

II DOOR FAN TEST

L'analisi di integrità dei locali nella progettazione degli impianti di estinzione *Total Flooding*

G. Franzini

*Giorio Franzini – Industrial Loss Control & Engineering s.r.l. – Via Vincenzo Monti 52, 20017 Rho –MI –
Tel. +39 02 93904351 – Fax: +39 02 93904350 – E-Mail: franzini@ilceng.it*

A. Ferrari

*Andrea Ferrari – Industrial Loss Control & Engineering s.r.l. – Via Vincenzo Monti 52, 20017 Rho –MI –
Tel. +39 02 93904351 – Fax: +39 02 93904350 – E-Mail: ferrari@ilceng.it*

1 SOMMARIO

L'efficacia degli impianti antincendio a gas, con saturazione totale d'ambiente, viene sempre più posta in relazione alle caratteristiche dei locali protetti, mediante l'utilizzo della tecnica del Door Fan Enclosure Integrity Test.

L'esecuzione di questo tipo di prove d'integrità dei locali, già in sede di progetto consente di intervenire nella definizione dell'appropriata quantità minima di estinguente o della necessità di adottare la scarica di mantenimento.

Nel seguito descriveremo quali sono gli aspetti che maggiormente influiscono sulle caratteristiche di tenuta del volume protetto, facendo di volta in volta riferimento a casi reali di locali oggetto di Door Fan Test e cercando di evidenziare in che modo la capacità di un ambiente nel trattenere al suo interno il gas estinguente, possa influire sull'efficacia dell'azione di spegnimento dell'impianto antincendio.

2 INTRODUZIONE

2.1 *Le problematiche ambientali*

A partire dall'inizio degli anni '70, sono stati individuati quali principali responsabili del buco dell'Ozono i CFC, seguiti successivamente dagli Halons che secondo una stima dell'Ente per la Protezione dell'Ambiente Statunitense (U.S. Environmental Protection Agency) nonostante rappresentino solamente il 2% del totale di Halocarbons prodotti, concorrono per oltre il 20% alla distruzione dello strato di Ozono. In tempi più recenti anche gli HCFC (utilizzati in passato come sostituti dei CFC) sono diventati oggetto di regolamentazione in quanto presentano un Potenziale di Distruzione dell'Ozono (O.D.P. :Ozone Depletion Potential) significativo, benché inferiore a quello dei CFC.

Il Protocollo di Montreal, firmato nel settembre del 1987, da ca. 150 Nazioni, fissando limiti temporali e quantitativi alla produzione ed all'utilizzo di sostanze nocive per l'ozono stratosferico, ha innescato una progressiva, ma inesorabile necessità di cambiamenti in molti ambiti industriali e civili.

Infatti i CFC (cloro-fluoro-carburi), gli Halon (idrocarburi alogenati), e gli HCFC (idro-cloro-fluoro-carburi), che sono stati correntemente utilizzati per diverse tipologie di applicazioni, come: bombolette spray, frigoriferi, impianti di condizionamento, impianti antincendio, sono fra i principali responsabili dell'emissione in atmosfera di molecole di Cloro e Bromo che alterano il delicato equilibrio dinamico naturale tra decomposizione e formazione di molecole di Ozono.

2.2 *Gli effetti nel settore dell'antincendio*

A seguito: sia di questa presa di coscienza nei confronti dei problemi ambientali, sia dei conseguenti dispositivi legislativi, per la maggior parte degli impianti antincendio a saturazione di gas, ci si è trovati nella condizione di non poter più fare le scariche di prova (*Total Flooding Discharge Test*), o comunque di dover limitare le emissioni di gas in atmosfera.

In considerazione del fatto che un importante aspetto dei TFDT riguarda la verifica della effettiva tenuta dei locali, la necessità di trovare delle soluzioni alternative per conseguire queste informazioni sull'efficacia degli impianti di estinzione a saturazione di gas, ha creato le premesse per lo sviluppo della metodologia del "*Door Fan Enclosures Integrity Test*".

3 IL DOOR FAN TEST

3.1 Cos'è il Door Fan Test

Utilizzato da diversi anni, negli Stati Uniti, come ausilio alla progettazione dei sistemi di riscaldamento e condizionamento, alla fine degli anni '80 è stato sviluppato e codificato nell'ambito dell'ingegneria antincendio, per la verifica dei locali protetti con sistemi di estinzione a saturazione di gas.

Il protocollo di prova del Door Fan Test fu ufficialmente formalizzato nell'edizione 1989 dello standard: *NFPA 12A: "Halon 1301 Fire Extinguishing Systems", Appendix B* e ripreso nel 1994 da *NFPA 2001: "Clean Agent Fire Extinguishing Systems", Appendix B*.

In seguito è stato definito anche l'omologo standard ISO che è riportato nell'*Annex E* della norma pubblicata nel 2000: *ISO 14520-1:2000: "Gaseous fire-extinguishing systems – Physical properties and system design -- Part 1: General requirements*.

Il *DOOR FAN TEST* è una procedura di analisi e di verifica delle caratteristiche di tenuta di un locale, cioè della sua attitudine ad impedire che in presenza di un gradiente di pressione fra interno ed esterno si crei un flusso d'aria attraverso le pareti che lo compartimentano.

Il *Door Fan Test* fornisce un metodo per valutare l'entità delle perdite di un locale e la sua capacità di trattenere all'interno il gas emesso da un sistema di estinzione a saturazione totale (*Total Flooding Discharge*). Consente inoltre di procedere alla ricerca sistematica ed alla individuazione delle aree di perdita presenti sulle superfici che delimitano il locale.

Viene messo in atto pressurizzando e depressurizzando il locale e misurando le portate di aria necessarie allo scopo mediante un'apparecchiatura che consta di:

- Un pannello da adattare sull'apertura di un vano porta del locale da esaminare
- N° 1 o 2 ventilatori con velocità regolabile, da installare sul suddetto pannello, per immettere ed estrarre aria dal locale
- Una consolle di controllo con gli strumenti per la misura delle pressioni interna ed esterna al locale, del flusso d'aria generato per ottenerle, delle temperature interne ed esterne.
- Una unità di calcolo (PC) per l'elaborazione dei valori misurati e l'estrapolazione delle caratteristiche di tenuta del locale



Figura 1. Apparecchiatura per Door Fan Test

3.2 Gli Stadi di esecuzione del Test

Il DFT si sviluppa concettualmente in 3 stadi:

- **MISURA:** Si misura l'entità del flusso di aria immesso/estratto nel/dal locale per generare al suo interno un determinato valore di sovrappressione/depressione.
- **CALCOLO:** Dai valori misurati si può calcolare l'Area di perdita equivalente (ELA: Equivalent Leakage Area), cioè l'area totale di tutte le perdite, crepe, giunture e superfici porose che consentono perdite dalle superfici di compartimentazione del locale in oggetto.
- **PREDIZIONE:** Noto il valore della Equivalent Leakage Area è possibile eseguire una stima del Tempo di Ritenzione del gas all'interno del locale.

3.3 La Procedura di Prova

Analizziamo ora in dettaglio la procedura del Door Fan Test per capire su quali principi si fonda.

3.3.1 Misura e Calcolo

Il procedimento seguito nell'esecuzione di un Test prevede l'immissione di un flusso di aria nel locale per Pressurizzarlo fino al valore di sovrappressione che verrebbe determinato da una reale scarica di agente estinguente al suo interno. La misura del flusso di aria immesso dà un'indicazione delle perdite (cioè della portata di aria che esce). Infatti in condizioni di equilibrio risulta che nell'unità di tempo:

$$\underline{\text{volume di aria entrante}} = \underline{\text{volume di aria uscente.}}$$

Conoscendo quindi la portata di aria immessa, il coefficiente di scarica del ventilatore in presenza di un flusso laminare dell'aria, la sovrappressione indotta e la densità dell'aria si può calcolare con precisione la ELA intesa come l'area teorica di un foro dai contorni netti, attraverso il quale passi tutto il flusso di perdita, alla pressione di prova.

Lo stesso tipo di prova verrà ripetuto eseguendo una Depressurizzazione del locale, al fine di minimizzare l'influenza sulla misura della Pressione Statica, cioè di un delta di pressione fra interno ed esterno del locale già presente prima dell'inizio del Test. Il valore effettivo della ELA sarà dato dalla media fra i due valori ottenuti come sopra descritto.

3.3.2 Predizione del Tempo di Ritenzione

Un impianto di estinzione a saturazione totale di gas (*Total Flooding Discharge System*) progettato per la protezione di un locale, spegne l'incendio creando nell'ambiente una miscela aria/gas estinguente di concentrazione opportuna, che dovrà essere mantenuta per la durata del Tempo di Ritenzione richiesto.

Sulla base delle misure eseguite e del calcolo della ELA il modello proposto da NFPA è in grado di fare una predizione del Tempo di Ritenzione richiesto.

Per raggiungere questo risultato il modello matematico considera due casi limite di distribuzione del gas all'interno del locale:

Descending Interface

Dopo la scarica all'interno del locale, il gas si mescola immediatamente con l'aria e la miscela così ottenuta tende rapidamente a stratificare, si stabilisce così una pressione statica che raggiunge il suo massimo nel punto più basso

A causa di questa sovrappressione, parte della miscela aria/gas fuoriesce attraverso le aperture sul fondo ed entra aria dalle aperture sulla sommità.

Nei locali in cui vengono disattivati i sistemi di ventilazione e di condizionamento, il modello NFPA prevede che la miscela aria/gas-estinguente tenderà a rimanere separata dall'aria pura proveniente dall'ambiente esterno e la loro superficie di separazione (definita interfaccia) a rimanere netta. Al fuoriuscire della miscela estinguente dal locale l'interfaccia di separazione tenderà a scendere progressivamente.

La tenuta dell'ambiente sarà stabilita verificando che l'interfaccia discendente raggiunga l'altezza di riferimento (75% di quella totale, o comunque quella stabilita dall'Autorità Avente Giurisdizione) dopo un intervallo di tempo (Tempo di Ritenzione) superiore a quello limite che garantisce il completo spegnimento dell'incendio (solitamente 10 min.)

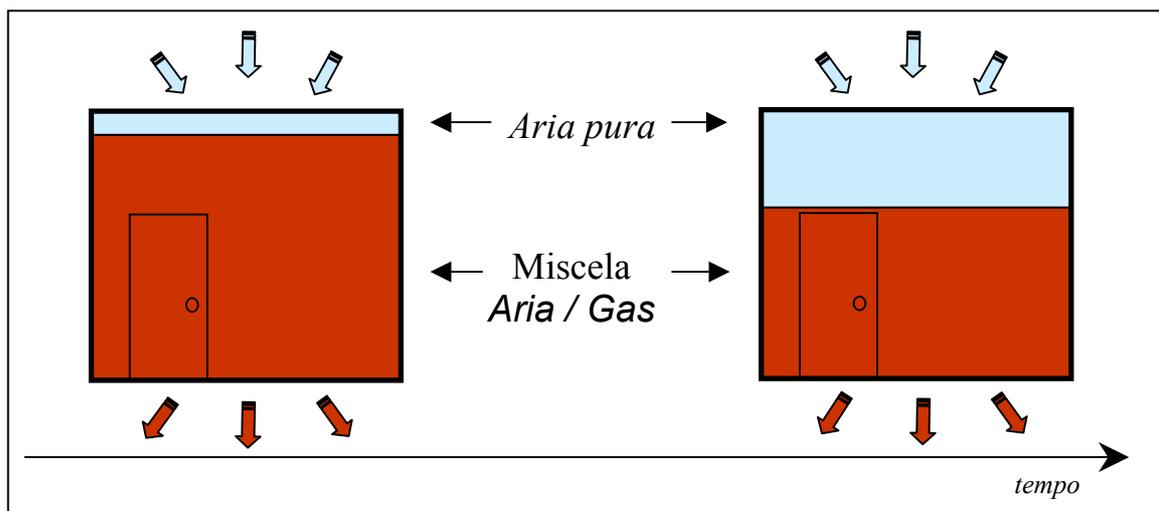


Figura 2. Descending Interface

Mixing Case

Nel caso in cui i sistemi di ventilazione e condizionamento rimangano attivi durante il Tempo di Ritenzione, l'aria pura entrante verrà mescolata con la miscela aria/agente-estinguente, provocandone quindi una diminuzione uniforme di concentrazione su tutto il volume.

La tenuta dell'ambiente sarà stabilita verificando che la concentrazione della miscela aria/agente-estinguente rimanga superiore a quella minima di spegnimento (caratteristica per ogni agente estinguente) dopo un intervallo di tempo (Tempo di Ritenzione) superiore a quello limite che garantisce il completo spegnimento dell'incendio (solitamente 10 min.)

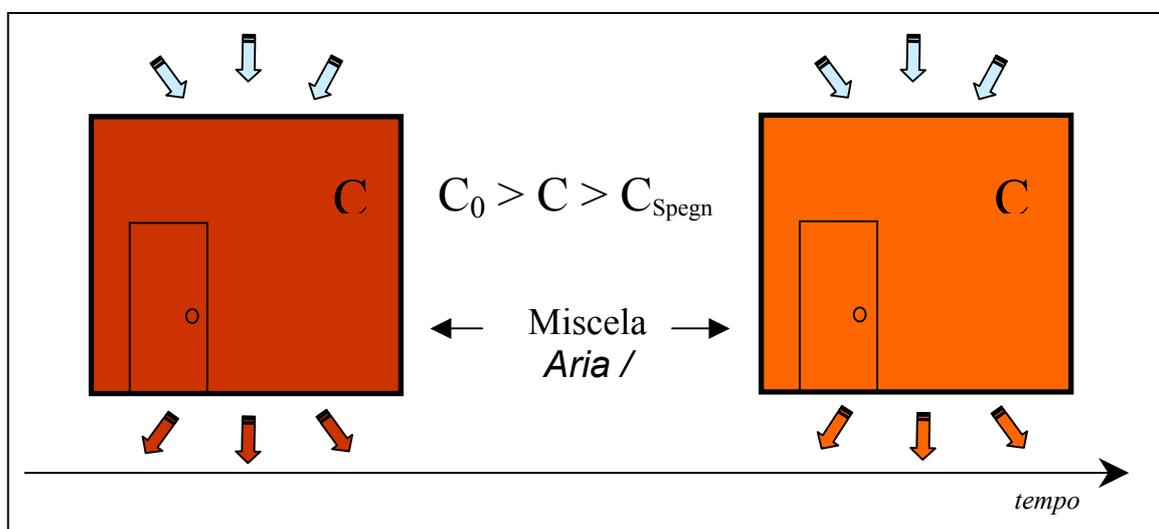


Figura 3. Mixing Case

3.3.3 Ricerca delle perdite

La sequenza standard del DFT si può pertanto riassumere come segue:

- Fase preliminare di set up hardware e software
- Pressurizzazione del locale, con misura dei valori ottenuti
- Depressurizzazione del locale, con misura dei valori ottenuti
- Calcolo della superficie equivalente di perdita
- Predizione del tempo di ritenzione e della concentrazione del gas in ambiente (test superato/fallito)
- Ricerca di eventuali perdite pressurizzando il locale, nel caso di test fallito

- Sigillatura delle perdite
- Ripetizione completa della prova

Nello svolgimento delle prove descritte, si procede alla ricerca delle perdite mediante l'uso di fumo chimico. L'utilizzo del fumogeno comporta l'immissione in ambiente, durante la fase di pressurizzazione, di modeste quantità di fumo, tramite appositi "smoke puffers" (una sorta di pompetta emettitrice di fumo), in prossimità di fessure e probabili punti di perdita, per apprezzare la fuoriuscita del fumo, che consente di individuare anche perdite nascoste (piccole crepe nelle pareti, trafiletti lungo gli infissi delle vetrate o lungo gli accoppiamenti fra pannelli perimetrali, ecc...).

4 I CLEAN AGENT NEGLI IMPIANTI TOTAL FLOODING

4.1 *Dagli Halons....*

Prima della loro messa al bando gli impianti ad Halon 1301 hanno avuto una grandissima diffusione dovuta alla loro versatilità d'impiego ed all'attitudine a soddisfare allo stesso tempo ad una molteplicità di esigenze.

L'Halon 1301 poteva essere infatti utilizzato come agente estinguente di notevole efficacia per liquidi e gas infiammabili, materiali elettrici, combustibili solidi ed ordinari quali carta, legno e tessuti. Uniche limitazioni erano rappresentate da alcuni metalli reattivi e da alcuni prodotti o miscele chimiche capaci di rapide ossidazioni in assenza d'aria, quali Potassio Sodio, Magnesio, Titanio.

Alla versatilità d'impiego si univa una non comune efficacia estinguente, principalmente dovuta alla capacità di agire direttamente sulla chimica della combustione ed in misura decisamente minore all'effetto di raffreddamento e di diluizione dell'ossigeno in ambiente.

Con concentrazioni di progetto dell'ordine del 5%, si ottemperava contemporaneamente all'esigenza di avere impianti con un limitato numero di bombole, non molto costosi e utilizzabili entro ampi margini operativi anche in locali con presenza di persone, in quanto la rapidità di estinzione dell'incendio bloccava sia la formazione dei prodotti della combustione quali monossido di carbonio, fumo e calore, sia la riduzione dell'ossigeno.

Probabilmente, proprio l'insieme di queste considerazioni, alla base della grande fiducia nel potere estinguente degli halon, sono la causa della sorprendente assenza di precise indicazioni normative sulle caratteristiche di tenuta dei locali e sulle procedure di verifica e misura, fino all'edizione 1989 della *NFPA 12*, quando, in conseguenza del Protocollo di Montreal, incominciò a porsi il problema di evitare, per quanto possibile, qualunque rilascio in atmosfera, non strettamente necessario, di sostanze caratterizzate da elevati valori di Ozone Depletion Potential (ODP) e di Global Warming Potential (GWP).

4.2 *....Ai Clean Agents*

In ogni caso, dato che l'ampia tipologia dei rischi già protetti con Halon si presta ad una molteplicità di sistemi di protezione facenti capo a varie tecnologie: impianti a gas, sprinkler, acqua nebulizzata, sprinkler acqua/schiuma, schiuma ad alta espansione, ecc. , la messa al bando degli halons ha portato alla definizione di due grandi famiglie di sistemi alternativi: quelli "*in kind*" e quelli "*not in kind*", che identificano rispettivamente gli agenti estinguenti con caratteristiche molto simili agli halons, e quelli che si basano su tecnologie completamente differenti.

Al momento le alternative agli halons più diffuse sono quelle "*in kind*", in quanto le caratteristiche di "pulizia" e di assenza di danni da bagnamento dei sistemi a gas, unitamente al tentativo di ottenere il retrofit dei vecchi impianti nel modo più semplice ed economico, ha spinto gli utenti ed i produttori verso la ricerca di agenti estinguenti gassosi alternativi, normalmente classificati in due gruppi: gli **halocarbon**, gas liquefatti prodotti chimicamente come i vecchi halons, e i **gas inerti**, sostanzialmente gas compressi presenti in natura. Benché queste due tecnologie abbiano, per certi versi, caratteristiche sostanzialmente diverse, sono state accomunate con la denominazione di *Clean Agent*, per evidenziarne la maggior compatibilità con l'ecosistema.

Una delle differenze fondamentali fra queste due famiglie di agenti estinguenti risiede nello sfruttamento dei meccanismi che sono alla base del processo di estinzione dei *Clean Agent* :

- incremento della capacità termica dell'ambiente dove si sviluppa l'incendio,
- diluizione dell'ossigeno,
- reazione endotermica di decomposizione dell'agente estinguente e conseguente generazione di radicali liberi che tendono a sottrarre l'ossigeno alla reazione di combustione,

Mentre tali processi vengono completamente utilizzati dagli *halocarbons* per sottrarre calore alle fiamme fino al punto in cui l'incendio non è più in grado di autosostentarsi, i *gas inerti*, non utilizzano il terzo meccanismo in quanto non intervengono chimicamente nella reazione di combustione.

Quindi la tipologia del processo di spegnimento utilizzato e la relativa efficienza, sono i parametri che per ciascun *Clean Agent* determinano le concentrazioni che dovranno essere ottenute all'interno del locale, per raggiungere le appropriate capacità estinguenti.

A titolo di esempio, nella seguente tabella possiamo riassumere, per alcuni *Clean Agent* significativi, i valori di dimensionamento dell'impianto *Total Flooding* per spegnere un incendio di Classe A in un locale di 750m³, rapportati a quelli di un analogo sistema ad Halon 1301.

Class A Surface Fire in 750 m³ enclosure			
	<i>Design Concentration</i>	<i>Mass/Volume of Agent</i>	<i>Number of 80 liter container</i>
Halon 1301	5	248 Kg	3
HFC 227 ea	7	411 Kg	5
HFC 23	16	419 Kg	7
HCFC Blend A	8.6	772 Kg	4
FC 3-1-10	7	558 Kg	6
CO₂	53	1125 Kg	22
Inergen	40	382 m ³	28-31
Argonite	40	465 m ³	27-30

Tabella 1. Tabella comparativa fra *Clean Agent* e *Halon 1301*

4.3 Concentrazione e quantità di progetto

La determinazione dei corretti valori di concentrazione e di quantità d'estinguente risulta essere uno degli aspetti più critici nella progettazione dei sistemi a gas. La concentrazione e la quantità di progetto vengono pertanto determinate nel modo seguente:

$$DC = (EC \times SF) \rightarrow MDQ$$

$$AMDQ = MDQ \times (1 + DF)$$

Dove:

- *DC* = *Design Concentration* (Concentrazione di Progetto)
- *EC* = *Extinguishing Concentration* (Concentrazione di Estinzione)
- *SF* = *Safety Factor* (Fattore di Sicurezza)
- *DF* = *Design Factor* (Fattore di Progetto)
- *MDQ* = *Minimum Design Quantity* (Quantità Minima di Progetto)
- *AMDQ* = *Adjusted Minimum Design Quantity* (Quantità Minima di Progetto Corretta)

La Concentrazione di Estinzione viene determinata per ogni combustibile, con protocolli di prova sviluppati sperimentalmente dai principali standard normativi, che, pur variando per qualche dettaglio, risultano molto simili nella filosofia generale di approccio, sia secondo *NFPA* che *ISO*.

Alla Concentrazione di Estinzione si deve aggiungere un appropriato Fattore di Sicurezza, allo scopo di incrementare l'affidabilità complessiva del sistema di spegnimento, tenendo conto e compensando: sia le imprecisioni insite nello sviluppo del progetto, sia l'errore nella determinazione dell'esatta concentrazione di spegnimento, sia altre imprecisioni non facilmente individuabili e misurabili.

Nella seguente tabella si riassume quanto previsto da *NFPA 2001, 2000 Edition* e *ISO 14520, First Edition (August 2000)*:

SAFETY FACTOR				
NORMA	<i>Classe A</i>	<i>Classe B Sist. Attivati manualmente</i>	<i>Inertizzazione</i>	Design Factor
NFPA 2001	20 %	30 %	10 %	SI
ISO 14520	30 %	30 %	10 %	SI

Tabella 1. *Safety Factor* secondo *NFPA 2001* e *ISO 14520*

Nell'ultima edizione della *NFPA 2001* è stato inoltre introdotto il concetto di Design Factors. Il Fattore di Progetto è una quantità addizionale di agente estinguente che compensa quei fattori di rischio conosciuti dal progettista che tendono a ridurre l'efficacia complessiva dell'impianto.

È da notare che i Fattori di Sicurezza sono concettualmente differenti dai Fattori di Progetto, in quanto i primi servono per introdurre dei margini di sicurezza che compensino inefficienze del sistema, non identificabili e quantificabili con precisione, mentre i secondi sono derivati da situazioni conosciute dal progettista.

Fra i Fattori di Progetto che si devono generalmente considerare durante la progettazione dei sistemi utilizzando *Clean Agent*, oltre a quelli sul lay-out delle tubazioni di distribuzione e sulla pressione all'interno del volume protetto, rivestono significativa importanza quelli relativi alla geometria del locale ed alle aperture che non possono essere completamente chiuse prima della scarica.

In tal senso la verifica d'integrità del locale mediante Door Fan Test, risulta essere uno strumento fondamentale di corretta progettazione.

4.4 Ritenzione dell'Agente Estinguente

La permanenza dell'agente estinguente nel volume protetto permette il completo spegnimento del fuoco, in particolare nel caso di combustibili che formano braci, o di scenari che coinvolgono elementi metallici ancora surriscaldati che potrebbero provocare la riaccensione del combustibile. Il mantenimento di un'atmosfera inerte all'interno del locale consente pertanto il raffreddamento di braci e superfici surriscaldate, fino alle condizioni di sicurezza, ed è inoltre necessario nel caso in cui non sia prevista l'interruzione automatica delle alimentazioni elettriche, all'interno dell'ambiente protetto.

Scenari di questo tipo si realizzano, ad esempio, nei casi in cui si consente all'incendio di svilupparsi pienamente, prima di procedere alla scarica dell'agente estinguente. Tutti gli oggetti in prossimità del fuoco, sia che si tratti di elementi metallici o di oggetti d'arredamento, saranno surriscaldati e forniranno energia da irraggiamento di ritorno allo stesso incendio, producendo un incremento della temperatura delle fiamme, antagonista all'azione dell'estinguente che invece tende a ridurre la temperatura fino allo spegnimento.

Il tempo minimo di ritenzione del gas in ambiente (*Retention Time*) può variare in funzione dell'applicazione e dell'estinguente considerato, ma normalmente i protocolli di test per combustibili di Classe A e Classe B ed incendi di tipo *surface fires* indicano 10 minuti.

Secondo quanto precedentemente descritto, il DFT fornisce lo strumento necessario per valutare l'integrità del volume da proteggere e la necessità: di intervenire sulle caratteristiche del locale, di introdurre Fattori di Progetto nel calcolo della quantità di gas della scarica iniziale, di prevedere la scarica di mantenimento.

5 PROGETTAZIONE E DOOR FAN TEST: CASE STUDY

Dall'esperienza maturata nell'analisi di integrità di numerosi locali caratterizzati da differenti ubicazioni, tipologie costruttive e destinazioni d'uso, si evince in modo inequivocabile che troppo spesso la progettazione dell'impianto antincendio a saturazione totale di gas prescinde dalle caratteristiche fisiche del volume protetto e quindi dai suoi requisiti di tenuta.

Frequentemente, il processo di progettazione, anche se eseguito con rispetto della normativa adottata, focalizza l'attenzione soprattutto: sulla relazione fra rischio protetto, estinguente prescelto e concentrazione richiesta; sulla conseguente determinazione del quantitativo d'estinguente necessario; sul corretto calcolo idraulico delle tubazioni di distribuzione; dando in un certo senso per scontata la permanenza del gas all'interno del volume protetto.

Pertanto, all'atto della realizzazione di un nuovo impianto, la cura delle caratteristiche di tenuta del locale viene molto spesso affidata, dalla committente, all'azienda che esegue le opere civili, che per naturale vocazione professionale non ha la necessaria sensibilità specifica. D'altra parte l'impiantista non è particolarmente interessato agli interventi sulle compartimentazioni, al punto che non di rado viene trascurata la fornitura di serrande di sovrappressione opportunamente dimensionate, anche nelle applicazioni ove risultano auspicabili.

Per questo motivo occorre che ci sia un coordinamento da parte di un soggetto qualificato che può essere identificato in:

- Società d'ingegneria che emette le specifiche dell'impianto, possibilmente dopo il DFT;
- Autorità Avente Giurisdizione (l'anglosassone *Authority Having Jurisdiction*), tipicamente l'ente assicurativo;
- Ente collaudatore nominato dalla committente.

In realtà finché non si assiste in prima persona all'esecuzione di un DFT ed alla relativa ricerca delle perdite, risulta difficile acquisire la corretta percezione sull'efficienza della tenuta di un locale protetto.

L'esecuzione del DFT prima della predisposizione del progetto, consente quindi di accertare la fattibilità di un sistema di protezione a saturazione di gas all'interno del volume da proteggere, permettendo anche di valutare la convenienza tecnico-economica di soluzioni alternative. Inoltre fornisce in sede di progetto le informazioni necessarie per la definizione di eventuali Fattori di Progetto o scariche di mantenimento, in relazione anche ai pericoli connessi con la presenza di persone nei locali protetti.

Nel seguito descriveremo quali sono gli aspetti che maggiormente influiscono sulle caratteristiche di tenuta del volume protetto, facendo di volta in volta riferimento a casi reali di locali oggetto di Door Fan Test.

5.1 *Struttura del locale*

La tipologia costruttiva del locale assume, come facilmente intuibile, un peso rilevante nell'ambito delle caratteristiche di tenuta del volume protetto. L'ampia diffusione nel nostro paese, di costruzioni in cemento armato e mattoni, rappresenta di per sé una discreta garanzia, ma è altrettanto vero che in ambito industriale si può incontrare la necessità di realizzare impianti Total Flooding anche in ambienti con caratteristiche molto diverse. Cabinati realizzati con pannelli sandwich, divisori costituiti da elementi prefabbricati, superfici vetrate, porte, controsoffitti, pavimenti sopraelevati, rappresentano quasi sempre superfici permeabili al gas estinguente.

5.1.1 Case Study 1: Cabinato Turbogas

La prova è stata eseguita sul cabinato Turbogas di un impianto di cogenerazione, in una centrale elettrica. Il volume protetto di ca. 1300 m³, per 8.4 m di altezza, era dotato di un impianto Total Flooding a FM 200 con scarica rapida e scarica di mantenimento.

Nel caso in esame, tenendo conto che il *Rundown Time* della turbina è di ca. 10 minuti durante le fermate di emergenza, è richiesto un *Retention Time* di almeno **10 min** durante il quale la concentrazione non deve scendere al di sotto del **7%**.

In merito alle difficoltà che si sono incontrate nell'esecuzione del DFT all'interno del cabinato fonoassorbente in oggetto, si è potuto osservare, sulla base di intuitive considerazioni qualitative e dell'esperienza già maturata, che la lamiera forata della superficie interna dei pannelli, tende a veicolare (attraverso l'intercapedine in lana di roccia) l'aria in pressione all'interno del cabinato verso punti degli accoppiamenti fra i pannelli, fra i pannelli e gli stipiti delle porte, fra i pannelli ed il tetto o fra i pannelli e il basamento, che possono rappresentare aree di perdita, non più ispezionabili né accessibili dopo il montaggio del cabinato stesso.

5.1.2 Case Study 2: Centro Elaborazione Dati

La prova è stata eseguita all'interno di un locale CED che gestisce la rete di distribuzione italiana di una società multinazionale. Il volume protetto di ca. 120 m³, per 3 m di altezza, era dotato di un impianto Total Flooding a Inergen con scarica rapida.

In questo caso, è richiesto un *Retention Time* di almeno **10 min** durante il quale la concentrazione non deve scendere al di sotto del **28.6%**.

L'area in oggetto, è stata ottenuta dividendo un ampio locale in muratura con un setto divisorio in cartongesso, per separare il volume protetto nel quale sono alloggiati i Server, dalla sala terminali.

Dalla ricerca delle perdite è emerso che la parete in cartongesso necessitava di una attenta verifica, sia per quanto riguarda la sigillatura dell'accoppiamento con le solette a pavimento e soffitto, sia per i punti nei quali viene attraversata. Tali pareti infatti presentano solitamente una intercapedine interna che tende a veicolare l'aria in pressione all'interno del locale verso gli accoppiamenti fra la parete ed il soffitto o il pavimento, o verso ogni altra possibile area di perdita. Da qui deriva la necessità di sigillare anche dall'interno del locale gli attraversamenti che già sono sigillati esternamente.

Infine vale la pena di sottolineare che i controsoffitti ed i pavimenti modulari sopraelevati, rappresentano superfici permeabili al gas che celano porzioni del locale potenzialmente ricche di perdite per il gran numero di attraversamenti che le interessano.

5.2 *Attraversamenti delle compartimentazioni*

Alla scarsa tenuta dei locali da proteggere, molto spesso contribuiscono anche le difficoltà nel sigillare tutte le aperture presenti nelle solette e nelle pareti, necessarie per gli attraversamenti degli impianti e di eventuali drenaggi.

5.2.1 Case Study 1: Cabinato Turbogas

Per i cabinati come quello precedentemente descritto, oltre ad una molteplicità di attraversamenti delle compartimentazioni, necessarie al passaggio del sistema di alimentazione, di quello di lubrificazione, del medesimo impianto di estinzione, di tutti gli impianti elettrici, dei canali di ventilazione sia in mandata che in ripresa, dei drenaggi a pavimento, ecc..., esiste il problema dell'attraversamento di una parete del locale da parte della turbina, per la trasmissione verso il generatore elettrico. L'accoppiamento fra parete del cabinato e turbina, piuttosto lasco a causa delle sollecitazioni termiche e meccaniche, risulta un punto di perdita che si può definire strutturale, per questo tipo di installazioni.

Nel caso in esame sono state riscontrate perdite anche da un condotto cavi al di sotto del basamento del cabinato e sono stati avanzati ragionevoli dubbi sulla tenuta di altri condotti cavi.

Sono state riscontrate anche alcune perdite sulle pareti del cabinato, soprattutto in corrispondenza di attraversamenti od interventi che sembravano essere successivi alla realizzazione del fabbricato.

Tali perdite di solito sono anche individuabili con un semplice esame visivo, per le tracce di sporco lasciate sulla superficie esterna del pannello, in prossimità del punto dal quale filtra l'aria.

5.2.2 Case Study 2: Centro Elaborazione Dati

Case Study 3: Centrale Telefonica di Stabilimento

Il caso del CED precedentemente descritto e quello della Centrale Telefonica di un grande stabilimento industriale, protetta con impianto Total Flooding che, con scarica rapida, satura di Inergen un volume protetto di ca. 185 m³, per ca. 3 m di altezza, mostrano caratteristiche del tutto simili in merito ai problemi riscontrati negli attraversamenti delle superfici perimetrali.

A fronte del fatto che nel CED, l'ambiente fra i due volumi tecnici, è sembrato avere buone caratteristiche di tenuta anche in prossimità delle finestre (sia verso l'esterno sia verso l'attiguo locale terminali) dove non sono state riscontrate perdite significative, al di sopra del controsoffitto, sono state individuate delle perdite in corrispondenza dell'attraversamento della parete, sia da parte del canale di ventilazione per l'immissione di aria primaria nel locale, sia della tubazione che collega alle bombole gli ugelli dell'impianto antincendio a saturazione di gas.

Al di sotto del pavimento modulare sopraelevato, sono state riscontrate perdite significative in corrispondenza dei punti di passaggio di passerelle e tubazioni per i cavi attraverso le pareti. Nel corso delle varie prove sono stati via via esaminati e tamponati provvisoriamente i vari attraversamenti, migliorando progressivamente il grado di tenuta complessivo del CED.

Considerazioni analoghe valgono per la Centrale Telefonica, per la quale risulta che, al di sopra del controsoffitto, sono state individuate perdite: sia in corrispondenza dell'attraversamento della parete perimetrale da parte di due tubazioni coibentate gemelle, che attraversano il locale, sia in corrispondenza di attraversamenti delle pareti da parte di cavi e passerelle cavi.

In merito alla tipologia di sigillatura degli attraversamenti di cavi elettrici, occorre sottolineare che l'utilizzo di sacchetti di materiale intumescente, per quanto efficace per evitare la propagazione dell'incendio, non si rivela adatto al contenimento del gas estinguente, perché garantisce caratteristiche di tenuta solo quando si espande a causa della elevata temperatura.

L'esperienza ha dimostrato che un'attenta attività d'indagine, unitamente ad un'accurata opera di sigillatura, è in grado di rendere i locali protetti effettivamente in grado di garantire quelle caratteristiche di tenuta che consentono all'impianto antincendio a saturazione totale di gas di assicurare la capacità di estinzione di progetto. Naturalmente tali caratteristiche dei locali vanno preservate nel tempo; ciò presuppone un adeguamento delle procedure di stabilimento, in modo tale che venga sempre ripristinata l'integrità della tenuta ogni qual volta vengano eseguiti lavori che ne alterino la continuità. Tale raccomandazione risulta tanto più importante, quanto più si considera l'elevata dinamica di locali quali i CED o le Centrali Telefoniche, che sono soggetti a continue modifiche ed aggiornamenti dei cablaggi.

5.3 Gestione della ventilazione

Un aspetto molto importante relativo alle caratteristiche di tenuta di un locale, è quello che riguarda una corretta gestione della ventilazione. Lo scambio di aria con l'esterno dell'ambiente deve essere chiaramente interdetto, mentre un ricircolo interno dovuto a ventole di raffreddamento di apparati elettrici od a condizionatori per il raffreddamento dell'aria ambiente, risulta ammissibile in quanto miscela l'atmosfera, ma non altera la concentrazione dell'estinguente.

L'ottenimento di tali condizioni, viene perseguito mediante l'installazione, sui canali di ventilazione, di opportune serrande di intercettazione la cui chiusura è pilotata dall'azionamento dell'impianto di estinzione a saturazione totale prima dell'esecuzione della scarica.

L'esperienza dimostra che una corretta ed affidabile gestione di tali serrande non è così scontata come ci si potrebbe ragionevolmente aspettare, non solo per gli aspetti funzionali legati alla loro effettiva chiusura, ma anche per quelli inerenti la corretta logica di intervento, soprattutto in edifici di grandi dimensioni con articolati sistemi centralizzati di trattamento aria.

5.3.1 Case Study 4: Laboratori di Ricerca

La prova è stata eseguita all'interno di una serie di locali utilizzati come laboratori, all'interno di un grande edificio di recente costruzione ed espressamente progettato per tale destinazione d'uso. Il volume protetto di nostro interesse era di ca. 285 m³, per 3.15 m di altezza, dotato di un impianto *Total Flooding* a FM200 con scarica rapida.

In questo caso, è richiesto un *Retention Time* di almeno **10 min** durante il quale la concentrazione non deve scendere al di sotto del **5.5%**.

In tale applicazione si sono riscontrate difficoltà nell'ottenere le appropriate condizioni di prova per l'esecuzione del DFT, a causa di un'elevata sovrappressione statica del locale rispetto al corridoio adiacente, tale da non riuscire a procedere.

Dopo un'attenta verifica del sistema di ventilazione, da parte dei tecnici preposti, è stato riscontrato che gli interblocchi previsti dal sistema di estinzione a saturazione di gas, per il comando delle intercettazioni dell'impianto di condizionamento del laboratorio, non agivano sul canale di espulsione dell'aria esausta che era comunicante con quello del locale attiguo.

Dopo aver provveduto alla chiusura manuale della serranda sul canale dell'aria esausta, si sono immediatamente ripristinate le corrette condizioni di pressione statica che hanno consentito l'esecuzione della prova.

L'esito positivo del DFT ha quindi dimostrato le adeguate caratteristiche di tenuta del locale, ed ha fornito l'indicazione di provvedere all'azionamento della suddetta serranda da parte degli interblocchi dell'impianto di spegnimento.

5.4 Sovrappressione

Infine è opportuno fare alcune considerazioni sull'andamento della pressione all'interno del volume protetto, che dipende essenzialmente dai seguenti fattori:

- Concentrazione di progetto
- Rateo di scarica dell'agente (tempo di scarica)
- Area totale di perdita
- Per gli halocarbon dal fatto che il volume subirà due impulsi di pressione:
 - il primo negativo dovuto alla rapida riduzione della temperatura causata dalla vaporizzazione dell'agente all'interno del volume;
 - il secondo impulso sarà positivo, causato dal volume dell'agente aggiunto ed alla sua espansione per riscaldamento.

La grandezza dei due impulsi di pressione è proporzionale al calore latente di vaporizzazione dell'agente. Tanto più è elevato questo valore, tanto maggiore sarà la grandezza dell'impulso di pressione negativa e minore quella dell'impulso di pressione positiva.

- Per i gas inerti dal fatto che il volume subirà un unico impulso di pressione:
 - La massima pressione nel volume corrisponderà al massimo rateo di apporto dell'agente estinguente
 - La sovrappressione generata dai Gas Inerti è più facilmente calcolabile, rispetto agli halocarbons, poiché l'acquisizione di calore dal volume protetto è sensibilmente ridotta.
 - Benché per i gas inerti la sovrappressione sia più facile da calcolare, questa, assumendo un valore decisamente elevato, pone problemi di stabilità dei volumi protetti, che devono essere correttamente valutati.

5.4.1 Superficie di rilascio

Nel caso di utilizzo di gas inerti come agenti estinguenti, dovrà essere attentamente vagliata la necessità di prevedere delle superfici di sfogo per il picco di sovrappressione che si genera nella prima fase di scarica, in rapporto alle caratteristiche strutturali del volume protetto.

In tal senso il *Door Fan Test* rappresenta un utile strumento di analisi, perchè permette di porre in relazione la superficie di rilascio che viene normalmente suggerita dal programma di calcolo idraulico dell'impianto di estinzione, con l'Equivalent Leakage Area misurata, senza tuttavia rappresentare un pericolo per l'integrità strutturale del locale protetto, in quanto non vengono in ogni caso mai indotte nell'ambiente provato sovrappressioni superiori ai 60 Pa (cioè 6 Kg/m²). In questo modo il DFT permette di valutare in sede di

progetto se, una volta garantito l'adeguato Retention Time, la ELA del volume protetto è eventualmente sufficiente a compensare la mancanza della superficie di rilascio consigliata.

In questa valutazione si deve in ogni caso tener conto anche del probabile scenario d'incendio, in quanto nel caso sia possibile supporre un importante sviluppo di fiamme, si dovrà considerare anche il contributo allo sviluppo della sovrappressione da parte dell'incendio. Pertanto soprattutto per i locali caratterizzati da superfici perimetrali leggere in pannelli prefabbricati e/o vetrate, l'approccio più sicuro sembra essere quello di sigillare al meglio le superfici di compartimentazione e di realizzare le adeguate superfici di rilascio.

6 CONCLUSIONI

Si può pertanto concludere che un efficace impianto di estinzione a saturazione totale di gas non può prescindere dalla conoscenza e dall'adeguamento delle caratteristiche del volume protetto fin dalla fase di progettazione.

Il DFT rappresenta quindi un prezioso strumento di analisi per verificare preventivamente la fattibilità di una protezione *Total Flooding* all'interno del locale di interesse, mettendo il progettista in condizione di fare un bilancio costi benefici ad ampio spettro, nel valutare, all'estremo, l'utilizzo di una tecnologia differente, o nello scegliere il *Clean Agent* più adatto in relazione alle caratteristiche strutturali, di tenuta, dimensionali ed all'affollamento del volume protetto. Quest'ultimo punto risulta particolarmente significativo se si tiene conto che in caso di presenza di persone la concentrazione di estinguente deve essere tale da garantire lo spegnimento, ma in ogni caso non superiore a quella di NOAEL (*No Observed Adverse Effect Level*), che garantisce l'assenza di effetti dannosi sugli esseri umani esposti. Nel caso degli *Inert Gas* pertanto la concentrazione di estinguente dovrà essere tale da ridurre la percentuale di ossigeno nell'aria al di sotto del 14÷15% al fine di soffocare la combustione, ma al tempo stesso dovrà rimanere al di sotto del limite di NOAEL del 43% che corrisponde a ca. il 12% di ossigeno residuo in ambiente. Essendo quindi l'efficacia dell'estinzione legata al mantenimento della concentrazione di ossigeno nel volume protetto in un ristretto intervallo compreso fra il 12 ed il 15%, risulta evidente che l'accurata conoscenza delle caratteristiche di tenuta del locale, offerta dal *Door Fan Test*, può fare la differenza fra un impianto conforme o meno agli standard normativi.

Per concludere si può quindi ribadire che, come abbiamo potuto osservare anche dai Case Study, il risultato sull'esame delle caratteristiche del locale protetto è uno dei parametri che concorrono alla corretta definizione del *Design Factor* ed alla valutazione sulla necessità di prevedere la Scarica di Mantenimento per garantire almeno la concentrazione minima per il *Retention Time* richiesto. In questo modo si può sia adeguare di volta in volta la progettazione dell'impianto antincendio alle caratteristiche di Cabinati, CED, Centrali Telefoniche, Laboratori, Archivi, ecc.; sia permettere in seconda istanza di verificare che pareti non propriamente impermeabili, molteplici attraversamenti delle superfici perimetrali da parte di impianti elettrici e meccanici, articolati sistemi di condizionamento, non pregiudichino il raggiungimento delle prestazioni di progetto.

Per questi motivi, in questi ultimi tempi il DFT è diventato sempre più il corollario naturale al collaudo finale di accettazione di un impianto antincendio a saturazione totale d'ambiente, soprattutto dietro la spinta degli enti assicurativi che, in questo modo, nel ruolo di *Authority Having Jurisdiction*, acquisiscono tutti gli elementi che concorrono a determinare l'efficacia globale della protezione.

7 BIBLIOGRAFIA

- [1] NFPA 2001 - 2000 Edition, Standard on "Clean Agent Fire Extinguishing Systems"
- [2] NFPA 12A, Halon 1301 Fire Extinguishing Systems
- [3] ISO 14520-1: "Gaseous fire –extinguishing systems – Physical properties and system design – Part 1: General requirements
- [4] Philip DiNunno and Eric W. Forssell, Hughes Associates Inc.: "Evaluation of the Door Fan Pressurization Leakage Test Method Applied to Halon 1301 Total Flooding Systems". Journal of FIRE PROTECTION ENGINEERING. Vol 1 – N°4 – Oct, Nov, Dec 89
- [5] Casey C. Grant: "Enclosures Integrity Procedure for Halon 1301 Total Flooding Fire Suppression Systems" National Fire Protection Research Foundation
- [6] Retrotec Infiltrometer Manual # 6.1.1 Retrotec Inc. 2200 Queen Street, Unit 12
- [7] J. Dewsbury, R.A. Whiteley: "Review of Fan Integrity Testing and Hold Time Standards" Fire Technology, Volume 36, n° 4, by NFPA International.
- [8] J. Dewsbury, R.A. Whiteley: "Extensions to Standard Hold Time Calculations" Fire Technology, Volume 36, n° 4, by NFPA International.
- [9] Martin Klocke: "Door Fan Test", Proceedings of the Vds Congress on "Fire Extinguishing Systems" - Cologne, 1th-2th December 1998.