12_Applicazioni&tecno_03_17:. 7-03-2017 10:19 Pagina 1

I sistemi impiantistici per la sconnessione fluidodinamica fra compartimenti: caratteristiche e limiti

a cura di **Giuseppe Amaro, Michele Fronterré**

Con il presente articolo si vuole porre l'attenzione del lettore, sia esso asseveratore, professionista, installatore, manutentore, gestore di un immobile, sulle caratteristiche che un sistema di sconnessione fluidodinamica deve possedere e deve garantire nel tempo al fine di assicurare le prestazioni richieste nel contesto della strategia antincendio definita dal progettista per raggiungere gli obiettivi primari di sicurezza.

I sistemi di sconnessione fluidodinamica

La progettazione di sistemi per la salvaguardia della vita in caso d'incendio in ambienti confinati è in continua evoluzione. In caso d'incendio all'interno di edifici, la sicurezza delle persone in fase di esodo è garantita attraverso l'uso combinato di diverse tipologie di impianti con funzioni specifiche.
Gli impianti per la sicurezza antincendio si concentrano su tre linee di azione:

- controllo ed estrazione dei prodotti di combustione gassosi
- controllo dello sviluppo della potenza termica rilasciata dall'incendio
- gestione delle operazioni di evacuazione.

In caso d'incendio, il fumo è uno dei principali pericoli per la sicurezza e la salute delle persone presenti all'interno dell'edificio a causa dei gas tossici che contiene, delle temperature che può raggiungere e dell'effetto di riduzione della visibilità che provoca lungo le vie di esodo.
In caso di edifici alti, si pone il problema di evitare che il fumo prodotto da un incendio sprigionatosi in un piano possa diffondere in altri piani.
I principali elementi che possono mettere in comunicazione i piani tra loro, dal punto di vista della diffusione dei fumi, sono le scale e gli atrii multipiano.
Le soluzioni adottate per mantenere le scale libere da fumi in caso d'incendio sono molteplici e si differenziano in funzione delle normative vigenti e delle tecniche più diffuse nel luogo di edificazione.
Il principio base adottato per proteggere le scale è quello di disaccoppiarle fluidodinamicamente dagli ambienti a rischio incendio. Il disaccoppiamento è spesso effettuato tramite vani detti "filtri a prova di fumo".
Questi vani hanno la funzione di bloccare la diffusione dei fumi con soluzioni attive o passive di protezione antincendio. In Italia, essi costituiscono la soluzione largamente più impiegata in edifici multipiano ad elevata densità di affollamento.
In Italia, la realizzazione di filtri a prova di fumo è normata attraverso il D.M. del 30 novembre 83 e, successivamente, attraverso il codice di prevenzione incendi D.M. 3 agosto 2015.
A livello internazionale, le normative europee di riferimento identificano diverse strategie

12_Applicazioni&tecno_03_17:. 7-03-2017 10:19 Pagina 2

di protezione dei vani scala: i sistemi di pressurizzazione delle scale o di depressurizzazione degli ambienti a rischio incendio. Queste soluzioni si basano sulla generazione di un moto d'aria fresca in direzione opposta alla direzione dell'esodo.
La norma "NFPA 92 - Standard for Smoke Control Systems - 2015", prevede la pressurizzazione degli ambienti da proteggere in funzione di questi tre fattori:

- installazione di sistemi di spegnimento nell'area di diffusione del fumo
- altezza del soffitto nell'area d'incendio
- differenza di pressione minima e massima.

Il valore minimo di differenza di pressione deve essere garantito con un numero di porte aperte pari a 0 e pari al numero di porte aperte da progetto.
Il valore di pressione massimo deve essere tale da garantire un forza accettabile per l'apertura delle porte attraversate dagli occupanti.
I filtri a prova di fumo in Italia sono progettati in funzione della tecnica di disaccoppiamento che si vuole adottare:

- a ventilazione naturale
- sovrappressione meccanica.

Sistemi a ventilazione naturale

Il filtri a prova di fumo con sistemi di estrazione fumi di tipo naturale sfruttano il principio secondo cui per via della diversa densità dell'aria e dei fumi, questi diffondono verso l'alto fuoriuscendo. In questo modo, è possibile garantire condizioni di vivibilità all'interno del filtro.
Punto debole di questa soluzione è il fenomeno dell'inversione termica.
Si ha il fenomeno di inversione termica quando la differenza di temperatura tra esterno e interno è positiva o non sufficiente ad innescare moti ascensionali.
Inoltre nel caso di edifici multipiano la soluzione che prevede aperture dirette verso l'esterno è impraticabile.

Il problema dell'inversione termica: un caso

Sono state messe a confronto due zone filtro di altezza pari a 5 m e di superficie rispettivamente 15 e 30 m^2.
Se si considera che la portata estratta dal sistema shunt, quellanecessaria a garantire l'estrazione dei fumi che possono eventualmente entrare all'interno dei locali filtro durante l'esodo, sia di circa 10 volumi/ora, si ha che le portate da elaborare per ottenere un ricambio di 10 volumi/ora all'interno del filtro siano pari a:

- 0.21 m^3/s per i filtri da 15m^2
- 0.42 m^3/sper i filtri da 30m^2

L'analisi della capacità aspirante dei camini è stata condotta facendo variare:

- L'altezza del camino: 10, 20, 40 [m]
- La temperatura di estrazione dei fumi da 26 a 80 [°C]

Il grafico in *Figura 1* mostra le portate aspirate in funzione dell'altezza del camino. In questa analisi la sezione del camino considerata è pari a 0.35 x 0.35 m mentre la temperatura ambiente esterna è 26 °C.
Il grafico mette in evidenza come la portata elaborata dal camino cresca al crescere

Area filtro	15 m^2	30 m^2
Altezza piano	5 m	5 m
Volume area filtro	75 m^3	150 m^3
Portata richiesta per 10 Vol/h	0.21 m^3/s	0.41 m^3/s

Tabella 1 - Proprietà geometriche delle zone filtro

12_Applicazioni&tecno_03_17:. 7-03-2017 10:19 Pagina 3

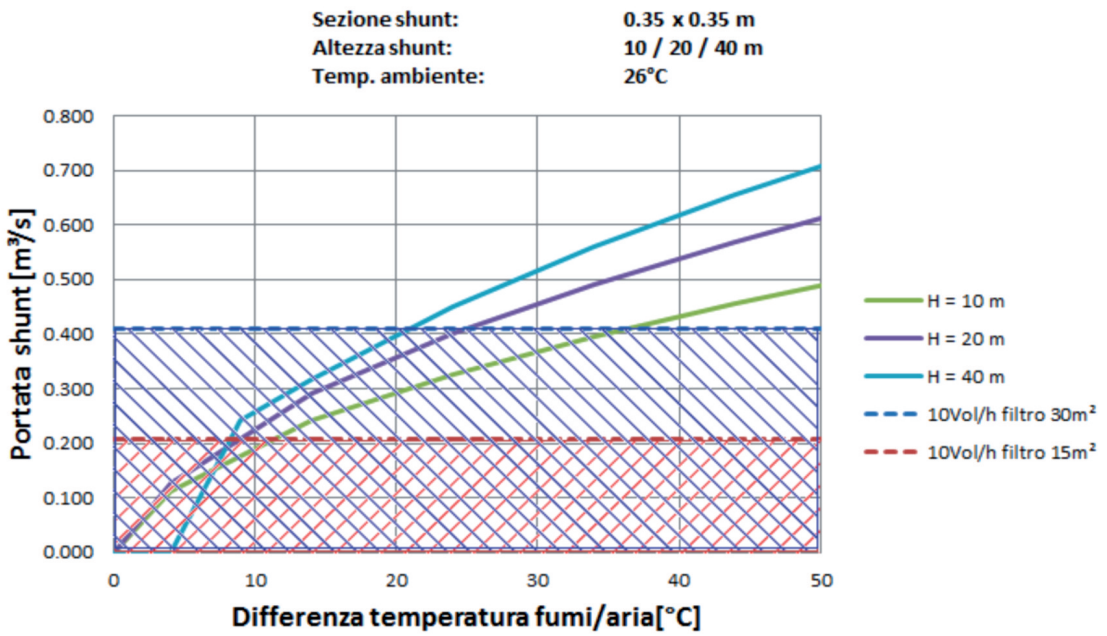

Figura 1 - Confronto portata aspirata / differenza di temperatura fumi - aria. Analisi al variare della lunghezza del camino. Sezione trasversale costante

della differenza tra la temperatura dei fumi e la temperatura esterna.
I tratti delle curve barrati dalle campiture individuano le zone in cui il camino elabora portate minori del valore minimo richiesto di 10 volumi/ora.
I fumi, raffreddandosi all'interno del camino, possono invertire la direzione del moto vanificando la funzione del filtro stesso e quindi del sistema cui lo stesso è asservito [ad esempio scala a prova di fumo].
Dato l'isolamento delle zone filtro rispetto l'area dell'incendio, non si può escluderea priori, anche in relazione alla possibile posizione dell'origine dell'incendio rispetto alla zona filtro, che i fumi da aspirare abbiano temperature prossime a quella ambiente esterna.
L'unica alternativa al problema dell'inversione termica è, pertanto, l'installazione di una soluzione di ventilazione forzata attraversocamini di ventilazione.

Sovrappressione meccanica

Soluzioni basate su sistemi di estrazione meccanica consistono nella realizzazione di una sovrappressione all'interno del locale filtro per generare un flusso d'aria uscente che contrasti la diffusione dei fumi all'interno del filtro stesso.

Il funzionamento del filtro a prova di fumo deve essere garantito anche quando le porte sono aperte e richiuse continuamente dagli occupanti durante la fase di esodo.
La frequenza di apertura e di chiusura delle porte non è prevedibile a priori.
In questo caso, in funzione della configurazione in cui si trovano le porte, un sistema automatico deve regolare opportunamente il sistema di pressurizzazione.
I sistemi di ventilazione per i filtri a prova di fumo devono essere dimensionati per evitare che:

- la pressione differenziale, tra l'area internaal filtro e l'ambiente a rischio incen-

12_Applicazioni&tecno_03_17:. 7-03-2017 10:19 Pagina 4

dio,superi un valore tale dadeterminare una forza necessaria per aprire la porta (100N)
- anche per valori bassi di pressione differenziale obiettivo, la porta di uscita non si chiuda completamente determinando la depressurizzazione permanente del filtro.

La non chiusura della porta d'uscita determina la depressurizzazione permanente del filtro e quindi la perdita della sua funzione di disaccoppiamento fluidodinamico tra le scale e l'ambiente con presenza di un incendio.

Sistemi basati sulla pressurizzazione multilivello

All'estero, i sistemi di protezione delle scale in edifici multipiano si basano su sistemi di pressurizzazione multilivello.
La pressione maggiore è realizzata nelle scale. Le aree filtro, se previste, hanno un livello di pressurizzazione minore.

I vantaggi

- Il sistema realizza sempre un deflusso d'aria che va dalla zona sicura verso la zona sede dell'incendio, in modo che gli occupanti siano investiti da una corrente d'aria fresca
- Il sistema è meno sensibile alle sollecitazioni ambientali che insistono sulle scale (vento e pressione ambientale).
- Non c'è il problema della richiusura della porta tra il filtro e le scale e la conseguente depressurizzazione del filtro.

Gli svantaggi

- Incremento della complessità del sistema di regolazione.
- Elevata capacità di ventilazione da installare nelle scale per raggiungere i livelli di pressurizzazione necessaria.
- Debolezza del sistema in caso di apertura accidentale delle porte o delle finestre ai piani diversi da quelli d'incendio.

I sistemi con la sola pressurizzazione dei filtri a prova di fumo, pur non garantendo un deflusso d'aria fresca su tutto il percorso di esodo, hanno i seguenti vantaggi:
- ogni piano è protetto indipendentemente da quello che accade nel resto dell'edificio
- le logiche di controllo della ventilazione possono essere per il singolo piano e non per l'intero edificio
- le capacità di ventilazione necessarie per garantire la pressurizzazione sono inferiori rispetto ai sistemi che prevedono la pressurizzazione delle scale.

Il principale svantaggio dei sistemi con la sola pressurizzazione del filtro è legato all'affidabilità nel garantire una rapida ri-pressurizzazione in condizioni transitorie, nelle fasi di esodo, quando le porte si aprono e chiudono per permettere l'esodo degli occupanti del piano.
Al fine di garantire una rapida ri-pressurizzazione del filtro a prova di fumo ci sono diverse tecniche di ventilazione.
Queste prevedono il controllo differenziale della pressione che permette di determinare la portata d'aria da immettere per raggiungere gli obiettivi di pressurizzazione.
Al fine di ovviare alla depressurizzazione nel caso di porta di ingresso aperta, il sistema di depressurizzazione si attiva solo nel caso in cui si verifichino queste condizioni:
- porta di ingresso chiusa
- porta di uscita verso le scale aperta.

Il mezzo di depressurizzazione può essere configurato come una semplice apertura in una parete perimetrale del locale filtro, suscettibile di essere occlusa per mezzo ad esempio di una saracinesca che alternativamente consenta o impedisca il passaggio di una portata d'aria dall'interno del locale filtro verso l'esterno di tale locale.
Il passaggio della portata attraverso il mezzo di depressurizzazione può avvenire in maniera inerziale (cioè, per il fatto che il locale filtro si trova ad una pressione maggiore rispetto all'ambiente

12_Applicazioni&tecno_03_17:. 7-03-2017 10:19 Pagina 5

esterno, e pertanto la portata defluisce naturalmente dal primo verso il secondo), o in maniera forzata.
In quest'ultimo caso, è possibile ad esempio associare al mezzo di decompressione una ventola o altro mezzo equivalente, per prelevare forzatamente una portata dal locale filtro e smaltirla in un altro ambiente.
La presenza di un mezzo di ventilazione forzata può agevolare la depressurizzazione del locale filtro, anche con gradienti minimi di pressione tra il locale stesso e l'ambiente al suo esterno.
Una volta che la prima porta verso la zona sicura si sia richiusa, il mezzo di decompressione può essere commutato e la comunicazione di fluido tra il locale filtro e il suo esterno può essere interrotta. Il tradizionale mezzo di pressurizzazione può pertanto ripressurizzare l'ambiente.
Il funzionamento dei due mezzi, di pressurizzazione e prelievo, può essere coordinato sulla base, ad esempio, di segnali ricevuti da mezzi di rilevazione dell'apertura e/o chiusura delle porte, così da attivare o disattivare il mezzo dipressurizzazione.
Il vantaggio conseguito è di disporre di un sistema di sicurezza che da una parte previene l'ingresso dei fumi nella zona filtro, e dall'altra garantisce la piena funzionalità delle porte tagliafuoco che isolano gli ambienti.

Le conclusioni

L'articolo, con rimando a un e-book di approfondimento tecnico e normativo, scaricabile dal sito *(riportato nel riquadro)* vuole porre l'attenzione sulla tematiche connesse alla corretta progettazione dei sistemi di sconnessione fluidodinamica finalizzati a garantire l'esodo in sicurezza degli occupanti un comparto e/o un edificio secondo l'attuale quadro normativo italiano con richiami a quello comunitario ed internazionale.

Gli Autori

Ing. **Giuseppe G. Amaro**, si laurea in Ingegneria Civile Sezione Idraulica presso l'Università degli Studi di Palermo nel 1982. Dal 1984 al 1995 ha svolto l'attività di funzionario tecnico della carriera direttiva del C.N.VV.F. presso il Comando dei VV.F. di Torino. Dal 1996 ad oggi svolge attività libero professionale nel settore specifico della sicurezza antincendio, nei cantieri temporanei e mobili, della sicurezza sul luogo di lavoro (D.Lgs. 81/08 e s.m.i.), nel settore della manutenzione e della valutazione di impatto ambientale, della direzione lavori. Nell'ambito di progetti e realizzazioni che hanno visto applicazioni particolari nell'applicazione delle misure di prevenzione e protezione antincendio si annoverano: Torre Intesa San Paolo Torino - Palazzo Italia Milano - Area ex Michelin Muse e Biblioteca Trento - Porta Nuova Garibaldi Milano - Centro Commerciale Carrefour Nichelino - Nuovo centro Direzionale ENI San Donato - Nuova sede uffici Prismyan Milano. Nel 2009 ha fondato GAE engineering srl società che sviluppa, sotto la sua direzione tecnica, progetti ed applicazioni innovative nel settore della sicurezza in caso d'incendio.

Ing. **Michele Fronterrè**, Ha una laurea in Ingegneria Aerospaziale conseguita presso il Politecnico di Torino. Nel 2007 ha fondato Cantene, spin off del dipartimento Energia del Politecnico di Torino specializzata in modelli per la simulazione numerica di fenomeni termici, in particolare di fenomeni d'incendio in spazi confinati: tunnel, metro, edifici di rilevanza architettonica e commerciale. Oggi Cantene è una società leader nei servizi specialistici nel campo della Fire Engineering in Italia. Come Project Manager ha condotto i seguenti progetti nel settore delle metropolitane per conto di primarie aziende italiane: Linee 3,4 di Metro Copenaghen (Danimarca), linea 6 di San Paolo (Brasile), Linea 3 di Riyadh (Arabia Saudita), Line 2 di Lima (Perù). In campo stradale: Traforo del Gran San Bernardo, Traforo del Fréjus, Autopista a Santiago del Chile, Nuova Subida Sierra a Rio de Janeiro. Come partner di Gae Engineering, Cantene ha sviluppato numerosi progetti mediante approccio prestazionale nell'ambito di Centri Commerciali (Coop, Carrefour), stadi (nuovo stadio della AS Roma), teatri, parcheggi, torri direzionali (Unipol, ENI).