisiche degli elementi di delimitazione del locale stesso).
La scelta dei parametri o componenti di definizione della reazione al fuoco non ha ancora trovato unanimità di consensi. In campo internazionale tre componenti o parametri di reazione al fuoco trovano la più ampia applicazione per la misurazione e valutazione delle proprietà che definiscono la reazione al fuoco di materiali o strutture; essi sono:

- il periodo di ritardo all'ignizione di fronte ad una piccola sorgente (sensibilità all'ignizione);
- la velocità di propagazione lineare del fronte di fiamma sulla superficie esposta;
- il contributo termico (energia rilasciata nell'unità di tempo dalla superficie unitaria) della ignizione.

Le componenti di definizione della reazione al fuoco influenzano lo svolgimento evolutivo dell'incendio per interazione con le componenti del sistema potenziale d'incendio e del suo contorno fisico.
E' importante evidenziare che le interazioni delle componenti di reazione al fuoco hanno significato solo nella prima delle tre fasi caratterizzanti la progressione dell'incendio e cioè la fase della ignizione, rappresentata dal periodo del riscaldamento dall'esterno del sistema di combustione fino al flash - over.
Questo periodo comprende la durata critica dell'incendio, cioè l'intervallo di tempo intercorrente fra l'istante iniziale del processo di ignizione e l'istante dopo il quale le condizioni ambientali diventano pericolose per l'organismo umano, a causa dei rischi posti dai prodotti della combustione. Se si pensa che lo svolgimento del processo dell'evacuazione con un certo margine di sicurezza deve avvenire proprio nel periodo della durata "critica" dell'incendio, non può sfuggire l'importanza del controllo dei parametri di reazione al fuoco per mezzo delle modificazioni dei fattori ambientali condizionanti i parametri stessi.
Da quanto esposto risulta evidente che le interazioni dei materiali in un incendio sono molteplici e mutevoli. Ciò sta a significare che il concetto di reazione al fuoco è una proprietà dell'intero sistema potenziale di combustione e non una proprietà del singolo materiale.

Di conseguenza non sembra ragionevole escogitare un qualsiasi metodo di prova in piccola scala per la classificazione dei materiali da impiegare in condizioni di sicurezza antincendio in tutte le circostanze. I problemi dell'applicazione dei risultati di prove specifiche in piccola scala per la previsione del comportamento dei materiali in qualsiasi configurazione dell'incendio reale sono conosciuti. Non altrettanto le soluzioni, che in pratica incontrano difficoltà di ordine tecnico ed economico.

5) LA CLASSIFICAZIONE ITALIANA ED EUROPEA PER LA REAZIONE AL FUOCO DEI MATERIALI

A) LA REAZIONE AL FUOCO

La reazione al fuoco riguarda i materiali di finitura, rivestimento ed arredamento.
Essa comprende tutti gli aspetti della fase iniziale di un incendio, dall'accensione alla propagazione della fiamma, allo sviluppo dei fumi.
Nella trattazione classica, essa viene suddivisa nei seguenti parametri:

- non combustibilità
- accendibilità
- velocità di propagazione della fiamma
- sviluppo di calore nell'unità di tempo
- opacità dei fumi.
- tossicità dei fumi

A ciascuno di questi parametri corrisponde nella normativa internazionale un metodo di prova specifico.
Nella normativa italiana, e cioè nel Decreto 26 giugno 1984, i parametri sono:

- tempo di post-combustione
- tempo di post-incandescenza
- zona danneggiata
- gocciolamento.

Nel metodo di prova CSE-RF3 il tempo di post-combustione viene sostituito con la velocità di propagazione della fiamma.
In base ai risultati di prova si ricavano i livelli per ciascuno di questi parametri, che opportunamente pesati, danno la categoria del materiale in prova.
Combinando le categorie nel modo indicato nel decreto si ottengono le classi di reazione al fuoco, da 1 a 5 in senso peggiorativo. La classe 0 indica i materiali incombustibili.

B) LA PERICOLOSITÀ E TOSSICITÀ DEI FUMI

La pericolosità dei fumi in caso di incendio presenta un duplice aspetto:

- l'opacità che, provocando oscuramento, ostacola o impedisce sia la fuga delle persone che l'arrivo dei soccorsi;
- la tossicità che colpisce direttamente le vittime provocandone diversi livelli di danno fino alla morte.

Come si è già detto in precedenza l'opacità dei fumi è un parametro della reazione al fuoco, mentre la tossicità costituisce un argomento a se stante. Per l'opacità dei fumi sono stati studiati diversi modi di determinazione ed attualmente il metodo più diffuso nel mondo è quello basato sulla Camera NBS americana (NBS = National Bureau of Standards). Esiste anche un'alternativa europea per misurare questo parametro e precisamente la camera ISO sviluppata da laboratori tedeschi ed olandesi.
La lunghissima esperienza fatta con la camera NBS ha messo in evidenza che le materie plastiche emettono in genere fumi più densi di altri materiali, ma ha nello stesso tempo rivelato che la differenza rispetto ai materiali tradizionali non è poi così grande come molti sostengono. Per quanto riguarda la tossicità dei fumi, il problema è molto più complesso che per l'opacità e la possibilità di trovare un metodo di prova che permetta di determinare la reale pericolosità dei materiali richiede ancora tempo ed impegno di ricerca. Il primo approccio avviato per affrontare il problema è quello di mettere a punto un metodo che permetta di bruciare una quantità di materiale in determinate condizioni e di fare l'analisi chimica dei gas di combustione. Questo approccio è stato seguito in effetti negli anni 60 e 70 e ne è venuta fuori una grande confusione per tutti.
Innanzi tutto si è visto che il numero dei prodotti emessi nella combustione è molto grande, e non solo per i materiali sintetici, ma anche per quelli naturali. In secondo luogo si è visto che la quantità e la composizione dei fumi varia enormemente secondo le condizioni di:

- temperatura
- ventilazione
- fase dell'incendio

Questo fatto è di grande importanza perché un materiale più pericoloso di un altro nella fase iniziale dell'incendio può diventare molto meno tossico in un'altra fase. Da qui deriva quindi la necessità di definire un esatto modello di fuoco, a cui fare riferimento.

Il primo di questi problemi, cioè quello dell'elevato numero di composti emessi, ha reso inutili o quasi le determinazioni analitiche, per l'impossibilità di valutare le interazioni fra i vari gas, sia sinergiche che antagoniste ed ha favorito lo sviluppo di metodi biologici, basati essenzialmente sulla morte o incapacitazione di ratti o altri animali a cui vengono fatti inalare i gas di combustione.

Alcuni dati di interesse generale e di comparazione fra materiali sono riportati in tabella 2 e 3.

Tabella 2

TEMPERATURA D'ACCENSIONE ED AUTOACCENSIONE

MATERIALE	ACCENSIONE °C	AUTO-ACCENSIONE °C
Polimetilmetacrilato	280-300	450-462
Polietilene	341-357	394
Polistirene	345-360	488-496
Policroruro di vinile	391	454
Poliammide	421	424
Poliestere vetro rinforzato	346-399	483-488
Laminato melaminico	475-500	623-645
Lana	200	
Cotone	230-266	254
Pino	228-264	260
	260	

Douglas		

Tabella 3

SOSTANZE PRODOTTE DURANTE LA DECOMPOSIZIONE TERMICA DI ALCUNI MATERIALI NATURALI

MATERIALE	**PRINCIPALI GAS SVILUPPATI IN UN INCENDIO**	**CONCENTRAZIONE (ppm) DEI GAS EMESSI ALLA TEMPERATURA DI:**			
		300 °C	**400 °C**	**500 °C**	**600 °C**
Pino	Monossido di carbonio aromatici	400 * --	6000** ---	12000** ---	15000** ----
Pannello isolante in fibra di legno	Monossido di carbonio aromatici	14000** tracce	24000** 300	59000** 300	69000* 1000
Sughero espanso	Monossido di carbonio aromatici	1000 * tracce	3000** 200	15000** 1000	29000** 1000

NOTA: Condizioni di prova specificate in DIN 53 436; flusso d'aria 100 l/H; Dimensioni del provino: 300 mm×15 mm×20 mm, le condizioni di prova sono riferite all'uso finale del materiale.

* Combustione senza fiamma/incandescente
* * Infiammato
-- Non trovato

C) CLASSIFICAZIONE ITALIANA DI REAZIONE AL FUOCO SECONDO DECRETO MINISTERIALE 26/6/84

I pavimenti resilienti sono considerati “materiali di completamento” e la classificazione alla reazione al fuoco avviene sottoponendo il materiale in esame alle prove CSE RF 2 (UNI 8457) e CSE RF 3 (UNI 9174).

Il Decreto “Classificazione di reazione al fuoco ed omologazione dei materiali ai fini della prevenzione incendi” permette di classificare i materiali in base alla caratteristica di reazione al fuoco con modalità diverse in funzione del loro utilizzo ed applicazione.

Classificazione di reazione al fuoco

Scopo:
classificare i materiali in base alla reazione al fuoco escluso i rischi derivanti dai fumi emessi.

Materiale:
componente che partecipa alla combustione secondo la natura chimica ed alle reali condizioni di messa in opera.

Produttore:
chi produce, importa o commercializza.

Metodi di prova:

ISO/DIS 1182.2	Prova non combustibilità
CSE RF 1/75/A	Sospesi - fiamme su 2 facce
CSE RF 2/75/A	Fiamma su 1 faccia
CSE RF 3/77	Fiamma + calore radiante
CSE RF 4/83	Mobili imbottiti

Omologazione:
richiesta al Ministero degli Interni con certificato di prova e scheda tecnica.

L’intestatario dell’omologazione è responsabile della conformità della produzione al prototipo omologato.
I materiali prodotti devono essere corredati di marchio o di attestazione di conformità al prototipo omologato. Durata 5 anni. Le prove previste sono di cinque tipi di cui si riporta la sintesi della modalità operativa.

CLASSI

Tabella di classificazione dei materiali in base ai metodi di prova

ISO DIS 1182.2, CSE RF 1/75/A, CSE RF 2/75/A, CSE RF 2/77

Metodi di prova (cse) soddisfare	**Condizioni da**	**Class**
Non combustibilità ISO DIS 1182.2	Condizioni descritte dall’ISO DIS 1182.2	0
CSE RF 3 _____	Categoria 1	1
CSE RF 1 o CSE RF 2 _____	Categoria 1	2
CSE RF 3 _____	Categoria 2 1	3
CSE RF 1 o CSE RF 2 _____	Categoria 1 2	
CSE RF 3 _____	Categoria 3 2 1 3 2	4
CSE RF 1 o CSE RF 2 _____	Categoria 2 3 3 1	5
CSE RF 3 _____	Categoria 4 3 3 4 2	
CSE RF 1 o CSE RF 2 _____	Categoria 3 4 3 2 4	
CSE RF 3 _____	Categoria 4	
CSE RF 1 o CSE RF 2 _____	Categoria 4	

D) CLASSIFICAZIONE EUROPEA DELLA REAZIONE AL FUOCO SECONDO EN 13501

La norma EN 13501 permette di classificare i pavimenti resilienti con classi da F a A1 in base alle prescrizioni riportate nelle tabelle seguenti. Ad ogni classe viene attribuito un determinato comportamento all'incendio:

Classe A1: prodotti che non contribuiranno mai in nessun caso allo sviluppo dell'incendio. Sono i materiali così detti incombustibili e soddisfano automaticamente alla classe.

Classe A2: stessa prescrizione della B ma durante lo sviluppo pieno delle fiamme non creano un carico d'incendio significativo.

Classe B: stesse prescrizioni di C con parametri più limitativi

Classe C: stesse prescrizioni di D con parametri più limitativi.

Classe D: stesse prescrizioni di E con l'aggiunta che il materiale deve essere capace di resistere per un periodo di tempo all'attacco di un flusso di calore.

Classe E: prodotto in grado di resistere all'attacco della piccola fiamma.

Classe F: prodotti di cui si conosce la caratteristica di comportamento al fuoco.

LA NUOVA CLASSIFICAZIONE DEI MATERIALI

I materiali che compongono prodotti, componenti e sistemi dovranno essere classificati nello scenario europeo mediante principi comuni ed omogenei per i diversi stati membri dell'Europa:

a) la marcatura CE dovrà contenere tutti i riferimenti normativi adattati per classificare i componenti;
b) i componenti più usuali dovranno avere metodi di prova simili in tutta Europa as es. i sistemi di fissaggio oppure le modalità di installazione;
c) i prodotti dovranno essere provati nella condizione di USO FINALE nelle differenti condizioni che si troveranno ad operare;
d) il produttore dovrà riportare le condizioni di montaggio e di utilizzo del prodotto così da confrontare le modalità di posa reali con le modalità di prova di laboratorio.

CLASSIFICAZIONE E NORMATIVA

La comunità europea ha emanato l'8/2/2000 una attuazione della direttiva 89/6060 inerente la classificazione della reazione all'azione dell'incendio dei prodotti da costruzione introducendo le seguenti regole:

DEFINIZIONI

"Materiale": una singola sostanza di base o una miscela di sostanze uniformemente distribuite, ad esempio metallo, pietra, legno,

calcestruzzo, lana di roccia con leganti uniformemente distribuiti, polimeri.

"Prodotto omogeneo": un prodotto che consiste di un unico materiale e che presenta a tutti i livelli densità e composizione uniformi.

"Prodotto non omogeneo": un prodotto che non possiede i requisiti dei prodotti omogenei. Esso si compone di uno o più componenti sostanziali e/o non sostanziali.

"Componente sostanziale": un materiale che costituisce un elemento significativo nella composizione di un prodotto non omogeneo. Un rivestimento con massa per unità di area ≥ 1,0 kg/m² o spessore ≥ 1,0 mm è considerato un componente sostanziale.

"Componente non sostanziale": un materiale che non costituisce una parte significativa di un prodotto non omogeneo. Un rivestimento con massa per unità di area < 1,0 kg/m² o spessore < 1,0 mm è considerato un componente non sostanziale.
Due o più rivestimenti non sostanziali adiacenti (ovvero non separati da alcun componente sostanziale) sono considerati come un componente non sostanziale e, pertanto, devono soddisfare in toto i requisiti previsti per i rivestimenti che sono componenti non sostanziali.
Tra i componenti non sostanziali si distingue tra componenti non sostanziali interni e componenti non sostanziali esterni, definiti come segue:

"Componente non sostanziale interno": un componente non sostanziale che è rivestito su ambedue i lati da almeno un componente sostanziale.

"Componente non sostanziale esterno": un componente non sostanziale che non è rivestito su un lato da un componente sostanziale.

Tabella 1

CLASSI DI REAZIONE ALL'AZIONE DELL'INCENDIO PER I PRODOTTI DA COSTRUZIONE AD ECCEZIONE DEI PAVIMENTI(*)

Classe	Metodo(i) di prova	Criteri di classificazione	Classificazione aggiuntiva
A1	EN ISO 1182 ([1]) e	ΔT ≤ 30 °C; e Δm ≤ 50% e tf = 0 (cioè incendio non	------

		persistente)	
	EN ISO 1716	PCS ≤ 2,0 MJ.kg^{-1} ([1]); e PCS ≤ 2,0 MJ.kg^{-1} ([2]) ([2a]); e PCS ≤ 1,4 MJ.kg^{-1} ([3]); e PCS ≤ 2,0 MJ.kg^{-1} ([4])	------

1. Le caratteristiche sono definite con riferimento al metodo di prova adeguato

Classe	**Metodo(i) di prova**	**Criteri di classificazione**	**Classificazione aggiuntiva**
A2	EN ISO 1182 ([1]) o	ΔT ≤ 50° C; e Δm ≤ 50% e tf ≤ 20s	_____
	EN ISO 1716 e	PCS ≤ 3,0 MJ.kg^{-1} ([1]); e PCS ≤ 4,0 MJ.kg^{-1} ([2]) ; e PCS ≤ 4,0 MJ.kg^{-1} ([3]); e PCS ≤ 3,0 MJ.kg^{-1} ([4])	_____
	EN 13823 (SBI)	FIGRA ≤ 120 W.s^{-1} ; e LSF < margine del campione; e THR_{600s} ≤ 7,5 MJ	Produzione di fumo ([5]); e Gocce/particelle ardenti ([6])
B	EN 13823 (SBI) e	FIGRA ≤ 120 W.s^{-1} ; e LSF < margine del campione; e THR_{600s} ≤ 7,5 MJ	Produzione di fumo ([5]); e Gocce/particelle ardenti ([6])
	EN ISO 11925-2 ([8]) : Esposizione = 30 s	Fs ≤ 150 mm entro 60s	
C	EN 13823 (SBI) e	FIGRA ≤ 250 W.s^{-1} ; e LSF < margine del campione; e THR_{600s} ≤ 15 MJ	Produzione di fumo ([5]); e Gocce/particelle ardenti ([6])

	EN ISO 11925-2 ([8]) Esposizione = 30 s	Fs ≤ 150 mm entro 60s	
D	EN 13823 (SBI) e	FIGRA ≤ 250 $W.s^{-1}$	Produzione di fumo ([5]); e Gocce/particelle ardenti ([6])
	EN ISO 11925-2 ([8]): Esposizione = 30 s	Fs ≤ 150 mm entro 60s	
E	EN ISO 11925-2 ([8]) Esposizione = 15 s	Fs ≤ 150 mm entro 60s	Gocce/particelle ardenti ([7])
F	Reazione non determinata		

(*) Il trattamento di alcuni gruppi di prodotti (ad es. tubi, condotte, cavi) è in corso di revisione e potrebbe richiedere una modifica della presente decisione

1. per prodotti omogenei e componenti sostanziali di prodotti non omogenei
2. per qualsiasi componente esterno non sostanziale di prodotti non omogenei

2.a alternativamente, qualsiasi componente esterno non sostanziale avente un PCS ≤ 2,0 $MJ.m^{-2}$, purchè il prodotto soddisfi i seguenti criteri di EN 13823 (SBI): FIGRA ≤ 20 w.S.-1; e LSF < margine del campione; e THR_{600s} ≤ 4,0 MJ; e s1 e d0.

3. Per qualsiasi componente interno non sostanziale di prodotti non omogenei.
4. Per il prodotto nel suo insieme
5. SI = SMOGRA ≤ 30 $m^{-2}.S^{-2}$ e TPS_{600s} ≤ 50 $m^{2;\ s2}$ = SMOGRA ≤ 180 $m^2.S^{-2}$ e TPS_{600s} ≤ 200 m^2; s3 = non sl o s2.
6. D0 = assenza di gocce/particelle ardenti in EN 13823 (SBI) entro 600s; d1 = assenza di gocce particelle ardenti di durata superiore a 10s in EN 13823 (SBI) entro 600s; d2 = non d0 o d1; la combustione della carta in EN ISO 11925-2 da luogo a una classificazione in d2.
7. Superamento della prova = assenza di combustione della carta (non classificato). Mancato superamento della prova = combustione della carta (classificato in d2).
8. Quando le fiamme investono la superficie e, se adeguato alle condizioni finali di applicazione del prodotto, la parte laterale (di un oggetto).

TABELLA 2

CLASSI DI REAZIONE ALL'AZIONE DELL'INCENDIO PER I PAVIMENTI

Classe	Metodo(i) di prova	Criteri di classificazione	Classificazione aggiuntiva
$A1_{fl}$	EN ISO 1182 ([1]) o	$\Delta T \leq 30°$ C; e $\Delta m \leq 50\%$ e	____

		t_f = 0 (cioè incendio non continuo)	
	EN ISO 1716	PCS ≤ 2,0 $MJ.kg^{-1}$ (1); e PCS ≤ 2,0 $MJ.kg^{-1}$ (2) ; PCS ≤ 1,4 $MJ.kg^{-1}$ (3); e PCS ≤ 2,0 $MJ.kg^{-1}$ (4)	___
$A2_{fl}$	EN ISO 1182 (1) o	ΔT ≤ 50° C; e Δm ≤ 50% e t_f ≤ 0	___
	EN ISO 1716 e	PCS ≤ 3,0 $MJ.kg^{-1}$ (1); e PCS ≤ 4,0 $MJ.kg^{-1}$ (2) ; PCS ≤ 4,0 $MJ.kg^{-1}$ (3); PCS ≤ 3,0 $MJ.kg^{-1}$ (4)	___
	EN ISO 9239 –1 (5)	Flusso critico (6) ≥ 8,0 $kW.m^{-2}$	Produzione di fumo (7)
B_{fl}	EN 9239-1 (5) e	Flusso critico (6) ≥ 8,0 $kW.m^{-2}$ Fs ≤ 150 mm entro 60s	Produzione di fumo (7)
	EN ISO 11925-2 (8) : Esposizione = 15s	Fs ≤ 150 mm entro 20s	
C_{fl}	EN ISO 9239 –1 (5) e	Flusso critico (6) ≥ 4,5 $kW.m^{-2}$	Produzione di fumo (7)
	EN ISO 11925-2 (8) Esposizione = 15 s	Fs ≤ 150 mm entro 20s	
D_{fl}	EN 9239 –1 (5) e	Flusso critico (6) ≥ 3,0 $kW.m^{-2}$	Produzione di fumo (5); e Gocce/particelle ardenti (6)
	EN ISO 11925-2 (8): Esposizione = 15 s	Fs ≤ 150 mm entro 20s	
E_{fl}	EN ISO 11925-2 (8) Esposizione = 15 s	Fs ≤ 150 mm entro 20s	Gocce/particelle ardenti (7)
F_{fl}	Reazione determinata non		

1. Per prodotti omogenei e componenti sostanziali di prodotti non omogenei

2. Per qualsiasi componente esterno non sostanziale di prodotti non omogenei
3. Per qualsiasi componente interno non sostanziale di prodotti non omogenei
4. Per il prodotto nel suo insieme
5. Durata della prova = 30 minuti
6. Per flusso critico si intende il flusso radiante che determina lo spegnimento della fiamma o il flusso radiante dopo una prova di 30 minuti, a seconda di quale sia il minore (cioè il flusso corrispondente alla maggiore ampiezza di propagazione del fluoco)
7. S1 = Fumo < 750% min; s2 = non s1.
8. Quando le fiamme investono la superficie e, se adeguato alle condizioni finali di applicazione del prodotto, la parte laterale (di un oggetto)

Δt	Aumento di temperatura
Δm	Perdita di massa
tf	Durata dell'incendio
PCS	Potenziale calorifico lordo
FIGRA	Tasso di incremento dell'incendio
THR_{600s}	Rilascio totale di calore
LFS	Propagazione laterale del fuoco
SMOGRA	Tasso di incremento del fumo
TSP_{600s}	Produzione totale del fumo
Fs	Propagazione del fuoco

Vengono riportate alcune informazioni di carattere generale per meglio comprendere quanto riportato in precedenza:

Definizione delle classi:

CLASSE F: non può essere espressa alcuna caratteristica, il comortamento del materiale è sconosciuto

CLASSE E: reazione al fuoco accettabile

CLASSE D: contributo all'incendio accettabile

CLASSE C: contributo all'incendio limitato

CLASSE B: contributo all'incendio molto limitato

CLASSE A: nessun contributo all'incendio

Alla CLASSE A vengono attribuiti alcuni materiali che non verranno sottoposti a nessuna prova in quanto chiaramente esterni all'evoluzione di un possibile incendio e non ne possono provocare l'innesco; il cui elenco è il seguente:

- Argilla espansa
- Vermiculite espansa
- Lana minerale senza additivi
- Vetro
- Cemento
- Calcestruzzo
- Acciao
- Rame
- Zinco
- Alluminio
- Piombo

Nelle tabelle precedenti sono state riportate alcune normative di riferimento per determinare il comportamento al fuoco ed all'incendio dei materiali e componenti; vengono riportati il numero e lo scopo:

ISO EN 1182	Prova di non conbustibilità
ISO EN 1716	Misura del potere calorifico

PrEN 13823 Metodo SBI. Attacco termico per prodotti da costruzione
ISO EN 9239 – 1 Pannello radiante per pavimenti
ISO EN 11925 – 2 Infiammabilità – prova con piccola fiamma
PrEN 13501 – 1 Classificazione
PrEN 13238 Procedure di condizionamento dei provini e scelta de substrati di prova
ISO 9705 Room corner test

La direttiva prodotti della Comunità Europea prevede due sistemi di classificazione per la reazione al fuoco dei prodotti:

- una classificazione per le coperture
- una classificazione per tutti gli altri componenti

La classificazione è relativa allo stato di utilizzo del componente nelle seguenti applicazioni:

- prodotti per pareti e soffitti inclusi i materiali di rivestimento
- elementi di edificio
- prodotti incorporati all'interno di elementi di edificio
- tubi e condotte incluso i materiali esterni per l'isolamento
- prodotti per rivestimento di facciata
- pavimentazioni

Un incendio viene simulato mediante la verifica comportamentale dei materiali con tre procedure:

- innesco dell'incendio mediante la verifica dell'infiammabilità dei componenti con il metodo della "piccola fiamma" (simula ad es. il fiammifero);
- innesco dell'incendio da una fiamma derivante dalla combustione di materiale combustibile. La verifica viene effettuata mediante la prova SBI in un angolo del locale (simula ad es. un cestino per carta da cui si innesca la fiamma). Questa posizione è stata scelta come peggiorativa e critica di simulazione per l'innesco dell'incendio con flusso di calore pari a 40 kw/m^2;
- sviluppo di un incendio in un locale verificato mediante la prova sperimentale "Room corner test".

Per definire la classe di appartenenza di un sistema devono essere considerati i seguenti aspetti:

- infiammabilità
- diffusione della fiamma
- rilascio di calore
- opacità dei fumi

- gocciolamento

Il metodo di prova più importante per verificare le cinque caratteristiche è oggi considerato l'SBI.

6) IL RUOLO DEI PAVIMENTI RESILIENTI

I pavimenti degli edifici vengono rivestiti con materiali di finitura superficiale come ceramica, cotto, legno, fibre tessili e materiali resilienti.
Questi ultimi presentano la caratteristica di "resilienza", ovvero durante l'impatto di un corpo restituiscono parte dell'energia cinetica ovvero si presentano come materiali elastici (parzialmente).
I materiali resilienti più comunemente utilizzati per realizzare i rivestimenti superficiali di pavimenti sono: PVC, linoleum, gomma. Essendo materiali definiti "di finitura" vengono coinvolti nel comportamento al fuoco dell'edificio ove sono utilizzati.
In modo particolare due caratteristiche vengono ricercate:

- la reazione al fuoco, ovvero come il materiale reagisce a contatto con la fiamma;
- l'emissione dei fumi durante la combustione nel caso in cui i materiali siano combustibili.

I materiali definiti resilienti, PVC, linoleum, gomma, sono tutti combustibili e presentano comportamenti differenti in funzione dell'utilizzo e delle norme utilizzate per la loro classificazione.
Nel nostro paese, oggi, sussistono due modalità di classificazione:

- metodo italiano con norme UNI e decreti ministeriali relativi;
- metodo europeo basato su norme EN non ancora operanti nel nostro paese.

I materiali utilizzati per realizzare i pavimenti resilienti quali linoleum, gomma, PVC risultano essere tutti "combustibili" ovvero non possono ricadere nella definizione data per le classi A1 e A2 secondo la Tab. 4.
I pavimenti resilienti quindi secondo quanto esposto in tabella 4 potranno essere classificati con classi di B e F.
Le prove a cui i prodotti devono essere sottoposti per essere classificati sono due:

1) EN 11925 – 2

Questa prova permette di verificare la accendibilità del materiale che viene esposto all'attacco della piccola fiamma.
Questa prova è essenziale per classificare un prodotto in classi E, D, C, B richiedendo che la fiamma non si propaghi oltre il limite imposto.

2) EN 9239 – 1

Questa prova valuta il flusso radiante critico al di sotto del quale le fiamme non si propagano usando come sorgente di calore un pannello radiante. Questa prova è essenziale per classificare un prodotto in classi D, C, B.
Il flusso critico (CF) espresso in KW/m² rappresenta il flusso radiante che applicato al campione durante la prova permette alla fiamma di estinguersi. Migliorando la classe da D a B si nota che il CF applicato durante la prova passa da 3 KW/m² a 8 KW/m² imponendo quindi al materiale un miglior comportamento al fuoco per soddisfare la richiesta di autoestinzione della fiamma.

3) Una verifica ulteriore ed aggiuntiva solo per le classi D, C, B è rappresentata dalla produzione dei fumi che viene rilevata durante il test secondo EN 9239 – 1 suddividendo in due classi S1 e S2.

NOTA:

Gli organi competenti del nostro paese sono impegnati a redigere i decreti che permetteranno l'adozione delle euroclassi in sostituzioine delle attuali classi italiane. Il nostro paese inoltre è dotatato di alcuni decreti "verticali" rivolti alla prevenzione degli incendi in edifici di particolare interesse per la sicurezza degli utenti (alberghi, edifici pubblici). Al fine di rendere sicuri gli edifici sono stati imposti materiali con classi di reazione al fuoco determinati.
Realizzare una corrispondenza fra classi attuali ed euroclassi non è compito semplice, esistendo un'approccio molto differente determinato dalle prove sperimentali eseguite per la relativa classificazione.

VERIFICA SPERIMENTALE DEL COMPORTAMENTO AL FUOCO DI MATERIALI PER PAVIMENTI RESILIENTI CON CONFRONTO FRA CLASSI ITALIANE E EUROCLASSI

E' stata condotta una verifica sperimentale per permettere di definire il comportamento al fuoco dei pavimenti resilienti e quindi di realizzare la relativa classificazione con metodologia italiana ed europea.
I materiali sottoposti alla verifica sono stati i seguenti:

Campione	**Spessore (mm)**	**Peso (kg/m²)**
PVC1	2,7	4,0
PVC2	2,2	3,2
PVC3	2,0	2,5
PVC4	3,0	2,2
LIN1	2,0	3,0
LIN2	2,3	2,7
Gomma1	3,0	4,6
Gomma2	3,0	5,1
Gomma3	3,0	4,7
Gomma4	12,0	11,8

Classificazione europea EN 1350 1-1 dai risultati di EN 11925-2 e EN 9239-1
Classificazione italiana DPR 29/7/82 n° 557 con UNI 8457 + UNI 9174. Omologazione DM 26/6/84

Confronto classificazione italiana ed europea

		EN ISO 9239 - 1	EN ISO 11925 - 2	Smoke	**Totale europea**	UNI 8457	UNI 9174	**Totale italiana**
Materiale 1	PVC 1	B	Pass	S1	**B**	PRIMA	PRIMA	**1**
Materiale 2	PVC 2	B	Pass	S1	**B**	PRIMA	PRIMA	**1**
Materiale 3	PVC 3	C	Pass	S1	**C**	PRIMA	PRIMA	**1**
Materiale 4	PVC 4	C	Pass	S1	**C**	PRIMA	PRIMA	**1**
Materiale 5	LIN 1	B	Pass	S1	**B**	PRIMA	PRIMA	**1**
Materiale 6	LIN 2	D	Pass	S1	**D**	PRIMA	PRIMA	**1**
Materiale 7	Gomma 1	C	Pass	S1	**C**	PRIMA	PRIMA	**1**
Materiale 8	Gomma 2	B	Pass	S1	**B**	PRIMA	PRIMA	**1**
Materiale 9	Gomma 3	D	Pass	S1	**D**	PRIMA	PRIMA	**1**
Materiale	Gomma	E	Pass	S2	**E**	PRIMA	TERZA	**3**

10	4							

CONCLUSIONI

Tutti i materiali sperimentati si sono classificati nell'attuale Classe 1 italiana con una sola eccezione per l'ultimo campione in gomma risultato in classe 3.
L'utilizzo dei materiali per pavimenti resilienti risulta quindi identico nel caso dei 3 prodotti esaminati.
La classificazione europea evidenzia invece un diverso comportamento dei materiali differenziandone la classe finale: B, C, D, E con la sottoclassificazione in base alla emissione di fumi in classe S1 e in classe S2.
Sarà quindi determinante seguire i lavori di preparazione e di stesura dei decreti di trasposizione delle classi italiane in euroclassi onde permettere un utilizzo congruo dei materiali per garantire gli elevati livelli di sicurezza pari a quelli garantiti dalla legislazione italiana attuale.