

**Anno 1999 - PROGETTO DI RICERCA - Gruppo n. 29**

**MODIFICA DELLE PROCEDURE DI PROVA PER LA DETERMINAZIONE DEL RAPPORTO DI ESPANSIONE E DEL TEMPO DI DRENAGGIO ED APPLICAZIONE DELLA NORMA UNI 9493 PER IL CASO DI INCENDI STRADALI DI GASOLIO E BENZINA**



**Dirigente proponente:** Dott. Ing. *Gioacchino GIOMI*

**Coordinatore:** Dott. Ing. *Massimo Nazzareno Bonfatti*

**Componenti:** - Dott. Ing. *Marcello Lombardini*

- C.R. *Roberto Soro*
- C.S. *Valter Ricci*
- O.T.S.L. *Gianni Longobardo*
- O.T.S.L. *Franco Sciarretta*
- V.P. *Bruno Petrulli*
- V.P. *Santo Golino*

**INDICE**

## **1. Premessa e notizie di carattere generale.**

- 1.1 Generalità sui liquidi schiumogeni.
- 1.2 Quadro normativo delle specifiche tecniche vigenti.
- 1.3 Le procedure di prova previste
  - 1.3.1 La determinazione del rapporto di espansione
  - 1.3.2 La determinazione del tempo di drenaggio
  - 1.3.3 La prova di estinzione
    - 1.3.3.1 Metodo di applicazione
    - 1.3.3.2 Riaccensione

## **2. Scopi e criteri della ricerca.**

- 2.1 Studio della variabilità del Rapporto di Espansione e del Tempo di Drenaggio in funzione delle dimensioni del cilindro di prova.
- 2.2 Verifica dell'estendibilità dei risultati delle caratteristiche di comportamento al fuoco dei liquidi schiumogeni classificati secondo la UNI 9493 al gasolio e alla benzina.

## **3. Svolgimento delle prove.**

- 3.1 Scelta delle apparecchiature per l'esecuzione delle prove.
  - 3.1.1 Apparecchiatura per le prove sul rapporto di espansione ed i tempi di dimezzamento
  - 3.1.2 Apparecchiatura per la prova di estinzione:
- 3.2 RE e TD
- 3.3. Estinzione

#### **4. Analisi dei risultati.**

4.1 Descrizione

4.2 Considerazioni

#### **1. Premessa e notizie di carattere generale.**

##### **1.1. Generalità sui liquidi schiumogeni.**

###### **a) Proteinici**

Sono abitualmente impiegati al 6%.

Su incendi di idrocarburi sono talvolta ancora impiegati, ma per ottenere risultati apprezzabili occorre che l'applicazione avvenga per scorrimento. Nessuna pratica applicazione (?) è possibile su sostanze polari.

###### **b) Sintetici o "per alta espansione".**

Questo tipo è molto versatile, ma per alcune applicazioni è condizionato da limiti in confronto ai prodotti specifici. Si ricorda che con speciali tipi si ottengono eccellenti risultati nell'estinzione, nella preparazione di coltri di schiuma protettive (piste di atterraggio per aerei in emergenza) o per bloccare l'evaporazione di liquidi nocivi (es. ammoniaca liquida).

L'impiego normale del prodotto è al 3 ÷ 4% e talvolta anche al 6%.

###### **c) Fluoroproteinici.**

Questi schiumogeni dimostrano un'alta capacità su idrocarburi in tutte le situazioni, anche quelle termicamente più impegnative e difficili (es. incendi di esano).

Verso le sostanze polari dimostrano qualche possibilità, notevole in parecchi casi (Metanolo, acrilonitrile, M.EK (?), ecc.) ma in generale non

possono competere con i prodotti "alcolresistenti". Il fluoroproteico" è molto diffuso ed è un prodotto sicuro per i grandi complessi petroliferi.

**d) Schiumogeni per alcoli o "alcolfoam" (A.F) o "alcol-resistenti" (A.R.)**

La schiuma ha notevole capacità estinguente verso sostanze polari, ma se applicata per versamento dolce. Su idrocarburi ha discreta capacità, ma limitata se applicata per caduta. Un'altra limitazione è la rigidità della schiuma che ne riduce lo scorrimento. Sono impiegati a circa il 6%. La caduta in prodotti polari ha effetti molto gravi.

**e) Filmanti (o Fluorosintetici o AFFF)**

Su idrocarburi e in condizioni non ardue costituiscono il mezzo di effetto più rapido, specialmente quando è possibile distribuire la schiuma sulla superficie incendiata. L'impiego tipico è perciò quello degli incendi in aeroporto ed altri casi analoghi di pronto intervento. Su sostanze polari sono di insufficiente stabilità per poter essere impiegati. Si usa al 6% o al 3%, secondo lo standard di fabbricazione.

Questi schiumogeni, per le loro alta tensioattività in soluzione, possono meglio degli altri essere impiegati in normali sprinklers ad acqua o altri nebulizzatori senza aspirazione di aria: la formazione di un film acquoso su idrocarburi permette di realizzare efficaci estinzioni. In questo caso non si può però contare su un'efficace difesa contro il pericolo di rapida riaccensione, in confronto al comportamento della schiuma ottenuta per eiezione di aria.

**f) Universali**

Rappresentano la più efficace e recente realizzazione fra le schiume antincendi, per capacità estinguente e per forte versatilità, come si può ben osservare dalla tavola e da altre attitudini, quali l'estinzione di idrocarburi leggerissimi, l'impiego a media espansione, con sprinkler, ecc. Sono impiegati a circa il 6% su sostanze polari e al 3-4% su idrocarburi.

**1.2. Quadro normativo delle specifiche tecniche vigenti.**

1.2.1- Nazionale: D.M. 13.11.95 (G.U. n.277 del 27.11.95)

Norma UNI-CNVVF 9493

D.M. 19.2.97 (G.U. n.68 del 22.3.97): Proroga termini

1.2.2- Internazionale: prEN 1568 – Fire extinguishing media – Foam concentrates

Part 1. Specification for medium expansion foam concentrates for surface application to water-immiscible liquids

Part 2. Specification for high expansion foam concentrates for surface application to water-immiscible liquids

Part 3. Specification for low expansion foam concentrates for surface application to water-immiscible liquids

Part 4. Specification for low expansion foam concentrates for surface application to water-immiscible liquids

Part 5. Specification for foam liquids for non-aspirated application to water-miscible liquids

**Vedi Allegato 1.**

### **1.3 Le procedure di prova previste**

Per la produzione della schiuma si impiega la lancia UNI 86 (vedi fig. ....) operando con soluzioni a  $20 \pm 2$  °C ed a  $0,6 \div 0,7$  Mpa, in modo che la portata risulti  $11,4 \pm 0,2$  l/min

#### **1.3.1 La determinazione del rapporto di espansione**

La schiuma emessa dalla lancia viene indirizzata verso la superficie inclinata del raccogliore di schiuma a partire da una distanza di 3 m e viene raccolta nel recipiente apposito. Il rapporto di espansione è determinato dividendo il volume per la massa della schiuma raccolta.

#### **1.3.2 La determinazione del tempo di drenaggio**

La schiuma viene raccolta nel recipiente di drenaggio come descritto al p.to 1.3.4. Il rubinetto sul fondo del recipiente di drenaggio viene posto in modo da consentire alla soluzione schiumogena drenata di fuoriuscire, prevenendo però il passaggio di schiuma. Questa viene raccolta in un cilindro graduato ed il volume totale del liquido da raccogliere è determinato conoscendo la massa della schiuma nell'apposito recipiente: il tempo per il drenaggio del  $25 \div 50\%$  di questo viene misurato a partire dall'istante in cui il livello di schiuma raggiunge la metà del recipiente di raccolta

#### **1.3.3 La prova di estinzione**

##### **1.3.3.1 Metodo di applicazione**

Il combustibile viene acceso e lasciato bruciare liberamente per 1 min dopo che la sua superficie sia stata completamente coinvolta dalle fiamme. Nel caso di applicazione dolce, il flusso di schiuma è indirizzato al centro dello schermo e in modo che l'altezza media dell'impatto della schiuma sia 0,5 m maggiore della superficie del combustibile.

Nel caso di applicazione forzata ,il flusso di schiuma è indirizzato lungo un diametro della vasca e dovrà cadere sulla superficie del combustibile a 50, 100 cm dalla parete posteriore della vasca.

Con entrambi i metodi , la lancia deve essere posizionata 1 m sopra la superficie del combustibile, in posizione orizzontale. Solo se necessario si potrà inclinare verso l'alto di 10° massimo per realizzare più correttamente il punto di impatto richiesto.

Portata di soluzione schiumogena: 11,4 l/min.

Tempo di applicazione della schiuma 3 oppure 5 min.

### **1.3.3.2 Riaccensione**

Trascorsi 5 min. dopo il termine prescritto per l'applicazione della schiuma Viene posto al centro della vasca un recipiente di 30 cm di diametro e 25 cm contenente 2 l di benzina. Si procederà, quindi all'accensione .

La stima della percentuale di superficie riaccesa verra effettuata a 5, 10 oppure 15 min dall'ignizione del recipiente, secondo la resistenza della schiuma. Non vengono ritenute significative piccole fiammelle,incidentali, lontane dalla zona centrale di riaccensione. Si valuterà il tempo impiegato affinché il 25% della superficie sia in fiamme.

## **2. Scopi e criteri della ricerca**

### **2.1 Studio della variabilità del Rapporto di Espansione e del Tempo di Drenaggio in funzione delle dimensioni del cilindro di prova.**

Dalle prove effettuate in campo certificativo ai fini omologativi, si è ritenuto interessante verificare l'eventuale influenza del diametro  $\phi$  del cilindro in polimetil metacrilato per la raccolta della schiuma

### **2.2 Verifica dell'estendibilità dei risultati delle caratteristiche di comportamento al fuoco dei liquidi schiumogeni classificati secondo la UNI 9493 al gasolio e alla benzina.**

Altro aspetto interessante, che a seguito della attività di certificazione si è ritenuto importante studiare, è stato il controllo dell'estendibilità dei risultati delle caratteristiche di comportamento al fuoco dei liquidi schiumogeni classificati secondo la UNI 9493 al gasolio ed alla benzina. Questo al fine di poter stabilire la conferma dell'efficacia estinguente di alcuni liquidi schiumogeni., in particolare dei sintetici, anche agli idrocarburi più diffusi. La scelta di questa tipologia di liquido schiumogeno è stata dettata soprattutto dal fatto che il C.N.VV.F. acquista, ai fini della attività di intervento, tale specifico prodotto, acquisendolo previo accertamento da parte del Laboratorio di Chimica dei requisiti previsti dalla norma UNI 9493.

Per quanto riguarda i liquidi schiumogeni sintetici da sottoporre a prova si sono acquisiti 3 differenti prodotti che definiremo A, B e C, contenuti in appositi contenitori aventi capienza pari a 200 l.

### 3. Svolgimento delle prove

#### 3.1. Scelta delle apparecchiature per l'esecuzione delle prove

Come precedentemente citato, una parte della apparecchiatura di prova è stata acquisita in occasione della sperimentazione, mentre la rimanente era già in uso per le certificazioni ai sensi del D.M. 13.11.95.

. A tal fine si è pensato di realizzare due ulteriori cilindri aventi rispettivamente diametro interno 300 e 500 mm per controllare appunto l'eventuale effetto delle maggiore o minore superficie specifica e del rapporto altezza/diametro sul tempo di drenaggio. A tal fine è stata commissionata alla ditta *Ciro Donati* in data 17.9.99 la realizzazione di tali cilindri che li ha consegnati il 9.11.99.

Si è quindi subito calcolato il volume esatto di tali nuovi contenitori per pesata, attraverso il loro riempimento con acqua. Tale operazione ha richiesto particolare cura ed attenzione, visti i volumi ed i pesi in gioco da misurare ed anche la precisione richiesta; a tale scopo si sono utilizzate le bilance elettroniche indicate al p.to 3.2.

Per quanto riguarda i liquidi schiumogeni sintetici da sottoporre a prova si sono acquisiti 3 differenti prodotti che definiremo A, B e C, contenuti in appositi contenitori aventi capienza pari a 200 l.

##### 3.1.1 Apparecchiatura per le prove sul rapporto di espansione ed i tempi di dimezzamento:

- Cilindro in polimetil metacrilato per la raccolta della schiuma diametro interno  $\phi$  100 mm.
- Cilindro in polimetil metacrilato per la raccolta della schiuma diametro interno  $\phi$  300 mm.

- Cilindro in polimetil metacrilato per la raccolta della schiuma diametro interno  $\phi$  500 mm.
- Bilancia elettronica Sartorius BP 34000 P avente portata pari a 34.000 Kg e divisione di lettura 0,1 gr
- Termometro digitale Delta OHM HD 9215
- Lancia UNI 86 (vedi disegno allegato)
- Piano inclinato a 45°
- Pompa dosatrice
- Manometri
- Cronometri CASIO

### **3.1.2 Apparecchiatura per la prova di estinzione:**

- Termometro digitale Delta OHM Hb 9215
- Lancia UNI 86 (vedi disegno allegato)
- Pompa dosatrice
- Manometri
- Vasca d'incendio circolare avente le seguenti dimensioni:
  - diametro interno      2400 mm
  - profondità              200 mm
  - spessore parete        2,5 mm
- schermo curvo bordo vasca avente le seguenti dimensioni:
  - altezza                  1000 mm
  - larghezza                200 mm
  - spessore parete        2,5 mm

### 3.2 Rapporto di espansione e tempo di drenaggio

Al fine di poter valutare correttamente l'influenza del diametro del cilindro di raccolta, come già precedentemente detto al punto 2.1., si sono progettati e fatti realizzare altri due cilindri aventi rispettivamente diametro interno di 300 e 500 mm. e quindi si sono sottoposti a prova i tre diversi liquidi schiumogeni A,B e C, classificati "sintetici".

Dopo opportuno condizionamento del prodotto alla T di 20 °C si è preparata la soluzione schiumogena miscelando il liquido schiumogeno secondo la percentuale prescritta dal produttore ad acqua alla T. di 20 °C. Quindi si è proceduto alla produzione della schiuma utilizzando la lancia UNI 86 e controllando che il valore della pressione (0,6 ÷ 0,7 Mpa) sia tale che la portata risulti  $11,4 \pm 0,2$  l/min.(vedi fig. 1)

Il getto è stato indirizzato verso la superficie inclinata da una distanza di 3 m. e quindi la schiuma è stata raccolta nell'apposito contenitore (vedi fig. 2).

Tale procedura per i cilindri si è effettuata contemporaneamente e rispettivamente per i cilindri da 100, 300 e 500 mm.

Il tempo di drenaggio si è misurato a partire dal riempimento della metà del recipiente, valore opportunamente segnalato sulla superficie esterna dei cilindri.

Noto il volume già precedentemente calcolato, si sono pesati i cilindri di cui si conosceva già la tara e quindi si è ottenuto il valore del R.E (vedi fig. 3).

Dopodiché si è calcolato il tempo impiegato dal 25% e 50% del volume della soluzione schiumogena originaria per drenare dalla schiuma prodotta. In tale operazione si è utilizzato un rubinetto opportunamente posto sul fondo del cilindro, in modo da consentire alla soluzione schiumogena drenata di fuoriuscire, evitando però contemporaneamente il passaggio della schiuma. Le

schede delle singole prove sono contenute nell'allegato ".....", mentre i risultati riepilogativi con i relativi diagrammi sono indicati rispettivamente:

- R.E.: tab. 1 e drag 1,2,3 e 4;
- T.D.25%: tab. 1, e drag. 5,6,7 e 8;
- T.D.:50%: tab.3 e drag. 9,10,11 e 12..

Per ogni requisito, come precedentemente citato, sono state effettuate le prove sui prodotti sintetici A,Be C ed in particolare n° 3 prove per ogni prodotto. Di questi valori è stata misurato il valore medio e la deviazione media.

### **3.3 Estinzione**

Tali prove sono state mirate a controllare la reale efficacia dei prodotti anche su liquidi infiammabili diversi da quello specifico previsto della certificazione (eptano), quali la benzina ed il gasolio, di gran lunga i più trasportati e quindi più probabili da trovare in caso di intervento da parte del C.N.VV.F.

Si è proceduto a tale scopo innanzitutto al reperimento di questi due combustibili non in dotazione momentaneamente al C.S.E.

Con l'occasione si è pensato anche di misurare il valore dell'irraggiamento durante tali prove di estinzione al fine di poter elaborare un metodo analitico per la determinazione della riaccensione come previsto dalla norma 8.10.1.

Si è infatti approntato un sistema di misura così costituito

- n. 1 radiometro ad angolo stretto
- n. 3 radiometri a disco
- n. 2 amplificatori di segnali
- p.c. per l'elaborazione dei dati

Analizzando le misure effettuate è evidenziato che:

*Laboratorio di Chimica*

- i tempi di estinzione e di riaccensione di uno stesso liquido schiumogeno si sono dimostrati essere, in base alle prove effettuate, molto prossimi:
- 1 minuto di accensione libera è sufficiente a far sì che la combustione del liquido raggiunga la max energia sia per l'eptano che per la benzina;
- l'energia termica della benzina super è < dell'eptano;
- lettura dell'irraggiamento.
- la riaccensione del 25% della superficie è valutabile tramite la repentina crescita (scalino) fino ad un valore dell'irraggiamento di un valore soglia prossimo a 50 Kw/mq (potere emissivo).

Al riguardo quindi si auspica quanto previsto nella norma pr EN 1668.

## **4. Analisi dei risultati**

### **4.1 Descrizione**

### **4.2 Considerazione**

**(a cura dell'Ing. Bonfatti)**



Fig.1: apparecchiatura per la erogazione della soluzione schiumogena



Fig.2: raccolta della schiuma erogata nel recipiente cilindrico



Fig.3: misura del peso della schiuma raccolta



Fig.4: apparecchiatura di prova



Fig. 5: apparecchiatura per la misura del potere emissivo



Fig. 6: vasca d'incendio circolare



Fig. 7: accensione del focolare



Fig. 8: accensione del focolare



Fig. 9: estinzione



Fig. 10: riaccensione (a)



Fig. 10: riaccensione (b)



Fig. 10: riaccensione (c – riaccensione del 25% della superficie)





### Prove di estinzione

Tali prove sono state mirate a controllare la reale efficacia dei prodotti anche su liquidi infiammabili diversi da quello specifico previsto della certificazione (eptano), quali la benzina ed il gasolio, di gran lunga i più trasportati e quindi più probabili da trovare in caso di intervento da parte del C.N.VV.F.

Si è proceduto a tale scopo innanzitutto al reperimento di questi due combustibili non in dotazione momentaneamente al C.S.E.

Con l'occasione si è pensato anche di misurare il valore dell'irraggiamento durante tali prove di estinzione al fine di poter elaborare un metodo analitico per la determinazione della riaccensione come previsto dalla norma 8.10.1.

Si è infatti approntato un sistema di misura così costituito

- n. 1 radiometro ad angolo stretto
- n. 3 radiometri a disco
- n. 2 amplificatori di segnali
- p.c. per l'elaborazione dei dati

#### RADIOMETRI A DISCO

I radiometri a disco sono stati utilizzati nel corso delle prove per misurare il flusso termico ( $\text{kW/m}^2$ ) incidente, posizionati alla distanza di 4,80 m dal bordo della vasca di incendio ed a una altezza di 1,50 m da terra.(vedi fig. 4)

### Principio di funzionamento

Il principio di funzionamento di un radiometro del tipo utilizzato che presenti caratteristiche ideali, può essere descritto come segue: si consideri un blocco metallico avente conducibilità termica estremamente elevata: su una superficie di detto blocco incida un flusso termico generato, ad esempio, da un incendio. Si ammetta inoltre che la superficie ricevente si comporti come un corpo nero, che tutte le altre superfici del blocco non disperdano calore e che lo scambio termico per

convezione sulla superficie irradiata possa considerarsi trascurabile. In queste condizioni la potenza termica netta assorbita provoca unicamente un aumento uniforme della temperatura del blocco. Utilizzando un sensore avente elevata velocità di risposta, è possibile rilevare l'andamento della temperatura del blocco nel tempo; la velocità di variazione della temperatura è proporzionale al flusso termico netto assorbito, secondo la relazione:

$$I_o = (M \times CP/A) \times dT/dt \quad (4.1)$$

dove:

$I_o$  = flusso termico netto (W/mq)

$M$  = massa del blocco metallico (Kg)

$C_p$  = capacità termica massica (J/Kg/K)

$A$  = area della superficie ricevente (mq)

$T$  = temperatura (K)

$t$  = tempo (s).



Fig.3



Fig.4

Complessivamente lo strumento descritto funziona come un calorimetro al quale sia applicato un sistema di rilevazione continua della quantità di calore immagazzinato. In qualsiasi strumento reale sono però insite varie cause di non idealità. In particolare nel caso di un radiometro del tipo suddetto tali cause possono essere così riassunte:

- 1) conducibilità termica limitata, anche se elevata, del metallo utilizzato per la costruzione del blocco;
- 2) comportamento della superficie metallica dissimile dal corpo nero;
- 3) dispersioni termiche non nulle dalle superfici del blocco;
- 4) il sensore di temperatura ha un tempo di risposta relativamente breve ma comunque apprezzabile.

La causa 1 di non idealità comporta la presenza di una disuniformità di temperatura nel blocco.

La causa 2, rendendo necessario l'impiego di una copertura con elevato potere assorbente della radiazione, comporta un'ulteriore resistenza al trasporto di calore per conduzione alla superficie del blocco.

Utilizzando i dati di flusso termico incidente ottenuti con i radiometri a disco ci si è prefissi lo scopo di determinare valori mediati nel tempo (nella fase stazionaria dell'incendio) e sulla superficie della fiamma del potere emissivo. Come già detto nel paragrafo 2.2 relativo ai parametri esaminati, il radiometro a disco soddisfa l'esigenza di ottenere un valore del potere emissivo della fiamma mediato sul suo involucro visibile. In generale, l'andamento della temperatura rilevata del disco di un radiometro in funzione del tempo, durante la fase stazionaria di un incendio, può essere scomposto nei seguenti tre termini:

- un segnale di base costituito dall'aumento, all'incirca lineare, della temperatura;
- fluttuazioni della temperatura causate dalle variazioni periodiche e puntuali del potere emissivo della fiamma e dalle variazioni della geometria della stessa;
- un "rumore" del segnale generato da disturbi di origine elettromagnetica che interagiscono con l'intero sistema di acquisizione dati.

La determinazione del suddetto valore mediato del potere emissivo presuppone la capacità di riconoscere lo stato stazionario dell'incendio nonché la depurazione dei dati dai termini di fluttuazione e di rumore strumentale. La minimizzazione degli effetti dei suddetti disturbi può essere realizzata mediante una tecnica di filtraggio dei dati (smoothing) inserita nella routine di elaborazione. Le considerazioni che stanno alla base della scelta della frequenza di taglio, relativamente all'applicazione dello smoothing sui dati grezzi di temperatura dei dischi, sono riportate qui di seguito. La frequenza della maggior parte dei disturbi di origine elettromagnetica risulta superiore a quella caratteristica delle fluttuazioni di geometria e di potere emissivo della fiamma.

## RADIOMETRI AD ANGOLO STRETTO

I radiometri ad angolo stretto sono stati utilizzati nel corso delle prove per misurare il potere emissivo della fiamma ( $\text{kW}/\text{m}^2$ ) in una zona posta ad una distanza di 4.80 m. dal bordo delle vasche di incendio e da un'altezza dalla superficie della pozza pari a 0,90 m.

### Elaborazione dei dati

Il radiometro ad angolo stretto venivano posizionati prima delle prove con l'asse longitudinale incidente ad angolo retto sull'involuppo della fiamma, supposto cilindrico ed ortogonale al piano della pozza.

I dati acquisiti dallo strumento nel corso della prova consistono in un vettore tempo~segnale che è stato elaborato per visualizzare l'andamento del potere emissivo medio della macchia considerata.

L'effetto di schermatura causato dall'atmosfera interposta tra la macchia dell'involuppo di fiamma "vista" da ciascun radiometro ed il punto di posizionamento di questo, è stato trascurato.

La visualizzazione, per uno strumento, di tutti i dati acquisiti ad intervalli regolari di 5 secondi durante una prova, mostra ampie e frequenti fluttuazioni del potere emissivo medio di macchia che rendono difficile decifrare l'andamento e stabilire uno stato stazionario per tale parametro nel corso dell'incendio.

### **3.5** Taratura della strumentazione per la misura dell'irraggiamento.

#### Taratura dei sensori di temperatura

Questa taratura è stata effettuata allo scopo di minimizzare gli errori di calibrazione e di non linearità propri degli AD590.

I radiometri, assemblati in modo definitivo, sono stati introdotti in una camera termostatabile riscaldata elettricamente e con circolazione di aria forzata. Ciascun radiometro è stato connesso alla stessa rete di acquisizione dati usata nel corso delle prove. Le temperature prescelte per la taratura erano tutte comprese nell'intervallo in cui, presumibilmente, avrebbero successivamente operato I radiometri durante gli Incendi. Per ciascuna temperatura si procedeva al controllo dell'uniformità della stessa all'interno della camera con più termometri e, a termostatazione avvenuta, si acquisivano, per un fissato intervallo di tempo, I segnali dei radiometri. Successivamente per ciascuno strumento è stata effettuata una regressione lineare applicando Il metodo dei minimi quadrati alle coppie di dati temperatura- corrente media. I coefficienti angolari e le intercetto delle rette ottenute sono riportati In tabella 4.3, con simbologia conforme a quella della relazione:

$$T = m \times i + q$$

dove:



### Svolgimento delle prove

Al fine anche di avere un quadro complessivo del fenomeno, si è lasciato bruciare liberamente la quantità di combustibile previsto dalla norma liberamente (144 l di combustibili fatti fluire su 90 l di acqua) fino all'esaurimento dello stesso, sia nel caso della benzina che dell'eptano misurando contemporaneamente sia le temperature raggiunte che l'irraggiamento. (vedi drag. 1 e 2)

E' necessario sottolineare in genere il fatto che queste prove hanno richiesto sia notevole tempo che risorse umane per via dell'apportamento delle apparecchiature, la

taratura, la predisposizione della logistica e soprattutto delle condizioni climatiche non ideali per questo tipo di prove durante tale periodo dell'anno. A tale riguardo si ricorda che la norma UNI 9493, richiede al p.to 8.10 per la temperatura dell'ambiente un valore compreso tra 15° e 22° C.

Inoltre nel corso delle prove è emersa la notevole difficoltà ad effettuare tale tipo di prova per il gasolio il quale anche se miscelato con una determinata percentuale di benzina, ha evidenziato delle notevoli difficoltà nella fase di riaccensione, per cui, visto il tempo a disposizione si è ritenuto conveniente concentrarsi, dopo alcuni tentativi "falliti", esclusivamente sul confronto benzina – eptano.

Si è predisposta quindi l'apparecchiatura di misura come indicato in fig. e si sono misurati i seguenti valori:

- Temperatura ambiente;
- Temperatura dei radiometri a disco;
- Irraggiamento dei radiometri ad angolo stretto;
- Tempi di estinzione;
- Tempi di riaccensione.

(vedi diag.....)

Analizzando le misure effettuate è evidenziato che:

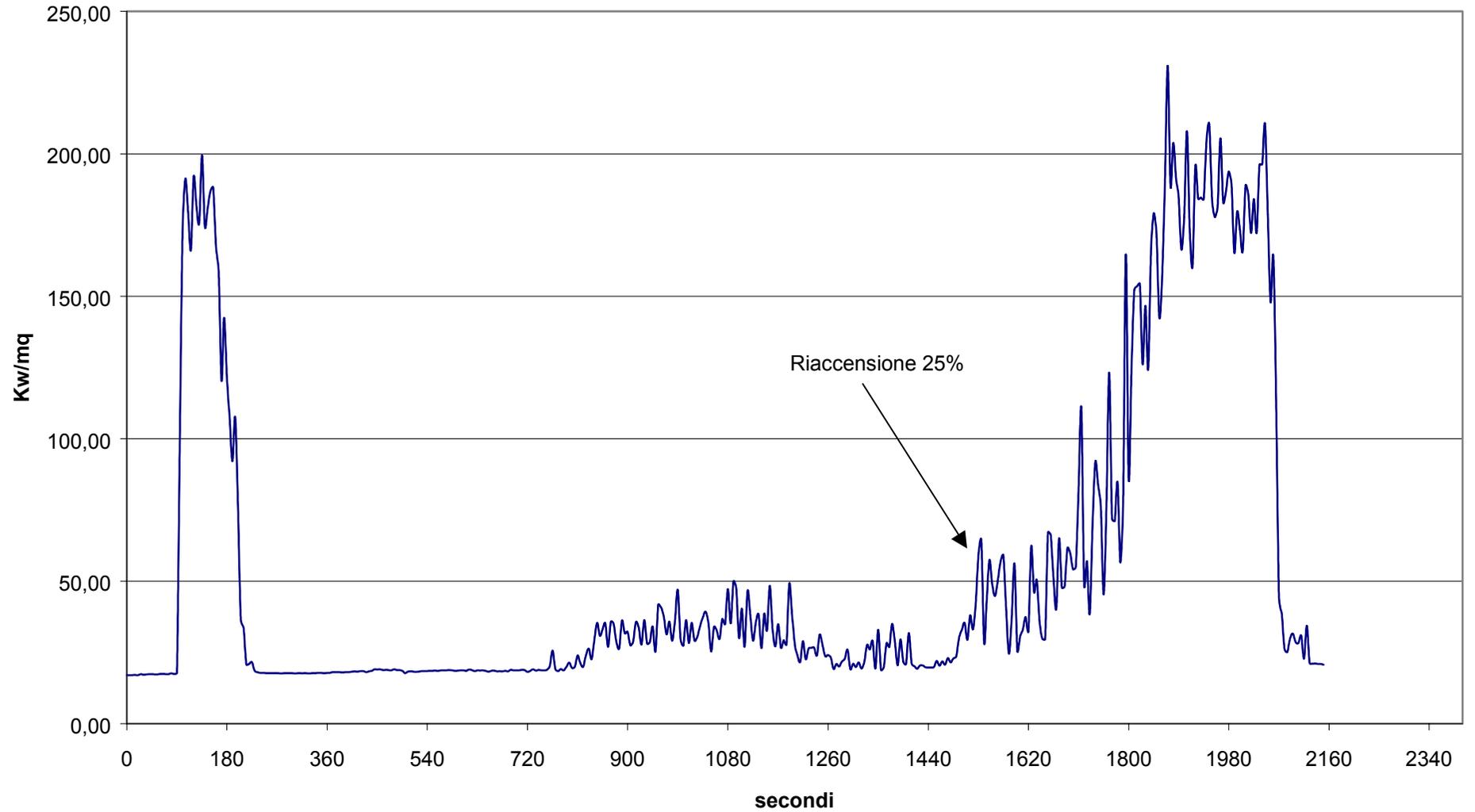
- i tempi di estinzione e di riaccensione di uno stesso liquido schiumogeno si sono dimostrati essere, in base alle prove effettuate, molto prossimi;
- 1 minuto di accensione libera è sufficiente a far sì che la combustione del liquido raggiunga la max energia sia per l'eptano che per la benzina;
- l'energia termica della benzina super è < dell'eptano;
- lettura dell'irraggiamento.

*Laboratorio di Chimica*

- la riaccensione del 25% della superficie è valutabile tramite la repentina crescita (scalino) fino ad un valore dell'irraggiamento di un valore soglia prossimo a 50 Kw/mq (potere emissivo).

Al riguardo quindi si auspica quanto previsto nella norma pr EN 1668.

Potere emissivo della fiamma - Pozza di Eptano - Prova del 13 Nov



Rapporti di espansione						
PRODOTTO	Diámetro cilindro (mm)	Misura 1	Misura 2	Misura 3	Valore medio	Deviazione media
	100	10,36	10,20	9,95	10,17	0,15
A	300	10,07	9,83	9,75	9,88	0,12
	500	9,95	9,34	9,56	9,62	0,22
	100	10,17	9,50	9,77	9,81	0,24
B	300	10,20	10,20	9,28	9,89	0,41
	500	10,10	9,57	9,36	9,68	0,28
	100	9,23	9,71	9,34	9,43	0,19
C	300	9,32	9,26	9,15	9,24	0,06
	500	9,21	9,28	9,19	9,23	0,04