



Chimica e Fisica del Fuoco

Chimica e fisica del fuoco -- Programma LEONARDO

Obiettivo

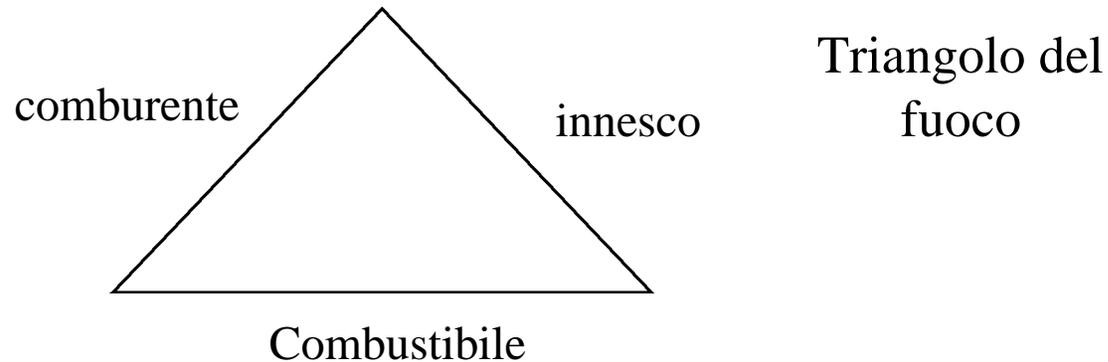


- Divulgare alcuni principi base di prevenzione e lotta agli incendi che trovano una loro utilità nel più generale quadro della informazione sui rischi legati al luogo di lavoro, così come previsto dall'art.21 del D.Lgs. 626/94



La combustione

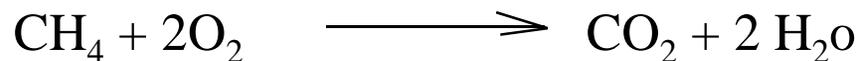
- è una reazione chimica esotermica



Combustione di: sostanze solide, liquide, gassose

Esempio:

reazione di combustione del metano CH₄:



Chimica e fisica del fuoco -- Programma LEONARDO



Tipi di ignizione

Tipi di innesco

- Le fonti di innesco possono agire in modo diretto o indiretto. Inoltre l'accensione può verificarsi spontaneamente o come risultato di un'azione chimica o catalitica

Sostanze instabili

- Sono quelle sostanze che possono decomporsi facilmente (sotto l'azione di modesti stimoli) dando luogo a pericoli di incendio o di esplosione.

Es: perossidi, clorati, nitrati, ecc.



Tipi di ignizione

IGNIZIONE DIRETTA

- L'ignizione diretta ha luogo quando una scintilla, una fiamma o un materiale incandescente viene in contatto con un combustibile in presenza di ossigeno

ATTRITO

- L'effetto dell'attrito è la produzione di calore

IGNIZIONE INDIRECTA

- Nel caso di incendio all'interno di un edificio, il calore può essere trasportato per convezione attraverso i vani di intercomunicazione verticale tra i piani (trombe delle scale, vani ascensore e/o montacarichi, condotte dell'aria ecc.)



Tipi di ignizione

RISCALDAMENTO SPONTANEO (autocombustione)

- Il calore necessario per innescare l'incendio può essere fornito dal combustibile stesso. Solitamente questa evenienza è la conseguenza di un lento processo di ossidazione come avviene, ad esempio, nel caso di mucchi di carbone formati in modo improprio



Dati statistici riguardanti gli incendi avvenuti in Italia e all'estero

- Cause degli incendi nelle attività industriali anno 1974

Cause di incendio	Numero	Percentuale
Cause elettriche:scintille	923	31,83
Mozziconi di sigaretta	257	8,86
Autocombustione	253	8,14
Faville	178	6,14
Guasti a bruciatori e camini	123	4,25
Dolose	107	3,69
Surriscaldamento di macchine	89	3,06
Fulmini	81	2,79
Esplosioni e scoppi	28	0,98
Altre cause	860	29,66
Totale	2899	100
Cause non accertate	3944	
Totale incendi	6843	



Definizioni

- Temperatura d'infiammabilità: minima T alla quale il combustibile (solido o liquido) emette vapori in quantità sufficiente da formare con l'aria una miscela infiammabile (si accende in presenza di innesco).
Es. Pentano, gasolio
- Temperatura d'accensione: minima temperatura alla quale un combustibile inizia spontaneamente a bruciare. Es.: riscaldamento recipiente
- Limite inferiore e superiore di infiammabilità: concentrazione minima e massima del combustibile nella miscela vapore-aria al di sotto ed al di sopra della quale la miscela non può infiammarsi.



Definizioni

- Potere calorifico: quantità di calore prodotta dalla combustione dell'unità di volume della sostanza combustibile
- Esplosione: rapida combustione con sviluppo di AP
 - deflagrazione
 - detonazione
 - polveri

Campo di esplodibilità

Caratteristiche di alcuni liquidi e gas infiammabili



	Peso specifico relativo all'aria	Temperatura di infiammabilità	Temperatura accensione °C	Campo di infiammabilità nell'aria - % in volume	kcal/kg Potere calorifico
Acetilene	0,90	gas	300	1,5-----82	1175
Alcol metilico	1,11	11°C	455	5,5----26,5	5280
Benzine	>2,50	<0°C	280	0,7	10500
Butano	2,05	gas	365	1,5--8,5	11800
Idrogeno	0,07	gas	560	4,0-----75	29000
Metano	0,55	gas	537	5,0----15	11950
Propano	1,56	gas	466	2,1---9,5	11080

Parametri della combustione di alcuni combustibili



Combustibili	Temp. accens. (°C)	Temp. infiam. (°C)	Energia ignizione (in j)	Campo infiam. (% in aria)
Metano	540	-180	0,470	5 + 15
Etano	520	-134	0,285	3 + 15,5
Propano	465	-102	0,305	2 + 9,5
n-Pentano	285	-40	0,49	1,4 + 8
Ciclopentano	380	-38	0,540	n.d.
Etilene	425	-135	0,096	2,7 + 34
Acetilene	300	-18	0,020	1,5 + 82
Benzene	550	-11	0,550	1 + 8
Alcool metilico	385	10	0,210	5,4 + 44
Alcool isopropilico	400	11	0,650	2 + 12
Acetone	465	-19	1,150	2,5 + 13
Idrogeno	560		0,020	4 + 75



Il carico d'incendio

$$q = \frac{\sum_{i=1}^n g_i * h_i}{4400 * A}$$

è un indice della quantità di calore sviluppato in un ipotetico incendio in quell'ambiente

q = carico d'incendio

g_i = peso del generico tra gli n combustibili presenti nel locale [Kg]

h_i = potere calorifico (superiore) del generico fra gli n combustibili di peso g_i [Kcal/Kg]

A = Superficie orizzontale, in m^2 , del locale considerato

4400 = potere calorifico del legno

.

La conoscenza di “q” è importante per la determinazione della esistenza al fuoco.

Il carico d'incendio è espresso dalla quantità equivalente di legno per m^2 , che si ottiene dividendo per 4400 il numero di calorie per unità di superficie orizzontale del locale.



Esempio

- $A=50\text{m}^2$
- 200 Kg carta pot. cal. = 7000 Kcal/Kg
- 100 Kg legna pot. cal. = 4000 Kcal/Kg
- 200 Kg propano pot. cal. = 94 MJ/Kg x 238
- 1000 Kg PVC pot. cal. = 17 MJ/Kg x 238

$$q = \frac{200*700+100*400+200*22372+1000*4046}{4400*50} = 47$$

Carico d'incendio e calcolo del carico d'incendio



Materiale	Kcal/pezzo
Banco di magazzino (per m2)	239190
Biblioteca (compreso contenuto per m2 di superficie)	199206
Casellario per archivio (per m2 compreso il contenuto)	478142
Cassettone	239190
Comodino da notte (comprese il contenuto)	39984
Credenza da cucina	278936
Credenza (per alimenti)	99484
Divano	199206
Letto (compreso materasso, lenzuola, cuscino, coperte, ecc.)	257040
Pianoforte	677348
Poltrone	79730
Scaffale in legno (per m2 di superficie frontale)	99484
Scrivania di metallo	199206
Tappeto (per m2)	11186
Tavolo allungabile grande	140420
Tende (per m2 di superficie delle finestre)	3094



Potere calorifico medio /massimo

Tipo di edificio	Kg. legno/m ²	Kg. legno/m ²	Luogo
Uffici	52	420	Archivi beni
Magazzini	122	1150	Speciali
Fabbriche di mobili	75	585	Depositi di vernici
Fabbriche di mobili	53	510	Stocks di vestiti
Stamperie	166	835	Stocks di carte
Ospedali	30	115	Lavanderie
Abitazioni	43	125	Ripostigli

Compartimentazione

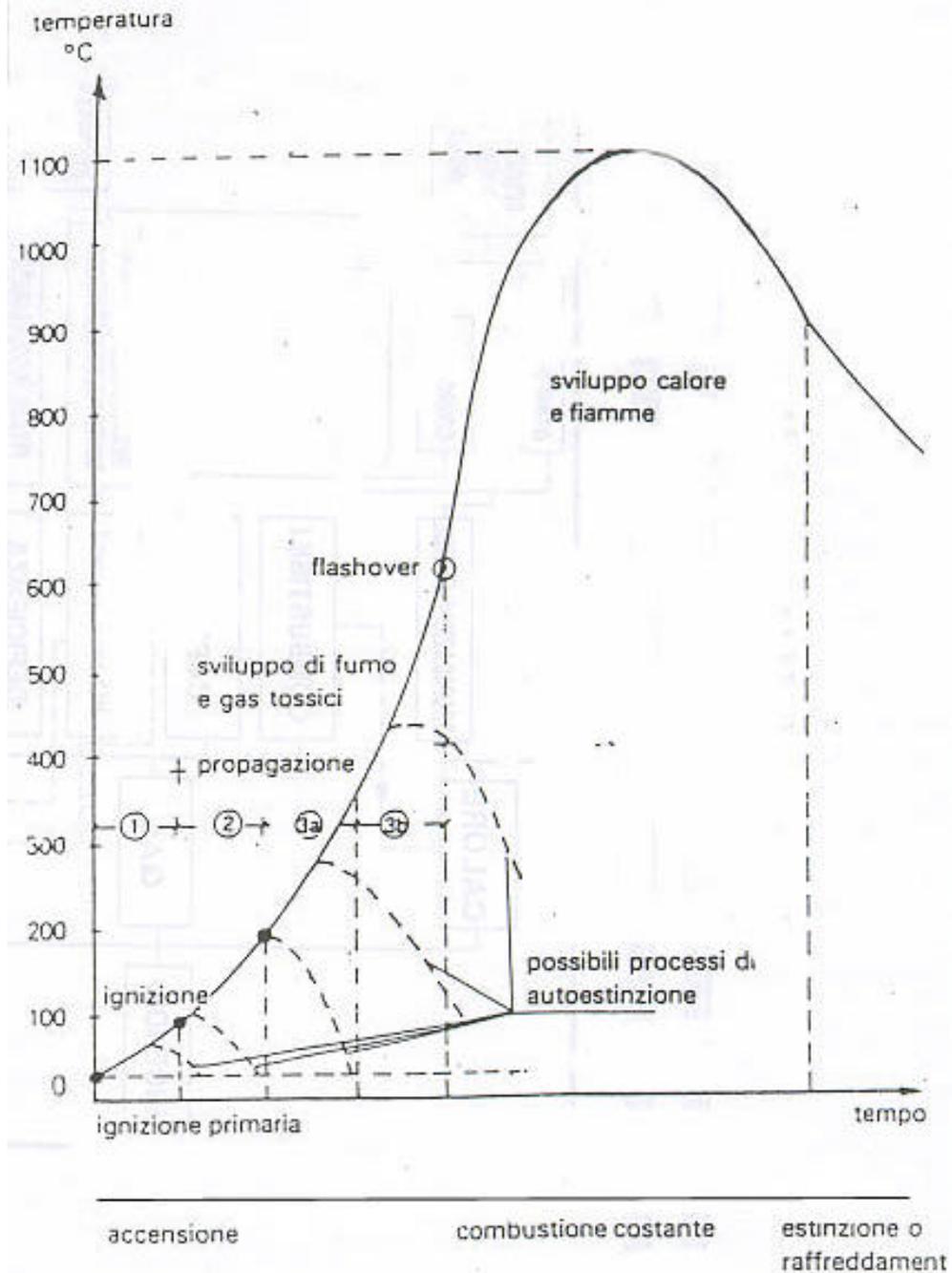


- In funzione del carico di incendio è possibile realizzare degli ambienti con una resistenza al fuoco predefinita, attraverso la realizzazione di elementi strutturali aventi la funzione di impedire la propagazione degli incendi; questi ambienti, con resistenza al fuoco predefinita, prendono il nome di compartimenti.
- Per una completa ed efficace compartimentazione i muri tagliafuoco non dovrebbero avere aperture, ovviamente è impossibile, perché in un ambiente di lavoro i vari vani, anche se con destinazione d'uso differente, è necessario che siano comunicanti.
- E' importante pertanto che gli elementi di chiusura abbiano una resistenza al fuoco non inferiore al muro su cui sono applicati

La reazione al fuoco



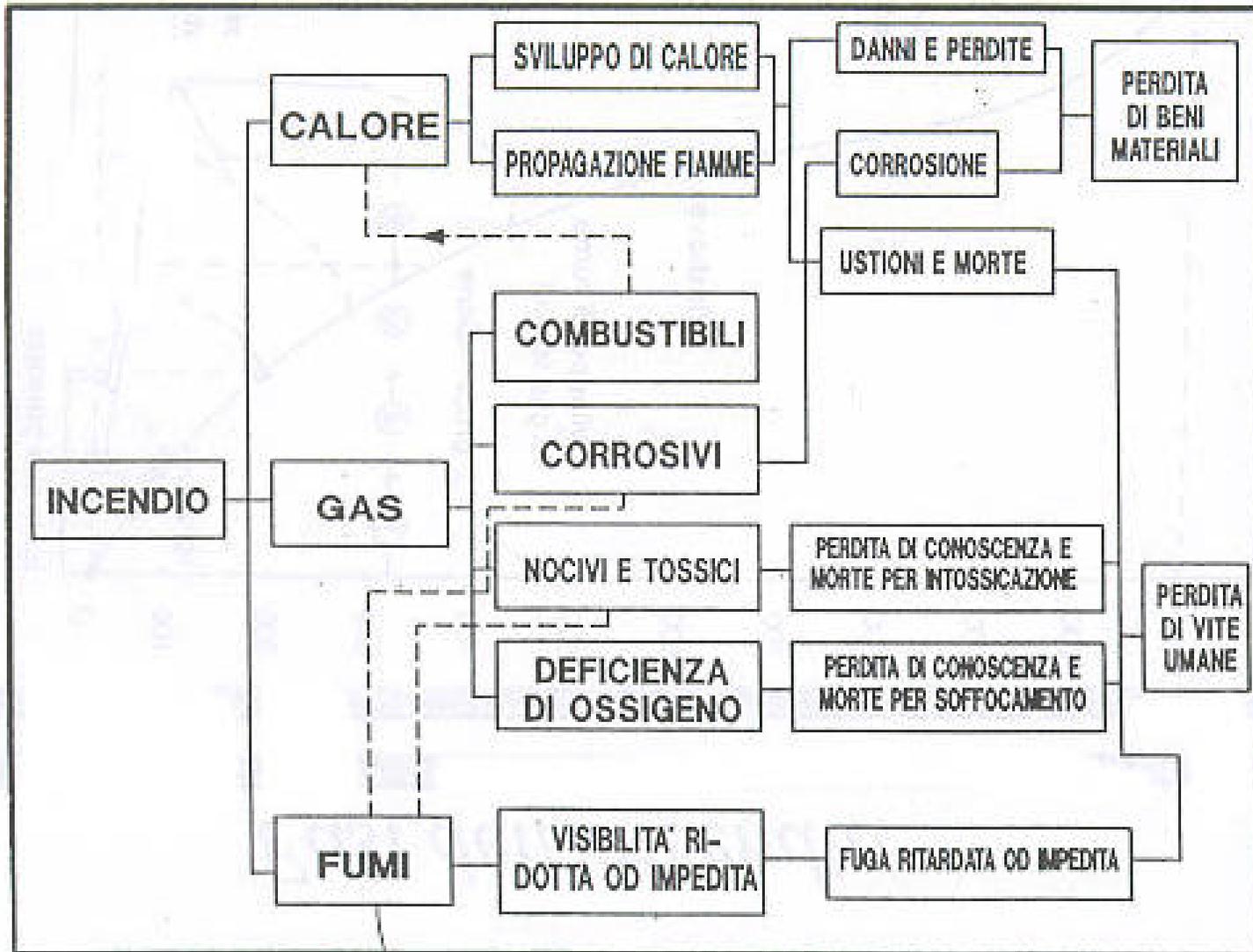
- E' l'attitudine di un elemento esposto al fuoco, a partecipare, per effetto della sua decomposizione, all'incendio.
- La reazione al fuoco assume una importanza rilevante nelle costruzioni: materiali di rifinitura, rivestimenti, controsoffitti, tendaggi,...
- Attraverso prove di laboratorio vengono assegnate delle classi ai materiali, da 0 a 5, con l'aumentare della loro partecipazione alla combustione (0=materiale non combustibile)



Fasi dell'incendio



Effetti dell'incendio



Prodotti tossici derivanti dalla combustione



SOSTANZA	COMPOSTI TOSSICI DERIVANTI DA COMBUSTIONE	PRODOTTI MAGGIORMENTE TOSSICI
PVC	CO - CO ₂ HCl (acido cloridrico) Benzene - Toluene	HCl - CO
Poliammidi	CO - CO ₂ HCN (acido cianidrico)	HCN - CO
Poliesteri	CO - CO ₂ HCN (acido cianidrico) (HCl per i materiali clorurati)	HCN - CO
Resine fenoliche	CO - CO ₂ Fenolo e derivati	CO - Fenoli
Poliacrilici	CO - CO ₂ Metacrilato di metile	CO - Metacrilato di metile
Polistirene	CO - CO ₂ Toluene - Stirene - Benzene (idrocarburi aromatici)	CO - Idrocarburi aromatici
Legno e derivati	CO - CO ₂	CO
Lana	CO - CO ₂ HCN (acido cianidrico)	CO - HCN



Effetti sull'uomo

GAS		5 minuti		30 minuti	
		inabilità	morte	inabilità	morte
CO	ppm	6000	12000	1400	2500
		8000	16000	1700	4000
HCN	ppm	150	250	90	170
		200	400	120	230
Ossigeno	%	10 # 13	5	12	6 # 7
Acroleina	ppm	***	500	***	50
			1000		135
HCL	ppm	***	12000	***	2000
			15000		4000



Effetti conseguenti alla carenza di ossigeno

- Aria inspirata circa il 79% Azoto
 “ il 21% O₂
- Aria espirata circa 79% Azoto
 “ 16 O₂
 “ 4,1% CO₂
 “ 0,9% vapore H₂O

Concentrazione O₂

10% < O₂ < 15% Appena cosciente

6% < O₂ < 10% Collasso

O₂ < 6% Morte per asfissia

Anche la temperatura e l'umidità influiscono molto sulla sopportabilità

Soffocamento legato a inspirazione di sostanze tossiche (es. CO)

Chimica e fisica del fuoco -- Programma LEONARDO



Classificazione dei fuochi

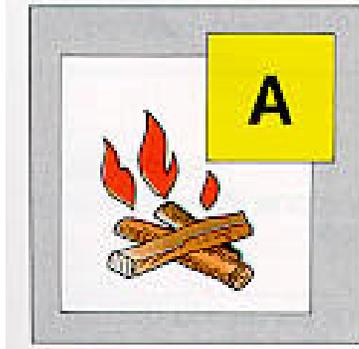
- I fuochi considerati in questa trattazione sono quelli che vengono classificati in base alla sostanza combustibile che li genera e che hanno come comburente l'ossigeno dell'aria atmosferica. La classificazione dei fuochi riportata di seguito è quella della Normalizzazione (CEN). Dopo l'emanazione del DM 20.12.1982 tale classificazione, recepita integralmente, è venuta a far parte delle leggi italiane.



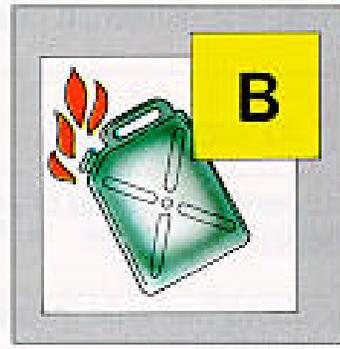
Classificazione dei fuochi

- CLASSE A: fuochi di materie solide generalmente di natura organica, la cui combustione normalmente avviene con produzione di braci
- CLASSE B: fuochi di liquidi o di solidi che si possono liquefare
- CLASSE C: fuochi gas
- CLASSE D: fuochi di metalli

Esempi di materiali attribuiti alle quattro classi di fuoco



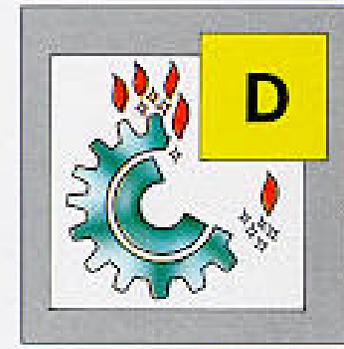
Carta
legna
segatura
trucioli
stoffa
rifiuti
cere
infiammabili
cartoni
libri
pece
carboni
bitumi grassi
paglia
stracci
fuliggine



Nafta
benzina
petrolio
Alcool
oli pesanti
etere solforico
glicerina
vernici
gomme
resine
fenoli
zolfo
trementina
solidi liquefabili
liquidi infiammabili



Metano
cloro
gas illuminante
acetilene
propano
idrogeno
cloruro di metile
gas infiammabili



Magnesio
potassio
fosforo
sodio
electron (Al-Mg)
carburi
metalli