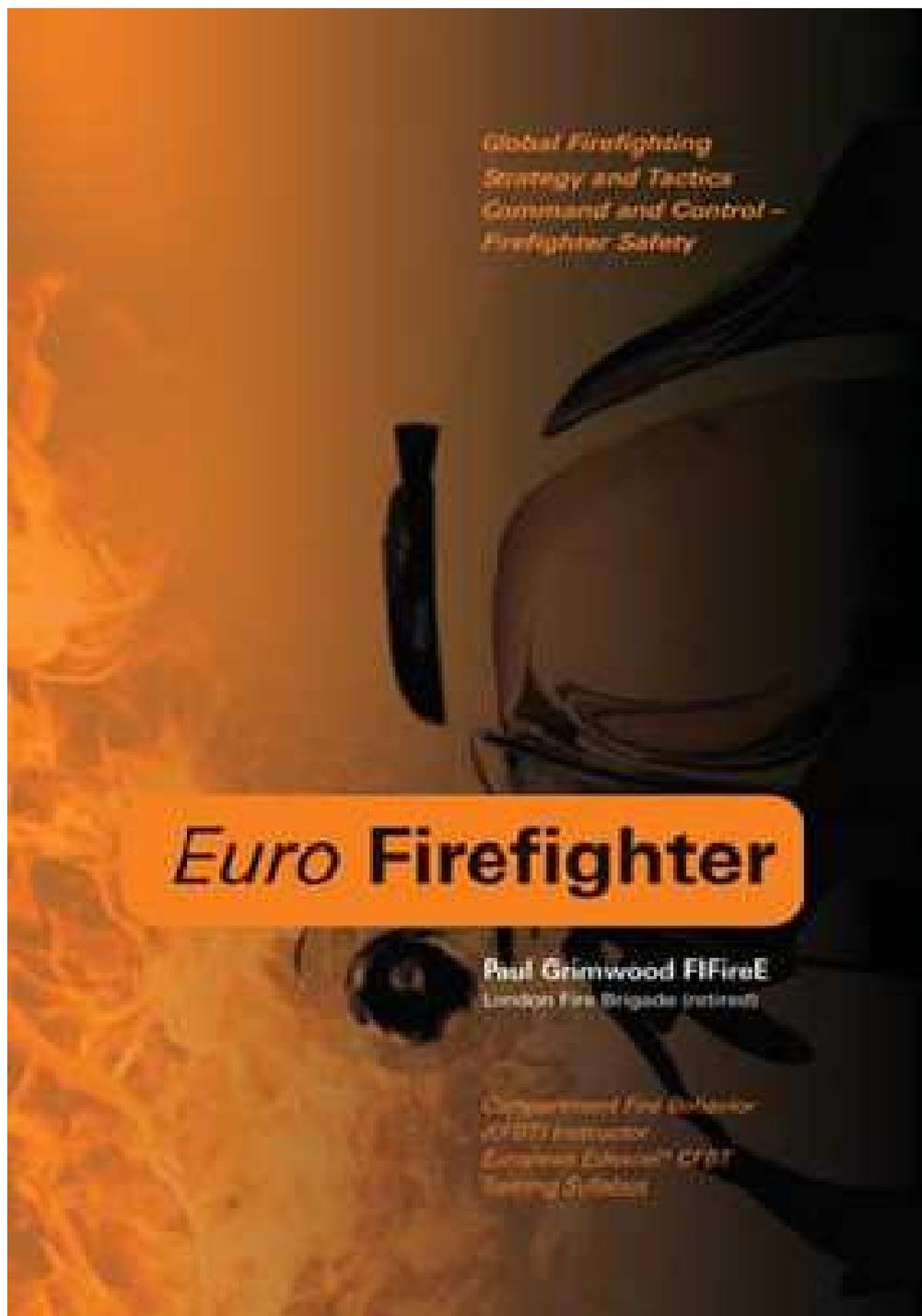


## Capitolo 10

# COMPORTAMENTO DEL FUOCO



Traduzione Inglese - Italiano del libro 'Euro Firefighter' di Paul Grimwood a cura del Vigile del Fuoco Riccardo Garofalo

# Capitolo 10

## COMPORTAMENTO DEL FUOCO

10.1 Introduzione

10.2 Gli obiettivi dell'apprendimento

10.3 La combustione

10.4 L'unità di misura

10.5 Rilascio di calore e dati della combustione

10.6 Crescita e sviluppo di un Incendio

10.7 Classi d'incendio

10.8 La piuma del fuoco e la combustione distaccata fiammeggiante - tipi di Fuoco

10.9 Progressi rapidi del fuoco (RFP - Rapid Fire Progress)

10.10 Terminologie ulteriori

### 10.1 INTRODUZIONE

#### **Indianapolis 1992**

*Poi le condizioni cambiarono improvvisamente. Io non avevo mai visto una cosa come questa. Ho lottato contro molti incendi differenti in edifici, in molto tempo, con tutti i tipi di combustibile. E pensavo di aver visto tanto. Pensavo che avevo visto abbastanza che potevo trattare con qualunque cosa accadesse e potevo prendermi cura della mia squadra. Ma, come dissi, questa cosa improvvisamente cambiò. Ancora oggi, sono ancora stupito, che è accaduto questo. Nell'oscurità, potevo vedere, la piccola fiamma arancione intorno a me. Il calore era incredibile. 'Invivibile'. Il calore da questo flashover era come un forno, e questo causò, il mio ritorno indietro guidato da un istinto animale incontrollato. Ho visto persone nei video saltare fuori dalle finestre da molto alto, e pensai, 'quale inferno stavano passando? Possiamo salvare queste persone.' Ora lo so. Il dolore da calore e il sentimento di essere intrappolato ti sovrasta. Se fossi al nono piano, e avessi sentito di essere intrappolato sarei saltato. Sfortunatamente, John Lorenzano e Woodie Gelenius morirono nel fuoco. Essi erano in un locale separato sul terzo piano. Io non so come John ed io ci separammo. Ero l'ultimo che ha parlato con John; Ero l'ultimo che ha visto Woodie. Perché è successo, io mi sono salvato e loro sono morti? Io non lo so. È un pensiero che sarà con me per sempre.*

Capitano Mike Spalding della Indianapolis Athletic Club Fire 1992

Un istruttore dell'Addestramento al Comportamento del Fuoco nei Compartimento (CFBT) deve guadagnare una particolareggiata conoscenza teoretica e pratica sull'apprezzamento del comportamento del fuoco e le sue dinamiche. La teoria può essere facilmente studiata in una classe ma gli aspetti pratici del comportamento del fuoco possono essere appresi solamente attraverso esperimenti con fuochi veri. Questi esperimenti con il fuoco vero entreranno nella forma di addestramento sotto condizioni controllate, e l'ulteriore esperienza guadagnata fuori, sul campo, migliorerà l'abilità dell'istruttore e la sua credibilità per insegnare agli altri pompieri esperti. A differenza di un testo completo sulla teoria del comportamento del fuoco o le sue dinamiche, questo capitolo presenta una teoria di comportamento del fuoco ad un livello che dovrebbe abilitare un istruttore di CFBT a guadagnare una conoscenza, che lavora sullo sviluppo di un fuoco in un compartimento ed il suo comportamento. Questo capitolo fornirà all'istruttore anche la conoscenza di fondo necessaria per determinare le caratteristiche di combustione dei vari combustibili e come i parametri di ventilazione diversi influenzeranno questi fattori.

## 10.2 OBIETTIVI DELL'ISTRUZIONE

- Descrivere i processi chimici e fisici di base coinvolti nella combustione;
- Esaminare il fenomeno del fuoco usando il triangolo del fuoco ed il tetraedro come modello semplice di combustione;
- Esaminare i concetti di base delle dinamiche termiche, incluso l'energia termica temperatura e metodi di trasferimento del calore;
- Descrivere il processo di combustione per i combustibili gassosi, liquidi e solidi;
- Esaminare i concetti del calore della combustione e il flusso di rilascio del calore;
- Descrivere l'influenza della miscela combustibile/ossigeno sulla combustione;
- Esaminare il concetto di catena della reazione chimica come si riferisce alla combustione fiammeggiante;
- Riconoscere le caratteristiche dei comuni tipi di prodotti della combustione;
- Essere capace di usare la terminologia comune riferita alla combustione e alle dinamiche del fuoco.

---

Triangolo del Fuoco

Le classi d'incendio

Tetraedro del Fuoco

Auto-ignizione

Reazione Esotermica

Flashover

Gradi Celsius [C]

Backdraft

Gradi Fahrenheit [F]

Fire gas ignition

Gradi Kelvin [K]

Flash fire

Convezione	Smoke explosion
Conduzione	Flusso di rilascio del calore (HRR)
Irraggiamento termico (flusso dell'irraggiamento del calore)	Calore della combustione
Combustione	Temperatura

---

L'Edexcel CFBT(BTEC) Programma di studi per il Comportamento del Fuoco raccomanda che l'istruttore dovrebbe capire i principi della combustione ed il comportamento del fuoco nei compartimenti relativo alle specifiche aree seguenti:

### La Combustione

Il triangolo del fuoco (interazione tra il calore, combustibile ed ossigeno); la propagazione (la conduzione, convezione, irraggiamento); il processo (la pirolisi); la chimica; il tipo di combustione (completo, incompleto); i prodotti (carboni e prodotti di pirolisi non bruciati).

### Comportamento del fuoco nei compartimento

Gas di combustione; limiti di infiammabilità (limite inferiore di esplosività, limite superiore di esplosività, miscela ideale); fonti d'ignizione; gas infiammanti; tipi di fiamma, e.g. i colori, Per - miscelato, diffuso. È senza ombra di dubbio che la mancanza di conoscenza riguardo agli aspetti pratici del comportamento del fuoco e le sue dinamiche è una delle più grandi cause di morte o incidente a pompieri in ambo gli ambienti sia di addestramento che nella realtà.

## 10.3 COMBUSTIONE

La combustione è una reazione di ossidazione. Molti fattori hanno bisogno di esserci per far accadere la combustione. I primi requisiti sono il combustibile e l'ossigeno. La combustibile può variare da una foresta alla mobilia di casa, o dal petrolio greggio alla benzina. Un combustibile può presentarsi in varie forme fisiche i.e. gas, liquido o solidi e possono bruciare. **Che cosa è il fuoco?** La fiamma del fuoco è una ossidazione chimica di un combustibile (combustione o rilascio d'energia) con fiamma associata, calore, e luce. La fiamma stessa accade all'interno di una regione dove sta avendo luogo una reazione esotermica. La fiamma visibile ha massa piccola, ed è data dai gas, che emettono energia (i fotoni) come parte del processo di ossidazione. Il colore della fiamma dipende dal livello energetico dei fotoni emessi. Il livello d'energia più basso produce un colore tendente al rosso che è alla fine dello spettro della luce mentre livelli d'energia più alti producono un colore tendente al blu che è dall'altra parte dello spettro. La fiamma più calda in aspetto è bianca. **L'ossigeno** richiesto normalmente nella combustione è nell'aria circostante. La concentrazione di ossigeno in aria varia intorno al 21%. Se la concentrazione di ossigeno si abbassa, la combustione sarà impedita ed eventualmente fermata. Come i livelli di ossigeno che cadono sotto il 14%, la

combustione con fiamma diverrà problematica ed il fuoco prenderà uno stato di ceneri incandescenti come cessazioni della combustione con fiamma. Durante questo stato del fuoco, **la combustione si chiama 'incompleta'** come l'efficienza della percentuale di combustione si riduce. Questo stato aumenterà la quantità di fumo, gas della combustione stessa ed altri prodotti infiammabili che riempiranno lo spazio. Infatti, anche se il fuoco stesso possa sviluppare un approvvigionamento abbondante di ossigeno, molti fuochi diventano sotto **ventilazione controllata** e raramente bruceranno con una efficienza più grande del 50%. Dove un approvvigionamento supplementare di ossigeno viene offerto, possibilmente attraverso una finestra rotta o una porta che si apre (immettendo aria e quindi ossigeno nel compartimento coinvolto), il fuoco aumenterà d'intensità e la combustione con fiamma ritornerà. Ci può essere anche una transizione improvvisa tra il flashover o possibilmente un backdraft. Un'altra fonte di ossigeno è contenuta nelle molecole. Nell'organico o nei perossidi inorganici, la presenza di ossigeno nelle molecole può sostenere la combustione. Questo effetto è usato nella polvere da sparo o nei fuochi artificiali. Nella scienza il fuoco si può descrivere come una **reazione esotermica tra il combustibile e l'ossigeno**. Questo vuole dire che la reazione chimica produce energia, i.e. calore. Il fuoco come conseguenza produce generalmente calore, luce, gas di combustione e fuliggine. Una reazione endotermica è una reazione dove l'energia (il calore) è assorbita. I fuochi possono accadere nella **fase combustibile** (sulla superficie del combustibili) o nella **fase gassosa** (la fiamma dal combustione). La fiamma può liberarsi dalla superficie del combustibile per bruciare indipendentemente nei gas di combustione mescolatisi con l'aria/ossigeno. Le fiamme possono esistere in un stato **diffuso** alimentate con la miscela d'aria nella regione dove la combustione sta avendo luogo o in un stato di **pre miscelazione** dove il combustibile e l'aria si sono già miscelati in uno stato infiammabile prima che prenda luogo la combustione. Ogni combustione che ha luogo in una regione di pre miscelazione è di solito molto intensa e qualche volta esplosiva. In una combustione, la **fiamma diffusa** è una fiamma nella quale l'ossidante si combina con il combustibile diffuso. Di conseguenza, la velocità della fiamma è limitata dalla percentuale di diffusione. Le fiamme diffuse tendono a bruciare in modo più lento e producono più fuliggine che nelle fiamme pre miscelate perché non ci può essere ossidante sufficiente per il completamento della reazione, anche se ci sono delle eccezioni alla regola. La fuliggine tipicamente prodotta in una fiamma diffusa divenuta incandescente dal calore della fiamma che prende un colore arancia-giallo ed è identificabile. La fiamma color arancia è indicativa di una fiamma diffusa che è povera di ossigeno. La fiamma diffusa tende ad essere appunto non localizzabile a differenza delle fiamme pre miscelate. Una **fiamma pre miscelata** è una fiamma nella quale l'ossidante è stato mescolato col combustibile prima che giunge alla fonte d'ignizione. Questo crea un fronte di fiamma laminare, appena tutti i reagenti sono prontamente disponibili. Se la miscela è ricca, la fiamma diffusa generalmente si trovata a valle. Se il flusso della ossidazione della miscela combustibile è laminare, la velocità di fiamma o fiamma pre miscelata sono dominate dalla chimica. Se il flusso è sotto la velocità della fiamma, la fiamma si muoverà controcorrente finché il combustibile è consumato. Se il flusso è uguale, alla la velocità di fiamma, noi ci aspetteremmo un aspetto stazionario con fronte di fiamma normale alla direzione del flusso. Se il flusso è a circa la velocità della fiamma, il fronte di fiamma diverrà conico e cioè la componente del vettore della velocità normale al fronte di fiamma che è uguale alla velocità di fiamma. Di conseguenza, il fronte di fiamma di una fiamma pre miscelata nella vita quotidiana è conica.

## Tipi di fiamma

- Pre miscelata Laminare
- Laminare, Diffusa
- Pre miscelata da Turbolenza,
- Turbolenza, Diffusa

Un esempio di una **fiamma laminare pre miscelata** è la fiamma di un bruciatore Bunsen. Laminare vuole dire che le linee di corrente di flusso sono lisce e non rimbalzano significativamente intorno. Due fotografie prese in pochi secondi mostrarono immagini quasi identiche. Pre miscelato vuole dire che il combustibile e l'ossidante sono mescolati di fronte alla zona dove accade la combustione. Una **fiamma di diffusione laminare** è una ad esempio una candela. Il combustibile viene dal vapore della cera, mentre l'ossidante è l'aria; Essi non sono mescolati prima di essere presentati (*dalla diffusione*) nella zona di fiamma. La temperatura di picco è di circa 1,400°C trovati in una fiamma di candela. La maggior parte delle **fiamme pre miscelate da turbolenza** è data da sistemi di combustione pianificati: caldaie, forni ecc. In tali sistemi, l'aria ed il combustibile sono pre miscelati nell'apparecchio bruciatore. Siccome le fiamme sono in turbolenza, due fotografie susseguenti mostrerebbero una forma di fiamma grandemente diversa ed anche di ubicazione. La maggior parte dei fuochi non trovati sono nella categoria di **fiamma a diffusione turbolenza**. Senza nessun bruciatore o l'altra apparecchiatura meccanica esistente per mescolare il combustibile e l'aria, la fiamma è tipo a diffusione.

La temperatura delle fiamme, con particelle di carbone che emette luce, si può stimare dal colore:

### Rosso

- Solo visibile: 977°F (525°C)
- Fiacco: 1,290°F (700°C)
- Ciliegia, fiacco 1,470°F (800°C)
- Ciliegia, pieno 1,650°F (900°C)
- Ciliegia, schiarito: 1,830°F (1,000°C)

### Arancione

- Intenso: 2,010°F (1,100°C)
- Schiarito: 2,190°F (1,200°C)

### Bianco

- Biancastro: 2,370°F (1,300°C)
- Brillante: 2,550°F (1,400°C)
- Abbagliante: 2,730°F (1500°C)

**Energia termica** - Energia cinetica interna.

**Calore** - Energia termica in transito dovuto alla differenza di temperatura.

**Temperatura** - Energia termica media delle molecole in una sostanza.

È comune per pompieri confondere 'il calore' con 'la temperatura' quando si riferiscono ad un incendio di un compartimento. Un fuoco in un compartimento brucerà all'interno di un livello di intensità che è dettato dalla quantità e forma del carico del combustibile, la quantità di ventilazione disponibile, e la geometria stessa del combustibile. Questo livello d'intensità è misurabile calcolando il rilascio d'energia come un calo di massa del combustibile. Questo rilascio d'energia (**il calore**) è registrato in kW o MW. Una tipica serie di misurazioni di rilascio d'energia si riferisce al massimo (il picco) di calore rilasciato da un articolo individuale o un carico di combustibile totale in un incendio di compartimento o il flusso di calore rilasciato. Il tipico picco di rilascio di calore visto in un post-flashover in una stanza coinvolta è intorno a 0-5 MW (per una stanza media residenziale o uno spazio di un ufficio); intorno ai 15 MW per un superficie quadrata di 70 m (750 sq ft) di cinque - stanze di appartamento o di uno spazio di un ufficio in un piano aperto; e circa 50 MW per un pesante - grande fuoco di un negozio all'ingrosso coinvolto. È degno di nota che il rilascio di calore di una combustione gassosa può essere più grande vicino a finestre o alla via d'accesso dove la ventilazione (l'ossigeno) è a livelli più alti. Le **temperature** di un incendio in un compartimento tipiche sono misurate (a) nella fiamma, e (b) nel non-bruciando (o nel bruciando) dei gas nei vari livelli dal pavimento al soffitto. Le temperature possono variare da 0-100°C al pavimento, a 100-350°C all'elmo di un pompiere inginocchiato, a 350-700°C al soffitto in incendi in pre-flashover che inclinano sul flashover ai limiti superiori. Un incendio in post-flashover brucerà con temperature al soffitto di circa 1,000°C e con un vento forte che soffia dentro si può intensificare e produrre una temperatura di 1,200°C. Anche se la relazione tra il calore e la temperatura invariabilmente è collegata, può avere che 1 MW di fuoco che produce 600°C al soffitto ed un fuoco di 5 MW farà la stessa temperatura. C'è una larga intesa nella comunità scientifica che in un incendio il flashover arriva, quando la temperatura dei gas superiori e medi nel compartimento coinvolto (di 2.3 m al soffitto) eccede approssimativamente a 600°C. Prima di quel punto, nessuna generalizzazione fatta dovrebbe esserci: ci saranno zone a 900°C con fiamme a questa temperature, ma ci saranno larghe variazioni spaziali da considerare. Di interessante, comunque la temperatura di picco di un fuoco è associata normalmente a fuochi di stanza. Il valore di picco è governato dalla ventilazione e le caratteristiche di approvvigionamento del combustibile e così, tali valori formeranno una distribuzione a larga frequenza. Di interesse è il valore massimo che è trovato equamente. Questo valore risulta essere di circa 1,200°C, anche se un tipico incendio post-flashover di una stanza sarà più comunemente tra 900-1,000°C.

	<b>Fahrenheit</b>	<b>Celsius</b>	<b>Kelvin</b>
Ebollizione dell'acqua	212°	100°	373°
Acqua ghiacciata	32°	0°	273°
Zero assoluto	- 460°	- 273°	0°

In un incendio, le fonti di energia iniziali che provocano il fuoco possono essere e.g multiple. Una scintilla, un fiamma aperta, elettricità, luce del sole. Il tipo e configurazione del combustibile detterà la quantità di energia della fonte di ignizione di cui avrà bisogno per iniziare il processo di combustione. La reazione una volta comunque cominciata, genera più che abbastanza energia per essere auto sostenuta ed **accade una reazione a catena**. L'energia che è in eccesso può essere considerata luce e calore generati dal fuoco stesso. L'energia liberata nel processo di combustione

causa la **pirolisi** e l'evaporazione del combustibile. Nel processo di pirolisi la composizione chimica del combustibile si è rotta in piccole molecole. Queste molecole evaporano e reagiscono con l'ossigeno nell'aria. Questo processo è complesso e comporta una sublimazione, mentre si squaglia, e l'evaporazione e la decomposizione con cambi di stato da combustibile solido a liquido a vapore. Prenda a nota che un pannello di legno appena irradiato dal calore emetterà un liquido, vapore combustibili e fumo bianco appena comincia la pirolisi. Si intende per **stechiometrico** o combustione completa quando ci sono abbastanza molecole di ossigeno presenti, per ossidare le molecole del combustibile. Quando gli idrocarburi subiscono una combustione completa formano solamente acqua e diossido di carbonio. Così comunque, le condizioni sono rare, noi abbiamo bisogno perciò di notare che saranno formati anche altri **prodotti di combustione**. Nel caso degli idrocarburi la formazione di monossido di carbonio, prodotti di pirolisi (gas volatile) ed un aumento di fuliggine con la deficienza di ossigeno. Se altri tipi di combustibile bruciano, producono prodotti tossici e supplementari basati sulla loro composizione molecolare e.g. cloruro di idrogeno, cianuro di idrogeno, bromuro di idrogeno, diossido di zolfo, isocyanates. Combinando i fattori che noi abbiamo già menzionato sopra nel processo per creare il fuoco, il triangolo simboleggia tutti i fattori di cui si ha bisogno la combustione. Comunque dopo il combustibile, l'ossigeno e l'energia uno dovrebbe notare anche il **rapporto che miscela** l'ossigeno ed il combustibile. Un tronco di legno non sosterrà un fuoco se è acceso con un fiammifero; una quantità di segatura di legno, comunque, lo farà. C'è una miscela migliore tra il combustibile e l'aria per sostenere la combustione. Una superficie più grande del combustibile è in contatto con l'aria, offrendo una più grande **superficie di reazione**. Dovrebbe essere aggiunto un ulteriore fattore nel processo di combustione chiamato **l'inibitore**. In un processo di combustione accade una reazione chimica a catena, i radicali del combustibile reagiscono con i radicali dell'ossigeno e si formano calore e prodotti di combustione. Se si aggiunge una molecola chimica (l'inibitore) il quale reagisce con quei radicali senza sostenere il processo di combustione, si può fermare il fuoco. Questo principio è usato dagli estintori chimici ed asciutti che contengono per esempio, potassio o bicarbonato di sodio, o nel Halon ora proibito. Un **catalizzatore** ha l'effetto opposto ad un inibitore. Un catalizzatore è una sostanza che promuove la reazione (senza essere alterato o usato nella reazione), e.g. segatura di metallo aggiunto ad olio per lubrificare aiuta la combustione. La **temperatura d'accensione** di una sostanza (solida, liquida, o gassosa) è la temperatura minima alla quale la sostanza esposta a l'aria deve essere scaldata per provocare la combustione. La temperatura più bassa di un liquido il quale emana vapore sufficienti per provocare una miscela infiammabile con l'aria, vicino la superficie del liquido o all'interno del vaso usato, che questo può essere acceso da una scintilla o fonte di energia, ed è chiamato **flashpoint**. Alcuni solidi come la canfora e la naphthalina cambiano già di stato da solido a vapore a temperatura ambiente. Il loro flashpoint può giungere mentre sono ancora allo stato solido. La temperatura minima al quale una sostanza può bruciare è alcuni gradi sopra al suo flashpoint ed è chiamato **firepoint**. Una specifica temperatura d'accensione per un solido è difficile da determinare perché questo dipende da aspetti multipli, come l'umidità (legno bagnato contro legno asciutto), composizione (legno trattato o non-trattato), e forma fisica (polvere o scaglie o un tronco di legno). La temperatura di **auto-accensione** è la temperatura più bassa alla quale un solido, liquido o un gas si auto accenderà senza nessuna fonte d'ignizione. Tali condizioni possono accadere quando si ha un riscaldamento dall'esterno - un tegame che frigge che surriscalda l'olio provocando che si 'auto-accenda.' Può accadere anche in base a processi chimici o biologici - un incendio di un silos può accadere a causa di processi biologici dei materiale organici ed umidi. La temperatura di auto-accensione di una sostanza eccede al suo flashpoint (temperatura d'accensione). Quando si

considera il vapore o esplosioni di gas, o incendi, è importante guardare alla sostanza che ha una **densità di vapore o gas relativo** di 1.5 e sarà uno e mezza volta più pesante dell'aria, mentre una sostanza con una densità di vapore relativa di 0.5 è mezza volta meno pesante dell'aria. Gas o vapori che sono più pesanti dell'aria stanno basse sul terreno o tendono ad abbassarsi - in aree basse come le cantine. Di seguito abbiamo la pressione di vapore quando ci occupiamo di liquidi, e la loro volatilità è anche essa importante. La volatilità assegna come prontamente un liquido evaporerà. La **volatilità** di un prodotto è collegata da vicino al suo punto d'ebollizione. Più alto sarà il **punto d'ebollizione di un liquido** il più duro sarà per il liquido ad evaporare. Una quantità di fluido estremamente volatile versato, sarà più pericoloso che la stessa quantità di liquido ma con una bassa volatilità, a causa della sua pericolosità di trovare una fonte d'ignizione o a causa della tossicità dei suoi vapori. Un termine più scientifico per la volatilità è la **pressione di vapore** resa satura di un liquido ad una certa temperatura; questa è la pressione esercitata dal vapore a quella temperatura. Più grande è la pressione di vapore di un liquido, il più vapore sarà prodotto. La pressione di vapore ha un impatto sull'estensione ed l'area della gas/air liberato. La pressione di vapore di un liquidi aumenta con l'aumento della temperatura. Il punto d'ebollizione di liquido è definito come la temperatura alla quale la pressione di vapore giunge a 1 atmosfera. Abbassando il punto d'ebollizione, più sarà grande la pressione di vapore a temperatura ambiente e la normale conseguenza sarà un più grande rischio d'incendio. Nel caso di un gas - aria o una vapore - miscela, un'esplosione può accadere solamente sotto una certa circostanze. Un serbatoio sotterraneo di gas infiammabile 'gasoline' mezzo pieno o quasi pieno non esploderà a causa di un fuoco. La quantità di vapore (di densità più grande dell'aria) presente provocherà una miscela troppo ricca che non si accenderà. Comunque, se il serbatoio è quasi vuoto, l'arie sarà già entrata nel serbatoio; altrimenti nell'aspirazione sarà risultante un danneggiamento del serbatoio (l'implosione). La quantità di fase liquida asciugherà fuori e gradualmente si disperderà, non genera abbastanza vapore per giungere ad un'atmosfera ricca. Una scintilla o fiamma che entra nel serbatoio a quel punto potrebbe provocare un'esplosione. Moderni serbatoi sottoterra di gas sono più sicuri con una fiamma pilota all'entrata dell'aria, impedendo l'introduzione di una fonte di energia. Un combustibile brucia solamente quando il rapporto tra combustibile:aria è all'interno di certi limiti, noto come **campo d'infiammabilità (o esplosività)**. In casi dove i combustibili possono formare miscele infiammabili con l'aria, è sotto una minima concentrazione di vapore in aria che la propagazione di fiamma non accade. Questo stato si chiama **limite inferiore d'infiammabilità (LIE)**. C'è anche una concentrazione massima superiore il quale non propagherà fiamma chiamato **limite superiore d'infiammabile (LSE)**. Questi limiti sono espressi in termini di percentuale di volume di vapore generalmente o gas in aria. Dove miscele di gas/aria esistono sotto il LIE esse saranno considerati 'magre' per accendersi e dove tali miscele di gas/aria esistono sopra il LSE esse saranno considerati 'ricche' per bruciare. I limiti infiammabili riportati sono corretti ad una temperatura di 32°F di solito (0°C) ad 1 atmosfera. Aumentando la temperatura e pressione, risulta una riduzione dei limiti d'infiammabilità, possibilmente sotto 1% ed aumentando i limiti infiammabili. Limiti superiori per alcuni combustibili possono avvicinarsi al 100% a temperature alte. Un calo di temperatura e pressione avrà l'effetto opposto. La cautela si dovrebbe esercitare quando si usano i valori per i limiti d'infiammabilità scritte nei documenti. I valori riportati sono basati su un solo apparato sperimentale che non incide necessariamente per le condizioni spesso trovate nella pratica. La serie di miscele tra il limite inferiore e quello superiore sono chiamate nel campo d'esplosività. Per esempio, il limite inferiore d'infiammabilità del gasoline a temperatura e pressione dell'ambiente è di 1.4%, ed il limite superiore è di 7.6%. Tutti le concentrazioni di volume che precipita tra il 1.4%

ed il 7.6% saranno nel campo d'esplosività o infiammabilità. In tutti gli altri fattori uguali, più sarà largo il campo d'infiammabilità o esplosività, e più sarà grande la probabilità della miscela di entrare in contatto con una fonte d'ignizione, e così più grande il pericolo del combustibile. L'Acetilene, con un campo di esplosività tra il 2.5% ed il 100% e l'idrogeno, con un campo tra il 4% a 75% sono considerati molto pericolosi e molto probabilmente infiammabili quando sono rilasciati. Ogni miscela di combustibile/aria ha un rapporto ottimale ed è il punto dove la combustione sarà a maggior efficienza. Questo accade nel punto dove la miscela dai chimici è chiamato rapporto **stechiometrico**. Quando la quantità d'aria è in equilibrio con la quantità di combustibile (i.e. dopo una combustione non ci sarà, né combustibile non usato, né aria non usata,), la combustione è nel punto stechiometrico. Questa condizione accade raramente negli incendi eccetto in certi tipi di gas o incendi della fase gassosa. Solamente alcuni materiali come l'ossido di ethylene sono capaci di decomporsi e bruciare quando non hanno più ossigeno presente. Una miscela di vapore o gas con l'aria, all'interno del campo d'esplosività si accenderà se la fonte di energia presentata avrà abbastanza energia. **L'energia di ignizione minima** di cui si ha bisogno per dare via ad una esplosione, può essere trovata nei documenti. La minima energia di ignizione di un gas o miscela di vapore/aria, varia tra 0.01 e 0.30 millijoule.

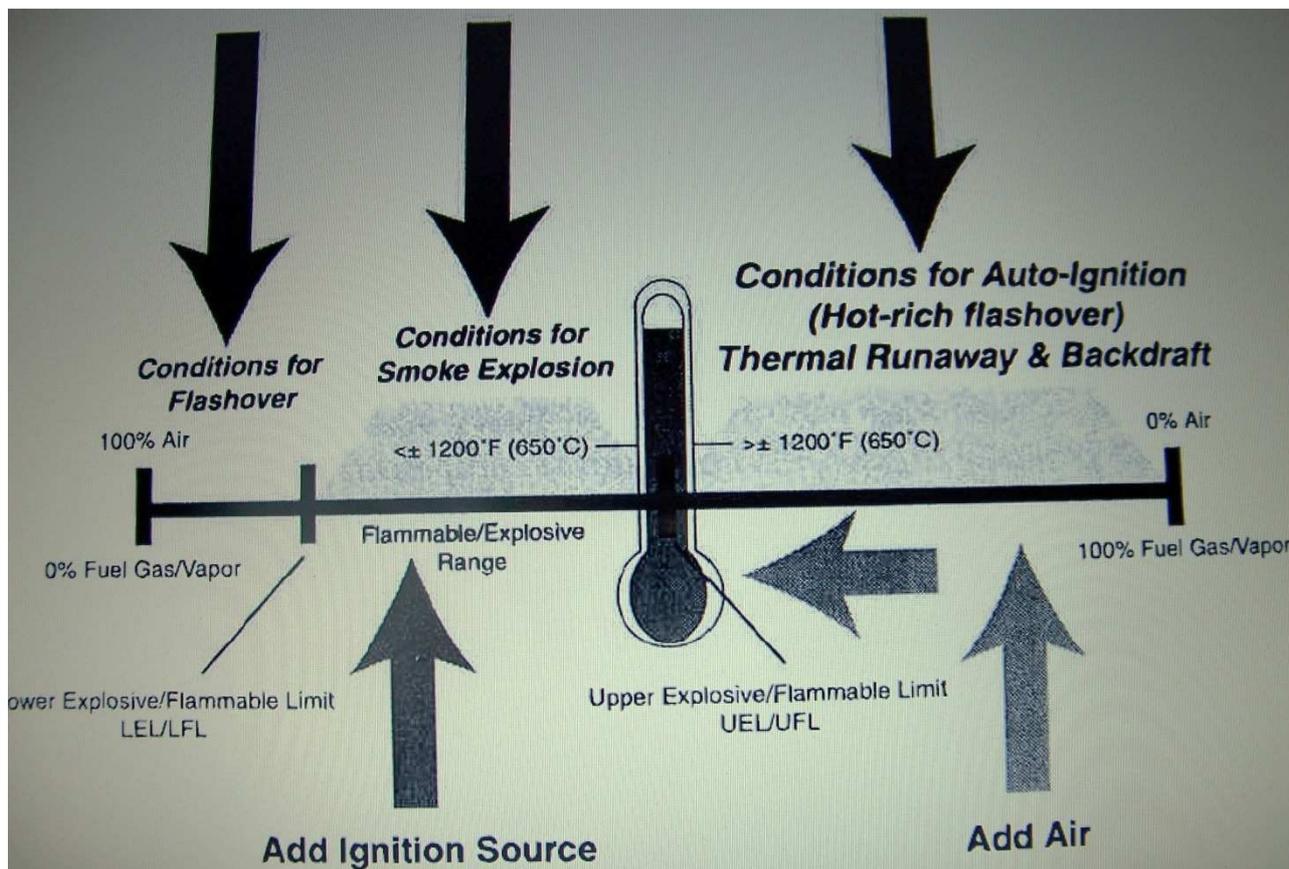


Fig 10.1 – limiti d'infiammabilità del fumo

Un aumento della temperatura circostante causa l'ampliamento del campo di esplosività, allargando il campo della concentrazione dove può accadere un'esplosione. Così come l'aumento di temperatura, anche un aumento della concentrazione d'ossigeno può allargare il campo d'esplosività di una sostanza. La ferocia di un'esplosione dipende dalla velocità del fronte di fiamma. Se l'espansione della fiamma è sotto i 340 m/s (velocità del suono) l'esplosione sarà chiamata

**deflagrazione.** Se il fronte di fiamma eccede alla velocità di 340 m/s e può arrivare ai 1,800 a 2,000 m/s - si chiama **detonazione**. In termini laici le differenze sono definite nell'essere più veloce o più lento della velocità del suono, rispettivamente **supersonico** e **subsonico**. Dopo l'ignizione, la fiamma passa anteriormente controcorrente attraverso la miscela infiammabile, propagandosi con espansione del volume della reazione di combustione esotermica. Questa espansione del volume causa un sorgere della pressione la quale comprime d'avanti la miscela infiammabile il fronte di fiamma. Le polveri infiammabili da metalli come l'alluminio, o combinazioni organiche come lo zucchero, polvere di latte, grano, plastica, insetticidi, farmaceutica, segatura etc. possono esplodere. Un'esplosione di polvere è una combustione esplosiva di una miscela infiammabile di polvere ed aria. In altre parole è una reazione di combustione in una miscela di polvere miscelata in aria che comincia con un aumento di calore locale e si propaga attraverso la miscela completa. Un'esplosione di polvere è generalmente considerata come una deflagrazione. Il range di esplosione di polvere è più astratta di quello di una esplosione di gas perché è difficile da determinare nella vita quotidiana. Il campo d'esplosività delle **concentrazione di polveri in aria** dipende dalle seguenti condizioni:

- **Dimensione delle particella**

Più è fine e di forma irregolare, più sarà esplosiva la polvere (grande reazione superficiale). In realtà una nube di polveri è costituita da una miscela di diversa taglie di particelle.

- **Contenuto dell'umidità**

Più è alto il contenuto d'umidità, e più sarà difficoltosa l'esplosione. Più alta è l'essiccazione della nube di polvere, e più esplosiva sarà la polvere.

- **Miscele ibride**

La presenza di gas volatile infiammabile nella polvere, come in granuli di polystyrene, estratti di fagioli di soia, altro scarto di seme, o segatura di legno che contiene vernice o verniciatura, può incentivare un'esplosione. In questo caso l'ignizione d'energia richiesta è minima.

- **Tempo di sospensione**

Il tempo di sospensione della polvere per rimane nell'aria, influisce sull'esplosività, dipende dalla densità.

- **Concentrazione dell'ossigeno**

Il più alta è la concentrazione dell'ossigeno, il più sarà facile la reazione di combustione.

- **Turbolenza**

Questo è un fattore che accelera il fronte di fiamma ma può impedire anche l'esplosione.

- **Temperatura**

Il più alta è la temperatura circostante, il più sarà facile l'ignizione.

- **Particelle inerti**

La presenza di particelle inerti come vapore acqueo o altre particelle inerti rallenterà la reazione.

Un'esplosione di polvere può provocare esplosioni secondarie; il fatto è, che una limitata esplosione di polveri primaria può provocare un'ulteriore esplosione/i ed è molto ingannevole. Una piccola esplosione in una stanza può provocare della polvere, la quale era stabilita sulle superfici, turbinando e permettendo così un'accensione dall'esplosione primaria. In questa maniera accade una reazione a catena la quale può continuare in tutta una installazione/compartimento intero se la

polvere è sufficientemente presente. L'ignizione di **una miscela di polvere in aria richiede molta energia** d'ignizione, più alta che in una miscela di gas in aria (circa 10 millijoules, le miscele ibride ne richiedono meno). I fattori sopra influenzano sensibilmente l'ignizione della miscela di polvere aria. La temperatura d'ignizione delle miscele di polvere più comuni è di circa 330-400 °C. Questo si realizza facilmente in superfici calde e in quelle industriali. Un strato di polveri che giace su di una superficie calda comincia a covare sotto le cenere perché gli strati superiori isolano i più bassi, causando l'insorgere della temperatura. Più sarà spesso lo strato di polvere, e più coverà nello strato sotto la cenere. Un strato di 5 mm di farina richiede solamente una temperatura di 250°C per cominciare a covare sotto la cenere in meno di 2 ore. Tale temperatura è facilmente raggiungibile dalle superfici di un forno. La regolare pulizia (sopra 1 mm di polvere può essere tollerato) di una installazione è perciò il massimo.

## 10.4 UNITA' DI MISURA

È importante per l'istruttore di CFBT capire come le unità di misura seguenti possono essere usate per essere capaci di quantificare il caricamento del fuoco con i vari tipi di combustibile in associazione con l'aspettato del rilascio di calore, campo dell'incendio e caratteristiche della combustione per addestrare agli incendi e alle vere situazioni di fuoco. Il joule (J) è l'unità standard internazionale per **l'energia**. 4,186 J di energia calorifica sono necessari per elevare la temperatura di un chilogrammo (1 litro) d'acqua di 1 °C. Il **calore specifico** è la quantità di calore per unità di massa richiesta (kJ/kg) per elevare la temperatura entro 1°C. L'unità termica britannica (**Btu**) (più usata in Europa o Regno Unito) si riferisce all'energia che serve per aumentare la temperatura di 1 lb di acqua a 59 °F da 1 °F (1 Btu = 1,054.8 J o sopra 1 kJ).

Il watt (W) è l'unità nel SI (sistema internazionale) per la potenza [Btu/hour].

1 watt = 1 J/s.

Una lampadina di 100 W trasforma 100 J di energia in luce e calore ogni secondo.

## 10.5 RILASCIO DEL CALORE E DATI DELLA COMBUSTIONE

Carico massa del fuoco	kg
Energia rilasciata	MJ
Carico d'incendio	kg/sq m
Densità energetica del carico d'incendio (FLED)	MJ/sq m
Rate massimo di combustione - MBR ( Massa persa rate - MLR)	kg/s
Calore della combustione (valore calorifico)	MJ/kg

Picco della percentuale di rilascio del calore (HRR).	kW/sq m
Picco del rilascio di calore (HRR) MFI	kW o MW
Flusso di calore irradiato	kW/sq m
$HRR = MBR \text{ (il kg/s)} \times \text{calore della combustione (MJ/kg)}$	HRR
$MW = \text{kg/s} \times \text{MJ/kg}$	HRR

- Per la maggior parte dei combustibili il rilascio del calore per massa d'aria consumata è una costante approssimativa ed è pari a 31,000 kJ/kg. Perciò, la percentuale di rilascio di energia di un incendio confinato può essere approssimativamente dalla percentuale dell'entrata dell'aria.
- Dato quel HRR per unità di ossigeno è relativamente costante a 13.1 kJ/g per i più comuni combustibili, per ogni 1 MW di flusso di rilascio del calore, si consumano 76 g/s di ossigeno.
- Il calore effettivo della combustione del legno nella fase fiammeggiante per un incendio di un compartimento pienamente sviluppato è di 10.75 MJ/kg.
- L'effettivo calore della combustione della parte volatile del legno è di 16.4 MJ/kg.
- Per una miscela di legno e plastica, il calore effettivo della combustione è nel ordine di 16 MJ/kg (16 kJ/g).
- *L'HRR può essere assegnato anche in relazione come calcolo proporzionale al flusso di energia rilasciata (come in fuochi 'T - quadrò').*

È necessario capire le caratteristiche di come bruciano i combustibili usati negli scenari di addestramento. Un esempio è di usare le misurazioni in un addestramento di evoluzioni CFBT ed è probabile che consideriamo l'esempio seguente:

Combustibile tipo	pannelli di particleboard
Calore rilasciato nell'ambiente dalla combustione	10 MJ/kg
Densità dell'energia del carico d'incendio (FLED)	134 MJ/sq m
Massa del carico d'incendio	121 kg
Energia del carico d'incendio	1,206 MJ
Rate massimo di combustione	0.1 kg/s
Intensità massima dell'incendio	1.4 MW (0.152 MW/sq m)

*Fig. 10.2 - Può essere usato un semplice software per i calcoli sopra 'conoscendo le caratteristiche di combustione' inserendo i dati di base. Tale software è capace ad ulteriore calcoli di percentuale di combustione ed intensità del fuoco con parametri di ventilazione variabili. Per un accesso all'uso di questo software si può collegare on-line al link nel fronte del libro.*

## 10.6 CRESCITA E SVILUPPO DEL FUOCO

L'energia liberata durante la combustione può irradiare nuovamente la sostanza del combustibile, dove si provoca la pirolisi e l'evaporazione del combustibile. Può aiutare anche l'ulteriore pirolisi dei prodotti della fase gassosa. Il calore liberato dal fuoco causa il riscaldamento dei materiali circostanti. **Il trasferimento di calore** è portato a termine di solito attraverso tre modi, simultaneamente: conduzione, radiazione, e convezione.

**La conduzione** è il trasferimento di energia termica diretta dovuto al contatto. Il calore a un livello molecolare vuole dire che l'energia cinetica delle molecole e cioè il loro movimento, aumenta. Questa energia è passata da una molecola all'altra. I materiali conducono il calore in percentuali diverse. I metalli sono buoni conduttori mentre la plastica lo è molto poco, da esso sono buoni isolatori. Ciononostante un fuoco da una parte del muro di un compartimento darà luogo al trasferimento di calore all'altro lato del muro da conduzione. Se vi sono raggi di metallo che attraversano il muro, questo effetto sarà anche più grande.

**La radiazione** è il trasferimento dell'onda elettromagnetico del calore ad un oggetto. Le onde viaggiano in tutte le direzioni dal fuoco e possono essere riflesse o possono essere assorbito da una superficie. L'assorbimento aumenta il calore e la temperatura del materiale, provocandone la pirolisi o l'aumento della temperatura del materiale oltre il suo punto d'ignizione che ne causa l'accensione. La quantità di trasferimento del calore irraggiato (flusso di calore irraggiato) è misurato in kW/sq m.

- 0.67 kW/sq m radiazione emanata dal sole in un giorno di esposizione
- 1 kW/sq m esposizione indefinita della pelle
- 6.4 kW/sq dopo una esposizione della pelle di breve durata si ha dolore
- 12.5 kW/sq m a questa radiazione si ha una pirolisi sufficiente per l'ignizione del'legno
- 20 kW/sq m auto-ignizione del'legno

**La convezione** è il trasferimento del calore attraverso un mezzo liquido o gassoso. Questo trasferimento è causato dalla differenza di densità delle molecole calde comparate a quelle fredde. Aria calda, gas espanso e riscaldato. La convezione determina la direzione generale dell'espansione del fuoco. La convezione causa l'insorgere di fuochi come aumento del calore. La radiazione, la convezione e la conduzione sono in un normale **fuoco in crescita**. E i tizzoni che bruciano, portati dal vento, frammenti che precipitando, in contatto con recipienti che contengono liquidi o gas infiammabili, o il fondersi di tubi, potrebbero spargere il fuoco in maniera imprevista.

### Confini di un compartimento - Muri e soffitti

I confini di un compartimento possono influenzare le condizioni in un incendio di compartimento in tre modi:

1. C'è un grande calore disperso attraverso muri non isolati all'esterno. In questa situazione il muro è freddo e lo strato caldo sta perdendo calore.

2. Il muro può essere isolato e previene che il calore esca dallo strato caldo. In questo caso il calore è trattenuto nello strato caldo ed aumenta il flusso del calore irradiato drasticamente.
3. Il muro stesso può assorbire grandi quantità di calore (i.e. mattone o muri pieni ecc.), in questa condizione di muro caldo servirà ad aumentare il calore nel strato caldo che continua a fuoriuscire.

La radiazione diviene il meccanismo dominante di trasferimento del calore in un compartimento coinvolto, la situazione può essere chiamata 'muro caldo' dove sono capaci i muri di trattenere il calore. Dove non sono capaci trattenere il calore o dove è perso attraverso il muro all'esterno o torna indietro nello strato caldo (l'isolamento). Nella situazione di **muro freddo** dove il **meccanismo dominante di trasferimento del calore è la convezione**, ventilare per far disperdere il calore nello strato caldo riduce la temperatura del compartimento. Nella situazione di **muro caldo** dove il **meccanismo dominante di trasferimento del calore è la radiazione**, facendo un'azione di ventilazione si avrà una perdita dello strato di calore generalmente ma la radiazione dai muri caldi può compensare questa perdita ed il processo di combustione accelera (deriva termica).

### **Stadio di crescita e sviluppo**

La temperatura complootta contro il tempo in un normale incendio di un compartimento mostrato nel Capitolo Due. Si possono distinguere tre fasi di fuoco diverse, vale a dire la fase di crescita, la fase in cui è pienamente sviluppato, e la fase di decadimento. La fase iniziale di un fuoco è dove virtualmente il combustibile e l'ossigeno sono illimitati ed è la **fase di crescita**. Questa fase è caratterizzata da un flusso di rilascio del calore in aumento esponenziale. Lo stato medio di un fuoco è il **consolidamento dello stato della fase**. Questa fase è caratterizzata da un flusso di rilascio del calore che è relativamente immutabile. La transizione dalla fase di crescita al consolidamento dello stato della fase può accadere quando il combustibile o l'approvvigionamento di ossigeno comincia ad essere limitato. La tappa finale di un fuoco è la **fase di decadimento** che è caratterizzata da una decelerazione continua nel rilascio del calore che conduce all'estinzione del fuoco a causa della fine del combustibile o lo svuotamento dell'ossigeno. Il **Flashover** è il normale culmine della fase di crescita di un fuoco, ed accade quando la temperatura del soffitto giunge a 500-600 °C, e dipende dai materiali presenti nel compartimento e la sistemazione geometrica. Dopo il flashover, la temperatura della stanza rapidamente aumenta per arrivare fino a 1,000 °C.

Dipendendo dall'afflusso d'aria o la quantità o presenza di ossigeno in un compartimento, un fuoco può evolvere al flashover come descritto sopra ma può anche morire lentamente come un risultato della mancanza di ossigeno. Questa mancanza di ossigeno in un compartimento è soprattutto la causa nelle moderne costruzione a risparmio di calore che utilizzano vetri doppi o anche tripli. **In edifici moderni** un fuoco può covare sotto le ceneri per la mancanza di ossigeno producendo grandi quantità di monossido di carbonio e gas di pirolisi. A causa dell'isolamento termico negli edifici moderni, potrebbe accadere un notevole accumulo di calore, anche da un piccolo fuoco. A causa dell'apertura improvvisa di una porta od una finestra, con l'entrata improvvisa di aria/ossigeno si può causare l'accensione dei gas combustibili e quindi un'esplosione che è chiamata **backdraft**. Questa non è solamente una situazione pericolosa per le squadre antincendio che intervengono ma può essere anche più pericolosa per occupanti non addestrati ai segnali. Un incendio di un edificio chiuso si comporterà in modo prevedibile. Ma in incendi in sviluppo gli scienziati non possono dare

certezze, ma ci sono modelli al computer e calcoli di ingegneria che danno, con un corretto contributo di dati, delle dimostrazioni di come è probabile che un fuoco al chiuso si comporti variando dei parametri. Sfortunatamente, i pompieri non sono in una posizione per applicare particolareggiati calcoli su di un incendio e così devono prendere decisioni critiche e fare azioni pre-calcolate, e tutto in pochi secondi dall'arrivo. Esperienze passate mostrarono che azioni prese (o non prese) entro i cinque minuti dall'arrivo sulla scena, plasmarono le conseguenze di situazioni di fuoco, che in ogni altro periodo durante tutta la lotta all'incendio. Un'importante caratteristica della crescita e dello sviluppo del fuoco (specialmente per i pompieri), particolarmente in grandi spazi, è l'associazione con il flusso di rilascio di calore ed il 'periodo T' si è visto che gli incendi crescevano in modo proporzionale nella combustione ma variava il periodo. Negli anni '80, scienziati ed ingegneri presentarono i concetti di 'lento', 'medio', e 'veloce' 'periodo T', di incendi per rappresentare una serie di esperimenti di rilascio del calore per un incendio modello. Di base, un fuoco lento giunge ad una percentuale di combustione di circa 1,000 Btu/s (1,055 kW) in 600 secondi, mentre un medio in 300 secondi ed un fuoco veloce in 150 secondi. Il concetto di un fuoco 'ultra veloce' fu presentato brevemente dopo i concetti del lento, medio, e veloce, quando divenne apparente che la serie di questi tre fuochi modello non erano sufficienti per catturare alcuni delle più importanti sfide del fuoco. Il fuoco ultra veloce giunge alla percentuale di combustione di 1,000 Btu/s (1,055 kW) in 75 secondi. Se noi diamo uno sguardo alle leggi della Potenza riferite alla crescita ed allo sviluppo di un fuoco diveniamo consapevoli che anche fuochi medi, di medio carico d'incendio (uffici ed occupazione residenziale per esempio), assistiti tra parametri di ventilazione normali all'interno dei confini della loro compartimentazione, si è visto di raddoppiare in dimensione ogni 60 secondi dove ci sono quantità adeguate d'aria od ossigeno. In aree con incendi con più alti carichi con vento che soffia dentro, la percentuale di crescita può sviluppare con gradiente di tempo/area più veloce (raddoppiando in dimensione ogni 30 secondi) o un gradiente ultra veloce (raddoppia ogni 16 secondi).

- Fuochi in sviluppo Lenti - Raddoppiano la loro dimensione ogni 120 secondi
- **Fuochi in sviluppo Medi - Raddoppiano la loro dimensione ogni 60 secondi**
- Fuochi in sviluppo Veloci - Raddoppiano la loro dimensione ogni 30 secondi
- Fuochi in sviluppo Ultra - Veloci - Raddoppiano la loro dimensione ogni 15 secondi

Mettendo questi orientamenti in una prospettiva di incendi, dove il carico d'incendio è eccessivo e l'approvvigionamento di aria è abbondante, una grande area non compartimentata coinvolta dal fuoco **può raddoppiare il fuoco in dimensione ogni 15 secondi**. Se questa particolare area è, per esempio, un open-plan di 20,000 sq ft (1,860 sq m) e pieno con 'combustibile veloce' tappezzeria mobilia, noi ci aspettiamo da un fuoco che coinvolge 500 sq ft (47 sq m) di raddoppiare in dimensione ogni 15 secondi. Fra un minuto i pompieri nell'edificio, con questo incendio in ordine di grandezza medio, hanno potuto vedere svilupparsi rapidamente l'incendio in area e in intensità comportando 2,000 sq ft (quasi 200 sq m) di superficie! Questo fuoco si è potuto sviluppare così velocemente, che già era oltre il controllo e la capacità di una singola tubazione da 150 galloni/min (567 litri/min) in 15 secondi dall'entrata, o anche due tubazioni in 30 secondi.

## 10.7 CLASSI D'INCENDIO

Gli incendi sono divisi in classi e dipendono dai materiali che bruciano. E comunemente sono riconosciute le seguenti classi A, B, C e D.

**La classe d'incendio A** si riferisce a materiali combustibili solidi come legno, carta, oggetti della casa per esempio. Gli incendi di classe A devono essere raffreddati per far scendere la temperatura sotto quella d'ignizione. La maggior parte degli incendi di classe A hanno la probabilità che si riaccendono se l'aria rientra a contatto con le braci. La classe d'incendio A non dovrebbe essere considerato estinta finché la massa intera non è stata raffreddata completamente. Soffocando un incendio di classe A non si può estinguere completamente perché non si riduce la temperatura delle braci sotto la superficie.

**Gli incendi di classe B** sono quelli che comportano liquidi infiammabili come benzina, kerosene, petroli, vernici e le altre sostanze che non lasciano tizzoni o ceneri. gli incendi di classe B si estinguono meglio offrendo una barriera tra la sostanza che brucia e l'ossigeno. L'estinguente maggiormente usato, è l'applicazione della schiuma chimica o meccanica.

**La classe d'incendio C** si rivolge ad incendi di sostanze gassose come gas naturale, propano, butano ecc. Per estinguere tale fuoco si procede chiudendo la fonte del gas. Procedendo all'estinzione delle fiamme, se non si giunge prima alla valvola, crea una situazione pericolosa una scintilla potrebbe creare un'esplosione.

**La Classe d'incendio D** comporta incendi di metalli ed è meno comune. I metalli combustibili includono sodio, potassio, lithium, titanio, zirconio, magnesio, alluminio e delle leghe. La maggior parte delle auto contengono metalli leggeri. Il grande rischio esiste quando sono presenti come limatura di ferro o quando è fuso. Lottando con l'acqua tali incendi si possono creare reazioni chimiche che possono generare un'esplosione di gas d'idrogeno. Uno speciale estinguente in polvere a base di cloruro di sodio o altri sali è la soluzione. Estinguendo con sabbia secca è un'altra opzione.

**La classe d'incendio E.** Ci sono pensieri contrastanti alcuni dicono che gli incendi di classe E non sono proprio una vera classe. l'Elettricità non brucia ma, per esempio, un corto circuito può causare un fuoco del materiale isolante come i fili che possono poi propagare il fuoco. Per estinguere gli incendi del tipo elettrico si procede meglio usando il biossido di carbonio o usando un estintore a polvere. L'uso di acqua non è ammesso sulla corrente elettrica, certamente non come un getto diretto sull'apparato. L'acqua a impulsi o nebulizzata si può usare ma con **grande cautela**. A causa dell'aria tra le goccioline di acqua, si offre una maggiore resistenza elettrica, che quando si usa un getto pieno a spruzzi. Dove possibile, l'approvvigionamento elettrico dovrebbe essere staccato prima di applicare l'acqua.

(la classe E non c'è più abbiamo classi A, B, C, D, F (la classe F è per gli oli e grassi delle cucine)

**La classificazione degli incendi in USA è piuttosto diversa:**

- Classe A - Come sopra
- Classe B - Liquidi e gas Infiammabili e combustibili
- Classe C - Incendi di origine Elettrica
- Classe D - Come sopra

## 10.8 LA PIUMA DI FUOCO E LA COMBUSTIONE FIAMMEGGIANTE DISTACCATA - FUOCHI TIPICI

- **Tipo 1** - La piuma di fuoco è sopra o sotto il soffitto.
- **Tipo 2** - La piuma di fuoco curva e corre lungo il soffitto.
- **Tipo 3** - La piuma di fuoco che curva ed è distaccata dalla fase gassosa 'serpente di fuoco' (Rollover).
- **Tipo 4** - La piuma di fuoco aumenta di velocità a causa del vento esteriore (cambio forzato) o una corrente d'aria veloce 'flusso d'aria'.
- **Tipo 5** - La fase gassosa del fuoco è distaccata (miscela ricca strato lineare dei gas) bruciando fumo/aria (NPP) o all'interno delle regioni superiori dello strato.
- **Tipo 6** - Il fuoco della fase gassosa è distaccato e brucia in piccole parti 'tasche' e si muove all'interno del compartimento (ghosting flames o auto ignition).
- **Tipo 7** - Il fuoco della fase gassosa è distaccato (combustione pre-miscelata) possibilmente risultato di un fenomeno rapido del fuoco.
- **Tipo 8** - Flashover. Pieno coinvolgimento del compartimento.
- **Tipo 9** - Fuoco Nero (fumo super-riscaldato) così caldo che sta inclinando sull'auto-ignizione e le temperature sono vicino a temperatura di infiammabilità. (perciò meccanismi di trasferimento del calore possono essere simile a quello della piena combustione della fase gassosa fiammeggiante).

### Incendi in Container ISO (FDS)

I fuochi che incontriamo in un Container ISO dipenderanno da:

- Dimensione del carico d'incendio;
- Tipo del carico (parche da pavimento o assi montanti);
- Dimensione ed ubicazione delle aperture di ventilazione;
- Dimensione dell'apertura della porta;
- Direzione e forza del vento all'esterno.

Se noi abbiamo un carico di incendio alto sul pavimento (circa 4-6 pallet) troveremo i tipi 1,2,3, o 4 di fuoco. Questa sarà veloce da gestire, con molto caldo e dura da controllare senza una portata di flusso adeguato. La quantità di ventilazione aumenterà o decrescerà la velocità della crescita del fuoco, anche se bruciasse probabilmente con più intensità. Se noi abbiamo un carico di incendio molto piccolo (legno stipato) al pavimento, ma un carico di fuoco più alto (multiple board) al soffitto, noi possiamo sperimentare, i tipi di fuochi 5 e 6 con ventilazione limitata, il tipo 2 con ventilazione supplementare, e fuochi di tipo 3, il quale è molto comune nel unità FDS. In un vero incendio in una stanza il fuoco è quasi sempre nascosto nel fumo che può essere basso, o vicino al pavimento. È molto probabili che i pompieri incontrino il tipo di fuochi 1, 2, e 3. Questi fuochi possono essere più profondi alla base del combustibile che nelle unità FDS, e generalmente serve una portata di flusso più alta per estinguerli o controllarli che negli altri tipi di fuoco che richiedono anche tecniche di lancia diverse. Per esempio, i tipi di fuochi 5, 6, e 7 possono essere trattati normalmente nelle unità FDS con le 'pulsazioni' cioè piccole quantità di goccioline di acqua nei gas sopra la testa, ma i veri incendi di stanze possono esigere colpi d'acqua più lunghi, o acqua diretta

alla fonte del combustibile (attacco diretto). L'applicazione del raffreddamento della fase gassosa può ancora essere a 'pulsazioni' nello strato di fumo per ridurre la temperatura e mantenere l'equilibrio termico. I pompieri devono raffreddare anche i confini (muri e soffitto) puntando ad un rapporto di 2:1 tra gocce come gas e la fase combustibile. Se noi non raffreddiamo i confini il calore assorbito dagli stessi sarà irradiato nuovamente nei gas e potremo provocare un'auto ignizione. Negli incendi veri che comportano i grandi compartimenti, o in situazioni dove un fuoco di una stanza è schermato e difficile da raggiungere, il calore nei gas sopra la testa può essere estremo ed il raffreddamento della fase gassosa può divenire problematico. Dove la base del combustibile è coperta ed il fuoco continua a trasferire calore nei gas di combustione sopra, il raffreddamento dei gas ha bisogno di una portata di flusso più alta del normale ed altre tattiche, come effettuando una ventilazione verticale o i grandi getti che possono essere più produttivi. Mentre tutti i fuochi possono essere imprevedibili, i fuochi nelle unità FDS si sviluppano con caratteristiche di combustione note ed all'interno di parametri di ventilazione calcolati. Questo assicura un ambiente controllato e sicuro in cui addestrarsi. Incendi di compartimento in stanze di abitazioni non bruceranno in condizioni così controllate. Comunque, le unità FDS addestreranno e dimostreranno ai pompieri come accadono le variazioni delle condizioni, come possono svilupparsi, e di come usare le tecniche di lancia variabili e di come alterando i parametri di ventilazione si possano stabilizzare le condizioni.

## 10.9 PROGRESSI RAPIDI DEL FUOCO (RFP- RAPID FIRE PROGRESS)

Che cosa è il 'flashover'? Ci sono così molte forme diverse **relative al fenomeno del flashover** che possono confondere i pompieri. Noi abbiamo raggruppato i vari fenomeni sotto la sola intestazione: Progressi rapidi del fuoco (RFP). Tutti questi eventi sono **conosciuti come ASSASSINI di pompieri !** Per semplificare la comprensione ed i problemi critici, è essenziale per i pompieri sapere:

- Quali sono le azioni che probabilmente **CAUSERANNO** un evento RFP.
- Quali sono le azioni che probabilmente **PREVERRANNO** un evento RFP.
- Quali sono gli indicatori di un comportamento del fuoco che probabilmente offriranno un avvertimento di eventi imminenti.

I tipi di RFP discussi qui sono tutte forme di ignizione dei gas di combustione (FGI - fire gas ignition):

- Auto-ignition (ovvero una fonte d'ignizione);
- Smoke explosion;
- Flash fire;
- Ghosting flames;
- Backdraft;
- Progressione al flashover.

È probabile che azioni antincendio conducano ad un evento di RFP?

- Ubicazione incorretta dell'apertura di ventilazione;
- Stima errata dell'apertura di ventilazione;

- Apertura di ventilazione impropria;
- Inappropriato punto o procedura d'entrata per guadagnare l'accesso alla struttura;
- Creazione di un'apertura di ventilazione senza confinare il fuoco o posa della mandata di attacco;
- Non dare acqua negli strati di gas di combustione o sul fuoco;
- Portata di flusso alla lancia inadeguata.

Le azioni che possono tentare i pompieri per opporsi o prevenire un RFP sono:

- Tattica 3D procedura di 'entrata dalla porta';
- Confinare il fuoco nella stanza (chiudere porte);
- Dare acqua sul fuoco il più rapidamente possibile;
- Dare acqua negli strati di gas di combustione il più rapidamente possibile;
- Tattica di ventilazione (sotto protocolli accurati);
- Anti-ventilazione.

Quali sono gli indicatori del comportamento del fuoco tipici che possono segnalare un evento imminente?

- Un strato di fumo che si muove su e giù o è molto turbolento;
- Un abbassando improvviso dello strato di fumo;
- Fiamme distaccate come 'lingue' nel fumo al soffitto;
- Fiamme distaccate che si sdoppiano e si muovono ne compartimento - Gosting Flames;
- Fumo 'Pulsante' che si spinge avanti ed indietro dall'apertura;
- Chiazze nere e pesanti dalle finestre (rotte);
- Un aumento del calore nei gas al soffitto che spinge a restare accovacciati;
- Fumo o fiamme che sono risucchiate indietro nell'edificio nella area sotto-pressione
- (Movimento veloce del flusso d'aria);
- Il fumo che diviene più scuro da bianco diviene bruno o grigio o annerito;
- Il fumo che esce dalle aperture, o dal sotto tetto, spinto da una forte pressione;
- Fuoco Nero - Black fire (vedi la definizione sopra).

La prima referenza conosciuta, o l'uso del termine FLASHOVER, fu fatto nella decima edizione del Manuale dell'NFPA *Handbook for fire Protection* nel 1948, dove 'punto di flashover' fu usato per descrivere il fuoco quando arriva ad uno stato di sviluppo dove tutto il materiale combustibile nell'area si infiamma in un Flash. Nel 1961 l'investigatore John Kennedy degli Stati Uniti, scrisse sul fenomeno del flashover, notando l'abilità del fuoco di passare attraverso le stanze o in giù dai corridoi alla velocità di un 'treno espresso.' La prima discussione scientifica del fenomeno apparve nel Regno Unito nella nota n°663 del Fire Research (dicembre 1967) dove il Dr Philip H Thomas si riferì al termine come 'la teoria della crescita del fuoco in un compartimento, al punto dove si sviluppa pienamente.' Consuetamente, questo periodo della crescita, fu detto per terminare in flashover, anche se Thomas ammise che la sua definizione originale era piuttosto imprecisa ed accettò che il termine potesse essere usato anche in modo sbagliato in modi diversi ed in contesti diversi.

## **La definizione originale sul flashover di Thomas del 1967**

*In un fuoco di un compartimento può avvenire uno stato dove la totale radiazione termica della piuma di fuoco, gas caldi e confini del compartimento caldi come muri e soffitto generano prodotti infiammabili di pirolisi dalle superfici del combustibile esposto all'interno del compartimento. Data una fonte d'ignizione, questo darà luogo all'improvvisa transizione sostenuta di un fuoco crescente ad un fuoco pienamente sviluppato.... Questo stato è chiamato flashover.*

Nell'RN 663 (del 1967) Thomas c'informò che ci poteva essere più di un genere di flashover e descrisse il flashovers come il risultato di ventilazione e scenari di combustibile-controllato. Poi nel 1995, Walton ed il Dr Thomas ulteriormente c'informarono attraverso il SFPE Handbook - Manuale che il flashover non è un termine preciso e che molte definizioni possono essere trovate in letteratura. Anche se sembra che ci siano molte definizioni, tutte alludono al flashover come il pieno coinvolgimento totale delle superficie di una stanza con fiamme sostenute.

Nella recente **NFPA 921-2004** la definizione del flashover è:

*Una fase di transizione nello sviluppo di un fuoco di un compartimento in cui le superfici esposte alla radiazione termica si portano alla temperatura d'ignizione più o meno simultaneamente ed il fuoco si sparge rapidamente attraverso tutto lo spazio con il risultato di un pieno coinvolgimento della stanza o il coinvolgimento totale del compartimento o area inclusa.*

Secondo gli aggiornamenti ISO 13943 del 2007, **il flashover ancora rimane un termine ufficiale con una corrente definizione ISO** come segue:

*"Il Flashover è uno stato di transizione di un fuoco ad un stato di totale coinvolgimento di tutte le superficie totali in un fuoco di materiali combustibili all'interno di una area chiusa."*

L'uso principale del termine flashover fu sempre voluto (ed è usato) per descriverlo nei test di sicurezza sul fuoco quando si sviluppa nel pieno coinvolgimento della stanza. Il termine progresso rapido del fuoco, è usato dal NFPA, per meglio descrive la serie più larga della combustione della fase gassosa che probabilmente i pompieri incontrino in incendio di struttura.

Il Dr Thomas stesso suggerisce (2005) questo:

*Il Flashover, ora è una parola problematica, che sembra avere molte definizioni. I Fire Service sembrano voler definire la fase gassosa, ed ancora la ISO asserisce altre definizioni a uno spargimento del fuoco alle superfici del combustibile. Questi sono, a me, non l'alternativa ma diversi tipi di flashover: l'essenza è 'Flash' e 'over' - 'overhead - in alto' e 'sopra le superfici' è due varietà. L'ISO 13943 assegna 'la transizione', ma potrebbe essere 'lenta' o 'veloce.'*

Per gli scopi antincendio, l'NFPA ha riconosciuto comunque, per più di venti anni (nei rapporti annuali riguardo agli incidenti fatali di pompieri) che ci sono molte altre forme relativi al fenomeno o termini usati, come smoke explosion - esplosione di fumo, flameover, backdraft, flash fire ecc., e molti di questi fenomeni non possono essere spiegati o direttamente attribuiti dai pompieri sulla scena. Perciò, l'NFPA ha stabilito il termine 'rapid fire progress - progresso rapido del fuoco' per coprire tutte le situazioni dove la forma del fenomeno del fuoco conduce ad un evento estremo di combustione che provoca una transizione improvvisa da un piccolo fuoco ad un grande incendio,

anche dove non c'è fiamma sostenuta. Essi preferiscono assegnare al variare improvviso o un estremo fenomeno del fuoco come nelle tre categorie seguenti:

### **Flashover progressivo**

Le dinamiche del fuoco associate con le normali definizioni accettate del flashover preclude che tale evento accada in soffitti alti, in una struttura di grandi volume. Quello che accade normalmente è un accumulo di prodotti di combustione infiammabili e gas incendiati nel fumo a livello del soffitto. Questo fumo infiammabile si sta accumulando come in un serbatoio, e può essere visibile o ignoto in uno spazio come nel soffitto di un attico. Quando questo strato di fumo entra nel range d'infiammabilità, o nel lato povero di combustibile o nel lato ricco, vi è fuoco sufficiente o energia calorifica che giunge allo strato di fumo, una veloce escalation di sviluppo della combustione infiammata si spargerà attraverso il soffitto. Il flusso di calore che irraggerà la parte sottostante eventualmente incendierà il combustibile al livello più basso. Questa ignizione dei gas a livello alto probabilmente accadrà molto rapidamente, possibilmente più veloce della corsa di un pompiere, e sarà preceduto da un strato di fumo nero e spesso fino al pavimento, riducendo la visibilità a zero. Le aree più intense di combustione possono essere muri e soffitto come deflessione verso il basso dalla alta velocità e costrizione, simile ad un effetto di rimbalzo della fiamma. Alcuni si sono riferiti a questa forma di evento come un **'progressivo' flashover**. Si può discutere ugualmente che questa è una forma di **flash fire**, dove lo strato di fumo si accende - un - fire gas ignition - ignizione dei fumi.

### **Cambio forzato del fuoco assistito dal vento**

Il pericolo per i pompieri da *cambi forzati del fuoco* è immenso. Nel 1999 l'autore ha pubblicato un articolo sul sito Firetactics.com intitolato *Flashover Pathways* che investigava sugli effetti che ha il flusso punto-punto dell'aria sul fenomeno del flashover. Alcuni dei primi articoli dell'autore descrissero un fenomeno che forse è conosciuto meglio come *'high pressure backdraft - backdraft ad alta pressione'*, dove il vento esteriore causa un incremento indesiderato della pressione nella struttura. Il rilascio improvviso di tali pressioni può condurre ad effetti devastanti sullo sviluppo del fuoco. Diversamente dal backdraft, il cambio forzato del fuoco è guidato dall'aria che è costretta piuttosto che succhiato nel compartimento coinvolto. La conseguenza può essere la stessa, anche se gli approcci tattici possono essere diversi dal punto di vista antincendio. Ulteriori indagini di scienziati all'Università di Manchester nel Regno Unito hanno osservato come i flussi d'aria nelle finestre colpiscono il flusso di rilascio del calore di un incendio di compartimento, e come l'effetto di fiamma esterno può diffondere il fuoco. Essi hanno dato un ulteriore sguardo all'effetto *di cambio forzato* che si è creato dove:

- Ci sono finestre sui lati opposti del compartimento coinvolto; o
- Aria supplementare è data al fuoco da un'altra fonte (non finestre).

Essendo stato in tale situazione su più di una 'occasione' l'autore può attestare che non è un'esperienza della quale lei ha bisogno! Il cambio forzato del fuoco è anche un assassino di

pompieri, e più certamente è una situazione che ha bisogno di essere **considerata, su cui addestrarsi, ed equipaggiarsi per il probabile evento**. Questo è un avvertimento a pompieri di un rischio dell'incendio che potrebbe essere conosciuto bene, ma è poco capito e raramente accreditato col rispetto che merita. Tali fuochi sono rinomati per la devastazione sul piano dell'incendio, anche se è incontrato più comunemente in edifici alti, questo pericolo può colpire anche il suo approccio strategico, a livello di evoluzione in un giorno dove il vento sta aumentando da moderato a cattivo. Se guarda nuovamente i vecchi rapporti, ci sono innumerevoli incidenti dove rimarrà senza fiato dal ruolo che ha avuto la velocità e direzione del vento nella maggior parte delle cause dell'anormale evoluzione 'rapida del fuoco'. Tali fuochi possono bruciare con grande intensità e possono creare un'alta temperatura smodatamente, costringendo i pompieri a ritirarsi dalle loro posizione con grande velocità. Molti altri non sono stati sempre così fortunati. Un comandante d'incidente, deve contare questo pericolo quando costituisce la posizione e la portata della tubazione d'attacco primaria. Non sottovaluti mai il potenziale degli effetti sul flusso di rilascio del calore dove una seconda apertura viene creata (punto - punto per il flusso d'aria), dove una finestra provoca una ventilazione impreveduta, o dove un vento esteriore (o un effetto di corrente all'interno) potrebbe iniziare un evento di 'fuoco rapido' in cui lo sviluppo supererà la capacità della tubazione in uso. Se vuole bene ai suoi pompieri ha bisogno di renderli consapevoli di questi rischi.

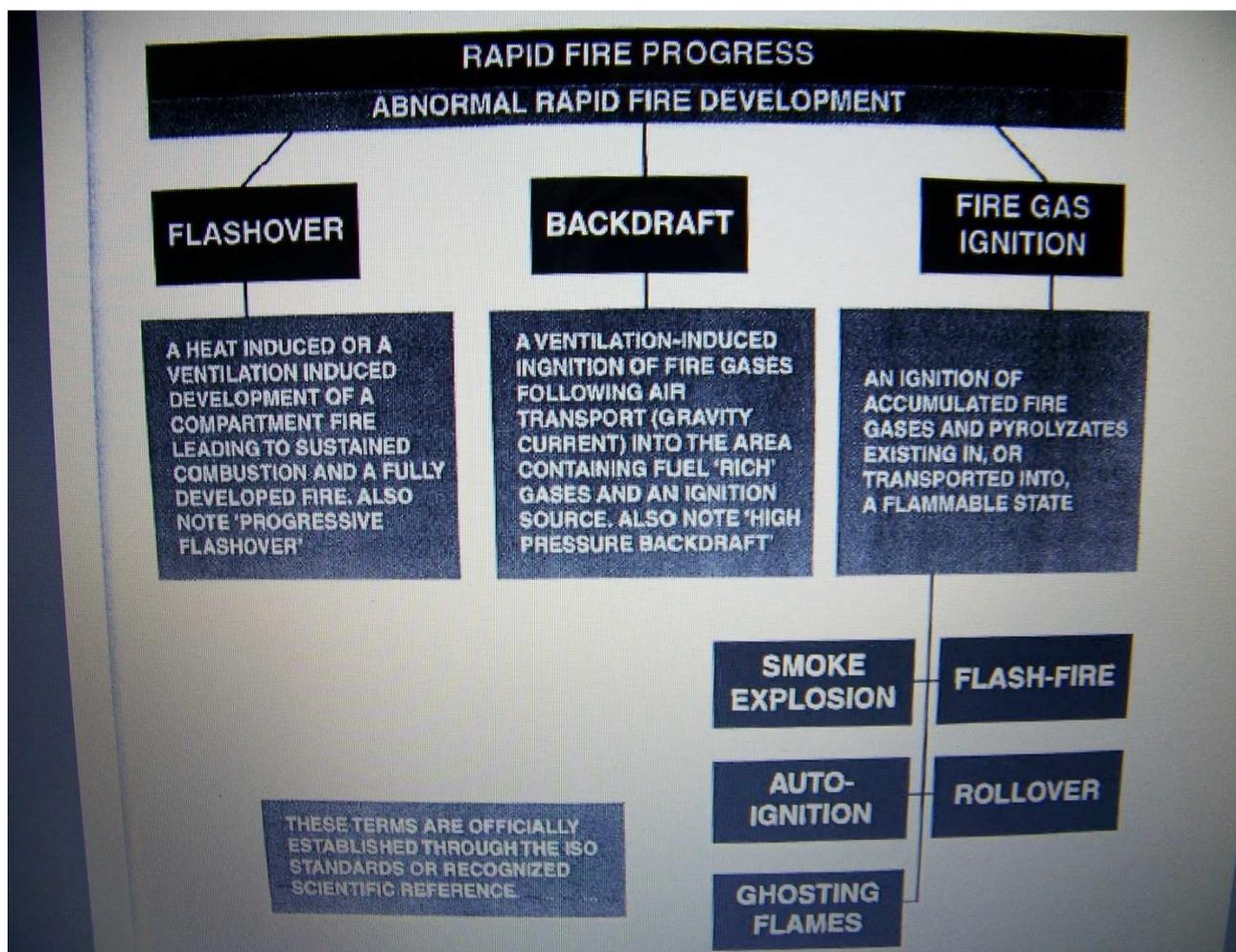


Fig 10.3 Sviluppo Rapido del Fuoco

## **Esplosione di Fumo - Smoke explosion**

Ci sono tre requisiti base che devono essere soddisfatti prima che possa accadere un'esplosione di fumo. E sono:

1. Un strato di fumo che contiene una consistente quantità di gas di pirolisi non bruciati e che sia nella miscela ideale del campo d'infiammabilità. Per esempio, il campo del monossido di carbonio è 12.5% e 74%, per il metano il campo è tra il 5% ed il 15%, (SFPE, 1995 p.3-16).
2. C'è bisogno di una **fonte d'ignizione** per incendiare la miscela infiammabile. Una quantità minima di energia infiammerà lo strato.
3. L'ultimo requisito che è ci sia abbastanza **ossigeno** per sostenere la combustione.

Informazioni ulteriori:

- Un'esplosione di fumo può comportare **fumo freddo e fumo caldo**.
- Una miscela ricca di gas di combustione super-riscaldi può **auto-accendersi**.
- Tutto ciò che serve in questo caso è l'aggiunta dell'aria - ma questo non è veramente importante per una 'esplosione di fumo' perché dovrebbe esistere in uno stato normalmente premiscelato dei gas perché si verificarsi l'esplosione di fumo.
- Un'esplosione di fumo comporta di solito danni strutturali causati da onde di pressione, che l'evento minore, chiamato Flash Fire non fa.

Quale è la cosa rilevante? Bene, è rilevante che se nelle operazioni antincendio i pompieri creano aperture permettono all'aria di alimentare il fuoco fino allo sviluppo rapido, è l'azione di ventilazione che inizierebbe l'RFP. Se comunque l'azione dei pompieri fosse:

1. Scoprire una fonte d'ignizione disturbando frammenti incendiati; o
2. 'Spingere' un tizzone nello strato di fumo infiammabile attraverso l'inappropriato uso della lancia a getto nebulizzato (per esempio), o una ventilatore in PPV (altro esempio), il risultato sarà una Smoke Explosion - esplosione dei fumi od un Flash Fire.

Le azioni per opporsi ed evitare ogni evento sono:

- Un strato di fumo di combustibile-ricco e super-riscaldato ha bisogno di essere raffreddamento prima di creare una ventilazione.
- Un strato pre-miscelato pesante di fumo con un fuoco soppresso, necessita della rimozione (ventilazione tattica) come prima revisione, o un raffreddamento dello strato.

C'è anche un fattore comune e definito che è stato trascurato finora: **Attenzione al fumo bianco!** Un recente incidente nel Regno Unito (2004), dove due pompieri persero la vita, precedentemente agli avvertimenti sul sito Firetactics.com sulle 'condizioni di fumo bianco' un segnale di avvertimento classico per una SMOKE EXPLOSION imminente. Un incendio di cantina si era sviluppato lentamente con medie quantità di calore, creando le condizioni fumose in tutti e quattro i piani della struttura. La prima risposta riportava una piccola quantità di fumo biancastro/grigiastro che veniva da una finestra del piano superiore. Divenne chiaro il progresso del fuoco che quei prodotti di pirolisi si stavano formando a tutti i livelli nella struttura, appena il fumo bianco cominciò ad essere emesso da tutte le aperture. Dopo solo su un'ora sulla scena, il fumo bianco si scurì improvvisamente come il fuoco fu sotto-ventilato, mentre un'ignizione dei gas infiammabili

accumulati sul pianterreno accadde simultaneamente, a quanto riferito, appena il fuoco penetrò nel piano d'entrata. L'ignizione dei gas del fuoco (FGI) intrappolò i due pompieri che stavano tentando di arrivare alla cantina per prendere il fuoco. Una via di ventilazione creata sopra il pavimento alcuni secondi prima dell'esplosione di fumo, ha anche suggerito, un possibile catalizzatore nel creare l'inerzia che condusse allo sfavorevole movimenti dell'aria all'interno della struttura. È stabilito bene ed è documentato che quelle condizioni di fumo bianco possono offrire un segnale di avvertimento per una esplosione di fumo imminente. Questo fenomeno si origina in un compartimento adiacente, o sulla via d'accesso, al compartimento coinvolto. È parte delle sessioni del simulatore di addestramento CFBT come punto d'istruzione per indicare come i prodotti di pirolisi si presentano come fumi bianchi negli addestramenti a fuoco vero. Questo piuttosto è chiaramente considerato il colore del fumo della fibra di legno che causa un fumo bianco per formare un strato di gas estremamente infiammabile in spesse quantità, eventualmente accendendosi come un gas combustibile appena mescolano in proporzione con l'aria disponibile tra i compartimenti.

John Mc Donough scrive nel libro *3D firefighting* :

*Quando la temperatura è troppo bassa per sostenere la combustione fiammeggiante, o quando i livelli di ossigeno cadono sotto il 15%, vi sono quantità di combustibile (pirolisi) senza fiamma attiva e sulla maggior parte dei resti di carbone del materiale. Questo produce un fumo colorato biancastro. È importante comprendere che appena si sviluppa il fuoco, il calore sarà trasferito ai confini del compartimento che possono dare luogo alla pirolisi dei contenuti ed un accumulo di fumo bianco che contiene una percentuale molto alta di combustibili non bruciati. Come una linea guida generale, il fumo colorato biancastro spesso indica, che c'è un'accumulazione di prodotti di pirolisi a causa della temperature del compartimento in aumento. Questo si è visto spesso in stanze o spazi adiacenti al compartimento coinvolto dal fuoco.*

Sulle Esplosioni di Fumo il Sutherland riporta un fumo bianco/grigio che fu visto precedere le esplosioni di fumo sperimentali che seguono un periodo di condizioni di cova sotto la cenere. Afferma sulla p.47 come il fumo grigio diventa bianco durante il periodo di transizione verso condizioni instabili. *'Il covare sotto le cenere è considerato il produttore di un fumo bianco e denso'* (p.50). Descrive anche come il fumo grigio segnala uno Stage 2 ed il fumo bianco uno Stage 3 nel procedere verso un graduale Stage 4 (esplosione di fumo). L'autore ha avvertito ripetutamente fin dal 1991 dei pericoli esplosivi posti dal legno o muro in FIB e soffitto doghettato, e si crede che giochino una parte notevole nell'accumulazione di prodotti di pirolisi infiammabili in questa situazione. Questo doghettato emetterà volumi pericolosi di fumo bianco quando sottopose ad un lento sviluppo del fuoco. I prodotti di legno contengono grandi quantità di vapore d'acqua e qualche volta colle - formaldeide che possono aumentare l'effetto di fumo bianco. Mentre ogni situazione di fumo bianco non è di natura esplosiva, ogni condizione di accumulo di fumo bianco/grigio in un luogo confinato dovrebbero essere sempre prese seriamente. Forse uno degli incendi più noti, dove l'esistenza di fumo bianco condusse ad un notevole FGI che ha ucciso trentuno persone, era nel 1987 alla fermata della metropolitana di King's Cross nel cuore di Londra. L'autore era sulla scena come investigatore antincendio con la London Fire Brigade e ricorda asserzioni ripetute fatte dai pompieri ed altri testimoni.

Il rapporto ufficiale preso dalla London Fire Brigade nell'incendio:

*Sbuffi di fumo bianco furono visti da sotto la scala mobile.*

*I pompieri camminarono sulla scala mobile centrale oltre il fumo bianco.*

*I due membri del personale entrarono nella stanza della sala macchina della scala dove trovarono il compartimento pieno di fumo bianco.*

*C'erano grandi quantità di fumo bianco sopra e sotto la scala mobile nella sala macchine della scala mobile.*

*Il fumo si stava spargendo nell'area del tetto della sala prenotazioni.*

*Il ricordo alla scala mobile e vedo ancora una foschia di fumo nell'aria.*

*Alle ore 19:37 fu visto fumo bianco dalla polizia arrivata sul posto dalla strada d'accesso alla stazione.*

Il fuoco aveva coinvolto una grande quantità di legno a pannelli che rivestiva la scala mobile coinvolta. Comunque, rapporti susseguenti erano incapaci di spiegare perché il fuoco si era sviluppato così rapidamente nella sala prenotazione per uccidere così tante persone in pochi secondi. Questo fumo bianco si era acceso in una palla infuocata? Questo è il caso dove i pompieri accedono ad un compartimento in cui il fuoco ha covato sotto la cenere per del tempo, mentre si producevano grandi quantità di fumo estremamente infiammabile che è contenuto nella stanza o spazio. Il fumo può essere anche freddo e può apparire innocuo ai pompieri che procedono per cercare la fonte del fuoco. Quando trovano il fuoco, scoprendo un sofà, o alzando il materasso, o muovendo gli strati di polystyrene di plastica si ravviva nuovamente il fuoco. Improvvisamente - la Botta! La fonte d'ignizione è stata scoperta e c'è un'esplosione drammatica come si incontra con l'accumulo dei gas premiscelati, spesso al suo punto stechiometrico. Questo tipo di esplosione ha alzato pompieri da terra e li ha gettati a 6 metri (20 ft) attraverso l'area. In alcune occasioni li ha uccisi poi, nello sviluppo intenso del fuoco che ne è susseguito. Queste perdite di pompieri molte volte sono multiple. Il fuoco in questione può entrare nella forma di un irrilevante armadio a muro ed innocuo nel quale appare un incendio incipiente o in uno stato di decadimento, un attico con fumo fresco, un grande spazio di un negozio all'ingrosso o un piccolo fuoco di una stanza dove il fumo è leggero ed il fuoco è nascosto. Si guardi da questa situazione e faccia una ventilazione per allontanare il fumo prima di scoprire la fonte del fuoco. (Stare attenti anche ad un vento esteriore che può entrare per miscelare i tizzoni delle braci quando effettua la ventilazione del fumo dal compartimento).

### **Auto - ignizione**

Il fenomeno dell' 'auto - ignizione' è una delle forme più comuni del fenomeno di 'fuoco rapido' ma nei testi di addestramento è menzionato raramente. Accade quando un equipaggio effettua un accesso al fuoco - compartimento coinvolto, o struttura, dove c'è un cambio di fumo caldo in uscita con l'entrata di aria fresca:

1. Se il fumo è alla sua temperatura di auto-ignizione (AIT); e
2. Ci sono gas combustibile ed prodotti di combustione sufficienti da creare una miscela infiammabile; e
3. L'aria entra nella miscela portandola all'interno del campo d'infiammabilità senza raffreddarlo e portarlo sotto il suo AIT; poi...

.... ci sarà un'auto-ignizione del fumo. Questo può accadere solamente all'esterno del punto d'uscita ; può accadere nel punto di entrata o finestra; o può bruciare nel compartimento conseguente ad una ignizione all'esterno. Un altro modo in cui si manifesta l'auto-ignizione all'interno di un compartimento o spazio può essere dove è creata una ventilazione dal tetto vicino ai fumi super-riscaldati. Ci può essere anche un'auto-ignizioni simile, dove una sacca di gas combustibili calde si mescolano con l'aria infiammandosi. Queste fiamme possono muoversi all'interno nel compartimento e sono chiamate 'ghosting flames.' Comunque per essere più preciso, l'auto-ignizione non è **necessariamente un evento** in se stesso, ma primariamente una **fonte d'ignizione**. L'auto-ignizione interna si manifesterà probabilmente come un 'backdraft' o come 'gosting flames.' L'auto ignizione all'esterno è più probabile che si manifesti come una combustione fiammeggiante da una finestra con i gas combustibili che lo alimentano.

## **Backdraft**

Nel Regno Unito 40,000 pompieri incontrano circa cinquanta backdrafts all'anno. In altre occasioni sperimentano vari eventi associati 'ignoti' come forme di 'fuoco rapido' 600 volte all'anno circa: una volta ogni 187 incendi di struttura. Negli Stati Uniti c'è un evento di 'progresso di fuoco rapido' al giorno. L'enorme maggioranza di questi eventi sono passati senza danni a pompieri. *'Noi aprivamo la porta e c'era un flashover'*, è un'asserzione tipica che si faceva ogni settimana dai pompieri agli organi di stampa interessati. Comunque, molti di questi eventi prendono i pompieri durante la loro occupazione della struttura e tanti pompieri hanno ustioni serie ogni mese. Molti sono uccisi anche dallo sviluppo del fuoco improvviso e inaspettato. Se vuole imparare come è vasto il problema, vada sul sito di Google Alerts, un servizio web gratis, ed inserisca le parole chiavi come flashover, backdraft ed smoke explosiones, riceverà aggiornamenti quotidiani sui rapporti relativi al flashover-relativo. Sono stati riportati solo quegli eventi riportati dai media. Il numero attuale di tale 'eventi' accaduti è probabilmente cinque o dieci volte più grande! Molte sono le condizioni necessarie per far accadere un backdraft in un compartimento. Il fuoco ha dovuto avanzare in un stato di ventilazione-controllato con una concentrazione alta di prodotti di pirolisi e prodotti infiammabili della combustione. La concentrazione di ossigeno nel compartimento è bassa, generalmente al punto dove la fiamma è con una combustione incompleta. In somma, deve esserci una temperatura sufficiente da infiammare il combustibile quando si miscela con l'aria. Il rilascio di energia da un backdraft è estremamente rapido ed è generalmente transitorio, e dura solamente pochi secondi. Comunque, il fuoco avanza nello stato di pienamente sviluppato al cambio di ventilazione, risultato spesso dell'alta pressione ed il rilascio di calore causato dal backdraft.

## *Definizione del backdraft*

### **Steward 1914:**

*Queste Esplosioni di fumo accadono frequentemente in edifici che bruciano e sono comunemente chiamati 'backdrafts' o 'esplosioni d'aria calde.' Incendi di piccole dimensioni in edificio spesso riempiono interamente la struttura con fumo denso, prima che sia scoperto dalle emissioni dagli interstizi delle finestre. All'arrivo i pompieri, effettuano delle aperture immettendo aria, così la miscela d'aria e gas riscaldati della combustione si accendono con un bagliore su ogni piano, qualche volta con forza sufficiente da spingere e rompere le finestre, porte chiuse dove il fumo è penetrato, soffitti sotto tetto ecc.*

### **The Institution of Fire Engineers (IFE) definisce il backdraft come segue:**

*Un'esplosione di più grande o minore grado, causato dall'irruzione d'aria fresca da una apertura od altra causa, in un edificio che brucia, dove la combustione sta avendo luogo in una scarsità d'aria.*

### **Definizione dell' NFPA :**

*Una deflagrazione che è il risultato dell'introduzione improvvisa di aria in un spazio contenete deficienza di ossigeno e prodotti della combustione incompleta.*

### **C. Fleischmann e P. Pagni definiscono il backdraft come segue:**

*Se il compartimento è chiuso, gli eccessi di pirolisi si accumulano, pronti a bruciare quando una ventilazione è aperta improvvisamente, per esempio, come può accadere quando una finestra si rompe dovuta al fuoco indotto da uno stress termico o un pompiere che entra nel compartimento. Su di una ventilazione, la gravità corrente porta aria fresca nel compartimento. Questa aria si mescola con l'eccesso di pirolisi per produrre un miscela infiammabile, premiscelata con il gas che può essere accesosi in molti modi.*

### **Allegato alle dinamiche del fuoco - Quintiere e Karlsson:**

*La ventilazione limitata durante un fuoco chiuso può condurre alla produzione di grande quantità di gas non bruciati. Quando un'apertura si presenta improvvisamente, l'aria fluisce dentro mescolandosi con questi, mentre si crea una miscela combustibile di gas all'interno. Alcune fonti di ignizione, come un tizzone ardente possono accendere questa miscela infiammabile, dando luogo alle combustione dei gas in modo estremamente rapido fuori dall'apertura e provocando una palla infuocata fuori dal compartimento. (Quintiere, 1999)*

Tutte le varie definizioni summenzionate del backdraft contengono uno o più degli elementi seguenti:

- ***Incendio in Ventilazione controllata*** - La combustione non può autosostenersi con l'ossigeno adeguato. Questo ossigeno entra tipicamente nella forma dell'aria atmosferica. Quando un compartimento non ha nessuna ventilazione aperta per ri-provvigionare l'aria/ossigeno, il fuoco comincerà a decadere.

- **Prodotti di pirolisi non bruciati** - la combustione incompleta del combustibile/i produce volumi pesanti di prodotti di pirolisi non bruciati sospesi nel compartimento.
- **Spazio confinato o fuoco contenuto** - Ci deve essere un spazio chiuso o un compartimento come una sola stanza chiusa.
- **Introduzione improvvisa di aria/ossigeno** - Un'apertura è presentata improvvisamente nel compartimento, e permette all'aria fresca di entrare nel compartimento.
- **Combustione rapida della pirolisi prodotta** - Accade l'ignizione della pirolisi prodotta sospesa ed un fronte di fiamma che comincia ad avanzare attraverso il compartimento.
- **Fire spread (espansione della fiamma) fuori dal compartimento** - Il fronte di fiamma uscirà dal compartimento dalla ventilazione aperta e darà luogo ad una palla di fuoco ed una sovra-pressione.

*Le componenti che controllano il backdraft :*

- Condizioni sotto-ventilate di un incendio di un compartimento;
- Produzione non bruciate, di prodotti di pirolisi in deficienza di ossigeno (eccesso di pirolisi);
- Introduzione improvvisa dell'aria (i.e. finestra o porta);
- Una gravità corrente d'aria fresca nel compartimento;
- Miscela d'aria con la pirolisi non bruciata in deficienza di ossigeno creando una miscela infiammabile/combustibile;
- Se la fonte d'ignizione è presente in questa miscela infiammabile/combustibile, accadrà poi l'ignizione;
- Il risultato dell'ignizione della miscela turbolenta di aria e la pirolisi non bruciata in deficienza di ossigeno darà luogo ad una espansione della fiamma;
- Accade una deflagrazione appena la fiamma si propaga all'interno del compartimento;
- L'eccesso di pirolisi non bruciata è costretta attraverso l'apertura, dall'accumulo di pressione positiva e calore creato dal fronte di fiamma che si propaga;
- L'eccesso di pirolisi fuori dal compartimento si accende una volta presentata con l'aria fresca e si accende un fronte di fiamma seguente, mentre si crea una palla di fuoco ed una onda di pressione.

*Indicatori di un backdraft*

Gli indicatori seguenti posso far accadere un backdraft:

- Pulsazioni del fuoco. Finestre e porte sono chiuse, ma il fumo esce fuori e rientra sotto pressione nell'edificio;
- Nessuna fiamma visibile nella stanza;
- Le porte e le finestre sono calde;
- Suoni come un fischio intorno alle porte e finestre. Se il fuoco sta bruciando da molto tempo in un spazio chiuso, molti gas non bruciati possono essersi accumulati;
- Il vetro delle finestre è scolorito e può essere rotto dal calore (Norman, 1991);
- L'indicatore chiave, il quale è stato testimoniato in passato, è il movimento del fumo fuori e dentro come se l'edificio stesse respirando.

### *Una definizione pratica e nuova del backdraft*

La definizione corrente più appropriata per il backdraft è stata cambiata dagli studi di Quintiere ed Pagni/Fleischmann.

*Una ventilazione limitata durante un incendio confinato può condurre alla produzione di grande quantità di prodotti di pirolisi non bruciati. Quando un'apertura è presentata improvvisamente, l'aria che fluisce dentro sotto la gravità corrente si mescola con la pirolisi prodotta ma non bruciata, creando una miscela combustibile di gas nello spazio confinato. Ogni fonte d'ignizione, come un tizzo ardente ad esempio, possono infiammare questa miscela combustibile, dando luogo ad una combustione estremamente rapida di gas/pirolisi costretti fuori attraverso l'apertura e provocando una palla infuocata fuori dei confini del compartimento.*

### **Flameover**

*Flameover - Un fuoco che si sparge rapidamente sopra le superfici esposte delle balle di cotone. Nell'industria del cotone, il termine comune è flashover ed ha lo stesso significato.*

Questo termine è stato ridefinito (negli Stati Uniti) dal suo significato originale, che descrive una fiamma rapida sparsa attraverso la superficie estremamente infiammabili, come su dei muri o soffitto dipinti con vernici o lacche. Questo è una definizione pratica sulla quale è basata l'osservazione ed esperienza dei pompieri di tale 'fuoco rapido' e non è una definizione scientifica come tale.

### **Standard ISO e terminologia scientifica stabilita**

Ci sono ancora dei problemi di conflitto con la terminologia e teoria portata attraverso la traduzione dallo Svedese all'inglese, e questo ha provocato molta confusione. Negli anni ottanta, gli ingegneri antincendio Svedesi avevano cominciato a ridefinire termini che già erano stati stabiliti da scienziati e pompieri US e UK molti anni prima, usando nuovi termini, definizioni e chiarimenti per eventi associati con il vario fenomeno del fuoco rapido.

### **Fire gas ignition**

Dal rapporto Lund 1019, Bengtsson che da una definizione di un 'brandgasexplosion' (fire gas explosion):

*Il concetto di fire gas explosion non è definito in nessun standard ISO. Questo concetto è, comunque, usato in molti paesi e quelle definizioni esistenti sono molto simili. Una possibile definizione è data sotto:*

*'Quando i gas dell'incendio (fire gas) si perdono in un'area adiacente ad un compartimento che sta bruciando essi possono ben mescolarsi con l'aria in quel compartimento adiacente. Questa miscela può riempire tutto o parte del volume disponibile e può essere all'interno dei limiti di*

*infiammabilità. Se la miscela è infiammabile questa può provocare un grande aumento di pressione. E questo stato è chiamato fire gas explosion.' Un fire gas explosion avviene senza cambiare nessuno stato di nessuna apertura nel compartimento. Il cambio di ventilazione cambia le condizioni nel compartimento per il backdraft che deve cambiare durante lo sviluppo del fuoco. Naturalmente, il confine tra i due concetti può essere un poco confuso.'*

Il termine Svedese 'brandgasexplosion' (esplosione dei gas del fuoco) e le definizioni associate non incide per il fatto, che il termine **smoke explosion** 'esplosione di fumo' è esistito per molti anni nella lingua inglese ed è usato praticamente dai pompieri sia nel Regno Unito che negli Stati Uniti e documentato dagli scienziati dal 1975. È difficile trovare l'origine esatta del termine, ma è chiaro che è quasi vecchio di 100 anni almeno, e fu usato originalmente per descrivere un'ignizione di prodotti di combustione sotto circostanze simili al backdraft. La più recente ricerca scientifica ha definito questo termine in modo più accurato. Il documento che lo tratta in un modo più dettagliato è di Sutherland (1999) che descrisse in modo chiaro il fenomeno dei gas del fuoco che si accendono con forza esplosiva. Comunque, questo documento descrisse anche altri eventi dove il fumo (gas del fuoco) possono accendersi senza forza esplosiva. Ci sono referenze al primo lavoro di Croft (1980) e Wiekema (1984) che c'informa che onde al alta-pressione (in eccesso di 5 kPa) associate con l'ignizioni dei gas possono essere chiamate 'smoke explosion' ed altri tali ignizioni con onde di pressione minori dovrebbero essere chiamate 'Flash Fire'. Ci sono poi anche le 'auto-ignition' dei gas dove essi incontrano approvvigionamento di ossigeno supplementare nei punti d'uscita ecc. Questi non possono essere chiamate 'esplosioni' ma è più indicato 'ignizioni' come una descrizione dell'evento determinato. Il problema principale qui, non è che tutte le ignizioni degli strati di gas sono esplosive. L'autore passò molto tempo con il Dr Martin Thomas, uno scienziato del fire research nel Regno Unito, per definire questi termini, era nel concordare che il termine 'fire gas ignition' è il termine più appropriato per descrivere la serie più ampia degli eventi che includono 'ghosting flames', 'smoke explosion' e 'flash fire', come è opposto il fire gas 'explosion'. Era anche dell'opinione che 'smoke explosion' era la referenza scientifica usata e stabilita per molti decenni nel Regno Unito, e che ogni modifica della terminologia inglese che preesiste, a 'fire gas explosion', non ha uno scopo logico. Importante, ed essenziale è rendere differenti i vari fenomeni, così che i pompieri siano capaci di guadagnare un apprezzamento più largo dei rollover (i più verificabile) come opposto alle situazioni più pericolose ed esplosive associate con le smoke explosion (fire gas explosion). Alcuni autori continuano ad usare termini di pseudoscientifici nei loro testi di addestramento e questo ha causato un'ulteriore confusione. La terminologia originale tradotta dallo Svedese, è come riferimento al termine "flashover", è stato convertito con le correnti scientifiche ed ISO definizioni usate in Europa e Nord America come segue:

- Svedese 'flashover magro' è il **ROLLOVER**
- Svedese 'flashover ricco' è il **BACKDRAFT**
- Svedese 'flashover ritardato' è lo **SMOKE EXPLOSION**
- Svedese 'flashover caldo e ricco' è l' **AUTO-IGNITION**
- Svedese 'fire gas explosion' è lo **SMOKE EXPLOSION**

## **Fuoco nero**

Un termine che è comunemente usato dai pompieri del Nord America per descrivere un fumo caldo e scuro, che si arriccia in un 'fungo-sagomato' e che fuoriesce a grande velocità. Questo tipo di fumo sta mostrando la transizione da un fuoco sotto-ventilato, con un fumo che 'bolle' alla combustione fiammeggiante. Precede (normalmente entro alcuni secondi) uno stato dove il fumo si auto-accende al punto d'uscita. Può anche segnalare l'assalto del flashover con ventilazione-indotta. La temperatura di questo fumo è generalmente vicina ai 500 °C (932°F) o più.

## **Azioni (non-azioni) dei pompieri**

La natura complessa dei vari eventi associati con il progresso rapido del fuoco (RFP) previene una comprensione pratica da parte dei pompieri di tali fenomeni. Noi dobbiamo perciò avvicinarci al soggetto con un obiettivo di addestramento di base. Dal punto di vista di un istruttore CFBT, non è necessaria la scienza precisa dietro ad ogni evento che è importante per il pompiere, ma piuttosto **l'azione (o le non azioni)** che è probabile che lui/lei prendano per causare, o prevenire/contenere tali forme di comportamento estremo del fuoco. Ci sono molte forme di fenomeni del fuoco che possono condurre ad un improvviso ed estremamente intensa combustione (RFP) in un incendio di un compartimento. Il pompiere ha bisogno di capire una base di come e perché possono accadere questi eventi. Per esempio, la semplice azione di aprire una porta può condurre ad un evento di RFP. Inoltre, i pompieri devono guadagnare una comprensione pratica delle azioni che è probabile che essi prendano per prevenire questi avvenimenti. È probabile che un esempio sia di mettere solamente abbastanza acqua nella quantità di gas per raffreddarli, ma mantenendo un equilibrio termico. Quantità improprie d'acqua possono causare un 'inversione termica' e lasciar cadere lo strato di fumo al pavimento, impedendo ogni visibilità.

## **Eventi ad aria fredda - Differenziale di temperatura e pressione**

Per molti anni l'autore ha promosso le sue credenze di come il 'flusso d'aria' in una struttura coinvolta possa colpire la pressione interna. Per esempio, l'improvviso rilascio del 'fuoco' dall'interno e la pressione del vento causata attraverso l'apertura di una porta o dalla ventilazione da una finestra dove il flusso d'aria entra altrove nella struttura può condurre ad un devastante ed improvviso sviluppo del fuoco. L'ulteriore, ricerca di fenomeni di 'fuoco rapido' hanno creato un collegamento con il differenziale della temperatura dove la temperatura esteriore possano colpire la **probabilità ed l'intensità** di ogni fenomeno improvviso del fuoco. Ci sono stati molti eventi seri in Canada, dove le temperature molto fredde all'esterno hanno potuto condurre a dei backdraft molto intensi ed ignizioni dei fire gas.

L'evento di Blaina in Galles, Regno Unito accadde anche esso in un giorno molto freddo. Questo non suggerisce che i backdrafts accadano soltanto nei giorni molto freddi, ma bensì che la probabilità aumenta e l'intensità può anch'essa essere molto più seria. Un ingegnere antincendio Svedese, familiare con questa teoria, suggerì il seguente chiarimento: La legge dei gas ideale afferma che  $pV = nRT$  che, quando semplificata, intende pressione x volume = quantità x temperatura. Per una quantità determinata a pressione continua, questo ci dà la Legge di Charles V

= kT. Questo vuole dire che un gas si espande da 1/273 per ogni grado (Kelvin) di aumento di temperatura. Per esempio, una differenza di 40 °K da un 40/273 (14.6%) di differenza in volume. Quindi in un giorno freddo, 1 metro cubico d'aria contiene il 15% in **più di ossigeno** che in un giorno caldo. L'effetto di raffreddamento supplementare, dell'aria più fredda appena entra nella struttura è trascurabile in relazione al contenuto di ossigeno più alto.

## 10.10 TERMINOLOGIA ULTERIORE

**Auto-ignizione** - Il punto di auto-ignizione è la temperatura alla quale una miscela infiammabile si accende spontaneamente in aria. La temperatura di auto-ignizione (AIT) si riferisce dove il punto della miscela è stechiometrica per un AIT al minimo.

**Fiamme danzanti (Dancing flame)** - Vedere le Ghosting flame

**Fiamme diffuse** - Molte fiamme in incendi sono diffuse: la caratteristica principale di una fiamma diffusione è che il combustibile e l'ossidante (l'aria) è inizialmente separato e la combustione accade nella zona dove i gas si mescolano.

**Infiammabilità dei gas di combustione (fire gases)** - Fire gases, incluso il monossido di carbonio ed il metano che sono capaci di bruciare in diffusione e in stati di pre miscelazione. Il fumo prodotto in un incendio è infiammabile. Il fumo con particelle è un prodotto della combustione incompleta e può condurre alla formazione di un'atmosfera infiammabile che, se viene innescata, può condurre ad una esplosione.

**Fuoco in combustibile controllato** - La libera combustione di un incendio che è caratterizzato da un approvvigionamento di aria in eccesso, da quello che è richiesto per la combustione completa della fonte del combustibile o dalla pirolisi disponibile.

**Ghosting flames (fiamme che si sdoppiano)** - E' la descrizione di fiamme che non sono legate alla fonte del combustibile e si muovono intorno nel compartimento per bruciare dove è favorita la miscela combustibile aria. Tale avvenimento in una situazione sotto-ventilata è un segnale sicuro che precede il backdraft. Anche chiamato dancing flame (fiamme danzanti).

**Gravità corrente** - Anche chiamata onda di gravità. E' un flusso opposto tra due fluidi causato dalla differenze di densità. In antincendio questo termine si riferisce fondamentalmente all'area di sotto-pressione dove l'aria entra in un edificio o compartimento ed l'area in sovra-pressione dove il fumo, fiamma o gas caldi sono localizzati: il processo di miscelazione tra l'aria fresca ed i gas combustibili dell'incendio. (Veda anche veda l'interfaccia dello strato caldo sotto).

**Gas ad alta velocità** - Dove l'ignizione ed il movimento dei gas di combustione super-riscaldati sono accelerate attraverso aperture strette, corridoi ecc., o è deflesso, l'effetto può essere drammatico. I livelli profondi della combustione (riferito ad un approfondimento locale nel Regno Unito) provocherà modelli insoliti di combustione come se vi è un'accelerazione nell'intensità del fuoco in aumento. In alcune occasione, dove i gas ad alta-velocità escono al di fuori senza essere deflessi, il loro flusso è, tale che possono attraversare una strada intera, creando un effetto di fiamma dalla finestra o porta d'entrata.

**L'interfaccia dello strato caldo** - Spesso riferito come NPP (neutral pressure plane). E' chiaro che lo strato superiore fumoso e caldo che si forma sotto il soffitto e l'abbassamento dello strato freddo che si restringe come lo strato caldo discende è congiunto ad un interfaccia distinta orizzontale (modello al computer). Questa è evidentemente una semplificazione perché la turbolenza all'interno di un compartimento coinvolto preverrebbe ogni vera formazione dell'interfaccia. Anche, le piume estremamente turbolente e gli strati caldi, così come forti flussi di ventilazione, possono provocare la distruzione dell'interfaccia. Comunque, un cambio ben visibile nelle condizioni dallo strato superiore nell'abbassato è stato osservato in molti incendi di compartimento. *Il piano d'interfaccia* dello strato caldo ed il piano *neutrale* non sono gli stessi. L'interfaccia è l'elevazione verticale all'interno del compartimento, via dal punto di ventilazione a che è la discontinuità tra lo strato caldo e lo strato freddo localizzato. Il piano neutro (o punto) è l'ubicazione verticale alla ventilazione che è la differenza di pressione attraverso la ventilazione dove è zero. In termini 'la sovra-pressione' e 'la sotto-pressione' sono usate anche dai pompieri per descrivere l'area sopra dell' NPP (sovra-pressione) e l'area sotto il NPP (la sotto-pressione).

**Fiamma pre miscelata** - In combustione pre miscelata, il combustibile gassoso e l'ossidante (l'aria) sono miscelati prima dell'ignizione - la propagazione di fiamma attraverso la miscela è una deflagrazione (e.g. smoke explosion - esplosione di fumo).

**Pulsazione a ciclo** - Un'indicazione della presenza di vapori di combustibile non bruciati nel compartimento con il potenziale per la pre miscelazione ed una potenziale esplosione. Un segnale di avvertimento per i backdraft come un fumo 'pulsante' ad intermittenza fuori e dentro da un punto di ventilazione/entrata.

**Pirolisi** - E' il secondo stage d'ignizione durante il quale l'energia provoca delle molecole gassose del combustibile solido che è riscaldato vibrando e rompendosi in pezzi. Nonostante un combustibile era originariamente liquido o solido, la combustione complessiva gassificherà il combustibile. Con i liquidi, l'approvvigionamento di combustibile gassoso è il risultato dell'evaporazione generata dal calore delle fiamme. Nei solidi il processo è più complesso e comporta la decomposizione chimica (la pirolisi) di un grande polimero di molecole. Alcuni combustibili solidi come sodio, potassio, fosforo e magnesio possono essere ossidati anche direttamente dall'ossigeno nell'aria senza il bisogno della pirolisi.

**Progresso rapido del fuoco** - Si tratta di una definizione dell'NFPA per tutti i tipi d'intensificazione del fuoco rapido che possono accadere e possono collegarsi ai fenomeni ed i loro associati.

### **Regimi di combustione**

1. Combustibile-controllato,
2. Ventilazione-controllata,
3. Stechiometrico.

**Eventi di passaggio** - il flusso di calore rilasciato (HRR-heat release rate) è controllato dall'approvvigionamento di combustibile o dall'approvvigionamento dell'aria. Perciò, in principio, sono possibili quattro transizioni (step):

1. Combustibile controllato a nuovo combustibile controllato;
2. Combustibile controllato ad aria controllata;

3. Aria controllata a nuova aria controllata;
4. Aria controllata a combustibile controllato.

In ognuno di questi casi un nuovo fuoco è sostenuto.

**Equilibrio termico** - Il grado di equilibrio termico che esiste in una stanza chiusa durante lo sviluppo di un incendio dipende dall'approvvigionamento del combustibile e la disponibilità dell'aria così come altri fattori. L'area calda sopra il fuoco (spesso chiamata fire plume o colonna termica) causa la circolazione dell'aria al fuoco. Comunque, quando il soffitto e parti superiori del muro divengono super-riscaldate, la circolazione rallenta finché la stanza intera svilupperà un genere di equilibrio termico con temperature distribuite uniformemente ed orizzontalmente in tutto il compartimento. In termini verticali le temperature aumentano continuamente dal basso per arrivare con la più alta concentrazione di calore a livello più alto.

**Eventi transitori** - Questi sono un, ed possibilmente in modo violento, rilascio di energia dal fuoco che NON è sostenuto:

1. Aggiungendo combustibile;
2. Aggiungendo aria/ossigeno (backdraft);
3. Aggiungendo calore (esplosione di fumo - smoke explosion).

**Incendio sotto ventilato** - Diversamente dalla *ventilazione - incendio controllato* un *incendio sotto ventilato* non è riconosciuto come un regime di combustione ma piuttosto, una situazione dove si è accumulata una ricca quantità di combustibile all'interno di un compartimento. La situazione non può comportare un incendio pienamente sviluppato e può essere solamente in un stato di cova sotto la cenere. Le condizioni possono o non possono presentare segnali di avvertimento relativi al backdraft.

**Ventilazione - incendio controllato** - Qualche volta riferito come un 'incendio sotto ventilato', anche se questo può essere incorretto (*vedi 'incendio sotto ventilato' sopra*). Incendi pienamente sviluppati che accadono sotto un confine o all'interno di un compartimento sono in ventilazione controllata e bruciano sotto una condizione di combustibile ricco. In queste situazioni, le temperature più alte normalmente sono notate alle aperture di ventilazione. Il flusso di approvvigionamento dell'aria è insufficiente per bruciare tutti i vapori del combustibile all'interno del compartimento, conducendo ad una possibile fiamma all'esterno.

