

Alfredo Amico - Giovanni Bellomia

IMPIANTI PER SPEGNIMENTO INCENDI

PROTEZIONE ANTINCENDIO ATTIVA

III EDIZIONE



SERVIZI GRATUITI ON LINE

Questo libro dispone dei seguenti servizi gratuiti disponibili on line:

- filodiretto con gli autori
- le risposte degli autori a quesiti precedenti
- files di aggiornamento al testo e/o al programma allegato
- possibilità di inserire il proprio commento al libro.

L'indirizzo per accedere ai servizi è: www.darioflaccovio.it/scheda/?codice=DF9118

INDICE

<i>Prefazione</i>	pag.	7
<i>Introduzione</i>	»	9

PARTE PRIMA
Teoria

Capitolo 1 - *Agenti estinguenti*

1.1. Introduzione.....	»	15
1.2. Sabbia	»	15
1.3. Acqua	»	15
1.4. Schiuma	»	16
1.5. Polveri chimiche	»	19
1.6. Anidride carbonica	»	20
1.7. Argon	»	21
1.8. Azoto	»	21
1.9. Idrocarburi alogenati/idrogenati	»	21
1.9.1. Tutela dell'ozono stratosferico e dell'ambiente	»	22
1.10. Riepilogo delle classi dei fuochi e dell'uso di agenti estinguenti	»	28

Capitolo 2 - *Mezzi di spegnimento portatili e carrellati per principi di incendio*

2.1. Introduzione	»	31
2.2. Coperte	»	31
2.3. Secchi	»	31
2.3.1. Secchi d'acqua	»	31
2.3.2. Secchi con sabbia	»	32
2.4. Estintori portatili	»	32
2.4.1. Estintore ad acqua o idrico	»	35
2.4.2. Estintore a schiuma chimica	»	35
2.4.3. Estintore a schiuma meccanica	»	36
2.4.4. Estintore a polvere	»	36
2.4.5. Estintore ad anidride carbonica	»	37
2.4.6. Estintori ad halon	»	39
2.5. Sistemi di distribuzione dei mezzi di estinzione portatili	»	39
2.5.1. Numero minimo	»	40
2.5.2. Ubicazione	»	42
2.5.3. Sistemazione	»	42
2.6. Estintori carrellati	»	43
2.7. Scelta degli estintori in funzione dell'ambiente da proteggere	»	44
2.8. Sistemi di distribuzione dei mezzi di estinzione carrellati	»	45
2.9. Simboli grafici degli estintori	»	45

Capitolo 3 - *Impianti fissi antincendio*

3.1. Introduzione.....	»	47
3.2. Scelta del tipo di impianto	»	47

Capitolo 4 - *Impianto fisso idrico antincendio ad idranti*

4.1. Impianto idrico antincendio	»	51
4.2. Fonte di alimentazione idrica-riserva idrica	»	51

4.2.1.	Volume riserva idrica per attività con norma specifica	»	52
4.2.2.	Volume riserva idrica per attività prive di norma specifica	»	54
4.3.	Sistema di pompaggio	»	55
4.4.	Rete idrica	»	56
4.4.1.	Attacchi per autopompa-serbatoio dei vigili del fuoco	»	58
4.4.2.	Idrante antincendio	»	59
4.4.3.	Manichetta antincendio.....	»	61
4.4.4.	Lancia erogatrice	»	61
4.4.5.	Bocchelli	»	62
4.4.6.	Misurazione della pressione e della portata d’acqua agli idranti e lance..	»	64
4.4.7.	Naspo	»	66
4.5.	Simboli grafici di impianti fissi di estinzione	»	67
<i>Capitolo 5 - Criteri ed elementi per la progettazione di un impianto idrico antincendio</i>			
5.1.	Introduzione.....	»	69
5.2.	Elementi per la progettazione	»	71
5.2.1.	Potenza della pompa	»	71
5.2.2.	Energia consumata dalla pompa	»	71
5.2.3.	Perdite di carico	»	71
	5.2.3.1. Perdite distribuite	»	72
	5.2.3.2. Perdite localizzate.....	»	76
5.3.	Dimensionamento di una rete come da norma uni 10779	»	78
	5.3.1. Perdite di carico distribuite.....	»	78
	5.3.2. Perdite di carico concentrate	»	79
5.4.	Risoluzione delle reti ad anello e a maglie	»	82
5.5.	Gruppi di pompaggio	»	88
	5.5.1. Locali di installazione dei gruppi di pompaggio	»	88
	5.5.2. Funzionamento	»	92
	5.5.3. Prestazioni di un gruppo di pompaggio	»	92
5.6.	Collaudo della rete	»	94
<i>Capitolo 6 - Esempi di calcolo per impianto fisso idrico antincendio ad idranti</i>			
6.1.	Dati per il calcolo pratico della rete idrica antincendio ad idranti	»	109
6.2.	Esempi di calcolo per impianto fisso idrico antincendio	»	110
6.2.1.	Impianto con acqua condotta da un serbatoio pensile	»	110
6.2.2.	Impianto con acqua condotta da un serbatoio pensile con derivazione ...	»	111
6.2.3.	Impianto con acqua condotta da un serbatoio a un punto di erogazione ..	»	113
6.2.4.	Impianto idrico antincendio per capannone	»	115
6.2.5.	Impianto idrico antincendio di un edificio per civile abitazione	»	119
<i>Capitolo 7 - Impianti fissi antincendio vari</i>			
7.1.	Impianto fisso automatico ad acqua frazionata o ad acqua nebulizzata o a pioggia (sprinkler)	»	123
7.2.	Impianto fisso automatico a getto pieno o a diluvio o aperto	»	130
7.3.	Progettazione degli impianti Sprinkler in accordo con la norma europea EN 12845	»	131
	7.3.1. Classificazione degli ambienti da proteggere e del livello di rischio	»	132
	7.3.1.1. Reparti	»	132
	7.3.1.2. Depositi	»	133
	7.3.1.2.1. Combustibilità delle merci e relativi imballaggi.....	»	134
	7.3.1.2.2. Modalità di immagazzinamento delle merci.....	»	134
	7.3.2. Progettazione dell’impianto	»	135
	7.3.2.1. Per depositi ad alto rischio – hhs	»	135

7.3.2.2.	Durata dell'erogazione	»	136
7.3.2.3.	Distribuzione delle testine di erogazione	»	136
7.3.3.	Calcolo di progetto	»	137
7.3.3.1.	Dati di progetto.....	»	137
7.3.3.2.	Sistemi di calcolo del diametro delle condotte	»	138
7.3.3.3.	Perdite di carico idraulico nelle condotte e nei pezzi speciali ..	»	138
7.3.3.4.	Velocità dell'acqua nelle condotte	»	139
7.3.3.5.	Determinazione delle aree operative	»	140
7.3.3.6.	Scelta delle aree operative	»	142
7.3.3.7.	Procedura di calcolo	»	143
7.3.4.	Caratteristiche della rete	»	145
7.3.4.1.	Testine di erogazione	»	145
7.3.4.2.	Sprinkler esfr	»	147
7.3.5.	Collaudi e verifiche periodiche	»	148
7.3.5.1.	Documentazione da produrre	»	149
7.3.5.2.	Procedura di collaudo	»	149
7.3.5.2.1.	Prova della stazione di pompaggio	»	150
7.3.5.3.	Gestione dell'impianto	»	150
7.4.	Impianto fisso antincendio a schiuma.....	»	156
7.5.	Impianto fisso automatico a polvere.....	»	156

Capitolo 8 - *Impianti fissi antincendio automatici a gas*

8.1.	Introduzione.....	»	157
8.2.	Principali gas estinguenti	»	163
8.3.	Impianti ad anidride carbonica	»	174
8.3.1.	Caratteristiche del gas.....	»	175
8.3.2.	Normativa	»	176
8.3.3.	Altri tipi di impianti ad anidride carbonica	»	177
8.3.4.	Criteri di progettazione degli impianti a CO ₂	»	178
8.3.4.1.	Calcolo della quantità di CO ₂	»	178
8.3.4.1.1.	Impianto a saturazione totale	»	178
8.3.4.1.2.	Impianto a saturazione totale con scarica prolungata	»	181
8.3.4.1.3.	Impianto ad applicazione locale.....	»	182
8.3.4.1.4.	Sistemi a manichette	»	182
8.3.4.1.5.	Sistemi a tubi fissi con riserva mobile	»	183
8.3.4.2.	Calcolo idraulico	»	183

Capitolo 9 - *Manutenzione e controllo degli impianti e delle attrezzature antincendio*

9.1.	Normativa	»	193
9.2.	Sicurezza degli impianti relativi agli edifici adibiti ad uso civile	»	193
9.3.	Sicurezza degli impianti relativi agli immobili adibiti ad attività produttive, al commercio, al terziario ed altri usi	»	193

PARTE SECONDA Il software allegato

Capitolo 10 - *Installazione e uso del software*

10.1.	Come dimensionare un impianto idrico antincendio	»	197
10.2.	Requisiti minimi di sistema.....	»	198
10.3.	Installazione.....	»	198
10.4.	Attivazione del programma	»	198
10.4.1.	Sistema di protezione	»	198

10.4.2. Istruzioni per la attivazione via Internet	»	199
10.4.3. La chiave software	»	199
10.4.3.1. Come collegare la chiave per la prima volta	»	199
10.4.3.2. Come scollegare la chiave	»	199
10.4.3.3. Come collegare una chiave scollegata	»	200
10.4.3.4. Esempi riepilogativi sull'utilizzo della chiave software	»	200
10.4.4. Assistenza tecnica	»	200
10.5. Toolbar e menu	»	200
10.5.1. Toolbar	»	200
10.5.2. Menu	»	202
10.6. Immissione dati	»	205
10.6.1. Rete a pettine.....	»	207
10.6.2. Rete ad anello	»	209
10.6.3. Dati dei tratti	»	210
10.6.4. dati dei nodi	»	212
10.7. Calcolo	»	213
10.7.1. Risultati di calcolo	»	215
10.8. Esempio di stampa	»	216
Capitolo 11 - <i>Esempio di calcolo di una rete di tipo misto</i>		
11.1. Esempio di calcolo	»	217
Appendice legislativa	»	229
Bibliografia	»	285

PREFAZIONE

Nel recente passato si dava più credito alla prevenzione primaria (tutela della vita umana) e poco alla prevenzione secondaria (conservazione dei beni e dell'ambiente), anche perché le spese per la prevenzione incendi non producevano un reddito.

Gli studi e l'esperienza hanno fatto rilevare che il rischio non è mai nullo e che i danni verificatisi negli immobili o nell'esercizio di attività a seguito di un incendio sono tanto più gravi quanto maggiore è la carenza dei mezzi e impianti antincendio.

Oggi i titolari di opere o attività collaborano con il progettista nella scelta del tipo di difesa antincendio da adottare, per ottenere da un canto il contenimento della spesa (analisi costo/beneficio) e dall'altro per garantire l'osservanza delle norme di sicurezza vigenti.

Con il presente volume si è trattata la protezione antincendio attiva comprendente: agenti per spegnimento di incendi, mezzi antincendio portatili e impianti fissi per spegnimento di incendi.

Il volume è corredato di un cd contenente un programma di calcolo dedicato agli impianti idrici antincendio.

Gli autori

INTRODUZIONE

Da quando è stato scoperto, il fuoco è stato un elemento fondamentale nella attività umana dando però luogo a danni più o meno gravi ai beni della persona e alla persona stessa ogni qualvolta si sia sviluppato involontariamente e accidentalmente sotto forma di incendio.

Nel tempo l'uomo ha constatato che durante un incendio si manifestano sempre gli stessi fattori quali il rapido propagarsi delle fiamme e lo sviluppo di calore, fumo e gas tossici.

Si sono, quindi, studiate misure per ridurre la probabilità che si verifichi l'incendio e per limitarne le conseguenze ove l'incendio si sia già verificato.

A tale scopo è nata una branca della scienza della sicurezza: "la prevenzione incendi", materia interdisciplinare in cui vengono promossi, studiati e sperimentati misure, provvedimenti, accorgimenti e modi di azione per evitare l'insorgere di un incendio e limitarne le conseguenze nel caso si verifichi.

Gli scopi della prevenzione incendi si attuano con:

- la sicurezza o prevenzione primaria, che si interessa della tutela della vita umana con esclusione di valutazioni economiche. Per tale obiettivo occorre ridurre il rischio d'incendio e predisporre un sistema di vie di esodo, segnalazione immediata dell'incendio, entrata in funzione degli impianti di ventilazione e porte tagliafuoco anche per consentire l'evacuazione rapida e ordinata delle persone prima che si manifesti l'effetto dell'incendio;
- la sicurezza o prevenzione secondaria, che si interessa dei beni e dell'ambiente e quindi di quelle soluzioni scelte al fine di limitare l'effetto dell'incendio una volta verificatosi. Per tale obiettivo occorre tenere presente la resistenza e la reazione al fuoco dei materiali da usare, predisporre la compartimentazione, l'isolamento, gli impianti di spegnimento, ecc.

I mezzi e gli impianti antincendio di cui dotare un'opera o attività, indispensabili per spegnere un principio d'incendio o per affrontare un incendio già sviluppato, devono essere studiati preventivamente, già in fase di progettazione dell'opera o dell'attività da esercire.

PARTE PRIMA

Teoria

CAPITOLO 1

AGENTI ESTINGUENTI

1.1. INTRODUZIONE

Gli agenti estinguenti devono avere le caratteristiche di disponibilità, economicità, efficacia, non creare nuovi pericoli e non arrecare ulteriori danni alle cose che si vogliono salvare.

Di seguito vengono descritti gli agenti estinguenti più comuni.

1.2 SABBIA

La sabbia è un agente di costo nullo, o di poco costo quando non si trova sul posto; espleta l'azione per soffocamento in quanto separa il combustibile dall'aria circostante.

Deve essere sparsa sul combustibile a strati continui.

Non è idonea per liquidi posti entro contenitori in quanto, depositandosi sul fondo del recipiente, fa traboccare il liquido stesso con conseguenze di propagazione del fuoco.

Viene usata per incendi di idrocarburi su pavimenti e per assorbimento di liquidi.

1.3. ACQUA

L'acqua è l'agente più diffuso per il pregio di essere il più economico e utilizzabile in grandi quantitativi.

Sull'incendio agisce con azioni di separazione, diluizione, disgregazione e raffreddamento.

Infatti:

- con l'azione di separazione forma uno strato impermeabile tra combustibile e aria circostante, inibendo la continuazione della combustione;
- con la formazione del vapore acqueo agisce diluendo l'ossigeno dell'aria (un kg di vapore ad una atmosfera occupa 1,7 m³) rendendo sempre meno combustibili le sostanze in preda al fuoco;
- con l'azione di disgregazione, dovuta all'energia del getto pieno, si rompe il contatto tra il materiale combustibile non bruciato e quello che brucia;

- con l'azione di raffreddamento, dovuta all'assorbimento di calore (l'acqua prima si riscalda e poi evapora), sottrae calore fino ad abbassare la temperatura del materiale che brucia al di sotto del suo punto di accensione¹. Questo effetto in particolare si ottiene con l'acqua frazionata² che esplica un raffreddamento particolarmente spinto per la maggiore facilità dell'assorbimento del calore, a cui si aggiunge un effetto di soffocamento per la rapida ed elevata produzione di vapore.

L'acqua è indicata per raffreddare impianti, serbatoi, apparecchiature e per spegnere incendi di legname, carta, tessuti, paglia, carbone, materiali generici nei magazzini. Può essere usata per spegnere incendi di liquidi e sostanze infiammabili più pesanti della stessa, quali il dicloroetano, clorobenzene, ecc., e sostanze infiammabili anche più leggere ma miscibili con la stessa quali l'acido acetico, acetone, alcoli, ecc. quando sono sparse sul terreno e non contenute in recipienti. Per ottenere un buon risultato occorre che i vapori sviluppati da tali miscele contengano vapore acqueo in quantità tale da non essere infiammabili.

L'agente è controindicato per i seguenti interventi:

- in presenza di conduttori elettrici in tensione, in quando essendo l'acqua conduttrice può causare la folgorazione dell'operatore;
- su sostanze che reagiscono pericolosamente con l'acqua quali ad esempio il carburo di calcio che sviluppa acetilene (gas infiammabile);
- in presenza di sodio e potassio che a contatto con l'acqua liberano idrogeno (gas infiammabile);
- in presenza di carbonio, magnesio, zinco, alluminio ad alte temperature perché si sviluppano gas infiammabili;
- su acciaio o sostanze fuse ad alta temperatura che possono, a contatto con l'acqua, proiettare a distanza materiale ad alta temperatura;
- su apparecchiature delicate di qualsiasi genere, su materiale importante o su materiale di valore perché verrebbero notevolmente danneggiati.

Quando l'uso dell'acqua è vietato devono essere affissi cartelli segnaletici indicativi del divieto stesso.

1.4. SCHIUMA

La schiuma antincendio è costosa, difficile da produrre e da usare.

Tale schiuma è costituita da una emulsione di aria con una soluzione acquosa di schiumogeni. La produzione di schiuma avviene in due tempi:

¹ Un chilogrammo di acqua che vaporizza sottrae all'incendio 630 kcal.

² Da studi in laboratorio si è constatato che 1 m³ di acqua frazionata in gocce da 0,3 mm asporta una quantità di calore 14 volte superiore alla asportazione ottenuta con acqua frazionata in gocce da 1 mm.

- miscelazione dell'acqua con il liquido schiumogeno³ per la formazione della soluzione schiumogena;
- miscelazione di tale soluzione schiumogena con aria.

La prima fase si ottiene tramite aspirazione diretta con eiettori o miscelazione con premescolatori per pompa o iniezione diretta con pompe o miscelazione con proporzionatori automatici, la seconda fase tramite lance a schiuma⁴. I requisiti che deve avere la schiuma sono: forza di collisione, impermeabilità e stabilità. I liquidi schiumogeni comprendono:

- le sostanze attive fondamentali, atte a impartire alla schiuma tutte le proprietà fisiche necessarie alla sua formazione e alla sua stabilità nel tempo, specialmente sotto gli effetti distruttivi dell'incendio;
- le sostanze sussidiarie (additivi), aventi lo scopo di impartire al liquido schiumogeno altre proprietà che ne assicurino l'impiegabilità nelle diverse condizioni d'uso e di conservazione (neutralità, effetto tampone, fluidità anche sotto 0°C, basso punto di congelamento, bassa corrosività verso i metalli, stabilità dello schiumogeno in soluzione, resistenza dello schiumogeno nel tempo, conservabilità senza dannose alterazioni per effetto della temperatura, delle muffe e dell'ossigeno atmosferico).

La gamma dei liquidi schiumogeni si distingue nei seguenti tipi:

- *proteिनico*: composto da sostanze proteінiche idrolizzate e combinate con sali metallici stabilizzanti della schiuma;
- *sintetico*: composto da sostanze tensioattive sintetiche con forte azione schiumogena con eventuale aggiunta di colloidi stabilizzanti della schiuma;
- *fluoroproteінico*: composto da sostanze proteінiche idrolizzate combinate con tensioattivi fluorurati e con additivi stabilizzanti della schiuma;
- *fluorosintetico*: composto da sostanze tensioattive fluorurate, con additensioattivi sintetici a catena fluorurati e con additivi stabilizzanti della schiuma;
- *specífico "per alcoolі"*: composto in parte da liquido proteінico e in parte da sostanze atte a conferire resistenza all'effetto distruttivo dei solventi polari (alcoolі, chetoni, esteri, ecc.);
- *АFFF*: filmanti ossia formanti una pellicola d'acqua; tale schiumogeno consente un controllo del fuoco in un tempo pari alla metà di quello necessario con l'uso del tipo proteінico. Questo tipo viene in particolare usato per interventi aeroportuali.

³ La produzione e la commercializzazione dei liquidi schiumogeni è regolata dal D.M. 13.11.1995.

⁴ Questo tipo di schiuma viene chiamato schiuma meccanica. Esiste un altro tipo di schiuma detta schiuma chimica generata da una reazione di due sostanze, acida e basica (si veda il principio di funzionamento dell'estintore a schiuma chimica, capitolo 2).

I diversi tipi di liquido schiumogeno impiegati nella formazione di schiuma meccanica devono essere miscibili sia con l'acqua dolce che con l'acqua di mare, non devono lasciare sedimenti, non devono decantare, non devono corrodere i contenitori. I vari tipi di liquido schiumogeno non devono mai essere miscelati poiché possono dare luogo alla formazione di grumi che potrebbero ostruire le tubazioni di convogliamento.

Importante per le schiume è il rapporto di espansione, ossia i litri di schiuma che si ottengono da un litro di schiumogeno.

$$\text{Rapporto espansione schiuma} = \frac{\text{Volume schiuma ottenuta}}{\text{Volume soluzione schiumogena impiegata}}$$

Per esempio, espansione 10 significa che da un volume di soluzione si formano 10 volumi di schiuma.

Le schiume possono essere a bassa espansione ($1 \div 6$, $1 \div 12$), a media espansione ($1 \div 30$, $1 \div 200$) e ad alta espansione ($1 \div 500$, $1 \div 1000$)⁵.

Un metro cubo di schiuma è costituito da circa 900 litri di aria, da circa 100 litri di acqua e da $3 \div 6\%$ di liquido schiumogeno. Gli schiumogeni sono in commercio come "concentrati liquidi" al 3% e al 6%. Concentrato tipo 3% significa che si possono ottenere 100 litri di soluzione mescolando 97 litri di acqua e 3 litri di concentrato. Concentrato tipo 6% significa che si possono ottenere 100 litri di soluzione mescolando 94 litri di acqua e 6 litri di concentrato.

$$\text{Rapporto liquido schiumogeno} = \frac{\text{Volume liquido schiumogeno impiegato}}{\text{Volume schiuma prodotta}}$$

La schiuma che viene usata per gli incendi di liquidi infiammabili è controindicata in incendi ove siano presenti:

- conduttori elettrici in tensione, in quanto essendo essa a base di acqua e quindi conduttrice può causare la folgorazione dell'operatore;
- carburo di calcio, che a contatto con l'acqua sviluppa acetilene (gas infiammabile);

⁵ La schiuma a bassa espansione viene usata per incendi di liquidi infiammabili ove è richiesta una rapida copertura della superficie interessata. La schiuma a media espansione è impiegata per incendi di liquidi infiammabili ove è richiesto di sommergere le apparecchiature o il deposito del liquido infiammabile stesso. La schiuma ad elevata espansione (schiuma secca e leggera) è impiegata anche per grandi aree di depositi di combustibili solidi.

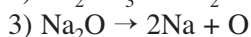
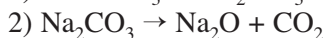
- sodio e potassio, che a contatto con l'acqua producono idrogeno (gas infiammabile);
- magnesio, zinco e alluminio ad alta temperatura perché a contatto con l'acqua sviluppano gas infiammabili.

1.5. POLVERI CHIMICHE

Le polveri estinguenti sono miscele di particelle solide finemente suddivise costituite da sali organici o da sostanze naturali o da sostanze sintetiche idonee ad essere proiettate, mediante l'uso di gas propellenti in pressione ed attraverso appositi erogatori, sul materiale che brucia.

I tipi di polvere disponibili sono numerosi. Se ne elencano alcune, tenendo presente che quella più usata è quella a base di bicarbonato di sodio.

*Bicarbonato di sodio*⁶ NaHCO_3



1) e 2) azione diluente, 3) formazione di inibitori delle reazioni a catena (catalisi negativa).

Bicarbonato di potassio KHCO_3

Più efficace del bicarbonato di sodio per il minor potenziale di ionizzazione del potassio.

Carbammato di potassio KNH_2CO_2

Più efficace del bicarbonato di potassio per la reattività del radicale NH_2 .

Cloruro di potassio KCl

Efficace, corrosivo.

Assalato di potassio $\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4\text{H}_2\text{O}$

Efficace, tossico, idratante.

Fosfati di ammonio $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$, $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$

Vengono usati anche come ritardanti per incendi forestali sotto forma di soluzioni o sospensioni (erogati da mezzi aerei o terrestri).

⁶ 1 kg di bicarbonato a 100°C sviluppa 270 cm³ di CO₂.

La polvere antincendi deve avere la proprietà di:

- consentire anche la formazione d'anidride carbonica a partire dalle temperature di un pur modesto incendio;
- non essere disciolta dalle sostanze sulle quali viene usata;
- essere sufficientemente scorrevole;
- non essere abrasiva;
- non produrre a caldo gas nocivi;
- non essere corrosiva.

L'azione estinguente della polvere è dovuta a separazione, diluizione, raffreddamento e a catalisi negativa:

- con l'azione di separazione tra combustibile e l'aria si determina una coltre che soffoca la combustione;
- con l'azione di diluizione si determina, a causa della diffusione dei grani di polvere e dell'anidride carbonica sviluppatasi a contatto con le fiamme, la diminuzione percentuale dell'ossigeno originariamente contenuto nell'aria;
- con l'azione di raffreddamento si ha un modesto abbassamento di temperatura del combustibile per il calore di reazione assorbito dalla polvere;
- con l'azione di catalisi negativa nei confronti del sistema di reazioni singole, consecutive e parallele, viene favorita una stabile combinazione dei cosiddetti *radicali*, che si formano come prodotti intermedi, e, conseguentemente, il rallentamento e l'arresto della reazione di combustione.

La polvere è usata per una rapida estinzione degli incendi di liquidi infiammabili e in quelli di apparecchiature elettriche e permette lo schermaggio dell'operatore dal calore irradiato.

Si presta male per incendi di grandi dimensioni, ossia per grandi quantità di materiale che brucia.

Gli inconvenienti che presentano le polveri chimiche sono:

- igroscopicità, impaccamento e difficoltà di erogazione;
- bruciori e infiammazioni degli occhi e delle vie respiratorie;
- difficoltà di eliminazione dei residui da strumenti scientifici, apparecchi delicati, ecc.;
- incapacità di spegnere la brace pertanto negli incendi ove esistono ancora braci o parti metalliche incandescenti vi è sempre il pericolo della riaccensione del fuoco.

1.6. ANIDRIDE CARBONICA⁷

L'anidride carbonica è un gas inerte conservato sotto pressione e liquefatto che viene scaricato sul materiale che brucia mediante appositi erogatori. Passando da

⁷ Più pesante dell'aria 1,5 volte (per approfondimenti si veda il capitolo dedicato agli impianti fissi a CO₂ e alle norme statunitensi NFPA 12).

liquido a gas si espande 350 volte⁸ e penetra nelle cavità, fessure, ecc. esplicando l'azione soffocante e di raffreddamento. Può essere utilizzato in qualsiasi tipo di incendio compreso quello di apparecchiature elettriche sotto tensione e conduttori elettrici sotto tensione. Avendo il pregio di non lasciare residui sui materiali investiti viene utilizzato in particolare per le merci pregiate, oggetti artistici, quadri, tappeti, ecc. Non spegne la brace ed è poco efficace in luoghi aperti mentre ha la massima efficacia in luoghi chiusi i quali vanno areati dopo l'uso, essendo la CO₂ asfissiante.

1.7. ARGON

L'argon è un gas inerte, inodore, insapore, non tossico ed ecologico (estratto dall'atmosfera di cui costituisce l'1,29% in massa e lo 0,93% in volume) che viene scaricato sul materiale che brucia mediante appositi erogatori.

Viene utilizzato (non è molto diffusa l'utilizzazione singola del gas ma è spesso usato in combinazione con altri gas inerti) in ambienti normalmente presidiati per lo spegnimento di materiali solidi, liquidi ed elettrici.

1.8. AZOTO

L'azoto è un gas incolore, inodore ed ecologico. Trovasi libero nell'atmosfera che ne contiene il 76% in massa.

Essendo un gas inerte, il principio usato è quello di immergerlo nella zona dell'incendio per diluire l'ossigeno al fine di portarsi fuori dai limiti di infiammabilità.

1.9. IDROCARBURI ALOGENATI/IDROGENATI

Gli idrocarburi alogenati, conservati per la maggior parte allo stato liquido, sono facilmente vaporizzabili, non lasciano residui, sono dielettrici, non corrosivi, inalterabili e presentano punti di congelamento molto bassi. Allo stato di vapore sono più pesanti dell'aria. La loro azione estinguente si esplica esclusivamente attraverso l'inibizione delle reazioni a catena che hanno luogo nelle combustioni con fiamma, ossia a natura puramente chimica. Se poi si considerano le piccole quantità di queste sostanze richieste per estinguere un incendio si è indotti ad affermare che si tratta di un fenomeno di tipo catalitico (catalisi negativa).

⁸ Passando da liquido a gas, nella fase di espansione arriva a temperatura di circa -70°C (ghiaccio secco).

I primi agenti usati per questo scopo furono il bromuro di metile (CH_3Br), il tetracloruro di carbonio (CCl_4) e il clorobromometano (CH_2ClBr) che sono stati soppiantati per motivi di efficacia e minor tossicità dal:

Bromotrifluorometano	CBrF_3 (Halon 1301 o BIM o FE 1301)
Bromoclorodifluorometano	CBrF_2Cl (Halon 1211 o BCF)
Dibromotetrafluoroetano	$\text{CBrF}_2\text{CBrF}_2$ (Halon 2402 fluobrene)

La nomenclatura Halon e il relativo sistema di manutenzione sono stati proposti nel 1948 dai Corpi Armati Statunitensi. Questo sistema identifica la composizione di un idrocarburo alogenato mediante un numero di cinque cifre che rappresenta, nell'ordine, il numero di atomi di carbonio, fluoro, cloro, bromo, e iodio contenuti nella molecola. Gli eventuali zeri terminali vengono eliminati in modo che il numero risultante possa avere due, tre, quattro cifre.

Ad esempio la formula strutturale dell'Halon 1301 contempla un atomo di carbonio, 3 di fluoro, 0 di cloro, 1 di bromo e 0 di iodio. Lo zero terminale viene eliminato ottenendo la sigla 1301.

Gli Halon, oltre che causare gravi danni alla persona, provocano il deterioramento della fascia di ozono. Il bromo è il principale responsabile dell'assottigliamento dello strato di ozono, il cloro e il fluoro danno luogo a impatto ambientale.

Per tali motivi, in attuazione delle disposizioni contenute nel regolamento CEE che recepisce le decisioni internazionali, sono state emanate norme per la dismissione, il recupero, il riciclo, la rigenerazione e la distribuzione degli halon.

Gli idrocarburi alogenati sono stati sostituiti dai cosiddetti *HCFC*, idrocarburi idrogenati derivati da idrocarburi saturi in cui gli atomi di idrogeno sono stati parzialmente o totalmente sostituiti con atomi di cloro, bromo o fluoro. Questi composti sono caratterizzati da buone proprietà estinguenti e sono definiti *puliti* in quanto consentono la riutilizzazione di materiali o oggetti dopo l'estinzione dell'incendio.

1.9.1. Tutela dell'ozono stratosferico e dell'ambiente

La produzione, il consumo, l'importazione, l'esportazione, la detenzione, il riciclo e la commercializzazione delle sostanze lesive dell'ozono stratosferico e dannoso per l'ambiente, di cui alle tabelle 1.1 e 1.2, sono disciplinate dalla legge n. 549 del 28 dicembre 1993, modificata dal decreto legge 10 febbraio 1996, n. 56, e dalla legge 16 giugno 1997, n. 179, avente per oggetto "misure a tutela dell'ozono stratosferico e dell'ambiente", in ottemperanza al regolamento CE del 15 dicembre 1994 n. 3093.

Con il D.M. 26 marzo 1996 si vietava l'uso degli halon nelle nuove installazioni a partire dal 31 marzo 1996 e si dava tempo fino al 1° gennaio 1999 per dismettere le installazioni ad halon esistenti.