



provincia di **alessandria**
Direzione Ambiente e Territorio

**CORSO OPERATORI SPECIALIZZATI NEL
RISCHIO CHIMICO – BATTERIOLOGICO-
NUCLEARE**

RELAZIONE:

*SOSTANZE ESTINGUENTI IN RELAZIONE AL TIPO DI
INCENDIO*

Relatore:
Alternin Maurizio

INTRODUZIONE

CHE COSA È UN INCENDIO

IL FUOCO

Il fuoco è la manifestazione visibile di una reazione chimica (nella maggior parte dei casi ossidazione) che avviene tra due sostanze diverse, combustibile e comburente, dette generalmente reagenti, a contatto tra loro in varia composizione percentuale e in determinate condizioni fisiche (temperatura e pressione): gli effetti sono emanazione di energia (calore e luce) e trasformazione dei reagenti in altri composti (prodotti della combustione).

In determinate condizioni la velocità della reazione è tale da dar luogo ad una esplosione, con propagazione di un'onda di pressione di potenza anche molto elevata.

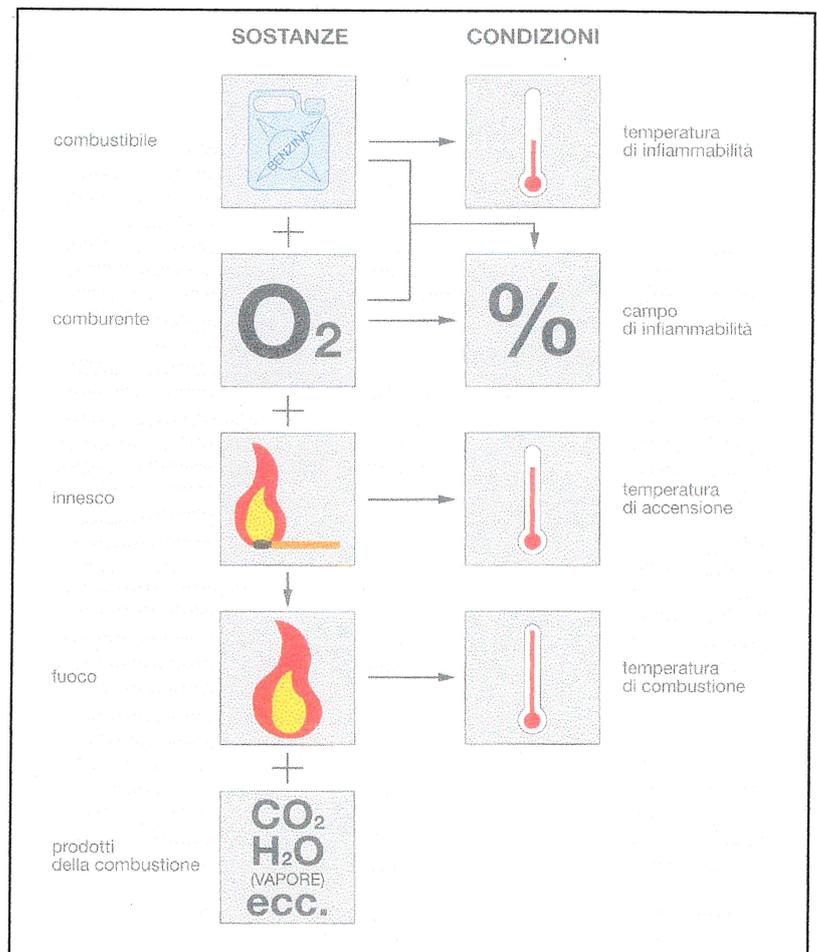
LA COMBUSTIONE

Un combustibile sottoposto per un tempo sufficiente (corrispondente all'assunzione di una sufficiente quantità di calore) alla rispettiva temperatura di accensione e in presenza di un comburente, si infiamma e la combustione (fuoco) è in grado di alimentarsi autonomamente perché il calore da essa prodotto mantiene la miscela ad una temperatura superiore a quella di accensione.

Se il combustibile è liquido o gassoso, per avere l'accensione dovrà essere presente in miscela con il comburente in quantità percentuale comprese entro i rispettivi limiti di infiammabilità.

Se il combustibile è solido ha molta importanza ai fini della sua accensione, della velocità e resa della combustione la sua pezzatura cioè l'entità della superficie solida per unità di peso esposta la contatto con il comburente.

Nel caso di polveri in sospensione aerea la combustione (generalmente si tratta di esplosione) della nube avviene come per i gas e i vapori, entro definiti limiti di concentrazione del combustibile.



AZIONI ESTINGUENTI

Per interrompere la reazione di combustione, cioè per ottenere l'estinzione dell'incendio, bisogna eliminare almeno uno dei tre fattori indispensabili alla sua esistenza ovvero:

1. il combustibile
2. il comburente
3. una temperatura superiore a quella di accensione del combustibile (innesco)

In caso di incendio si dovrà pertanto intervenire cercando di realizzare una delle seguenti azioni:

1. Azione di separazione

Allontanamento o segregazione del combustibile, non ancora interessato dalla combustione da quello già incendiato.

Per ottenere questa separazione si possono impiegare barriere non infiammabili o forti getti d'acqua o sabbia, oppure si può rimuovere con mezzi meccanici, quando possibile, il combustibile non ancora incendiato.

2. Azione di soffocamento

Eliminazione del contatto fra combustibile e comburente.

Si possono impiegare mezzi incombustibili (es. coperte, terra o sabbia, oppure gas inerti che spostano il comburente e si sostituiscono ad esso arrivando a condizioni definite di "saturazione" dell'ambiente.

3. Azione di raffreddamento

Riduzione della temperatura del combustibile al di sotto del valore di accensione.

Questa riduzione si ottiene soprattutto con l'impiego dell'acqua e della CO₂.

4. Azione di inibizione chimica

Intervento con speciali sostanze atte a bloccare chimicamente la reazione di combustione.

Questa particolare proprietà inibitoria è caratteristica degli idrocarburi alogenati o di alcune polveri chimiche.

Il meccanismo è basato sulla decomposizione della sostanza estinguente a contatto della fiamma con una produzione di "radicali liberi" che si combinano con quelli presenti nello stadio intermedio della reazione di combustione, bloccandola.

La seguente tabella evidenzia le azioni estinguenti esercitate sul fuoco dalle sostanze antincendio normalmente impiegate.

Meccanica estinzione	Separazione interfaccia combustibile e aria (*)	Soffocamento combustibile	Raffreddamento	Inibizione chimica (interruzione catena radicalica)
Tipo estinzione				
Acqua frazionata	SI	SI	SI	
Schiuma		SI	SI	
Anidride Carbonica		SI	SI	
Polvere	SI	SI	SI	SI
Halon (idroc.alogenati)				SI
Sabbia	SI	SI		

(*) Azione estinguente proporzionale alla forza con la quale la sostanza viene lanciata contro il combustibile.

SOSTANZE ESTINGUENTI

Le sostanze estinguenti oggi in uso sono ben diverse l'una dall'altra, sia per la natura che per l'azione di spegnimento che esercitano sulla fiamma.

Ne consegue che ogni tipo di fuoco necessita, per essere spento, di una sostanza estinguente adeguata.

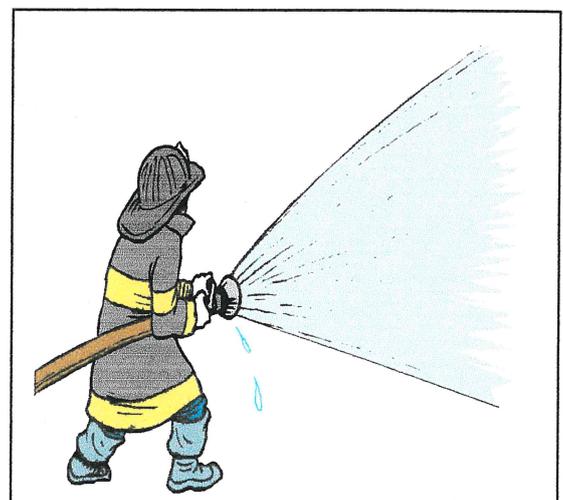
1. ACQUA

Caratteristiche:

E' la più comune e diffusa sostanza estinguente, per la facile reperibilità, per il costo praticamente trascurabile, per l'energica azione di raffreddamento e separazione che esercita sul combustibile.

Il passaggio dell'acqua dallo stato liquido a quello di vapore, alla pressione ambiente avvienine alla temperatura di 100°C (temperatura relativamente modesta rispetto alle temperature che in pochi minuti si sviluppano in un incendio) con sottrazione all'ambiente di notevoli quantità di calore dovute al suo "calore di evaporazione" 2250 KJ/kg (537 kcal/kg).

L'acqua ad alta temperatura si dissocia in idrogeno (H₂) ed ossigeno (O₂). La dimensione di questo fenomeno è pari solo al 2% a 2000°C, mentre è del 13% a 3000°C.



In presenza di sostanze riducenti (ad esempio alcuni metalli alcalini e alcalino terrosi: Na, K, Mg, Al ecc.) la dissociazione avviene con rendimenti elevati a temperatura modesta (per il sodio a temperatura ambiente) con sviluppo di idrogeno.

L'idrogeno formato si ricombina con l'ossigeno dell'aria sia in modo esplosivo, sia bruciando con fiamma e genera le così dette "vampate".

Nelle "avvertenze e limitazioni d'uso" si dice infatti di non usare acqua sui fuochi di classe D.

Proprietà:

1. abbassamento della temperatura del combustibile per assorbimento del calore;
2. azione di soffocamento per sostituzione dell'ossigeno con il vapore acqueo;
3. diminuzione delle sostanze infiammabili solubili in acqua fino a renderle non più tali;
4. impregnazione dei combustibili solidi.

Campo di impiego:

E' molto efficace contro i fuochi di classe A (combustibili solidi).

Può essere usata sui fuochi di classe B (combustibili liquidi) purché il liquido combustibile risulti più pesante o miscelabile con essa.

Il suo uso è però ormai generalmente limitato agli impianti antincendio fissi (idranti, sprinkler, nebulizzanti, ecc.): gli estintori idrici portatili risultano poco adatti, perché per una efficace azione è necessario un quantitativo di acqua eccessivo per poter essere facilmente maneggiato. Infatti nel caso venisse decisa l'adozione di estintori idrici si consiglia una capacità per ciascun apparecchio non inferiore a 10 litri.

Avvertenze e limitazioni d'uso:

L'acqua essendo un buon conduttore dell'energia elettrica, non deve essere impiegata in presenza di apparecchiature o impianti elettrici in tensione, a meno che non venga finemente frazionata a mezzo di speciali ugelli nebulizzatori, come generalmente si realizza negli impianti fissi.

Gli estintori da usare sugli impianti elettrici in tensione non devono pertanto contenere acqua come agente estinguente.

Non può essere neppure usata contro i fuochi delle classi C (gas) e D (metalli) perché può dare origine a reazioni pericolose.

L'impiego come estinguente è pure da evitare per quanto possibile quando può arrecare gravi danni ad impianti, attrezzature e materiali: si pensi alle conseguenze derivanti dall'uso dell'acqua in biblioteche o archivi o in depositi di materiale elettrico, tenendo presente che spesso negli impianti fissi industriali costieri viene usata acqua di mare, il cui contenuto salino genera incrostazioni e corrosioni.

L'impiego dell'acqua in estintori portatili è limitato dove la temperatura scende al di sotto di 0°C, in quanto si avrebbe il suo congelamento, con conseguente interdizione dell'uso.

(negli impianti fissi di idranti a colonna soprasuolo è previsto l'uso di acqua anche in ambienti esterni a temperature inferiori a 0°C con l'adozione di accorgimenti particolari atti a mantenere vuote le tubazioni soggette a gelo ed interrando le tubazioni di impianto a profondità inferiori alla linea limite di gelo).

2. SCHIUMA

Caratteristiche:

La schiuma si ottiene miscelando con aria o con altro gas inerte (es. CO_2), una soluzione composta di acqua e da una piccola percentuale (3-6%) di polvere o liquido schiumogeno (polvere di liquirizia, liquidi proteici derivanti da resti animali, liquidi sintetici ecc.).

Ha un rapporto di espansione (litri di schiuma che si ottengono da ogni litro di soluzione schiumogena) elevato; ciò equivale a dire che piccole quantità di schiumogeno riescono a generare, incorporando grandi quantità di aria, notevoli volumi di schiuma: ne consegue un peso specifico molto ridotto.

Agisce tramite l'azione di soffocamento, ricoprendo con uno strato uniforme la superficie del combustibile ed isolandola così dall'aria.

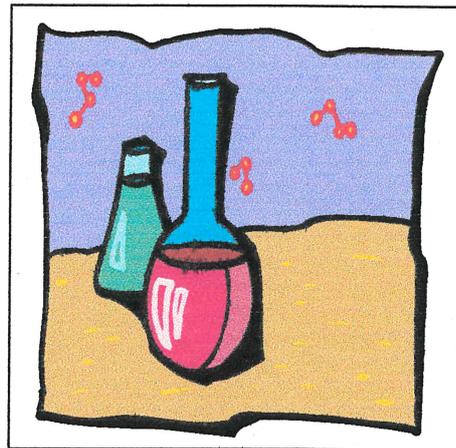
Esistono due principali modi di formazione della schiuma denominati: chimico e meccanico.

Con il metodo chimico viene generalmente prodotta schiuma miscelando una soluzione di bicarbonato di sodio (soluzione basica) con una di solfato di alluminio (soluzione acida) in presenza di composti stabilizzanti.

Dalla reazione chimica si sviluppa CO_2 che forma le bolle di schiuma.

Con il metodo meccanico la schiuma è prodotta da un miscelatore che mescola con aria una soluzione di schiumogeno in acqua.

Il miscelatore negli estintori mobili è generalmente costituito da un sistema in cui l'aria ambiente viene aspirata dal vuoto creato in una specie di tubo di Venturi, dal flusso di schiumogeno che attraversa la lancia di erogazione.



Proprietà:

L'azione estinguente delle schiume avviene per separazione del combustibile dal comburente e per raffreddamento.

Sono impiegate normalmente per incendi di liquidi infiammabili, e non possono essere impiegate su parti in tensione in quanto contengono acqua.

Sono disponibili diversi tipi di liquidi schiumogeni che vanno impiegati in relazione al tipo di combustibile:

1. schiumogeni fluoro-proteici (effetto rapido su incendi di prodotti petroliferi);
2. schiumogeni sintetici (garantiscono una lunga conservazione nel tempo e sono efficaci per azione di soffocamento su grandi superfici);
3. schiumogeni fluoro-sintetici (formano schiume che hanno la caratteristica di scorrere rapidamente sulla superficie del liquido incendiato, con uno spegnimento in tempi più rapidi e una minore portata di soluzione schiumogena);
4. schiumogeni per alcoli (sono molto efficaci su incendi di alcoli, esteri, chetoni, eteri, aldeidi, acidi, fenoli, ecc...).

Campo di impiego:

La schiuma specie se utilizzata per saturazione, può essere impiegata contro i fuochi di classe A, ma si può dire che il campo ottimale d'impiego è contro fuochi di classe B; come si è già visto, ha un peso specifico molto basso e riesce a galleggiare anche sui liquidi più leggeri, esercitando un'ottima azione di soffocamento che si unisce

all'altrettanto valida azione di raffreddamento dovuta all'evaporazione causata dal calore della fiamma.

Nella pratica la schiuma viene efficacemente impiegata nel caso di incendio di liquidi contenuti in recipienti quali serbatoi aperti, vasche, bidoni, raccoglitori di colaticci infiammabili ecc..

Avvertenze e limitazioni d'uso:

Vale quanto detto a proposito dell'acqua, salvo che la schiuma non può essere frazionata in particelle tali da impedire il passaggio della corrente: perciò non va mai impiegata su impianti elettrici in tensione.

Come per l'acqua, anche per gli impianti a schiuma vanno presi tutti gli accorgimenti contro il gelo. In particolare per temperature inferiori a 0°C non vanno utilizzati estintori a schiuma.

Nel caso di liquidi liberamente scorrevoli la schiuma diventa quasi inutile, perché la corrente di liquido la trascina via e non può formarsi uno strato continuo di ricoprimento della superficie incendiata, che perciò resta a contatto dell'aria e continua a bruciare.

3. ANIDRIDE CARBONICA

Caratteristiche:

L'anidride carbonica, alla pressione atmosferica, è un gas inodore e incolore che ha la proprietà di essere inerte relativamente alla sua ulteriore combustione (partecipa però a reazioni di ossidazione per cui vi sono alcune eccezioni al suo uso) e di avere un peso specifico superiore a quello dell'aria (circa 1.5 volte a 0°C a 0,1 MPa).

Viene conservata in bombole ad una pressione di circa 6.8 MPa allo stato liquido.

Sul fuoco esercita una doppia azione estinguente: di raffreddamento e di soffocamento.

L'azione di raffreddamento è dovuta al forte assorbimento di calore ed al conseguente abbassamento di temperatura che si verifica nel repentino passaggio dallo stato liquido a quello gassoso durante l'espansione alla pressione atmosferica.

L'azione di soffocamento è resa possibile dal notevole peso specifico di questo gas che, depositandosi sul combustibile, ne impedisce il contatto con l'aria.

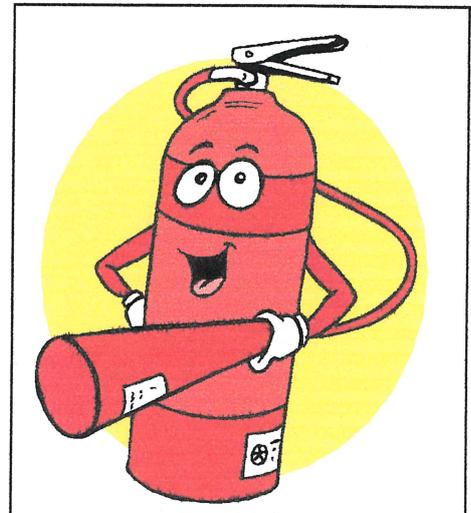
Per ottenere lo spegnimento per soffocamento, in ambiente chiuso, è necessaria una concentrazione minima di anidride carbonica nell'aria di circa il 33% detta di "saturazione". A 20°C di temperatura e 0,1 MPa di pressione, 1 kg di anidride carbonica occupa un volume di 547 litri.

Campo di impiego:

Viene usata con risultati positivi su fuochi di varie classi (A,B,C) e, non essendo conduttrice dell'energia elettrica, anche su apparecchiature elettriche in tensione.

Però il D.M. 20.12.82 considera la capacità estinguente della CO₂ in estintori limitata ai fuochi di classe B nelle quantità di 2 e 5 kg.

Comunque la CO₂ viene utilizzata spesso negli impianti elettrici con modalità di intervento specifiche; si possono installare estintori a CO₂ presso motori elettrici



importanti, interruttori, locali con apparecchiature informatiche, nelle sottostazioni elettriche e nelle officine elettriche in genere.

Dà però buoni risultati anche nell'estinzione di liquidi infiammabili, di sostanze grasse ecc..

Avvertenze e limitazioni d'uso:

Ricordiamo che alcuni metalli riducenti (zinco, alluminio, magnesio, sodio, potassio, litio) bruciano in presenza di anidride carbonica, a cui sottraggono ossigeno: si genera così ossido di carbonio che è un gas infiammabile e tossico; pertanto si sconsiglia l'uso della CO₂ con fuochi di classe D.

E' da escludere l'uso della CO₂ in presenza di cianuri alcalini; infatti questi, reagendo con il gas, formano acido cianidrico, che è anch'esso molto velenoso.

Si deve evitare l'erogazione diretta contro oggetti surriscaldati da fuoco o che comunque non sopportano rapidi sbalzi di temperatura (elaboratori elettronici, consolle di strumentazione ecc.): si possono infatti provocare, a causa del repentino ed energico raffreddamento, notevoli sollecitazioni termiche, con probabili incrinature e rotture (shock termico).

Sempre a causa della temperatura molto bassa, il contatto di parti del corpo con il gas o con i recipienti appena scaricati può provocare ustioni da congelamento: pertanto bisogna prestare la dovuta attenzione.

L'anidride carbonica, a differenza dell'ossido di carbonio, non è un gas tossico, può comunque causare la morte per soffocamento.

Dopo l'erogazione in ambienti chiusi è necessario provvedere ad una buona aerazione.

Ad esempio un estintore da 5 kg di CO₂ scaricato in uno stanzino di 10 m³ riduce la quantità di ossigeno presente al 15% in volume, mentre la concentrazione minima vivibile di O₂ nell'aria viene considerata pari a 17%.

L'uso dell'estintore a CO₂ è consigliato al chiuso: infatti quando viene usato all'aperto in presenza di vento, l'estintore a CO₂ non è molto efficace a causa della turbolenza che sparpaglia il getto. L'estintore a polvere in questo caso dà migliori risultati però il polverone che ne deriva può ridurre notevolmente la visibilità e la respirabilità.

4. POLVERE

Caratteristiche:

Le polveri estinguenti sono composte principalmente da sali alcalini, quali il bicarbonato di sodio e di potassio, il fosfato monoammonico ecc.: contengono poi, in percentuali minori, altre sostanze (solfato tricalcico, stereati, silicone ecc.) che conferiscono loro delle ben determinate proprietà, quali la scorrevolezza e idrorepellenza, resistenza all'impaccamento.

Agiscono sul fuoco con azione di raffreddamento di modesta entità; tale azione è dovuta alla decomposizione a contatto della fiamma, con formazione di vapori diversi e assorbimento di calore.

Inoltre esercitano sul combustibile una certa azione meccanica di separazione, dipendente dalla violenza del getto e dal ricoprimento del combustibile solido da



parte di prodotti viscosi di decomposizione (fosfato monoammonico); alcuni tipi esercitano anche una certa azione di inibizione chimica.

Campo di impiego:

Per ciascuna classe di fuoco esiste un tipo di polvere estinguente più adatto.

Nella tabella seguente sono riportate le sostanze base che compongono i vari tipi di polvere e le classi di fuoco contro le quali possono essere impiegate.

CLASSI DI FUOCO	POLVERI A BASE DI
B - C	Bicarbonato di sodio o di potassio Bicarbonato di potassio trattato con Urea (Monex) Solfato di potassio
A - B - C	Fosfato ammonico Solfato ammonico
D	Cloruro di sodio - potassio

Le polveri polivalenti sono indicate per l'intervento su materiali solidi che non possono essere bagnati, in quanto l'acqua causerebbe danni gravi: ciò a prescindere dal fatto che, a parità di capacità, un estintore a polvere è molto più efficace di uno idrico.

Inoltre, non presentando pericolo di congelamento, può essere validamente impiegato anche quando la temperatura ambiente scende notevolmente sotto lo zero.

Le polveri, in generale, non sono compatibili con le schiume, infatti esercitano su di esse una energica azione disgregatrice. Spesso estintori a polvere vengono utilizzati quando, in seguito all'intervento di un impianto a schiuma a media o alta espansione, si vuole ottenere un rapido abbattimento della schiuma stessa.

Esistono però particolari tipi di polveri compatibili con le schiume, con le quali vengono di frequente impiegate in abbinamento per ottenere un'azione estinguente combinata e molto efficace. Un esempio di tale applicazione si riscontra nei moderni estintori "twin-agent", utilizzati per esempio nell'edificio caldaia delle centrali termiche.

Le polveri hanno generalmente elevate proprietà dielettriche e quindi possono essere usate su impianti elettrici in tensione; fanno eccezione alcuni tipi polivalenti per le quali deve essere specificata l'indicazione "Non usare su apparecchi sotto tensione elettrica" e tale limitazione deve essere portata a conoscenza di chi ne effettua l'impiego.

La polvere è adatta ad estinguere liquidi infiammabili sia che si trovino in contenitori sia che si trovino sotto forma di corrente fluida.

Può essere utilizzata all'aperto con migliori risultati rispetto alla CO₂ ed agli halon in presenza di vento, anche se il polverone che si forma in questi casi riduce la visibilità e può rendere difficoltosa la respirazione.

Possono essere spenti con la polvere fuochi di gas (classe C9).

Esistono polveri particolari per spegnere fuochi di metalli (classe D; ad esempio magnesio) ma le polveri standard che si trovano generalmente negli estintori non sono adatte a questo scopo.

Avvertenze e limitazioni d'uso:

Le polveri non sono corrosive né abrasive e non danno origine a prodotti nocivi; richiedono però dopo l'erogazione, un'accurata pulizia delle parti su cui sono depositate, ciò che risulta in genere facile da attuare, salvo quando si tratti di apparecchiature delicate o complesse: in questo caso la polvere potrebbe infiltrarsi e risultare di impossibile asportazione, causando notevoli inconvenienti, per cui in questi casi se ne sconsiglia l'uso.

Bisogna prestare la dovuta attenzione affinché la polvere, durante l'erogazione, non venga inspirata da persone: il prodotto, come si è già detto, non è tossico, ma può dar origine a fenomeni d'irritazione alle vie respiratorie e al limite provocare asfissia.

5. IDROCARBURI ALOGENATI

Caratteristiche:

Detti anche halon, un tempo utilizzati come estinguenti, sono stati proibiti dalle disposizioni legislative emanate per la protezione della fascia d'ozono stratosferico, e chi ne fosse stato in possesso aveva l'obbligo di smaltirlo entro il 31 dicembre 1998.

Erano formati da idrocarburi saturi in cui gli atomi di idrogeno sono parzialmente sostituiti con atomi di cloro, bromo e fluoro.

L'azione estinguente avveniva attraverso l'interruzione chimica della catena di combustione.

Gli halon erano efficaci su incendi che si verificavano in ambienti chiusi scarsamente ventilati e producevano un'azione estinguente che non danneggiava i materiali con cui venivano a contatto.

Tuttavia alcuni halon per effetto delle alte temperature si decomponivano producendo gas tossici (fosgene) per l'uomo a basse concentrazioni, facilmente raggiungibili in ambienti chiusi e poco ventilati.

Gli agenti sostitutivi degli halon generalmente combinano al vantaggio della salvaguardia ambientale lo svantaggio di una minore capacità estinguente.

Alessandria, lì 18.02.2003

Maurizio Alternin

