

Edmondo Lavé, Paolo Lavé

IL MANUALE DELL'ADDETTO ANTINCENDIO

Aggiornato con il D.Lgs. 81/2008

III edizione



EPC LIBRI

INDICE GENERALE

Introduzione	15
---------------------------	----

Premessa	17
-----------------------	----

CAPITOLO 1

L'incendio e la sua prevenzione	19
--	----

1.1 L'incendio	19
----------------------	----

1.1.1 <i>I principi della combustione</i>	19
---	----

1.1.2 <i>Il combustibile</i>	22
------------------------------------	----

1.1.3 <i>Principali caratteristiche di pericolosità</i>	26
---	----

1.1.4 <i>Classificazione dei combustibili</i>	33
---	----

1.1.5 <i>Il comburente</i>	35
----------------------------------	----

1.1.6 <i>L'energia termica (calore)</i>	36
---	----

1.2 Principali cause d'incendio.....	36
--------------------------------------	----

1.3 Le sostanze estinguenti.....	37
----------------------------------	----

1.3.1 <i>Acqua</i>	38
--------------------------	----

1.3.2 <i>Schiuma</i>	40
----------------------------	----

1.3.3 <i>Polveri estinguenti</i>	44
--	----

1.3.3.1 <i>Polveri chimiche</i>	45
---------------------------------------	----

1.3.3.2 <i>Polveri speciali</i>	47
---------------------------------------	----

1.3.4 <i>Anidride carbonica</i>	47
---------------------------------------	----

1.3.5 <i>Sostituti degli Halon</i>	49
--	----

1.3.6 <i>Classi di fuoco ed estinguenti ammessi</i>	51
---	----

1.4 Rischi derivanti dall'incendio alle persone e all'ambiente.....	52
---	----

1.5 Fattori di rischio.....	52
-----------------------------	----

1.5.1	<i>Il calore</i>	52
1.5.2	<i>I gas d'incendio</i>	53
1.5.3	<i>Ossido di carbonio</i>	54
1.5.4	<i>Acido cianidrico</i>	55
1.5.5	<i>Anidride carbonica</i>	55
1.5.6	<i>Carenza di ossigeno</i>	55
1.5.7	<i>Acroleina</i>	55
1.5.8	<i>Acido cloridrico</i>	56
1.5.9	<i>Fosgene</i>	56
1.5.10	<i>Altre sostanze tossiche</i>	56
1.5.11	<i>Fumo visibile</i>	56
1.6	<i>Dispositivi di Protezione Individuale</i>	57
1.6.1	<i>I dispositivi di protezione contro il calore</i>	58
1.6.2	<i>Dispositivi di protezione respiratoria</i>	60
1.6.2.1	<i>La maschera antigas</i>	63
1.6.2.2	<i>Dispositivi di purificazione dell'aria</i>	64
1.6.2.3	<i>Respiratori isolanti</i>	65
1.6.2.3.1	<i>Autorespiratori a circuito aperto</i>	66
1.6.2.3.2	<i>Autoprotettori a circuito chiuso</i>	67
1.6.2.3.3	<i>Autorespiratori per autosalvataggio</i>	68
1.6.3	<i>Altre fonti di rischio</i>	68
1.7	<i>La prevenzione</i>	69
1.7.1	<i>Progettazione dell'attività produttiva</i>	70
1.7.2	<i>Esercizio dell'attività produttiva</i>	72
1.7.2.1	<i>Disposizioni e procedure</i>	73
1.7.2.2	<i>Accorgimenti comportamentali</i>	73
1.7.3	<i>Controllo</i>	75
1.7.3.1	<i>Importanza del controllo degli ambienti di lavoro</i>	75
1.7.3.2	<i>Importanza delle verifiche e delle manutenzioni sui presidi antincendio</i>	76

1.7.3.3	<i>Verifica e manutenzione degli estintori</i>	77
1.7.3.4	<i>Verifica e manutenzione dei sistemi e apparecchiature idrici e schiuma</i>	79
1.7.3.5	<i>Verifica manutenzione degli impianti antincendio speciali (Sistemi Speciali)</i>	81
1.7.3.6	<i>Verifica e manutenzione degli impianti di rivelazione ed allarme</i>	81
1.7.3.7	<i>Verifica e manutenzione dei sistemi di evacuazione di fumo e calore</i>	82
1.8	Protezione da atmosfere esplosive	82

CAPITOLO 2

	La protezione antincendio	85
2.1	Come si realizza la difesa antincendio	85
2.2	La protezione passiva	86
2.2.1	<i>Generalità</i>	86
2.2.2	<i>Distanziamenti</i>	88
2.2.3	<i>Rivestimenti isolanti, ricopertura, interramento</i>	89
2.2.4	<i>Vie di uscita, compartimentazioni</i>	89
2.2.4.1	<i>Vie e uscite di emergenza (vie d'esodo)</i>	90
2.2.4.2	<i>Le compartimentazioni</i>	92
2.3	La protezione attiva	94
2.3.1	Attrezzature e apparecchiature antincendio	95
2.3.1.1	<i>Estintori</i>	97
2.3.1.2	<i>Idranti</i>	102
2.3.1.3	<i>Naspi</i>	103
2.3.2	Mezzi antincendio	103
2.3.2.1	<i>Automezzi antincendio</i>	105
2.3.2.2	<i>Apparecchiatura trainabile idrica e per schiuma</i>	105

2.3.2.3	<i>Estintori trainabili</i>	105
2.3.3	<i>Sistemi antincendio</i>	105
2.3.3.1	<i>Portate critiche e portate specifiche</i>	113
2.3.3.2	<i>Sistemi di evacuazione di fumo e calore</i>	113
2.3.3.3	<i>Sistemi di rivelazione e allarme</i>	115
2.4	<i>Le fasi di sviluppo dell'incendio in un ambiente chiuso</i>	117
2.4.1	<i>Fase di innesco e combustione latente</i>	118
2.4.2	<i>Fase di prima propagazione</i>	119
2.4.3	<i>Incendio generalizzato</i>	119
2.4.4	<i>Raffreddamento ed estinzione</i>	119
2.5	<i>Segnaletica di sicurezza</i>	120
2.5.1	<i>Segnaletica per i luoghi di lavoro</i>	122
2.5.2	<i>Etichette per i materiali nocivi o pericolosi</i>	123
2.5.3	<i>Le schede di sicurezza</i>	125
2.5.4	<i>Segnaletica per il trasporto di merci pericolose</i>	127
2.6	<i>Impianti elettrici di sicurezza</i>	130
2.7	<i>Illuminazione sussidiaria (o di sicurezza)</i>	130

CAPITOLO 3

L'organizzazione della sicurezza in azienda	133	
Premessa.....	133	
3.1	<i>Il Servizio di Prevenzione e Protezione</i> (Cfr.: D.Lgs. 81/2008 Titolo I).....	133
3.1.1	<i>Responsabile del servizio di prevenzione e protezione dai rischi</i>	135
3.1.2	<i>Compiti del servizio di prevenzione e protezione</i>	135
3.1.3	<i>Capacità e requisiti professionali degli addetti e dei responsabili dei SPP interni ed esterni</i>	136
3.2	<i>Rappresentante dei lavoratori per la sicurezza</i>	137

3.2.1	<i>Attribuzioni del rappresentante dei lavoratori per la sicurezza</i>	138
3.3	Medico competente	140
3.4	Gestione delle emergenze	140
3.4.1	<i>Disposizioni generali</i>	140
3.4.2	<i>Diritti dei lavoratori in caso di pericolo grave e immediato</i>	141
3.4.3	<i>Primo soccorso</i>	141
3.4.4	<i>Prevenzione incendi</i>	142

CAPITOLO 4

Procedure da adottare in caso di incendio..... 143

4.1	Generalità	143
4.2	Procedure da adottare quando si scopre un incendio	147
4.3	Procedure da attuare in caso di allarme.....	148
4.4	Modalità di evacuazione (o esodo)	151
4.5	Modalità di chiamata dei servizi di soccorso	153
4.5.1	<i>Piccoli luoghi di lavoro</i>	153
4.5.2	<i>Luoghi di lavoro di medie e grandi dimensioni</i>	154
4.6	Collaborazione coi Vigili del Fuoco in caso di intervento	155

CAPITOLO 5

Esercitazioni pratiche..... 157

5.1	Generalità	157
5.2	Presenza e chiarimenti sulle principali attrezzature e impianti di spegnimento.....	159
5.2.1	<i>Presenza e chiarimenti sugli estintori</i>	159

5.2.2	<i>Presenza visione e chiarimenti sugli idranti e sui naspi.....</i>	161
5.2.3	<i>Presenza visione e chiarimenti sugli impianti sprinkler.....</i>	163
5.2.4	<i>Presenza visione e chiarimenti sulle attrezzature di spegnimento e sugli impianti a schiuma</i>	164
5.2.5	<i>Presenza visione e chiarimenti sugli impianti ad anidride carbonica</i>	165
5.2.6	<i>Presenza visione e chiarimenti sugli impianti ad idrocarburi parzialmente alogenati</i>	166
5.2.7	<i>Presenza visione e chiarimenti sugli impianti a polvere chimica</i>	166
5.3	Presenza visione sulle attrezzature di protezione individuale (indumenti protettivi, maschere antigas, filtri, autoprotettori ecc.)	166
5.3.1	<i>Indumenti protettivi</i>	166
5.3.2	<i>Descrizione della maschera antigas</i>	167
5.3.3	<i>Autorespiratori a circuito aperto (ad aria compressa)</i>	168
5.3.4	<i>Autorespiratori a circuito chiuso ad ossigeno compresso</i>	170
5.4	Esercitazioni sull'uso delle attrezzature di spegnimento e di protezione individuale.....	170
5.4.1	<i>Esercizi base e simulazione di interventi reali</i>	170
5.4.2	<i>Prova pratica con estintori</i>	177
5.4.3	<i>Prove pratiche con acqua frazionata</i>	178
5.4.4	<i>Prova pratica con lance a schiuma a bassa e media espansione</i>	178
5.4.5	<i>Prove pratiche con i dispositivi di protezione personale</i>	178
5.4.5.1	<i>Dispositivi di protezione dal calore e dalle fiamme</i>	178
5.4.5.2	<i>Dispositivi di protezione delle vie respiratorie</i>	179
5.4.5.3	<i>Come indossare la maschera</i>	179
5.4.5.4	<i>Uso degli autoprotettori</i>	179
5.5	Esercitazioni di salvataggio	181

5.6	Esercitazioni integrative per chi comanda una squadra antincendio	182
-----	--	-----

APPENDICE

APPENDICE "A1"

Programma corsi	185
A1.1 Definizioni delle attività a rischio secondo il Decreto Ministeriale 10 marzo 1998	185
A1.2 Contenuti minimi dei corsi di formazione	186
A1.3 Luoghi ove si svolgono le attività previste dall'articolo 6, comma 3 del D.M. 10 marzo 1998	190

APPENDICE "A2"

Cause d'incendio per attività e ambienti di lavoro specifici	191
A2.1 Generalità	191
A2.2 Piccoli ristoranti	191
A2.3 Cucine di grandi ristoranti e di comunità	192
A2.4 Spazi commerciali	192
A2.5 Spazi adibiti ad uffici e a transazioni economiche	195
A2.6 Alberghi	196
A2.7 Ospedali, case di cura, ricoveri per anziani	197
A2.8 Officine e laboratori artigianali	198
A2.9 Depositi	198
A2.10 Cabine elettriche	201
A2.11 Impianti industriali	201

APPENDICE "A3"

Misure di tutela ed obblighi (Cfr.: D.Lgs. 81/2008 – Titolo 1) ..	211
A3.1 Misure di tutela ed obblighi	211
A3.2 Misure generali di tutela	211
A3.3 Delega di funzioni	212

A3.4	Obblighi esclusivi del datore di lavoro	213
A3.5	Valutazione dei rischi	213
A3.6	Obblighi del datore di lavoro e del dirigente	214
A3.7	Obblighi connessi a contratti d'appalto o d'opera o di somministrazione	215
A3.8	Obblighi del preposto	215
A3.9	Obblighi dei lavoratori	216

APPENDICE "A4"

Cantieri temporanei o mobili (D.Lgs. 81/2008, Titolo IV)

A4.1	Misure per la salute e la sicurezza nei cantieri temporanei o mobili.....	218
A4.2	Obblighi del committente o del responsabile dei lavori	220
A4.3	Obblighi del coordinatore per la progettazione (art. 91 parziale, D.Lgs. 81/2008)	220
A4.4	Obblighi del coordinatore per l'esecuzione dei lavori (art. 92 parziale, D.Lgs. 81/2008)	221
A4.5	Responsabilità dei committenti e dei responsabili dei lavori	221
A4.6	Obblighi dei lavoratori autonomi	222
A4.7	Misure generali di tutela	222
A4.8	Obblighi dei datori di lavoro, dei dirigenti e dei preposti	222
A4.9	Obblighi del datore di lavoro dell'impresa affidataria ...	223
A4.10	Requisiti professionali del coordinatore per la progettazione, del coordinatore per l'esecuzione dei lavori l'esecuzione dei lavori	224

APPENDICE "A5"

Luoghi di lavoro (D.Lgs. 81/2008, Titolo II

e All. IV Sez. 2, 3 e 4).....	225
--------------------------------------	------------

APPENDICE "A6"

Ripartizione delle aree in cui possono formarsi

atmosfere esplosive (Allegato XLIX del D.Lgs. 81/2008).....	230
--	------------

1. Aree in cui possono formarsi miscele esplosive	230
2. Classificazione delle aree a rischio di esplosione	230
Prescrizioni minime per il miglioramento della protezione della sicurezza e della salute dei lavoratori (Allegato L).....	232
Osservazione preliminare.....	232
1. Provvedimenti organizzativi	232
2. Misure di protezione contro le esplosioni.....	232
APPENDICE “B1”	
Definizioni	237
B1.1 Termini riguardanti la difesa passiva	237
B1.2 Termini riguardanti la difesa attiva.....	239
B1.3 Termini riguardanti il controllo e la manutenzione	240
B1.4 Obblighi dei responsabili di attività soggette ai controlli di prevenzione incendi.....	241
APPENDICE “B2”	
Segnali di sicurezza	243
B2.1 D.Lgs. n. 81 del 9 aprile 2008.....	243
B2.2 Normativa di segnaletica vigente.....	243
B2.2 Allegati al Titolo V - D.Lgs. 81/2008.....	244
APPENDICE “B3”	
Requisiti dei luoghi di lavoro (D.Lgs. 81/2008: Allegato IV Sezione 1).....	251
B3 - 1. Ambienti di lavoro	251
B3 - 1.5 Vie e uscite di emergenza	251
B3 - 1.6 Porte e portoni	252
B3 - 1.7 Scale	253
APPENDICE “C1”	
Le squadre di emergenza	255
C1.1 Generalità.....	255
C1.2 Ristoranti.....	257

C1.3	Spazi commerciali	257
C1.4	Spazi adibiti ad uffici e a transazioni economiche.....	259
C1.5	Alberghi	260
C1.6	Ospedali, case di cura, ricoveri per anziani	262
C1.7	Officine e laboratori artigianali	263
C1.8	Depositi	263
C1.9	Impianti industriali	264

APPENDICE “C2”

Esempi di “istruzioni in caso d’incendio”	267
Considerazioni preliminari	267
C2.1 Esempio n. 1 - Stabilimento industriale.....	267
C2.2 Esempio n. 2 - Palazzo multipiano adibito ad uffici	271

APPENDICE “D1”

Attrezzatura antincendio	275
D1.1 Lance idriche	275
D1.2 Lance a schiuma	275

APPENDICE “D2”

Dispositivi di protezione individuale	277
D2.1 Dispositivi di protezione individuale.....	277
D2.2 Dispositivi di protezione respiratoria utilizzati in questo volume	279
D2.3 Autorespiratori a riserva di ossigeno	288

INTRODUZIONE¹

Questo libro è il testo di base per chi all'interno delle aziende è incaricato di attuare sia le misure di prevenzione incendi che quelle di lotta antincendio e di gestione dell'emergenza. Inoltre, poiché il personale addetto a questo importante compito deve essere adeguatamente formato, il volume si presta ad essere utilizzato, sia dagli istruttori che dagli allievi, come un sussidio didattico agile e versatile per i corsi di formazione antincendio secondo il programma indicato dal D.M. 10 marzo 1998. Il volume è strutturato in modo da potere agevolmente integrare le parti che interessano tutte le attività produttive con quelle relative a problemi specifici di singole attività ed ambienti di lavoro.

Ogni argomento viene trattato con ampiezza adeguata per:

- consentire l'impiego del testo anche per corsi più impegnativi in grado di soddisfare le esigenze di aziende che intendono assicurare al proprio personale una preparazione più approfondita e meglio rispondente alle loro specifiche necessità;
- conferire al volume le caratteristiche di un manuale professionale per l'addetto antincendio. Particolare attenzione è stata dedicata alle "esercitazioni pratiche", per le quali vengono date indicazioni di metodologia didattica e proposti tipi di esercizi per ciascun livello di rischio.

Ad eccezione dell'ultima parte dedicata alle esercitazioni sull'uso delle attrezzature, che è suddivisa in base al livello di rischio, in tutto il libro gli argomenti vengono trattati in modo uniforme senza le suddivisioni corrispondenti ai tre livelli indicati nel decreto, per evitare ripetizioni delle parti comuni e per non porre vincoli al docente. In questo modo, viene lasciata al docente la scelta dell'estensione da dare alla trattazione dei singoli argomenti, in funzione, oltre che del livello di rischio, delle esigenze delle singole aziende e della preparazione di base degli allievi.

1. Il decreto legislativo 9 aprile 2008 n. 81, prevede che, per la formazione e l'addestramento periodico dei lavoratori incaricati dell'attività di prevenzione incendi e lotta antincendio, di evacuazione dei luoghi di lavoro in caso di pericolo grave ed immediato, di salvataggio, di primo soccorso e, comunque, di gestione dell'emergenza, continuano ad essere applicate le disposizioni in materia contenute nel decreto del Ministro dell'interno in data 10 marzo 1998, in attesa dell'emanazione delle disposizioni di cui al comma 3 dell'articolo 46, dello stesso decreto legislativo.

Anche se il legislatore ha ritenuto opportuno, per le esercitazioni pratiche, limitare in alcuni casi a “presa visione e dimostrazioni” l’uso effettivo da parte dell’allievo degli estintori e dei dispositivi di protezione individuale, gli Autori raccomandano che, ogni qualvolta possibile, l’allievo impieghi effettivamente estintori, lance e dispositivi di protezione individuale.

Per non appesantire troppo la parte comune, i problemi di prevenzione e protezione relativi a specifici ambienti di lavoro e situazioni vengono discussi in Appendici, che sono, comunque, parte integrante del testo.

Gli autori hanno posto il massimo impegno nell’affrontare la complessità della nuova normativa in materia di Sicurezza e Salute, tuttavia ringraziano i lettori che vorranno segnalare le inesattezze od omissioni in cui fossero incorsi.

Rammentano inoltre che per l’adozione di misure progettuali e organizzative, la consultazione diretta delle norme e di manuali tecnici specifici resta, come sempre, un percorso obbligato.

PREMESSA

Tutti conosciamo il fuoco per esperienza diretta, quotidiana. Sappiamo che esso è utile, anzi indispensabile, per lo svolgimento di molte delle attività umane. Sappiamo però che può diventare un nemico assai temibile quando si presenta indesiderato o sfugge al nostro controllo.

Le nozioni apprese sin dall'infanzia dovrebbero indurci a trattare questo "amico-nemico" con il dovuto rispetto. Ciò nonostante, talvolta non vengono osservate le cautele elementari, o per distrazione o negligenza o mancanza di adeguate informazioni, ed è solo per fortuna che evitiamo di incorrere in qualche grosso guaio. Questo accade anche perché non abbiamo ancora assimilato il concetto che il fuoco è un pericolo latente, che può presentarsi all'improvviso, per cui dobbiamo essere sempre pronti ad affrontarlo nel modo dovuto, intelligentemente e senza lasciarci sopraffare dall'emotività.

La tendenza a sottovalutare il pericolo del fuoco è purtroppo molto diffusa e costituisce un atteggiamento mentale che va corretto sia nell'interesse del singolo, sia nell'interesse collettivo.

Una particolare sensibilità verso questo pericolo è richiesta a chi è chiamato a svolgere mansioni di prevenzione incendio, lotta antincendio e gestione delle emergenze. Costui (o costei) dovrà inoltre possedere le conoscenze tecniche necessarie per concorrere a prevenire il fuoco e per fronteggiarlo utilizzando al meglio i mezzi di cui dispone. Queste conoscenze dovranno essere proporzionate al rischio di incendio che esiste nell'azienda.

Il rischio di incendio di un luogo di lavoro o di parte di esso può essere basso, medio o elevato, in dipendenza della qualità e quantità dei materiali infiammabili e combustibili che ivi si trovano o vengono manipolati e delle modalità di lavorazione o immagazzinamento.

Si considerano a **basso rischio** di incendio quei luoghi ove difficilmente si può verificare un rischio per l'incolumità delle persone,

«in quanto ci sono pochi materiali combustibili, nessuna sostanza facilmente infiammabile e praticamente nessuna sorgente di calore che può innescare un incendio.»

Si considerano a **medio rischio** (o normale) di incendio quei luoghi ove esistono:

«quantitativi di materiali combustibili e sufficienti sorgenti di calore da portarli al di sopra della categoria dei rischi bassi. In tali luoghi ogni principio di incendio rimarrà confinato o si propagherà molto lentamente, in modo da consentire alle persone di evacuare verso un luogo sicuro.»

Si considerano a **elevato rischio** di incendio i luoghi dove:
«può verificarsi un grave rischio per l'incolumità delle persone.»

Queste concise definizioni, prese dalla letteratura², sono in sostanziale accordo con quelle dell'Allegato I del D.M. 10 marzo 1998, riportate nell'Appendice A1 (vedi pag. 185) e con la **definizione generale di rischio**, inteso come "probabilità di raggiungimento del livello potenziale di danno nelle condizioni di impiego o di esposizione ad un determinato fattore o agente oppure alla loro combinazione", data nell'art. 2 del decreto legislativo 9 aprile 2008 n. 81³.

Il predetto decreto legislativo, all'art. 15 - misure generali di sicurezza, prevede la valutazione di tutti i rischi per la salute e sicurezza e, alla conclusione della valutazione, la elaborazione di un documento di valutazione dei rischi.

2. Cfr.: A. Messineo, G. Carlesi, *Guida pratica, Valutazione del rischio*, 1995, EPC srl, Roma e ANIA - *Manuale di prevenzione incendio*.

3. Il decreto legislativo, che attua le disposizioni dell'art. 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123 in materia di tutela della salute della sicurezza nei luoghi di lavoro, si applica a tutti i settori di attività e a tutte le tipologie di rischio.

L'INCENDIO E LA SUA PREVENZIONE

1.1 L'incendio

Il primo obiettivo della prevenzione incendi¹ è la salvaguardia della vita umana. Subito dopo viene la salvaguardia dei beni e delle attività, sia per quanto riguarda l'aspetto individuale che collettivo.

Né va dimenticato il fatto che un incendio, oltre a provocare perdite economiche per i materiali e le installazioni danneggiate o distrutte, può significare la morte dell'azienda e la perdita del posto di lavoro.

Ma per prevenirli, gli incendi, li dobbiamo conoscere. Intuitivamente sappiamo tutti cosa sono gli incendi, però un approccio sistematico è senz'altro opportuno per procedere nella conoscenza di questi eventi e dei fenomeni che ne sono le cause.

Cominciamo col dire che l'incendio è:

*«una combustione sufficientemente rapida che si sviluppa senza controllo nel tempo e nello spazio».*²

Passiamo ora ad introdurre alcune nozioni generali sulla combustione.

1.1.1 I principi della combustione

Osserviamo la fiamma di un fornello a gas e la brace di un barbecue (o di uno

1. Il D.P.R. 29 luglio 1982, n. 577 Approvazione del regolamento concernente l'espletamento dei servizi antincendi definisce la "prevenzione incendi" come "materia di rilevanza interdisciplinare, nel cui ambito vengono promossi, studiati, predisposti e sperimentati misure, provvedimenti, accorgimenti e modi di azione intesi ad evitare (.....) l'insorgenza di un incendio e a limitarne le conseguenze".

2. Tratto da Rivista *Antincendio*, numero di luglio 1984, pag. 45, citato da E. Villa, *Dizionario di prevenzione incendi*, 1995, EPC S.r.l., Roma.

scaldino). In tutti e due i casi c'è qualcosa che sta bruciando. È evidente che sono due modi diversi di bruciare (analizzeremo questa differenza più avanti). Però un fatto li accomuna: in entrambi i casi un materiale sta reagendo con l'ossigeno dell'aria producendo calore, luce e sostanze gassose calde.



Fig. 1.1 - Estinzione di una vasca con estintori a polvere

Quello che sta accadendo tra il materiale che arde e l'ossigeno dell'aria è una rapida reazione chimica di ossidazione con sviluppo sensibile di calore, chiamata **combustione**. Il materiale che brucia è detto **combustibile** e l'ossigeno che lo fa bruciare **comburente**.

Ma come è cominciata questa reazione? Abbiamo portato a contatto del combustibile in presenza di aria una **fonte di calore** ad alta temperatura.

Senza questa fonte di calore caldissima la combustione non sarebbe incominciata. Nel caso del fornello a gas l'abbiamo iniziata con un fiammifero acceso accostato al bruciatore da cui usciva il combustibile mescolato con l'aria. Invece della fiammella del fiammifero avremmo potuto usare una resistenza elettrica incandescente o un accendino "a pietra". Il risultato sarebbe stato identico. Queste fonti infatti sono in grado di fornire al combustibile gassoso la quantità di energia termica ad alta temperatura sufficiente per permettere al combustibile di iniziare a reagire con l'ossigeno atmosferico o, in altre parole, sufficiente per innescare la combustione.

Nel caso del carbone di legna, avremmo dovuto servirci di una fonte ugualmente calda ma più estesa e di maggiore durata in grado di portare la superficie del carbone alla temperatura di accensione. Per esempio carta e legna minuta secca già accese. Il principio comunque non cambia.

Le fonti di calore in grado di accendere un fuoco sono dette fonti o sorgenti di accensione (ignizione) o anche inneschi.

Una volta acceso, il materiale continua a bruciare, perché è il calore prodotto dalla reazione a scaldare fino alla temperatura di accensione il materiale non ancora bruciato. In questo modo la combustione continua e si propaga finché trova combustibile ed aria sufficienti ad alimentarla e sostentarla.

Prima di procedere col nostro discorso, facciamo un breve riepilogo di quanto detto finora.

Abbiamo visto che:

Ci sono due tipi di combustione, quella con fiamma e quella senza fiamma e che, in entrambi i casi, perché la combustione possa avvenire, devono essere presenti, nello stesso luogo e nello stesso momento, combustibile, comburente e calore.

Questa terna di elementi indispensabili ci suggerisce l'uso di un modello geometrico per studiare la combustione: il triangolo della combustione. In questo triangolo i tre lati rappresentano rispettivamente il combustibile, il comburente e il calore, mentre la figura nel suo insieme rappresenta la combustione.

Se eliminiamo uno o due lati, il triangolo non esiste più e corrispondentemente il fenomeno che rappresenta non può più avvenire. Questo triangolo, come vedremo più avanti, è un comodo strumento per studiare come prevenire, controllare e spegnere il fuoco. Per questo viene chiamato anche triangolo del fuoco.

Ora vediamo un po' qual è il significato che si attribuisce comunemente alla parola fuoco. Apriamo un vocabolario e troviamo:

Fuoco: «l'insieme degli effetti calorifico e luminoso della combustione, che hanno la loro manifestazione nella fiamma³.»

Vediamo così che, non solo nel parlare corrente, ma anche nel linguaggio più preciso dei vocabolari, al termine fuoco è associata l'idea di combustione con fiamma. Ecco quindi perché abbiamo preferito iniziare la nostra lezione parlando di combustione, parola questa che ha un significato più generale. Nel linguaggio tecnico con "fuoco" si intende anche un modo di bruciare legato al tipo

3. Tratto da: *Vocabolario della lingua italiana*, 1987, Istituto della Enciclopedia Italiana, Roma.

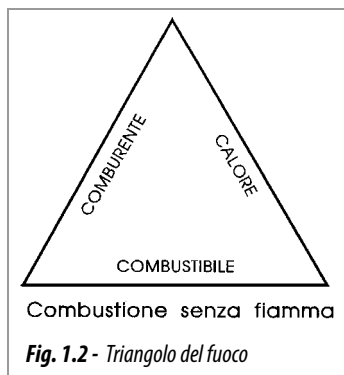
di combustibile, come vedremo più avanti.

Abbiamo finora incontrato la combustione con fiamma e la combustione senza fiamma.

Ce n'è però anche una terza combustione, non meno importante: la combustione lenta. Questa combustione, che riguarda esclusivamente i materiali solidi, corrisponde ad un processo di ossidazione relativamente lento, in cui il materiale brucia inizialmente senza emissione di luce visibile e il fenomeno in atto viene spesso rivelato dal fumo.⁴

La fase di combustione lenta evolve poi, dopo un tempo più o meno lungo, in combustione con fiamma (es.: cavi e apparecchiature elettriche surriscaldate). Molti incendi partono proprio da fenomeni di combustione lenta.

A questo punto è opportuno dare anche una definizione di incendio. Ne daremo anzi due.



Possiamo definire l'**incendio** come:

«*combustione sufficientemente rapida che si sviluppa senza controllo nel tempo e nello spazio*»⁵

oppure

«*combustione incontrollata di materiali o strutture combustibili*».

Entrambe le definizioni possono essere considerate soddisfacenti.

Esamineremo ora in successione i tre lati del triangolo della combustione, comunemente chiamato "triangolo del Fuoco"⁷ (vedi figura 1.2).

1.1.2 Il combustibile

Le norme definiscono combustibili «le sostanze atte a mantenere una com-

4. Cfr.: Rivista *Antincendio*, numero di luglio 1984, pag. 45, Ed. EPC S.r.l., Roma.

5. Ibidem.

6. Da EST - *Enciclopedia della Scienza e della Tecnica*, vol. V, sec. Ed. 1964, Arnoldo Mondadori Edit., Milano.

7. Per una trattazione più approfondita dell'argomento vedi: E. Lavè, P. Lavè, «*Guida pratica all'Antincendio*», II Ed. 2003, EPC Libri, Roma. Vedi anche "G. Giomi, G. Elifani, «*La prevenzione incendi nell'industria*», IV Ed. aggiornata, luglio 1995, EPC, Roma.

bustione in presenza di aria atmosferica»⁸, cioè quei materiali che bruciano facilmente con l'aria.

I materiali che invece non bruciano con l'aria sono detti incombustibili.

I materiali combustili possono essere classificati in base al loro modo di bruciare, cioè al tipo di fuoco cui danno luogo.

Oltre al loro modo di bruciare, i materiali combustibili possono essere classificati in base alla loro composizione, alle loro caratteristiche di infiammabilità. Comunque, la prima suddivisione che viene spontanea è quella basata sullo stato di aggregazione. Distingueremo quindi i combustibili anche in gassosi, liquidi e solidi.

Tuttavia, conoscere il loro modo di bruciare è il requisito più importante per potere intervenire adeguatamente e spegnere il fuoco. Quindi è preferibile, parlando dei combustibili e degli agenti estinguenti⁹, riferirsi ai tipi di fuochi cui danno luogo piuttosto che ai combustibili stessi.¹⁰

Nella *Tabella 1.1* è riportata la suddivisione dei fuochi in quattro classi A, B, C e D secondo la norma europea EN 2, in cui i tipi di fuoco sono identificati dai materiali che li generano (colonne 1 e 2).

Tab. 1.1

CLASSE	TIPO DI FUOCO	ESEMPI
A	Fuochi da materiali solidi, generalmente di natura organica, la cui combustione avviene con formazione di braci	Legno, carta, plastica, tessuti ecc.
B	Fuochi da liquidi o da solidi liquefatti	Carburanti, oli, solventi ecc.
C	Fuochi da gas	Metano, GPL, acetilene ecc.
D	Fuochi da metalli	Litio, sodio, potassio magnesio, titanio, alluminio in polvere

8. D.P.R. 22/12/1970, n. 1391, art. 3.1.

9. Agenti estinguenti sono tutte quelle sostanze che hanno la proprietà di potere spegnere un fuoco.

10. Questo anche per evitare confusioni con altri tipi di classificazione. Per esempio: un fuoco di classe A è un fuoco di solidi combustibili comuni (carta, stracci, legno), ma un materiale di categoria A nella classificazione italiana degli oli minerali (Legge 8 febbraio 1934) è un liquido i cui vapori possono dare luogo a scoppio (petrolio grezzo, benzina, etere solforico e simili).

La norma europea EN 2, essendo basata sui materiali che bruciano, non comprende i fuochi di impianti ed attrezzature elettriche sotto tensione (vecchia Classe di fuoco E) in quanto **l'essere sotto tensione** è solo una condizione.

Infatti, negli incendi di impianti ed attrezzature elettriche, ciò che brucia è materiale di classe A o B, per cui l'inclusione di questi incendi nella tabella sarebbe contraddittoria.

Questo non esclude però che gli incendi di *impianti ed attrezzature elettriche* sotto tensione vadano menzionati fuori tabella¹¹.

«Gli estinguenti specifici per questi incendi sono costituiti da polveri dielettriche ed anidride carbonica»¹².

Possono essere utilizzati i sostituti degli halon. Sono da escludere invece acqua e schiuma.

Sulla suddivisione di EN2 è basata la vigente classificazione degli estintori

Consideriamo ora la combustione dal punto di vista chimico. Quasi tutti i combustibili comuni solidi, liquidi e gassosi contengono idrogeno e carbonio. Questi due elementi chimici bruciando danno come prodotti della combustione, acqua, ossido di carbonio e anidride carbonica. L'ossido di carbonio si forma quando c'è poco ossigeno, mentre l'anidride carbonica si forma quando c'è abbondanza di ossigeno.

Negli incendi difficilmente c'è ossigeno sufficiente per ossidare completamente il carbonio, per cui si forma sempre dell'ossido di carbonio accanto all'anidride carbonica. Il carbonio che non riesce a bruciare costituisce il nerofumo (candela) e la fuliggine (camini) che danno il colore nero al fumo.

I combustibili liquidi (carburanti, gasoli e olii combustibili per riscaldamento) contengono sempre anche dello zolfo che bruciando produce anidride solforosa.

Consideriamo la combustione di due sostanze semplici, idrogeno e carbonio, e quella del loro composto più semplice, il metano CH₄.

Osserviamo come viene scritta la reazione chimica globale della loro combustione:

11. La classificazione dei fuochi della statunitense NFPA (National Fire Protection Association) prevede tuttora una classe per i fuochi di apparecchiature elettriche sotto tensione.

12. D.M. 10 marzo 1998, allegato V, punto 5.1.

2H ₂ idrogeno	+	O ₂ ossigeno	=	2H ₂ O acqua (vapore)	+	Δ
2C carbonio	+	O ₂ ossigeno	=	2CO ossido di carbonio	+	Δ (COMBUSTIONE) (INCOMPLETA)
2CO ossido di carbonio	+	O ₂ ossigeno	=	2CO ₂ anidride carbonica	+	Δ (COMBUSTIONE) (COMPLETA)
CH ₄ metano	+	2O ₂ ossigeno	=	CO ₂ anidride carbonica	+	2H ₂ O + Δ acqua (vapore)

dove col simbolo Δ si indica il calore prodotto dalla reazione.

Queste espressioni sono molto semplici ma in effetti la combustione è un insieme molto complesso di reazioni intermedie.

Nella fiamma avvengono reazioni intermedie a catena prima di giungere ai prodotti finali mostrati sopra. Esistono sostanze particolari che possono interrompere questa catena se fatte arrivare sulla fiamma in modi e quantità opportune. Ne parleremo al paragrafo dedicato agli estinguenti.

Ora abbiamo le informazioni necessarie per affrontare meglio lo studio dei combustibili.

Abbiamo visto che la combustione può avvenire con fiamma o senza fiamma. La fiamma è costituita da sostanze allo stato gassoso che stanno bruciando¹³.

13. Le molecole di gas e vapori combustibili reagiscono con quelle dell'ossigeno solo quando si urtano con esse con sufficiente energia. Anche in un ambiente assolutamente calmo (velocità media della massa d'aria = zero) le singole molecole di gas (aria inclusa) e di vapori si muovono in tutte le direzioni a grandissima velocità. La loro velocità dipende dalla temperatura. Maggiore è la temperatura, maggiore è l'energia delle molecole. La fiammella d'innesco accelera le molecole che trova vicino aumentando la loro energia e mettendole in condizione di reagire. Per farlo bisogna però che nel loro percorso trovino una molecola di ossigeno. Se trovano invece altre molecole o le pareti di un recipiente, cedono a queste la loro energia in più e non succede niente. È pertanto importante, perché la combustione possa avere luogo, che molecole di combustibile e molecole di ossigeno siano presenti in determinati rapporti. Il processo continua perché le molecole che reagiscono producono energia termica (calore) che accelera quelle vicine e così via.

I gas bruciano sempre con fiamma.

I liquidi e solidi liquefatti o volatili bruciano anch'essi solo con fiamma, perché a bruciare in realtà sono i vapori che essi rilasciano.

I combustibili solidi comuni si decompongono per effetto del calore apportato dalla sorgente di accensione, liberando gas e vapori combustibili che vengono accesi dalla sorgente stessa. Questi combustibili all'inizio bruciano con fiamma e successivamente bruciano come braci (per es.: il legno, stracci ecc.).

Alcuni solidi invece bruciano soltanto senza fiamma: carbonio puro (carbone antracite, carbone coke) e i metalli combustibili (magnesio, titanio, zirconio, litio, sodio, potassio). La combustione senza fiamma avviene sulla superficie del materiale a contatto con l'aria. La combustione senza fiamma è caratteristica dei combustibili solidi non volatili né liquefatti. Perché il fenomeno possa continuare è però necessario che ci sia un sufficiente afflusso d'aria sulla superficie che arde.

La volatilità dei materiali e il loro stato di suddivisione sono molto importanti per l'accensione dei materiali e la velocità di propagazione del fuoco.

Gas, vapori e polveri combustibili in miscela con aria in adeguate proporzioni vengono immediatamente accesi da sorgenti ad elevata temperatura (fiamma, scintilla, arco elettrico) e la propagazione della combustione è veloce. Quando la miscela si trova all'interno di un recipiente, la pressione aumenta repentinamente per effetto del repentino innalzamento di temperatura e, se le pareti cedono, si ha un'esplosione.

Vengono fabbricati recipienti in grado di resistere al repentino aumento di pressione, come le custodie antideflagranti di talune apparecchiature elettriche.

Esistono dei materiali che, per la loro natura o per il loro stato di suddivisione, presentano una tale capacità di reagire con l'ossigeno atmosferico da accendersi subito o in breve tempo quando vengono a contatto con l'aria (es.: fosforo bianco, polvere finissima di alluminio). Questi materiali sono detti piroforici.

1.1.3 *Principali caratteristiche di pericolosità*

La pericolosità per incendio dei vari combustibili dipende da alcune loro proprietà caratteristiche; precisamente:

- punto di infiammabilità;
- temperatura di accensione;
- densità relativa;
- campo di infiammabilità;

- solubilità in acqua;
- caratteristiche di infiammabilità dei solidi:
 - composizione;
 - pezzatura;
 - porosità;
 - umidità;
- energia di accensione;
- suscettibilità al riscaldamento spontaneo.

Punto di infiammabilità

La minima temperatura alla quale un combustibile emette vapori in quantità sufficiente a formare con l'aria una miscela infiammabile.

Tab. 1.2

Benzina	- 42,8 °C
Metanolo	11,1 °C
Cherosene	51,7 °C
Gasolio	> 65 °C
Olio lubrificante	149 °C

Questo dato ha una grande importanza pratica, dato che i liquidi con più basso punto di infiammabilità (cioè più volatili) saranno prontamente infiammabili anche a temperature ambientali, mentre quelli con punto di infiammabilità più elevato richiederanno un certo riscaldamento supplementare per emettere vapori in quantità sufficiente. La benzina, ad esempio, sarà infiammabile in qualsiasi stagione, mentre il gasolio no, essendo il suo P.I. superiore alle massime temperature ambientali.

Temperatura di accensione

La minima temperatura alla quale il combustibile deve essere portato perché inizi una reazione di combustione che possa sostenersi autonomamente senza ulteriori apporti di calore dall'esterno. È anche detta "temperatura di innesco".

Tab. 1.3

Acetilene	304 °C
Metano	538 °C
Benzina	440 °C
Metanolo	385 °C
Cherosene	249 °C
Gasolio	338 °C
Olio lubrificante	250 °C
Legno	≅ 250 °C
Carta	230 °C
Nylon	475 °C
Cotone	238 °C
Gomma	300 °C
Sodio	115 °C (in aria secca)
Magnesio	≅ 600 °C

Densità relativa

DENSITÀ RELATIVA DEI GAS¹⁴

È la densità di un gas paragonata a quella dell'aria (aria=1). In base a tale caratteristica, i gas convenzionalmente vengono divisi in:

- Gas leggeri (densità relativa $\leq 0,8$)
Ad esempio: metano, idrogeno, ammoniaca.

14. La suddivisione dei gas in pesanti e leggeri rispetto a valori fissi della densità relativa all'aria è arbitraria e pertanto suscettibile di modificazioni. Citiamo un esempio: la Norma CEI 64-2 del 1990 aveva come riferimento i valori 0,9 e 1,1 mentre la Norma CEI EN 60079-10 del 1996, che l'ha in parte sostituita, ha come riferimento i valori 0,8 e 1,20.

- Gas pesanti (densità relativa $\geq 1,2$)
Ad esempio: GPL, idrogeno solforato.

Ciò comporta che quando rilasciati nell'ambiente:

- i gas leggeri tendono ad andare verso l'alto;
- i gas pesanti tendono a stratificare in basso;
- i gas con densità relativa intermedia potranno, a seconda della loro temperatura al momento del rilascio, tendere verso l'alto o il basso oppure distribuirsi uniformemente nell'aria circostante.

E quindi:

- In un ambiente chiuso:
 - i gas leggeri si accumuleranno presso il soffitto;
 - i gas pesanti si accumuleranno presso il pavimento o nelle zone più basse.

All'aperto:

- i gas leggeri si disperderanno rapidamente, migrando verso l'alto;
- i gas pesanti non si disperderanno ma si diffonderanno sottovento al punto di perdita seguendo la direzione del vento, potendo, quindi, trovare una fonte di accensione anche ad una certa distanza.

DENSITÀ RELATIVA DEI LIQUIDI

È la densità di un liquido (non miscibile con l'acqua) paragonata a quella dell'acqua (acqua=1).

Gli idrocarburi liquidi sono più leggeri dell'acqua (galleggiano sull'acqua). Questo implica che applicare dell'acqua, per esempio su un versamento in fiamme, comporterà un allargamento della superficie incendiata, o, se il versamento è contenuto, ad esempio, da una cordolatura, la possibile trascinamento del liquido in fiamme.

Campo di infiammabilità

Una miscela di aria e vapori o gas infiammabili, in presenza di un innesco, brucerà solo in uno specifico campo di concentrazioni volumetriche.

Questo campo è chiamato "campo di infiammabilità o campo di esplosività", ed è compreso entro i cosiddetti "limiti di infiammabilità".

LIMITE INFERIORE DI INFIAMMABILITÀ (L.I.I.).

Il limite inferiore di infiammabilità è la minima concentrazione di un vapore infiammabile che formi con l'aria una miscela infiammabile.

LIMITE SUPERIORE DI INFIAMMABILITÀ (L.S.I.).

Il limite superiore di infiammabilità è la massima concentrazione di un vapore infiammabile che formi con l'aria una miscela infiammabile.

Se la concentrazione è al di sotto del limite inferiore, in presenza di un innesco non si avrà propagazione di fiamma per difetto di combustibile in rapporto all'aria (miscela troppo povera).

Se la concentrazione è al di sopra del limite superiore, non si avrà propagazione di fiamma per eccesso di combustibile in rapporto all'aria (miscela troppo ricca).¹⁵

PRODOTTO	LIMITI DI INFIAMMABILITÀ
Cherosene	0,7 – 4,8%
Benzina	1,3 – 7,1%
Gasolio	1,5 – 7,5%
Butano	1,8 – 8,4%
Metano	5 - 15%
Metanolo	6,7 - 36%
Idrogeno	5 - 75%
Acetilene	2,5 - 85%

Solubilità in acqua

La maggior parte degli idrocarburi non è solubile in acqua.

Gli alcoli ed i solventi sono, invece, solubili in acqua. Quindi mentre gli idrocar-

15. Ai fini della prevenzione, va tenuto presente che un "ambiente chiuso", con una concentrazione di combustibile al di sopra del limite superiore di infiammabilità, può diventare pericoloso se si verifica uno scambio con l'atmosfera esterna con diminuzione della concentrazione fino a entrare nel campo di infiammabilità.

burri, venendo a contatto con dell'acqua, formeranno uno strato separato, i solventi si diluiranno per l'aggiunta di acqua divenendo eventualmente non più combustibili.

Caratteristiche di infiammabilità dei solidi

La **composizione chimica** di un materiale solido influenza il suo modo di bruciare in almeno tre modi:

- **Potere calorifico**

Il contenuto di ossigeno riduce il potere calorifico: per esempio un materiale a base idrocarburica, come molte comuni plastiche, produrrà bruciando quantità di calore almeno doppie rispetto ad un materiale a base cellulosica come legno o cotone. Ciò è dovuto al fatto che le plastiche contengono principalmente carbonio e idrogeno, sono quindi completamente ossidabili, legno e simili, invece, essendo per lo più composti da cellulosa sono già parzialmente ossidati, dato che la cellulosa contiene cinque atomi di ossigeno nella molecola.

- **Velocità di combustione**

Il contenuto di alogeni o loro composti inibisce od ostacola la combustione e la propagazione della fiamma: per esempio il PVC. Altri materiali vengono resi ignifughi con l'aggiunta di additivi a base di cloro.

- **Prodotti della combustione**

La composizione del materiale determina quali tipi di sostanze tossiche o nocive si formeranno nell'incendio. Questo argomento verrà trattato estesamente più avanti.

Lo **stato fisico** del materiale influenza pure il suo modo di bruciare:

- **Pezzatura**

La dimensione di un pezzo di materiale determina la facilità o difficoltà di innesco e la seguente velocità di combustione. Infatti i materiali in pezzatura ridotta hanno un alto rapporto superficie/volume richiedendo quindi quantità di calore più ridotte, o fonti innesco di breve durata, per essere portati alle temperature di accensione. Materiali fibrosi come stracci, carta, tessuti, cartone, gli espansi in genere, o comunque materiali in piccole dimensioni saranno quindi più facili da innescare e bruceranno più velocemente.

I materiali in pezzatura massiccia, invece, hanno un basso rapporto superficie/volume. Quindi pezzi di materiale di grosse dimensioni o balle di

materiali strettamente impacchettati saranno assai più difficili da accendere, richiedendo grandi quantità di calore o comunque fonti di innesco di durata considerevole, e successivamente bruceranno molto più lentamente.

D'altra parte i solidi in pezzatura massiccia, se bruciano per un periodo di tempo sufficientemente lungo, tendono ad immagazzinare molto calore ed a formare braci profonde. Questo li rende più difficili da spegnere con sicurezza. Infatti un'azione di spegnimento che interessasse solo la superficie del materiale, senza raffreddarne adeguatamente l'interno, esporrebbe alla possibilità di una riaccensione anche a distanza di tempo. Per prevenire tale eventualità è bene assicurarsi di aver raffreddato il focolaio anche in profondità, smassando fisicamente il materiale, o se ciò non è possibile, vigilando a lungo sul focolaio apparentemente spento.

- **Nubi di polveri e nebbie**

Qualsiasi materiale solido combustibile in forma di polveri sottili deve essere considerato come potenzialmente molto infiammabile e se disperso in aria addirittura esplosivo. Polveri di carbone, legno, zolfo, metalli combustibili, farine, cacao, sono esempi comuni di materiali suscettibili di generare nubi esplosive.

Discorso analogo va fatto anche per sospensioni in aria di goccioline di liquidi combustibili (nebbie).

- **Umidità**

Il contenuto di acqua ostacola la combustione. La temperatura del materiale non potrà superare i 100°C fintanto che dell'acqua sarà presente al suo interno.

- **Porosità**

Un materiale in forma espansa o comunque molto poroso brucerà molto più rapidamente che se in forma rigida o compatta, a causa della sua elevata superficie interna. Da ciò la grande pericolosità dei materiali da imbottitura o isolanti.

Energia di accensione

L'energia di accensione è la quantità minima di energia che è necessario fornire a una miscela infiammabile di combustibile con aria, perché essa si accenda. Quello che segue è un elenco delle principali **fonti di innesco**, cioè di quelle fonti di calore con le caratteristiche di energia di accensione, temperatura e durata adeguate a causare l'innesco di un incendio:

Fiamme libere	Surriscaldamento di conduttori elettrici
Scintille ed archi elettrici	Surriscaldamento di parti meccaniche
Scintille elettrostatiche	Faville da gas di scarico di motori a combustione
Corpi roventi	Fiaccole o forni
Scintille da attrito	Fulmini
Corto circuiti	Compressioni adiabatiche

Da un punto di vista pratico si può fare una distinzione di massima: Gas e vapori prediligono fonti di accensione ad alta energia anche se di durata minima (scintille, faville ecc.);

I solidi (se in pezzatura sufficiente) prediligono invece fonti d'innesco a bassa energia ma di maggior durata (conduttori surriscaldati, corpi roventi ecc.) anche se di temperatura non particolarmente elevata.

Suscettibilità al riscaldamento spontaneo

Tale è la proprietà di alcuni liquidi combustibili (olio di lino, oli vegetali e minerali, o stracci imbevuti di tali sostanze) che si ossidano rapidamente all'aria a temperature ordinarie producendo calore, nonché di alcuni materiali solidi (cotone in balle, fieno in balle, cumuli di carta straccia ecc.) che in determinate condizioni ambientali e di stoccaggio possono fermentare producendo calore.

Se tali materiali si trovano in condizioni tali per cui il calore generato spontaneamente non si può dissipare a velocità sufficiente, la temperatura salirà fino a raggiungere quella di accensione. Tale fenomeno è noto come autocombustione.

1.1.4 Classificazione dei combustibili

Al paragrafo 1.1.2 a pag. 22 abbiamo dato la classificazione dei fuochi in base alla natura del materiale combustibile. Diamo ora alcune classificazioni dei materiali basate sul loro stato fisico, sulle loro caratteristiche di combustibilità e sulla normativa vigente.

Sappiamo che per gas si intende comunemente una sostanza che in condizioni di temperatura e pressione ambiente esiste solo allo stato aeriforme (citiamo per esempio: idrogeno, ossigeno, azoto, metano ecc.).

I gas si dividono in combustibili e non combustibili¹⁶. È evidente da quanto detto in precedenza che i gas combustibili vanno classificati come infiammabili. Nelle bombole i gas possono essere allo stato compresso (metano), liquefatto (propano) e disciolto (acetilene).

Restano ora da classificare solidi e liquidi.

I solidi vengono classificati come segue:

- **incombustibili**: non possono bruciare;
- **difficilmente combustibili**: possono prendere fuoco a contatto con una sorgente di accensione, ma una volta allontanata tale sorgente questi materiali non sono capaci di bruciare da soli;
- **combustibili**: una volta innescati bruciano da soli.

I solidi combustibili si suddividono poi in:

- facilmente accendibili: cominciano a bruciare rapidamente sotto l'azione di una sorgente di energia (fiammifero, scintilla, corto circuito);
- difficilmente accendibili: possono essere accesi soltanto da una sorgente di accensione di elevata energia applicata per un tempo prolungato¹⁷.

Le considerazioni fatte per la combustibilità dei solidi sono valide anche per i liquidi. La classificazione italiana dei liquidi combustibili è mostrata nella tabella 1.4:

Tab. 1.4 - Classificazione italiana oli minerali, residui e miscele carburanti ⁽¹⁾

CATEGORIA	p.inf. = PUNTO DI INFIAMMABILITÀ	MATERIALI (*)
A	p. inf. < 21°C	<u>Liquidi i cui vapori possono dare luogo a scoppio.</u> Petrolio greggio, virgin nafta, benzine, benzolo, etere di petrolio, etere solforico, miscele carburanti.
B	21 °C ≤ p.inf. ≤ 65 °C	<u>Liquidi infiammabili.</u> Petrolio raffinato, acqua ragia minerale, alcool etilico, alcool metilico e cherosene.

16. Non dimentichiamo che tra i gas abbiamo anche i **gas comburenti** senza i quali la combustione non potrebbe avere luogo: l'aria, l'ossigeno, il protossido d'azoto, per citare i principali.

17. Cfr. Rivista Antincendio, luglio 1982, pag. 46.

Tab. 1.4 - (segue) Classificazione italiana oli minerali, residui e miscele carburanti ⁽¹⁾

CATEGORIA	p.inf. = PUNTO DI INFIAMMABILITÀ	MATERIALI ^(*)
C	p.inf. > 65 °C	<u>Liquidi combustibili.</u> Gasolio per riscaldamento, olio combustibile, oli minerali lubrificanti, oli minerali bianchi, residui della distillazione, vaselina, paraffina, bitume del petrolio, coke di petrolio.

(1) Legge 8.2.1934, n. 367.

(*) Questa classificazione degli oli minerali, residui e miscele carburanti, che divide i materiali in tre categorie A, B e C è estesa anche a materiali non derivati dal petrolio (es.: eteri ed alcoli) che hanno caratteristiche di infiammabilità rientranti nelle tre categorie dei prodotti petroliferi. Va notato che in questa classificazione vengono assimilati ai liquidi combustibili anche i derivati solidi del petrolio.

1.1.5 Il comburente

Il comburente è l'ossigeno atmosferico, cioè quello presente nell'aria.

L'aria è una miscela gassosa con la seguente composizione volumetrica:

- ossigeno	20,95%
- azoto e argon	79,01%
- anidride carbonica	0,03%
- altri gas	0,01%

Totale 100,00

L'ossidante è l'ossigeno, l'anidride carbonica è un composto già completamente ossidato, mentre azoto e argon sono inerti.

L'aria arricchita di ossigeno (fino al 24% in volume) e l'ossigeno puro hanno pure importanza nel campo industriale e in alcune applicazioni terapeutiche (ossigenoterapia).

I limiti di esplosività cui normalmente si fa riferimento sono quelli rispetto all'aria. Il campo di infiammabilità con aria arricchita e con ossigeno puro è più ampio di quello in aria atmosferica, inoltre nelle atmosfere arricchite di ossigeno le sostanze combustibili hanno una temperatura di accensione più bassa e bruciano molto più rapidamente che in aria.

L'insufficiente contenuto di ossigeno in un ambiente chiuso (es.: serbatoio, stiva ecc.) può impedire la combustione. Questa proprietà è utilizzata per prevenire le esplosioni mediante l'aggiunta di gas inerti all'atmosfera di quegli ambienti.