

Configurações dos fluxos de ventiladores

No âmbito do curso de Pós-Graduação em Engenharia de Segurança contra Incêndios, Karel Lambert¹ escreveu uma tese sobre o recurso a ventiladores para ventilar escadas. Para tal realizou um estudo da literatura existente e um trabalho experimental. A estrutura para um manual sobre ventilação foi desenvolvida no âmbito desta tese. Encontramos a primeira versão do nono capítulo desse documento neste artigo, que discute as várias possibilidades de configurar um ventilador.

9 Configurações

Existe um número substancial de distintas opiniões na literatura e entre bombeiros sobre como se devem configurar os ventiladores. Dois fatores que desempenham um papel importante são: o tipo de ventilador e o tipo de ventilação.

9.1 Objetivo da ventilação

É necessário fazer distinção entre a ventilação horizontal e outros tipos de ventilação. No caso da ventilação horizontal, as aberturas de entrada e saída estão no mesmo piso, sendo criado um fluxo de ar da abertura de entrada para a abertura de saída. Nestas situações, é indesejável ter um fluxo bidirecional na entrada, senão o fumo também pode fluir pela entrada. Se esta ação ocorre com fumo quente, dá origem a um potencial risco para os bombeiros que têm de entrar por esta abertura (porta). Realizando uma vedação com ar, considerando a solução de cobrir toda a abertura da porta com um fluxo de ar.

Um problema semelhante surge quando uma sala é colocada sob pressão positiva, não sendo aconselhável que a saída esteja no topo da abertura de entrada. Esta saída representa um tipo de escoamento da pressão e conteúdo existente no interior, fazendo com que menos pressão positiva se desenvolva no compartimento.

Ao configurar a ventilação num apartamento, é possível que a porta de entrada seja o ponto de entrada, podendo a janela do segundo andar ser o ponto de saída. Nesta configuração, a existência de um fluxo bidirecional no ponto de entrada não representa um problema. De facto, nenhum fumo será aspirado do segundo andar para o ponto de entrada do piso inferior. A questão aqui é: "Como posicionamos um ventilador para que se possa obter o maior rendimento no segundo andar (independentemente do que ocorre no piso inferior)?"

Existem, portanto, duas opções: o ponto de entrada ser um único fluxo; um fluxo bidirecional poder ocorrer na entrada se tal melhorar a ventilação.



Fig. 9.1 Ventilador convencional de combustão (Foto: German Berckmans)

Uma segunda área de tensão na ventilação é pesar as táticas contra os resultados. Principalmente para que sejam obtidos elevados resultados, é necessário posicionar o ventilador no local por onde as equipas de bombeiros acedem ao interior. Não sendo isto aconselhável do ponto de vista tático. Quando a equipe de ataque avança, a mangueira que passa pela porta movimentasse. Isto provavelmente fará com que o ventilador se mova. Além disso, ainda existe um outro motivo relativo à segurança: se os bombeiros forem obrigados a deixar as instalações rapidamente, um ventilador que esteja no seu percurso pode ter sérias consequências.

9.2 Condicionado pelo tipo de ventilador

9.2.1 Ventilador Convencional

Uma das primeiras empresas a construir ventiladores foi a empresa americana Tempest. Construíram os primeiros ventiladores de potência, que produzem um fluxo de ar em forma de cone.

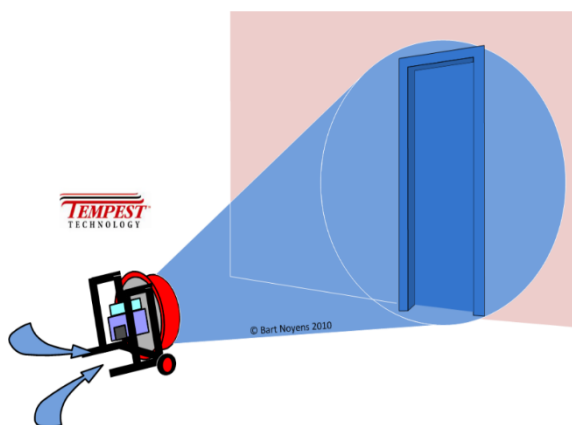


Fig. 9.2 Um ventilador é posicionado de forma que a abertura da porta seja totalmente coberta pelo cone de ar (*Figura:*

Com um ventilador convencional (ver a Figura 9.1), sempre se disse que estes tinham que ser colocados suficientemente afastados da porta para que o ar pudesse selar o ponto de entrada. Significando isto que a abertura da porta é totalmente coberta pelo cone de ar formado pelo ventilador.

Os bombeiros aprendem que devem testar se o cone cobre a porta por completo, sentindo com as próprias mãos onde está o alcance do fluxo de ar. Desta forma, o fluxo de ar viaja na mesma direção por toda a entrada não saindo fumo pelo topo.

A seguinte regra geral pode ser utilizada para obter esse efeito: "Coloque o ventilador o mais longe possível da porta, pois ela é alta." Muitas portas de entrada têm cerca de dois metros de altura. Nesses casos, o ventilador deve estar posicionado a aproximadamente dois metros da porta numa posição inclinada para a cobrir por completo.

Uma desvantagem deste método é que uma parte importante do fluxo de ar atinge a parede ao redor da abertura da porta, não contribuindo para a ventilação.

Mark Yates² afirma que a regra de ouro foi questionada a partir de 2002 devido à perda de rendimento como resultado do ar atingir a parede. Kriss Garcia³ descreve este método no seu livro publicado em 2006 e conclui que não é absolutamente necessário cobrir a abertura da porta. No entanto, tem um efeito positivo ao ser implementado num ataque de pressão positiva. A pesquisa de Karel Lambert faz uma reflexão que a selagem de ar é apenas necessária para ventilar os pisos térreos. O Dr. Martin Thomas⁴ afirma que a configuração depende do objetivo a ser alcançado, afirmando que existe até 50% menos de entrada se o ventilador estiver a dois metros da porta, sendo a pressão interior 10% menor.

Uma pesquisa da National Research of Canada⁵ mostrou que a eficiência de um ventilador aumenta quanto mais próximo este se encontra da porta. Além disso, quanto menos inclinado um ventilador estiver, mais eficiente será.

Deve também ser feita uma consideração tática para além do rendimento do ventilador. Um ventilador posicionado na frente da abertura da porta pode dar maior rendimento, no entanto, ficará no caminho de entrada e saída dos bombeiros. Podendo facilmente ser deslocado pelo movimento das linhas de mangueiras, deixando de estar na posição ideal.

Se ambos os elementos (rendimento e tática) forem ponderados, a solução ideal parece ser, posicionar o ventilador a aproximadamente 1,6 metros da porta¹. Não estando, neste caso, o ventilador inclinado. Ao fazer isso, originasse um fluxo de ar na direção da abertura da porta, causando o efeito venturi na parte superior e nas laterais deste fluxo de ar aspirando assim ar adicional. É possível movimentar o ventilador para cobrir a abertura da porta e evitar a saída de ar na parte superior. Sendo disso exemplo a ventilação horizontal.

O último elemento que também deve ser tido em consideração é a situação in-situ. por vezes, utilizamos muitas regras nas equipas de combate de incêndios sem saber em que regas estão baseadas. Na prática, muitas vezes acontece que o pavimento está em mau estado e que o ventilador pode ser melhor posicionado se for colocado meio metro à frente ou a trás.

Também é comum que exista uma porta ou vários degraus, o que significa que a porta de entrada fica meio metro acima do nível da calçada. Nestas situações, o melhor é inclinar o ventilador.

9.2.2 Turbo ventilador

A empresa francesa Leader observou este desenvolvimento dando-resposta. Desenvolveram um ventilador mais pequeno, através do qual é criado um fluxo de ar mais cilíndrico do que cônico. A velocidade desse fluxo de ar é superior ao fluxo de ar de um ventilador convencional. Este tipo de ventilador é chamado de turbo ventilador. Este ventilador não se destina a tentar cobrir toda a abertura da entrada. O ventilador foi projetado de tal forma que o efeito venturi produz resultados máximos, significando isto que um aparelho mais pequeno pode gerar grandes fluxos de ar. O engenheiro de incêndios alemão, Christian Emrich⁶, que trabalhou na Leader, sugere que esses ventiladores sejam posicionados um pouco mais afastados da abertura da entrada.

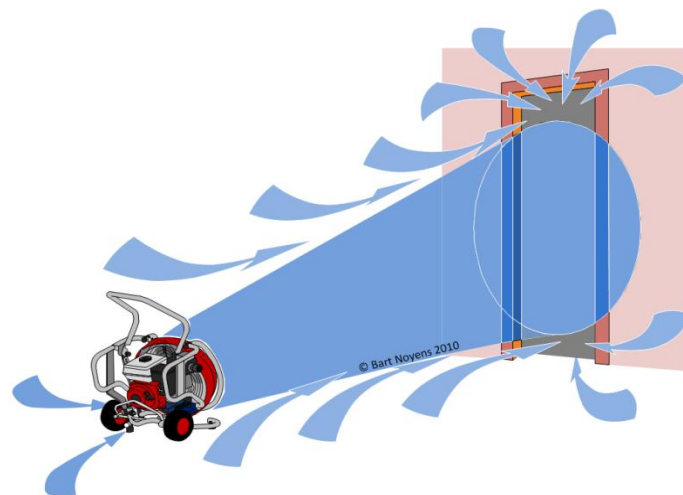


Fig. 9.3 O fluxo de ar criado por um ventilador turbo não cobre toda a abertura da entrada. O efeito venturi desempenha um papel importante (Desenho: Bart Noyens)

9.2.3 Ventilador Easy Pow'air



Fig. 9.4 Ventiladores Easy Pow'air com diferentes capacidades (foto: Leader)

A Leader desenvolveu ainda mais a tecnologia turbo com os chamados ventiladores Easy Pow'air¹¹. Estes tipos de ventiladores fornecem um fluxo de ar ainda mais rápido, fazendo isto com que o ventilador beneficie ainda mais do efeito venturi.

Os fluxos de ar destes ventiladores permanecem ainda mais concentrados que o fluxo de ar dos ventiladores clássicos.

Isto faz com que os ventiladores proporcionem bons resultados a uma distância de dois a seis metros da abertura da porta.

9.3 Configurações alternativas com um ventilador

Em princípio, é possível deixar um ventilador funcionar inversamente. Seu rendimento será muito, muito menor. No entanto, pode ser uma forma de utilizar os meios disponíveis para extrair fumo de uma sala onde há apenas uma abertura (porta). Um exemplo disto é a extração de fumo de um bar com aproximadamente 50 m² após um incêndio. Se a sala não tiver outra abertura, a ventilação natural levará muito tempo. Deixar o ventilador fazer a extração será mais rápido.

O mesmo princípio pode também ser utilizado quando combatemos incêndios em garagens subterrâneas. O fluxo de ar será criado deixando o ventilador soprar para o exterior, o que contribuirá para extrair o fumo da garagem.

No entanto, ao recorrer a este método, deve-se lembrar que os gases do fumo passarão pelo ventilador. Se utilizar um aparelho com motor de combustão, poderá parar devido à falta de oxigénio. Além disso, estes aparelhos não foram projetados para serem usados desta forma. Portanto, recomenda-se que se recorra a esta configuração apenas se não houverem outras possibilidades.

9.4 Múltiplos ventiladores

Se houver um incêndio num prédio, várias equipes de bombeiros devem responder à ocorrência, implicando isto que existem mais ventiladores disponíveis para a ventilação. Sendo possível combinar estes ventiladores e obter melhores resultados.

As recomendações abaixo são o resultado de testes com ventiladores convencionais "Tempest". É necessário pesquisar se essas conclusões também se aplicam aos ventiladores turbo e aos ventiladores Easy Pow'air.

9.4.1 Dois ventiladores um atrás do outro ou em série

Existem vários autores na literatura que descrevem a possibilidade de posicionar dois ventiladores um atrás do outro. A ideia é que o ventilador na parte traseira gere um fluxo

de ar que é reforçado pelo ventilador frontal. Além disso, o ventilador traseiro garante que a abertura da entrada seja completamente coberta. Outra forma de considerar este sistema é que o ventilador na parte de trás alimenta o da frente da mesma forma que acontece com as bombas de água de reforço.

A maioria da literatura recomenda que o ventilador maior esteja posicionado na frente. No entanto, Kriss Garcia³ prefere que o ventilador menor seja colocado na frente a apenas um metro da porta. Ele afirma que, ao fazer isso, é alcançado mais 30% de rendimento do que colocando só um ventilador. Koen Desmet⁷ refere no seu trabalho 10% de rendimento adicional.



Fig. 9.5 Configuração de dois ventiladores um atrás do outro durante as experiências em Oostkamp (Foto: Karel Lambert)

Karel Lambert¹ também fez algumas experiências. Presumindo que o ventilador da frente tivesse que estar suficientemente longe da porta para não constituir um obstáculo para os bombeiros. Um ventilador que seja utilizado pelo equipa de combate e que fica a um metro de distância da abertura da porta está no caminho de circulação. O melhor resultado obtido com dois ventiladores um atrás do outro foi alcançado se o da frente estivesse inclinado o máximo possível e o de trás não tivesse qualquer inclinação. Alcançando um rendimento 58% superior do que com um só ventilador. Deve-se ter em atenção

que aqui estava envolvida uma medida e que, portanto, existe alguma margem nessa medida.

Portanto, não há acordo na literatura sobre o método a ser usado ao colocar dois ventiladores atrás um do outro. No entanto, é certo que eles produzem um rendimento maior do que com um só ventilador. Definitivamente, o rendimento será ainda maior se o primeiro ventilador estiver posicionado a um metro da porta. No entanto, tal não é tão conveniente para o trabalho dos bombeiros. Onde a porta não é utilizada para entrar ou sair do edifício, a configuração ideal seria em série da seguinte forma: um ventilador posicionado logo em frente à porta e não inclinado, e um segundo ventilador inclinado posicionado a aproximadamente um metro e meio da porta.

9.4.2 Dois ventiladores próximos ou paralelos um ao outro

Uma segunda possibilidade para combinar dois ventiladores é posicioná-los um ao lado do outro. Podendo isto ser feito caso estejamos perante uma porta normal e ou uma porta de garagem.

No caso de uma porta normal, podem ser escolhidas várias opções. Os ventiladores podem ser posicionados em série ou em forma de V. No caso de uma porta de garagem, a largura da abertura tem um papel importante. Os ventiladores estão posicionados a alguma distância para cobrir toda a abertura. No caso de uma porta seccional alta, pode ser conveniente baixar parte da porta para que a abertura da entrada seja um pouco menor. Se a abertura de entrada tiver quatro metros de altura, nenhuma configuração poderá cobrir toda a abertura. Ao baixar a porta em dois metros, a abertura da entrada pode ser reduzida a um nível que possa ser totalmente coberto pelos dois ventiladores.

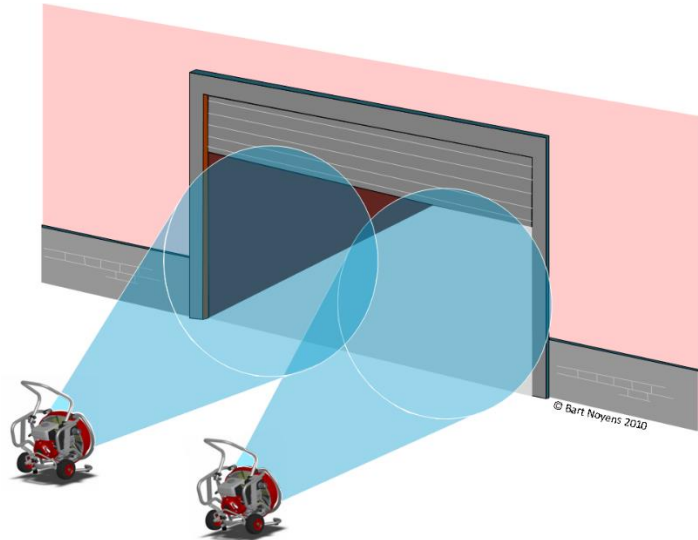


Fig. 9.6 Dois ventiladores colocados em paralelo na frente da porta da garagem. (Desenho: Bart Noyens)

Para a sua tese, Karel Lambert¹ obteve um rendimento superior de 51% numa abertura normal da porta do que com o rendimento de um só ventilador. Portanto, isto está muito próximo do rendimento adicional obtido com dois ventiladores em série. De salientar, no entanto, que dois ventiladores em paralelo na frente de uma abertura normal da porta formam um obstáculo ainda maior do que um só ventilador.

9.4.3 Configuração em forma de V

Uma configuração que é menos conhecida, mas é, no entanto, referida em vários trabalhos^{1,3,8,9} é a configuração em forma de V. Neste caso, os ventiladores são posicionados de forma a formarem um V (ver a Fig. 9.7). Ambos os ventiladores estão voltados para a abertura da porta e a ideia por trás disto é que seja causado um efeito venturi entre os dois. Os dois fluxos de ar atingem a abertura da porta e aspiram ar adicional com eles. A distância entre cada um dos dois ventiladores e a abertura da porta é de aproximadamente um metro e meio.

Na Austrália, aprende-se que devem deixar um ventilador sem inclinação, enquanto que o outro ventilador deve ser inclinado. A ideia por trás disto é que um ventilador cobre a parte inferior da abertura da porta enquanto o segundo ventilador cobre a parte superior da abertura da porta. Karel Lambert descobriu com sua pesquisa que é obtido um rendimento mais elevado se nenhum dos ventiladores estiver inclinado. A mesma observação pode ser aqui considerada, como no caso das configurações de um só ventilador.

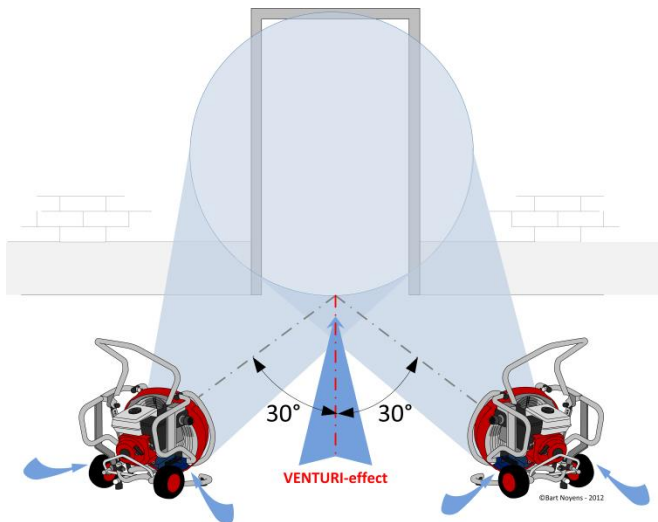


Fig. 9.7 Configuração em forma de V (Desenho: Bart Noyens)

a configuração em forma de V gerou um fluxo de ar que era pelo menos uma vez e meia maior que o fluxo de ar causado por um só ventilador colocado sem inclinação frente à porta. No caso do rendimento máximo, o fluxo de ar era 2,6 vezes maior do que para um só ventilador. O efeito venturi entre os ventiladores significava que a soma individual de dois ventiladores é maior que os valores obtidos na conjugação de dois ventiladores individuais. Se um ventilador colocado diretamente frente a uma porta debita um certo valor de ar através do edifício, seria de esperar que uma combinação de dois ventiladores gerasse um débito de ar que fosse, no máximo, duas vezes esse débito. No entanto, no melhor teste, foi medido um débito de 2,6 vezes.

Se for necessária ventilação horizontal e for necessário evitar um fluxo bidirecional na porta de entrada, é recomendável inclinar um dos ventiladores. A abertura da porta fica totalmente coberta, mas existe uma leve perda de rendimento. Kriss Garcia³ afirma no seu livro que uma configuração em forma de V produz 10% mais rendimento do que uma configuração em série ou paralela. Karel Lambert¹ descobriu que essa diferença era provavelmente de 20%. Esta configuração foi testada em diferentes locais. O rendimento adicional para um só ventilador variou de 52% a 164%. Significando isto que



Fig. 9.8 Dois ventiladores em forma de V. O ângulo é de 45° (Foto: Karel Lambert)



Fig. 9.9 Dois ventiladores em configuração em V. O ângulo é de 30° (Foto: Karel Lambert)

Durante a sua pesquisa, também variou o ângulo entre os dois ventiladores. O ângulo está claramente marcado na Figura 9.7. É o ângulo entre a linha central da porta e a conexão entre o meio desta e o meio do ventilador. Na Figura 9.7, o ângulo é 30°. Um ângulo de 45°, como na Figura 9.8, é muito amplo. Sendo alcançado um melhor resultado com um ângulo menor. Uma configuração de 3° ou 2° (ver Figuras 9.9 e 9.10) produz resultados semelhantes.



Fig. 9.10 Dois ventiladores configurados em V num ângulo de 20° (Foto: Karel Lambert)

A configuração em forma de V torna-se extremamente útil, sendo a de maior rendimento, caso seja necessário ventilar em pisos superiores. Quanto maior a distância pela escada até ao piso que necessita ser ventilado, maior a perda. Com uma configuração em forma de V, é formada uma "bomba" mais forte na parte inferior da escada. Como ocorre uma velocidade mais elevada, também haverão mais perdas no caso da configuração em forma de V do que no caso de uma configuração de um ventilador simples. Para informações mais

detalhadas sobre isto, consulte a tese de Karel Lambert¹.

Taticamente, uma configuração em forma de V é na realidade uma configuração que vale a pena. Ao contrário da configuração com um ventilador simples, os ventiladores não estão no caminho das equipas de ataque. O espaço entre os dois ventiladores pode ser usado para entrar ou sair do edifício. É perfeitamente possível colocar uma ou mais mangueiras de ataque entre os dois ventiladores. É por isso que a posição com o ângulo de 30° é considerada a posição ideal. É alcançado elevado rendimento, mas o espaço entre os dois ventiladores também é adequado. No caso de um ângulo de 20°, o espaço é pequeno demais para permitir que os bombeiros passem facilmente.

A configuração em forma de V não funciona se houverem paredes laterais impedindo bons fluxos de ar. Dois ventiladores foram configurados em forma de V numa garagem na Figura 9.11. Ambos os ventiladores aspiram ar, que posteriormente sopram na direção da abertura da porta. Desenhar neste ar é dificultado pelas paredes laterais da garagem. Fazendo isto com que o rendimento dos ventiladores diminua. Especialmente o ventilador da esquerda na fotografia é dificultado pela parede lateral. Karel Lambert estabeleceu nas suas experiências que um ventilador que está posicionado na frente da porta produz um rendimento maior que dois ventiladores numa configuração em forma de V, se a entrada de ar for impedida pelas paredes laterais.



Fig. 9.11 Configuração em forma de V numa sala onde as paredes laterais estão muito próximas umas das outras e os ventiladores não conseguem aspirar ar suficiente (Foto: Karel Lambert)

9.4.4 Configurações experimentais

É também possível etetuar configurações alternativas com mais ventiladores, além das três configurações discutidas na literatura com dois ventiladores. Uma configuração que

foi testada por Karel Lambert é a combinação de dois ventiladores em forma de V na porta de entrada e um ventilador na parte inferior da escadas. Este tipo de configuração é conveniente em edifícios onde existe um saguão no piso térreo. No caso de um arranha-céus, dum modo geral a porta de entrada e as escadas estão distantes. Na maioria dos casos, existem também várias portas entre a entrada e as escadas. Todos estes elementos causam perda de rendimento na ventilação. Esta configuração experimental, produz, no entanto, um alto rendimento.



Figs. 9.12 & 9.13 Nos testes em Oostkamp, foram posicionados dois ventiladores em forma de V na porta de entrada de um bloco de apartamentos, tendo sido adicionado um terceiro ventilador no caixa de escadas. (Foto: Karel Lambert)

Esta configuração experimental foi comparada com a configuração de um só ventilador e uma configuração de dois ventiladores em forma de V. Os resultados estão listados na Tabela 9.1. A configuração experimental produziu aproximadamente 3,5 vezes o rendimento de um único ventilador.

Configuração	Rendimento
1 ventilador a 160 cm da abertura de porta	100%
2 ventiladores em configuração V	243%
2 ventiladores em configuração V exterior + 1 interior	346%

Quadro 9.1 Rendimento de várias configurações

Na Suécia, os ventiladores são também utilizados em grande escala para pressurização das salas adjacentes às salas onde se localiza o foco de incêndio. Isto se combinado com a aplicação duma Cobra. Uma situação em que esta foi aplicada de forma extraordinariamente eficiente ocorreu num incêndio de um complexo industrial em Borås¹⁰. O incêndio tinha ocorrido num grande complexo industrial no qual haviam várias empresas. Um incêndio totalmente desenvolvido estava a ocorrer numa das empresas. A empresa em questão era um retângulo de 2.900 m²: 36 m x 80 m.

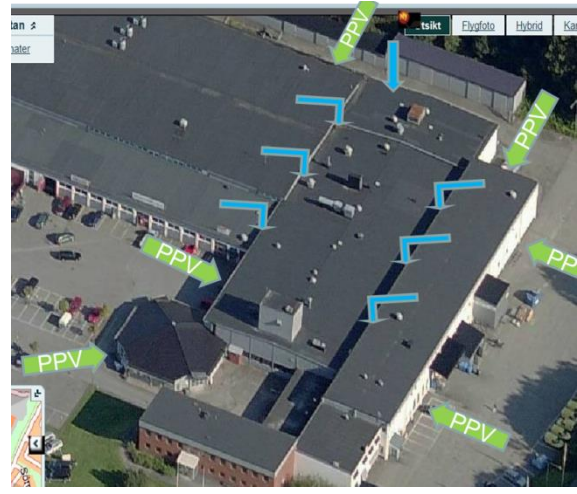


Fig. 9.14 (esquerda) Fotografia aérea de um edifício que alberga várias empresas. O segundo edifício da esquerda foi atingido por um enorme incêndio. (Foto: www.SERF.se)

Fig. 9.15 Num incêndio em Borås, o serviço de incêndios usou onze ventiladores em seis locais diferentes para colocar as instalações adjacentes sob pressão positiva. Os gases de incêndio ao redor foram arrefecidos pela Cobra impedindo isto que o incêndio se propagasse. (Foto: www.SERF.se)

O objetivo das ações da brigada de incêndio era salvar as empresas adjacentes. Onze ventiladores de força foram utilizados para esse fim. Todas as empresas adjacentes foram pressurizadas positivamente, dificultando a possibilidade dos gases se espalharem pelos edifícios da região. Esta abordagem foi combinada com o uso de nada mais nada menos que sete agulhetas de ultrapressão Cobra. Os gases de incêndio em redor do compartimento em chamas foram arrefecidos desta forma. Esta abordagem combinada da Cobra e da VPP (ventilação com pressão positiva) garantiu que o incêndio fosse confinado ao compartimento onde havia começado. A companhia de seguros fez um exame subsequente. Eles chegaram à conclusão de que as ações dos bombeiros impediram danos no valor de 15 milhões de euros.

Por fim, vale ressaltar também que é possível aplicar os princípios gerais da mecânica dos fluídos à extração de fumos. Os ventiladores podem ser considerados bombas de ar. O fumo pode ser extraído de garagens de estacionamento subterrâneos ou caves com vários pisos subterrâneos, posicionando os ventiladores em locais estratégicos. Pequenos ventiladores elétricos ligados às viaturas dos bombeiros são ideais para isso. O consumo destes ventiladores é extremamente limitado. Muitas vezes, é possível conectar o ventilador às tomadas das caves. Um ventilador é posicionado para enviar o fluxo de ar na direção certa em locais onde essa direção necessita ser alterada. O mesmo é realizado em locais onde o ar perde velocidade devido ao atrito das paredes. Nestas situações, o ventilador funciona como uma bomba auxiliar de ar, por assim dizer. Nesta configuração, é necessário ajustar constantemente a configuração. De facto, a devido tempo, o fumo desaparecerá no ponto mais distante. Os ventiladores podem ser movimentados para outros pontos quando já não são mais necessários onde estão posicionados. É uma forma demorada de trabalhar, mas realmente não existem muitas alternativas para edifícios subterrâneos onde não foram construídos sistemas de extração de fumo e calor.

9.5 Visão final

- 9.6 Este artigo é uma tentativa de compartilhar o conhecimento que adquiri ao escrever minha tese, trata apenas de uma parte limitada do objeto da ventilação sendo, portanto, incompleto. O meu objetivo é incentivar o aumento do conhecimento e uma melhor compreensão da ventilação. Estou ansioso para receber comentários e dicas em karel.lambert@skynet.be.

Fontes

- [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