

Perché l'acqua spegne il fuoco?

1 Introduzione

Nel corso della storia i vigili del fuoco hanno usato l'acqua per spegnere gli incendi. Nei secoli passati le persone formavano delle linee dove si passavano dei secchi d'acqua per arrivare al fuoco. Inutile dire che l'efficienza di questo metodo era molto limitata. Un balzo in avanti è stato fatto quando l'olandese Jan Vanderheyden ha inventato la pompa antincendio e le tubazioni flessibili. All'improvviso è stato possibile trasportare l'acqua su distanze maggiori e spruzzarla in un getto verso il fuoco. In questo modo, più acqua è finita all'interno dell'edificio in fiamme aumentando così l'efficacia antincendio. Dopo questo sviluppo passarono alcuni secoli prima dell'invenzione del respiratore (BA). Questo dispositivo consentiva l'ingresso in una struttura in fiamme in modo che l'acqua potesse essere meglio applicata alla sede del fuoco. Anche questo significava un aumento dell'efficienza. L'ultimo grande progresso è stato realizzato con l'implementazione del raffreddamento dei gas. Questo metodo di lotta agli incendi è stato inventato dai nostri colleghi svedesi e crea un ambiente di lavoro più sicuro per le squadre antincendio interne che indossano il BA.

L'estinzione degli incendi si è evoluta parecchio rispetto al passato. Oggi il metodo di funzionamento standard è l'attacco interno al fuoco. Quando consentito dalle condizioni di incendio, questo è il modo più efficace per combattere l'incendio. Tuttavia molti vigili del fuoco non riescono a cogliere i meccanismi dell'attacco interno con l'acqua. Questo articolo è un tentativo di spiegare i diversi meccanismi coinvolti.

2 Come fa l'acqua ad assorbire il calore?

L'acqua può assorbire il calore in 3 modi diversi. L'acqua utilizzata dai vigili del fuoco ha una temperatura massima di circa 20° C. Quando quest'acqua viene riscaldata, la sua temperatura aumenterà. Per aumentare la temperatura di 1 litro d'acqua di 1 grado Celsius, sono necessari 4186 Joule (Joule è l'unità dell'energia). Un singolo litro d'acqua assorbirà 335 kilojoule (kJ) di energia se riscaldato da 20° C a 100° C.

Successivamente l'acqua assorbirà il calore in un secondo modo. L'acqua con una temperatura di 100° C si trasformerà in vapore a 100° C. Questa transizione richiede molta più energia rispetto al riscaldamento da 20° C a 100° C. La transizione dell'acqua in vapore richiederà 2.260 kJ di energia per ogni litro che evapora. Ciò significa che l'evaporazione richiede circa 7 volte più energia rispetto al riscaldamento da 20° C a 100° C.

L'acqua procederà quindi ad assorbire il calore in un terzo modo. Il vapore, una volta formato a 100° C, assorbirà il calore dei fumi a contatto con esso. Quando la temperatura del fumo è superiore a 100° C, il calore viene trasferito dal fumo al vapore fino a quando non viene raggiunto un equilibrio di temperatura. Supponiamo che la temperatura finale del vapore sia 300° C, questo significa che il vapore si sarà riscaldato di 200° C (300° C - 100° C) dopo la formatura. La quantità media di energia termica necessaria per aumentare la temperatura del vapore, formato da un singolo litro d'acqua,

di un grado Celsius è 2.080 J. Un singolo litro d'acqua trasformato in vapore assorbirà 416 kJ di energia.

Riassumendo, l'acqua assorbe il calore in 3 diverse fasi:

- | | |
|--|----------------|
| 1. L'acqua si riscalda da 20°C to 100° C | 335 kJ/liter |
| 2. L'acqua a 100°C si trasforma in vapore a 100° C | 2.260 kJ/liter |
| 3. Il vapore si riscalda da 100° C a 300° C | 416 kJ/liter |

Un solo litro d'acqua trasformato in vapore con una temperatura di 300° C assorbe circa 3 mega Joule (MJ) di energia. Una spiegazione più dettagliata di questo processo può essere trovata in Brandverloop di Lambert & Baaij (vedi [2]).

La parte interessante ora è esaminare l'efficacia antincendio quando l'acqua scorre via dalla sede dell'incendio senza evaporare. L'efficacia massima dell'acqua utilizzata in questo modo è dell'11%. Tuttavia è spesso il caso in cui sull'incendio una grande quantità di acqua defluisce dal fuoco. In questi casi, viene utilizzata 10 volte la quantità di acqua necessaria.

Il ragionamento di cui sopra ha lo scopo di supportare la teoria secondo cui l'acqua deve essere applicata in modo efficace. Youtube ospita un numero piuttosto elevato di film che mostrano i vigili del fuoco apparentemente incapaci di comprendere il fatto che il tetto di un edificio ha lo scopo di tenere fuori l'acqua (pioggia). "Il tetto non sa che sta bruciando." Affinché l'acqua raggiunga un livello adeguato di estinzione, deve almeno evaporare. Nel momento in cui l'acqua evapora il livello di efficacia sale all'86%. Da qui il detto: una buona lotta antincendio non dovrebbe mostrare l'acqua che scorre giù dalle scale o attraverso le porte.

3 Raffreddamento delle superfici (Estinzione diretta)

3.1 Che cos'è il fuoco?

La risposta alla domanda sopra è abbastanza semplice. Il fuoco è una reazione chimica incontrollata tra combustibile e ossigeno che produce calore e luce. Uno sguardo più attento a questa definizione porta alla seguente domanda: di quale combustibile stiamo parlando? Ogni vigile del fuoco dovrebbe ormai sapere che non è la materia solida in sé a bruciare. La materia solida infiammabile che è sufficientemente riscaldata, produce gas infiammabili. Durante questo processo le molecole della materia solida vengono scomposte in particelle più piccole. Questo processo può essere visto. La materia solida rilascia fumi (vedi figura 4.2 e figura 4.3). All'interno di un container CFBT questo fenomeno può essere esaminato molto da vicino. Questi fumi sono chiamati gas di pirolisi. Il processo stesso è chiamato pirolisi. L'uscita dei gas di pirolisi è determinata dalla temperatura della superficie del combustibile. A causa della pirolisi, la materia solida viene trasformata in gas. Questi gas diventano combustibile per il fuoco.

Il corso base per vigili del fuoco tocca brevemente il tema della lotta agli incendi in fase gassosa. I tirocinanti vengono istruiti sul fatto che il modo migliore per estinguere un tale incendio è interrompere la fornitura di gas (chiudere la valvola). Lo stesso ragionamento può essere applicato alla lotta contro gli incendi interni. La fornitura di gas al fuoco deve

essere interrotta. Il modo migliore per farlo è diminuire la temperatura della superficie del combustibile. Questo può essere fatto dirigendo l'acqua sulla sede del fuoco. L'acqua evaporerà e, così facendo, estrarrà energia dalla superficie del combustibile. Di conseguenza, la temperatura del combustibile diminuirà. Quando la temperatura è stata sufficientemente ridotta, la pirolisi si ridurrà prima di arrestarsi completamente. In questo modo viene interrotta la fornitura di gas al fuoco. Questo meccanismo per spegnere gli incendi è chiamato estinzione diretta (vedi figura 4.6). Si basa sul principio del raffreddamento sufficiente della superficie dei combustibili solidi. Durante ogni incendio sarà necessario applicare questo meccanismo. Per ottenere il controllo su di un incendio potrebbe essere possibile utilizzare altri meccanismi. L'estinzione stessa, tuttavia, deve essere eseguita raffreddando la sede dell'incendio. Quando ciò non viene fatto, è probabile che il fuoco ricominci dopo un certo periodo di tempo.

3.2 Un'importante punto sul raffreddamento della superficie

Quando si raffredda la superficie del combustibile in fiamme, è necessario tenere in considerazione diversi punti importanti. Quando un vigile del fuoco dirige un getto d'acqua verso il fuoco, l'obiettivo è che l'acqua raggiunga la sede dell'incendio. Quando le goccioline d'acqua che escono dalla lancia devono prima passare attraverso il fumo caldo, una parte della gocciolina sarà evaporata prima di raggiungere il fuoco. Se le goccioline sono troppo piccole evaporeranno completamente prima di raggiungere il fuoco. In questo caso la temperatura superficiale non diminuirà e la pirolisi non si fermerà. Quando si applica il raffreddamento superficiale, le goccioline devono essere sufficientemente grandi per assicurarsi che la maggior parte di esse evapori sulla superficie del combustibile.

In secondo luogo è importante che l'intera superficie del combustibile sia coperta d'acqua. Tutta la superficie pirolizzante deve essere raffreddata. In caso contrario, parte della superficie si sarà estinta mentre immediatamente accanto ad essa sono ancora visibili le fiamme. In questo caso il calore radiativo delle fiamme provocherà un nuovo riscaldamento della superficie raffreddata in precedenza. La pirolisi ricomincerà subito dopo. E poco dopo si accenderanno i pirolizzati rilasciati, il che ci riporta al punto di partenza. Anche in questo caso, questo fenomeno è facilmente osservabile all'interno di un container CFBT.

Infine è importante che la quantità di acqua utilizzata su una singola superficie sia limitata. L'estinzione dei fuochi con acqua eccessiva è una tecnica del passato. Questo metodo di funzionamento risale a un'era precedente all'esistenza di BA. A quei tempi non era possibile avanzare abbastanza vicino alla sede del fuoco. Ancora oggi dobbiamo affrontare questo tipo di incendi. Un esempio di ciò è un incendio industriale che non consente l'ingresso nell'edificio a causa di problemi di stabilità. Tuttavia, non è più preferibile estinguere eccessivamente incendi relativamente facili in edifici residenziali che avrebbero potuto essere facilmente soppressi con un attacco di incendio interno.

Quando un vigile del fuoco dirige l'acqua su una superficie di combustibile in fiamme, le prime goccioline che arrivano faranno abbassare la temperatura della superficie. Subito dopo la pirolisi si fermerà. Tutte le goccioline che arrivano dopo questo punto sulla stessa superficie, scorreranno via senza essere utilizzate in modo efficace. Ciò causa danni causati dall'acqua. Le scene di incendi che hanno subito più danni da un uso eccessivo di

acqua che dall'incendio stesso, non fanno eccezione. Un buon controllo delle lance, qui può fare la differenza.

4 Producendo vapore (Estinzione indiretta)

Quando viene utilizzato il vapore, l'acqua viene applicata sotto forma di un soppressore gassoso. Questo meccanismo si basa sul principio che il vapore in formazione spinge fuori l'aria. Questo metodo è chiamato estinzione indiretta. Quando si forma il vapore, il livello di ossigeno all'interno della stanza diminuisce. Una volta che metà della stanza è stata riempita di vapore, le fiamme scompariranno (vedi figura 4.5). Questo non significa che il fuoco sia stato spento. Al massimo è stato temporaneamente soppresso. Nel momento in cui il vapore viene espulso dalla stanza, l'aria fresca tornerà. Il più delle volte il fuoco si riaccende. Per spegnere completamente l'incendio, la pirolisi dovrà essere interrotta (vedi sopra).

Per ottenere la massima produzione di vapore, le superfici calde devono essere raggiunte con l'acqua. Idealmente questo viene fatto utilizzando un getto frazionato alla lancia dirigendo poi l'acqua su pareti e soffitto. Un incendio completamente sviluppato farà evaporare molte goccioline prima che esse raggiungano le pareti perché devono passare attraverso le fiamme. Dopo uno spegnimento indiretto la porta del vano può essere chiusa per mantenere alto il livello di vapore all'interno della stanza.

L'uso di questo metodo è più efficace nelle stanze chiuse. Il meccanismo può essere applicato in situazioni in cui un attacco interno è impossibile o troppo difficile. Utilizzando una lancia cobra o una lancia percung è possibile produrre vapore all'interno di un compartimento senza entrarvi. In situazioni ad alto rischio di backdraft, l'attacco indiretto al fuoco dall'esterno può essere la soluzione.

Quando si utilizza questa tecnica con una lancia all'interno di una stanza è importante che sia presente un'uscita da cui possa fuoriuscire il vapore in eccesso. In caso contrario, l'apertura della porta utilizzata per entrare nella stanza servirà da uscita. Il vapore in eccesso uscirà da lì. È inevitabile che il vapore caldo passi all'interno dell'ubicazione dei vigili del fuoco. Ciò significa che l'equipaggio è seriamente a rischio di contrarre ustioni. Il rischio si riduce notevolmente quando è a portata di mano una seconda apertura (ad esempio una finestra). Preferibilmente se l'apertura si trova dietro la sede del fuoco. In questi casi è possibile creare un flusso d'aria partendo dalla porta e conducendo il fuoco verso la finestra. Questo flusso d'aria trasporterà il vapore all'esterno senza coinvolgere i vigili del fuoco.

È importante rendersi conto che dopo l'uso dell'estinzione indiretta in una stanza che ha una o più aperture, il fuoco si riaccenderà nel momento in cui sarà disponibile una nuova scorta di ossigeno. La superficie del combustibile è ancora molto calda a questo punto i pirolizzati continueranno a essere rilasciati. Per evitare che questi pirolizzati si riaccendano, l'attacco indiretto deve essere seguito da un attacco diretto (raffreddamento superficiale). Ciò farà raffreddare la superficie del combustibile al di sotto della soglia di pirolisi (vedere figure 4.6 e 4.7). Quando l'ossigeno ritorna nella stanza in questo caso, l'accensione non si verificherà a causa della mancanza di pirolizzati sufficienti.

La prossima serie di foto mostra lo sviluppo del fuoco di una prova di fuoco dal vivo. Un incendio viene acceso all'interno di un soggiorno. Il fuoco può diffondersi e svilupparsi

nella fase completamente sviluppata. Dopo questo il fuoco viene soppresso con un attacco massiccio. Questa è una combinazione di estinzione diretta e indiretta. L'accento è posto sull'estinzione indiretta. Successivamente si passa allo spegnimento diretto.



Figure 4.1 Un incendio inizia all'interno di test che rappresenta un soggiorno. (Photo: New South Wales Fire & Rescue Service)



Figure 4.2 Il fuoco si sta sviluppando. Lo strato di fumo si accende. I pirolizzati sono chiaramente visibili vicino alla poltrona di destra a causa del calore radiante. La libreria mostra anche segni di incendio propagato nella parte inferiore. (Photo: New South Wales Fire & Rescue Service)



Figure 4.3 Avviene il Flashover. L'intera stanza è avvolta dalle fiamme. I pirolizzati rilasciati dal divano sono chiaramente visibili. La moquette sul pavimento sta pirolizzando. (Photo: New South Wales Fire & Rescue Service)



Figure 4.4 L'incendio ha ora raggiunto il pieno sviluppo. La potenza del fuoco è estremamente alta per una stanza del genere perché non c'è una parete frontale. Ciò significa che è disponibile molto più ossigeno per l'incendio rispetto a un incendio interno "reale". (Photo: New South Wales Fire & Rescue Service)



Figure 4.5 L'operatore alla lancia avvia l'estinzione con un attacco massiccio. Al momento della fotografia ha completato i 3/4 di un cerchio. Ha iniziato nell'angolo in alto a destra e ha raggiunto il centro in basso. L'effetto di soppressione si ottiene principalmente producendo vapore. La differenza con la figura 4.4 è immensa. (Photo: New South Wales Fire & Rescue Service)



Figure 4.6 Dopo che le fiamme sono state soppresse, l'operatore alla lancia passa a un attacco diretto. Applica la tecnica painting. Utilizzando una portata molto bassa, le superfici del combustibile vengono ulteriormente raffreddate per evitare la riaccensione. (Photo: New South Wales Fire & Rescue Service)



Figure 4.7 Dopo che il vapore si è schiarito è possibile tornare nel compartimento. Il painting è usato nell'ispezione finale. (Photo: New South Wales Fire & Rescue Service)

5 Raffreddamento dei gas

Il terzo importante metodo per applicare l'acqua è la suddivisione in zone sicure dell'area di lavoro. Dapprima i fumi prodotti dal fuoco si accumulano contro il soffitto. La temperatura e la densità del fumo aumenteranno gradualmente. Ciò rappresenta una minaccia per le squadre d'attacco. Ad un certo punto lo strato di fumo si accenderà (rollover). Il calore radiante prodotto dal fumo aumenterà drasticamente (vedi figura 4.3). Seguirà il Flashover.

Il raffreddamento a gas può essere utilizzato per prevenire questo scenario. Applicando l'acqua in forma corretta nello strato di fumo, accadranno due cose. L'acqua inserita evaporerà ed estrarrà calore dallo strato di fumo. Ciò riduce il rischio di rollover. La seconda parte è il vapore prodotto che (in parte) rimane all'interno dello strato di fumo. Ciò altererà i limiti di infiammabilità del fumo. Il fumo sarà molto più difficile da accendere rispetto a prima.

La sezione precedente affermava che le dimensioni delle goccioline dovevano essere abbastanza grandi da consentire alle goccioline di raggiungere la superficie in fiamme. Dopotutto, le goccioline d'acqua evaporeranno parzialmente durante il percorso verso la superficie del combustibile in fiamme mentre passano attraverso uno strato di fumo caldo. Quando si utilizza la tecnica del raffreddamento dei gas, l'obiettivo è evitare che le goccioline raggiungano pareti e soffitto caldi. Al contrario: l'obiettivo è che l'acqua evapori completamente all'interno dello strato di fumo. Paul Grimwood ha descritto in diverse pubblicazioni (vedere [4] e [5]) che ciò richiede idealmente una dimensione delle goccioline di 300 micron. Le goccioline di queste dimensioni sono abbastanza spesse e pesanti da raggiungere l'interno dello strato di fumo. Se sono più piccoli, saranno troppo leggeri e probabilmente non entreranno nel fumo. Se sono più spesse, parte della gocciolina evaporerà nel fumo. La parte rimanente della goccia passerà attraverso il fumo su ed evaporerà su di una parete calda.

6 Bibliography

- [1] *Fire Behaviour and Fire Suppression Course for instructors, MSB, augustus 2012, Revinge, Zweden*
- [2] *Lambert Karel, Baaij Siemco, Brandverloop: technisch bekeken, tactisch toegepast, 2011*
- [3] *Särdqvist Stefan, Water and other extinguishing agents, 2002*
- [4] *Grimwood Paul, Eurofirefighter, 2008*
- [5] *Grimwood Paul, Hartin Ed, Mcdonough John & Raffel Shan, 3D Firefighting, Training, Techniques & Tactics, 2005*
- [6] *CFBT instructor's course for the T-cell, CFBT-BE, september 2012*