

Configurazione per la ventilazione forzata

Nell'ambito del corso di specializzazione in *Ingegneria della sicurezza antincendio*, Karel Lambert¹ ha scritto una tesi sull'utilizzo di elettroventilatori per la ventilazione delle scale. Ha fatto uno studio dei testi e ha anche svolto un lavoro sperimentale per questo. La struttura per un manuale sulla ventilazione è stata sviluppata nell'ambito di questa tesi. Troverete la prima versione del 9° capitolo di quel libro in questo articolo. Discute le varie possibilità di configurazione del ventilatore.

9 Configurazioni

Esiste un numero sostanziale di opinioni in diverse in testi e tra i vigili del fuoco su come configurare i ventilatori. Due fattori importanti giocano un ruolo: il tipo di ventilatore e il tipo di ventilazione.

9.1 Scopo della ventilazione

È necessario distinguere tra ventilazione orizzontale e altri tipi di ventilazione. In caso di ventilazione orizzontale le aperture d'ingresso e uscita sono sullo stesso piano. Viene creato un flusso d'aria dall'apertura d'ingresso all'apertura di uscita. In una tale applicazione non è desiderabile avere un flusso a due vie nell'ingresso. Quindi il fumo può anche fuoriuscire dall'ingresso. Se questo include fumo caldo, crea un rischio per i vigili del fuoco che devono entrare attraverso questa apertura (porta). La soluzione è quindi quella di realizzare una tenuta all'aria, coprendo l'intera apertura della porta con un flusso d'aria.

Un problema simile si presenta quando una stanza viene messa sotto pressione positiva. Anche qui non è consigliabile che un deflusso sia in cima ad un'apertura di ingresso. Questo deflusso è quindi un tipo di perdita. Ciò causerà lo sviluppo di una minore pressione positiva nella stanza.

Quando si configura la ventilazione in un appartamento, è possibile che la porta d'ingresso sia l'apertura di ingresso. L'apertura di uscita può quindi essere una finestra al secondo piano. In questa configurazione, un flusso a due vie nell'apertura di ingresso non è un problema. Non verrà infatti aspirato fumo dal secondo piano all'apertura di ingresso del piano terra. La domanda qui è: "Come posizioniamo un ventilatore in modo che la massima resa possa essere ottenuta al secondo piano (indipendentemente da ciò che accade al piano terra)?"

Perciò, ci sono due opzioni:

- L'apertura d'entrata dovrà essere completamente l'entrata del flusso;
- Può verificarsi un flusso a due vie all'ingresso se ciò migliora la ventilazione.



Fig. 9.1 Ventilatore convenzionale
(Foto: German Berckmans)

Una seconda area di tensione che gioca un ruolo nella ventilazione sta valutando la tattica contro la resa. Per ottenere un rendimento elevato, è principalmente necessario posizionare il ventilatore in un punto in cui si trovano le squadre antincendio. Questo non è consigliabile da un punto di vista tattico. Quando la squadra in attacco avanza, il tubo che attraversa la porta si muoverà. Questo probabilmente farà muovere il ventilatore. Inoltre, c'è un altro motivo di sicurezza: se i vigili del fuoco sono costretti a lasciare rapidamente i locali, un ventilatore che si trova sul loro percorso può avere gravi conseguenze.

9.2 Dipende dal tipo di ventilatore

9.2.1 Ventilatore convenzionale

Una delle prime aziende che ha iniziato a costruire ventilatori è stata l'azienda americana Tempest. Hanno costruito i primi ventilatori a motore. Questi ventilatori producono un flusso d'aria a forma di cono.

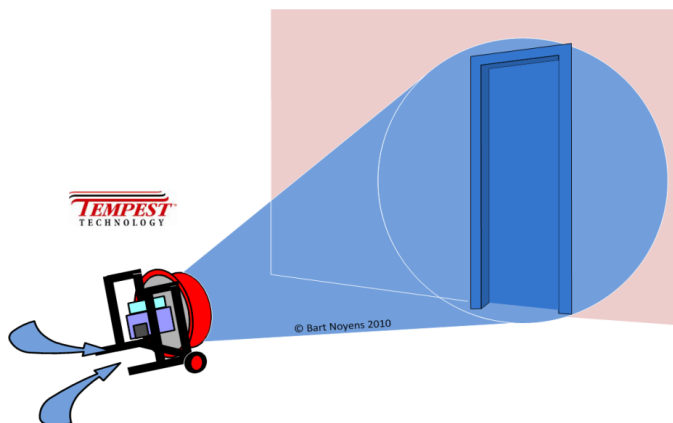


Fig. 9.2 Un ventilatore è posizionato all'entrata della porta coperta interamente dal cono d'aria. (Figura: Bart Noyens)

Con un ventilatore convenzionale (vedere la Figura 9.1) si è sempre detto che questo doveva essere posizionato abbastanza lontano dalla porta in modo da poter formare una tenuta d'aria. Ciò significa che l'apertura della porta è completamente coperta dal cono d'aria formato dal ventilatore.

Ai vigili del fuoco viene insegnato che devono verificare se il cono copre completamente la porta sentendo con la mano nuda dove si trova la portata del flusso d'aria. In questo modo il flusso d'aria viaggia nella stessa direzione per tutta la presa d'aria e non esce fumo nella parte superiore.

La seguente regola pratica può essere utilizzata per ottenere questo effetto: "Posizionare il ventilatore il più lontano possibile dalla porta tanto quanta è alta la porta". Molte porte d'ingresso sono alte circa due metri. In questi casi il ventilatore deve essere posizionato a circa due metri dalla porta in posizione inclinata per coprire completamente la porta.

Uno svantaggio di questo metodo è che una parte importante del flusso d'aria colpisce il muro attorno all'apertura della porta. Questa parte non contribuisce alla ventilazione.

Mark Yates² afferma che la regola pratica è stata messa in discussione a partire dal 2002 a causa della perdita di rendimento a causa dell'urto dell'aria contro il muro. Kriss Garcia³ descrive questo metodo nel suo libro pubblicato nel 2006 e conclude che coprire l'apertura della porta non è assolutamente necessario. Tuttavia, ha un effetto positivo quando si applica un attacco di pressione positiva. La ricerca di Karel Lambert fa pensare che una tenuta d'aria sia necessaria solo per ventilare il piano terra. Il Dr Martin Thomas⁴ afferma che la configurazione dipende dall'obiettivo da raggiungere. Afferma che

l'afflusso è inferiore fino al 50% se il ventilatore si trova a due metri dalla porta. La pressione all'interno sarà inferiore del 10%.

Una ricerca del National Research of Canada⁵ ha dimostrato che l'efficienza di un ventilatore aumenta quanto più si avvicina alla porta. Inoltre, meno un ventilatore è inclinato, più è efficiente.

Oltre alla resa del ventilatore, deve essere fatta anche una considerazione tattica. Un ventilatore posto proprio davanti all'apertura della porta può fornire la massima resa. Tuttavia, ostacolerà i vigili del fuoco che entrano o escono. Sarà rapidamente spinto dal movimento dei tubi dell'acqua, il che significa che non è più nella posizione ottimale.

Se entrambi gli elementi (resa e tattica) vengono soppesati l'uno contro l'altro, la soluzione ideale sembra essere quella di posizionare il ventilatore a circa 1,6 metri dalla porta. Il ventilatore in questo caso non è inclinato. In questo modo si origina un flusso d'aria nella direzione dell'apertura della porta. Ciò causerà l'effetto Venturi sulla parte superiore e sui lati di questo flusso d'aria e verrà aspirata aria aggiuntiva. È possibile deviare da questo per coprire l'apertura della porta per evitare il deflusso d'aria nella parte superiore. Questo sarà il caso della ventilazione orizzontale.

L'ultimo elemento di cui tenere conto è anche la situazione in sito. A volte si usano troppe regole senza sapere su cosa essi si basano. In pratica capita spesso che la pavimentazione sia in cattivo stato e che il ventilatore possa essere posizionato meglio se posizionato mezzo metro avanti o indietro.

Accade spesso anche che ci sia un gradino o più gradini, il che significa che la porta d'ingresso di una casa è mezzo metro sopra il livello del pavimento. In questi casi è meglio inclinare il ventilatore.

9.2.2 Turbo ventilatore

L'azienda francese Leader ha tenuto conto di tutto ciò e ha risposto. Sviluppando una ventola più piccola attraverso la quale viene creato un flusso d'aria più cilindrico invece che a forma di cono. La velocità del flusso d'aria è superiore al flusso d'aria di una ventola convenzionale. Questo tipo di ventola è chiamata ventola turbo. Tale ventilatore non è destinato a tentare di coprire l'intera apertura di ingresso. La ventola è stata progettata in modo tale che l'effetto venturi dia i massimi risultati. Ciò significa che un apparecchio più piccolo può ancora generare grandi flussi d'aria. L'ingegnere antincendio tedesco Christian Emrich, 6 anni di lavoro presso Leader, suggerisce che tali ventilatori devono essere

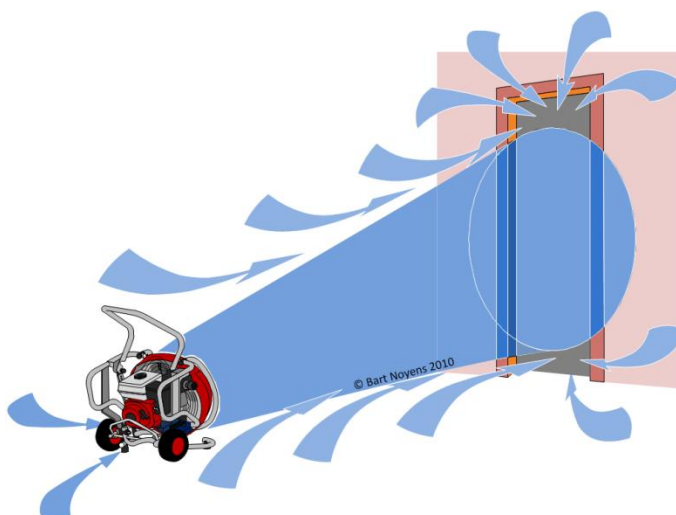


Fig. 9.3 Il flusso creato dal ventilator turbo non copre l'intera apertura. L'effetto venture gioca un ruolo importante (Disegno: Bart Noyens)

posizionati leggermente più lontano dall'apertura d'ingresso.

9.2.3 Ventilatore Easy Pow'air



Fig. 9.4 Ventilatori Easy Pow'air con differente capacità (Foto: Leader)

Leader ha sviluppato ulteriormente la tecnologia turbo con le cosiddette ventole Easy Pow'air.11 Questo tipo di ventola fornisce un flusso d'aria ancora più veloce. Ciò fa sì che il ventilatore tragga ancora più vantaggio dall'effetto venturi.

Il flusso d'aria di questo ventilatore rimane ancora più concentrato rispetto al flusso d'aria del ventilatore classico.

Ciò fa sì che la ventola produca buoni risultati a una distanza da due a sei metri dall'apertura della porta.

9.3 9.3 Configurazioni alternative con un ventilatore

In linea di principio, è possibile lasciare che un elettroventilatore funzioni in modo inverso. La sua resa sarà molto, molto inferiore. Tuttavia, può essere un modo per utilizzare i mezzi disponibili per estrarre il fumo da una stanza in cui c'è una sola apertura (porta). Un esempio è l'estrazione del fumo da un pub di circa 50 m² dopo un incendio. Se la stanza non ha altre aperture, la ventilazione naturale richiederà molto tempo. Lasciando che la ventola esegua l'estrazione sarà più veloce.

Lo stesso principio può essere utilizzato anche per pulire i parcheggi sotterranei. Il flusso d'aria verrà creato lasciando che il ventilatore soffi verso l'esterno, il che contribuirà ad estrarre il fumo dal garage.

Tuttavia, quando si utilizza questo metodo, è necessario ricordare che i gas di fumo passeranno attraverso il ventilatore. Se viene utilizzato un apparecchio con un motore a combustione, può bloccarsi a causa della mancanza di ossigeno. Inoltre, questi apparecchi non sono stati progettati per essere utilizzati in questo modo. Si consiglia quindi di utilizzare tale configurazione solo se non ci sono altre possibilità.

9.4 Ventilatori multipli

Se c'è un incendio in un edificio, diverse squadre di vigili del fuoco dovrebbero rispondere alla scena. Ciò implica che sono disponibili più ventilatori per la ventilazione. È possibile combinare questi ventilatori ed ottenere risultati migliori.

Le raccomandazioni seguenti sono il risultato di test con ventilatori tradizionali "Tempest". È necessario ricercare se queste conclusioni si applicano anche ai ventilatori turbo ed ai ventilatori Easy Pow'air.

9.4.1 Due ventilatori uno dietro l'altro in serie

Ci sono vari autori in letteratura che delineano la possibilità di posizionare due ventilatori uno dietro l'altro. L'idea è che il ventilatore sul retro generi un flusso d'aria che è rinforzato dal ventilatore anteriore. Inoltre, il ventilatore posteriore assicura che l'apertura di ingresso sia completamente coperta. Un altro modo di considerare questo sistema è che il ventilatore sul retro alimenta quello davanti allo stesso modo delle pompe dell'acqua booster.

La maggior parte della letteratura consiglia di posizionare il ventilatore più grande di fronte. Tuttavia, Kriss Garcia³ preferisce che il ventilatore più piccolo sia messo davanti a solo un metro dalla porta. Afferma che in questo modo si ottiene il 30% in più di rendimento rispetto al posizionamento di un ventilatore. Koen Desmet⁷ menziona il 10% di rendimento aggiuntivo nel suo lavoro.



Fig. 9.5 Configurazione di due ventilatori uno dietro l'altro durante l'esperimento a Oostkamp (Foto: Karel Lambert)

Anche Karel Lambert¹ ha fatto alcuni esperimenti. Presumeva che il ventilatore anteriore dovesse essere abbastanza lontano dalla porta per non costituire un ostacolo per i vigili del fuoco. Un ventilatore che viene utilizzato dai vigili del fuoco e si trova a un metro di distanza dall'apertura di una porta è d'intralcio. Il miglior risultato con due ventilatori uno dietro l'altro si ottiene se il ventilatore anteriore è stato inclinato il più possibile e il ventilatore posteriore non è stato inclinato. È stato ottenuto il 58% di resa in più rispetto a un ventilatore. Va notato che qui si trattava di una misurazione e che vi è quindi un certo margine su tale misurazione.

Non vi è quindi accordo in letteratura sul metodo da utilizzare quando si mettono due ventilatori uno dietro l'altro. Tuttavia, è certo che producono una resa maggiore di un ventilatore solo. È sicuramente vero che la resa sarà ancora maggiore se il primo ventilatore è posizionato ad un metro dalla porta. Tuttavia, ciò non è così conveniente per il lavoro dei vigili del fuoco. Dove non viene utilizzata una porta per entrare o uscire dall'edificio, la configurazione ideale sarebbe in serie e sarebbe la seguente: un ventilatore è posizionato proprio davanti alla porta e non inclinato. Un secondo ventilatore è posizionato a circa un metro e mezzo dalla porta ed è inclinato.

9.4.2 Due ventilatori vicini o paralleli

Una seconda possibilità di combinare due ventilatori è posizionarli uno accanto all'altro. Questo può essere fatto nel caso di una porta normale e di una porta di un garage.

Nel caso di una porta normale, possono essere scelte varie altre opzioni. I ventilatori possono essere posizionati in serie o a forma di V. Nel caso di una porta di un garage la larghezza dell'apertura gioca un ruolo fondamentale. I ventilatori sono posizionati a una certa distanza l'uno dall'altro per coprire l'intera apertura. Nel caso di un portone a serranda ed alto, può essere conveniente abbassare una parte della serranda in modo che l'apertura di ingresso sia leggermente più piccola. Se l'apertura d'ingresso è alta quattro metri, nessuna configurazione può coprire l'intera apertura. Abbassando la porta di due metri, l'apertura d'ingresso può essere abbassata al livello di copertura dei due ventilatori.

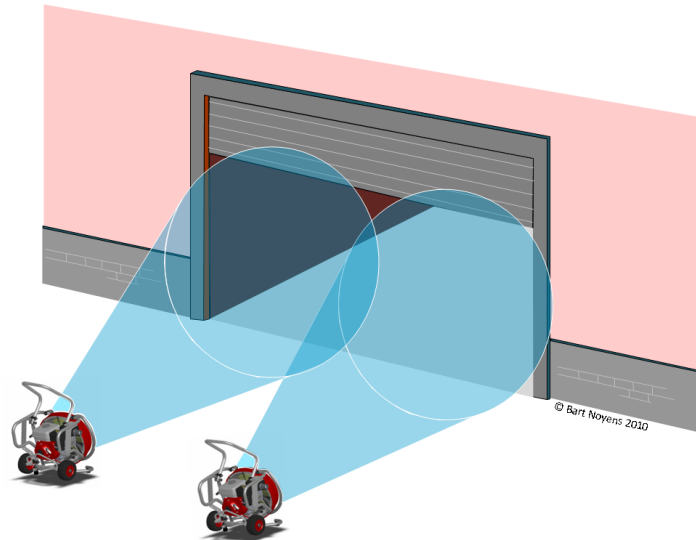


Fig. 9.6 Due ventilatori in parallel fronte porta di un garage. (Drawing: Bart Noyens)

Ai fini della sua tesi, Karel Lambert¹ ha ottenuto una resa del 51% in più di una normale apertura della porta rispetto alla resa di un ventilatore. Pertanto, ciò è molto vicino alla resa aggiuntiva ottenuta con due ventilatori in serie. Va notato, tuttavia, che due ventilatori paralleli davanti ad una normale apertura di una porta formano un ostacolo ancora più di un solo ventilatore.

9.4.3 Configurazione a forma di V

Una configurazione meno nota ma ciononostante citata in numerose opere^{1,3,8,9} è la configurazione a V. In questo tipo di configurazione, i ventilatori sono posizionati in modo tale da formare una V (vedi Fig. 9.7). Entrambi i ventilatori mirano all'apertura della porta e l'idea alla base di questo è che tra i due ventilatori si crei un effetto venturi. I due flussi d'aria colpiscono l'apertura della porta e aspirano aria aggiuntiva con loro. La distanza tra ciascuno dei due ventilatori e l'apertura della porta è di circa un metro e mezzo.

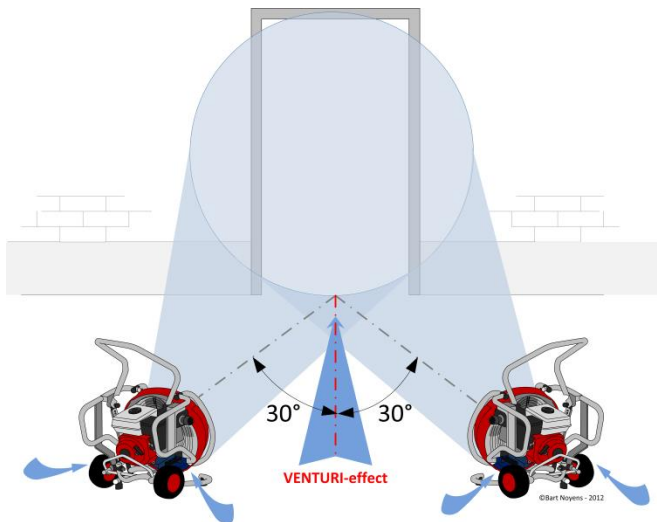


Fig. 9.7 V-shaped configuration (Drawing: Bart Noyens)

In Australia viene insegnato che devono lasciare un ventilatore dritto, mentre l'altro deve essere inclinato. L'idea alla base di questo è che una ventola copre la parte inferiore dell'apertura della porta mentre la seconda ventola copre la parte superiore dell'apertura della porta. Karel Lambert ha scoperto nella sua ricerca che si ottiene una resa maggiore se nessuno dei ventilatori è inclinato. La stessa osservazione può essere fatta qui come nel caso delle configurazioni per un ventilatore.

Se è richiesta una ventilazione orizzontale ed è necessario evitare che si formi un flusso bidirezionale sulla porta, è consigliabile inclinare uno dei ventilatori. L'apertura della porta è quindi completamente coperta ma c'è una leggera perdita di rendimento. Kriss Garcia³ afferma nel suo libro che una configurazione a forma di V produce il 10% in più di rendimento rispetto a una configurazione in serie o parallela. Karel Lambert¹ ha scoperto che questa differenza era più probabilmente del 20%. Questa configurazione è stata testata in luoghi diversi. La resa aggiuntiva per un ventilatore variava dal 52% al 164%. Ciò significa che la configurazione a forma di V ha generato un flusso d'aria che era almeno una volta e mezza maggiore del flusso d'aria causato da un ventilatore in dritto proprio davanti alla porta. Nel caso della resa massima il flusso d'aria era 2,6 volte maggiore rispetto a quello di un ventilatore. L'effetto venturi tra i ventilatori ha fatto sì che la somma dei due singoli ventilatori sia maggiore dei due singoli ventilatori. Se un ventilatore direttamente davanti alla porta invia un certo addebito d'aria attraverso l'edificio, ti aspetteresti che una combinazione di due soffiatori generi un addebito aereo che è, al massimo, il doppio di questo debito. Tuttavia, nel test migliore, è stato misurato un debito di 2,6 volte di più.



Fig. 9.8 Due ventilatori in formazione a V. Angolo di 45° (Foto: Karel Lambert)



Fig. 9.9 Due ventilatori in formazione a V. Angolo di 30° (Foto: Karel Lambert)



Fig. 9.10 Due ventilator in formazione a V. Angolo di 20° (Foto: Karel Lambert)

Durante le sue ricerche ha anche variato l'angolo tra i due ventilatori. L'angolo è chiaramente indicato nella Figura 9.7. È l'angolo tra la linea centrale della porta e il collegamento tra il centro della porta e il centro del ventilatore. Nella Figura 9.7 l'angolo è di 30°. Un angolo di 45° come nella Figura 9.8 è troppo ampio. Un risultato migliore si ottiene con un angolo più piccolo. Una configurazione di 30° o 20° (vedere le Figure 9.9 e 9.10) produce risultati simili.

La resa più elevata della configurazione a V è estremamente utile se è necessario ventilare ai piani più alti. Maggiore è la distanza attraverso la scala dal piano che richiede ventilazione, maggiore sarà la perdita. Con una configurazione a V, si forma, per così dire, una "pompa" più forte nella parte inferiore della scala. Poiché si verifica una velocità più elevata, ci sarà anche una maggiore perdita nel caso della configurazione a forma di V rispetto ad una configurazione con un ventilatore. Per informazioni più dettagliate in merito, si rimanda alla tesi di Karel Lambert.

Tatticamente, una configurazione a forma di V è davvero utile. A differenza della configurazione con un ventilatore, i ventilatori non sono di ostacolo alle squadre di attacco. Lo spazio tra i due ventilatori può essere utilizzato per entrare o uscire dall'edificio. È perfettamente possibile inserire uno o più tubi di attacco tra i due ventilatori. Ecco perché la posizione con l'angolo di 30° è considerata la posizione ottimale. Si ottiene un rendimento elevato ma anche lo spazio tra i due ventilatori è adeguato. Nel caso di un angolo di 20° lo spazio è troppo piccolo per consentire il facile passaggio dei vigili del fuoco.

La configurazione a V non funziona se ci sono pareti laterali che ostacolano i flussi d'aria. Nella Figura 9.11. due ventilatori sono stati configurati a forma di V in un garage. Entrambi i ventilatori aspirano l'aria che successivamente soffiano nella direzione dell'apertura della porta. In questa configurazione le pareti del garage ostacolano il flusso d'aria. Ciò fa diminuire la resa dei ventilatori. Soprattutto il ventilatore a sinistra nella fotografia è ostacolato dalla parete laterale. Karel Lambert ha stabilito negli esperimenti che un ventilatore posizionato davanti alla porta produce una resa maggiore di due ventilatori in una configurazione a forma di V se la loro aspirazione dell'aria è ostacolata dalle pareti laterali.



Fig. 9.11 Configurazione a forma di V in V-shaped configuration in a room where the side walls are too close to one another and the blowers cannot draw in sufficient air (Photo: Karel Lambert)

9.4.4 Configurazioni sperimentali

È anche possibile realizzare configurazioni alternative con più ventilatori, oltre alle tre configurazioni con due ventilatori discusse in letteratura. Una configurazione che è stata testata da Karel Lambert è la combinazione di due ventilatori a forma di V sulla porta d'ingresso e un ventilatore in fondo alle scale. Questo tipo di configurazione è conveniente negli edifici in cui è presente una hall al piano terra. Nel caso di un grattacielo, certamente accade spesso che la porta d'ingresso e le scale siano ad una certa distanza l'una dall'altra. Nella maggior parte dei casi, ci sono anche diverse porte tra l'ingresso e le scale. Sono tutti elementi che provocano una diminuzione della resa della ventilazione. Una tale configurazione sperimentale produce tuttavia una resa elevata.



Figs. 9.12 & 9.13 Nei test in Oostkamp due ventilatori sono stati posizionati a forma di V all'entrata della porta di un edificio di appartamenti. Un terzo ventilatore è stato aggiunto in fondo alla scala. (Foto: Karel Lambert)

Questa configurazione sperimentale è stata confrontata con la configurazione di un ventilatore e una configurazione a forma di V di due ventilatori. I risultati sono elencati nella Tabella 9.1. La configurazione sperimentale ha prodotto circa 3,5 volte la resa di un singolo ventilatore.

Configuration	Yield
1 blower at 160 cm from the door opening	100%
2 blowers in V-shape	243%
2 blowers in V-shape outside + 1 inside	346%

Table 9.1 Resa delle varie configurazioni

In Svezia i ventilatori vengono utilizzati anche su larga scala per mettere sotto pressione positiva le stanze adiacenti alle stanze in fiamme. Questo spesso combinato con l'applicazione della lancia Cobra. Un caso in cui ciò è stato applicato in modo estremamente efficiente è stato l'incendio di un complesso industriale a Borås.¹⁰ Un incendio era scoppiato in un grande complesso industriale in cui erano state stabilite varie società. Un incendio completamente sviluppato stava divampando in una delle società. L'azienda in questione era un rettangolo di 2.900 m²: 36 m x 80 m.

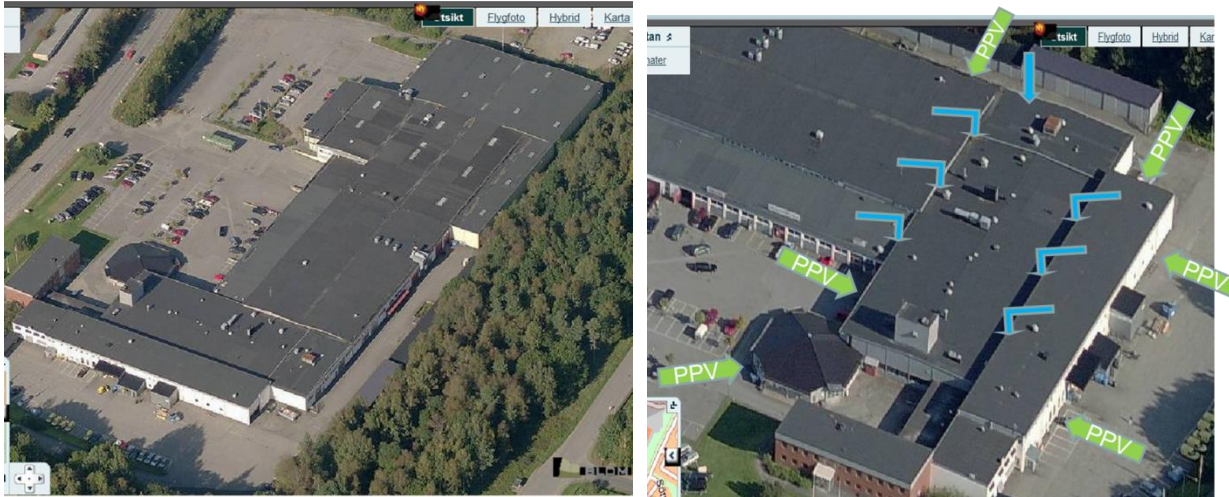


Fig. 9.14 (Sinistra) Foto aerea dell'edificio con varie compagnie. Il secondo edificio da sinistra era colpito da un grave incendio. (Foto: www.SERF.se)

Fig. 9.15 Nell'incendio a Borås le squadre antincendio usarono undici ventilatori in sei differenti posti the fire brigade used eleven power blowers in six different places mettere sotto pressione positiva i locali adiacenti. I fumi sono stati raffreddati dalla lancia Cobra e questo ha impedito la propagazione dell'incendio. (Foto: www.SERF.se)

Lo scopo delle azioni dei vigili del fuoco era salvare le aziende adiacenti. A tale scopo sono stati utilizzati undici ventilatori a spinta. Tutte le società adiacenti sono state sottoposte a pressione positiva. L'effetto di ciò era che era molto più difficile per i gas di combustione diffondersi nell'area degli edifici. Questo approccio è stato combinato con l'uso di non meno di sette apparecchi Cobra. I gas di fumo sul bordo del vano di combustione sono stati raffreddati in questo modo. Questo approccio combinato della Lancia Cobra e PPV (ventilazione a pressione positiva) ha assicurato che l'incendio fosse limitato allo scompartimento in cui era iniziato. La compagnia di assicurazioni ha effettuato un successivo esame. Sono giunti alla conclusione che le azioni dei vigili del fuoco hanno impedito danni per un valore di 15 milioni di euro.

Infine, vale anche la pena ricordare che si possono applicare i principi generali della meccanica dei fluidi all'estrazione dei fumi. I ventilatori possono essere considerati pompe ad aria. Il fumo può essere estratto da parcheggi sotterranei o scantinati con vari strati posizionando i ventilatori in punti strategici. I piccoli ventilatori elettrici sull'autoscala durante il normale utilizzo sono ideali per questo. L'uso di tali ventilatori è estremamente limitato. Spesso è possibile collegare il ventilatore alle prese a muro nel seminterrato. Un ventilatore è posizionato per inviare il flusso d'aria nella giusta direzione nei punti in cui è necessario modificare la direzione del flusso d'aria. Lo stesso viene fatto nei luoghi in cui l'aria ha perso la sua velocità a causa dell'attrito delle pareti. In questi casi il ventilatore funziona come una pompa booster d'aria, per così dire. In una tale configurazione è necessario regolare costantemente la configurazione. È un dato di fatto, a tempo debito, il fumo scomparirà nel punto più lontano. I ventilatori possono essere spostati in altri punti dove non sono più necessari. È un modo di lavorare che richiede tempo, ma non ci sono davvero molte alternative per edifici sotterranei dove non sono stati costruiti sistemi di estrazione del fumo e del calore.

9.5 Vista conclusiva

Questo articolo è un tentativo di condividere la conoscenza che ho acquisito scrivendo la mia tesi. Si tratta solo di una parte limitata del tema della ventilazione ed è quindi incompleto. Il mio scopo è incoraggiare una maggiore conoscenza e una migliore comprensione della ventilazione. Non vedo l'ora di ricevere commenti e suggerimenti su karel.lambert@skynet.be.

Fonti

- [1] *Karel Lambert, Experimentele studie van het gebruik van overdrukventilatie in een traphal bij een brandweerinterventie (Experimental study of the use of positive pressure ventilation in staircases in an intervention by fire-fighters), Master Thesis for Postgraduate studies in fire safety engineering, Ghent University, 2012;*
- [2] *Mark Yates, The wind of change, Brigade command dissertation, Fire Service College, 2002;*
- [3] *Kriss Garcia, Reinhard Kauffmann & Ray Schelbe, Positive Pressure Attack for Ventilation & Firefighting, 2006;*
- [4] *Martin Thomas, The Use of Positive Pressure Ventilation in Firefighting Operations, not dated;*
- [5] *Lougheed, McBride & Carpenter, Positive pressure ventilation for high-rise buildings, National Research Council Canada, August 2002;*
- [6] *Christian Emrich, Flow characteristics of the different fan technologies, 2009;*
- [7] *Koen Desmet, presentation Ventilatie bij branden (Ventilation in the case of fire), 2007;*
- [8] *New South Wales Fire Brigades, Tactical ventilation Level 1, 2004;*
- [9] *Various presentations and practical sessions on the course in 3D-Firefighting, which was given in Germany in October 2009;*
Peter McBride: Wind Driven fire;
Peter McBride: Tactics & techniques of vertical ventilation;
Peter McBride: Smoke movement & control in high rise;
Shan Raffel: PPV Siting & Safe zoning;
- [10] *Södra Älvsborg Fire & Rescue Service (SERF) with SP technical institute of Sweden, Cutting Extinguishing Concept –practical and operational use, 2010;*
- [11] *Visit to the company Leader, Le Havre (France) on 7 and 8 May 2012.*

Karel Lambert