Configurations for power blowers

화재 안전 공학 대학원 과정 중에, 저(Karel Lambert)는 계단 환기를 위한 동력 송풍기 사용에 관한 논문을 썼습니다. 저는 문헌을 연구했고 환기에 관한 실험도 하였습니다. 지금까지 환기와 관련 매뉴얼의 기본뼈대는 본 논문의 범위 내에서 개발되었습니다. 이 글은 제 논문(*Experimental study of the use of positive pressure ventilation in staircases in an intervention by fire-fighters)* 9 장의 일부를 재작성한 글입니다. 저는 다양한 송풍기의 배치에 대한 구성 가능성에 대해 설명하려 합니다.

9 Configurations

송풍기 배치를 어떻게 구성해야 하는지에 대한 문헌과 현장에서 소방관들이 운용하는 방식과는 많은 차이와 다양한 의견이 있습니다. 여기에는 두 가지 중요한 요인이 작용합니다. 그것은 환기 장치의 유형과 환기의 형태입니다.

9.1 Aim of the ventilation

우선 수평환기와 다른 유형의 환기를 구별해야 합니다. 수평환기의 경우 급기구와 배기구는 같은 층에 있습니다. 그리고 급기구에서 배기구로의 공기 흐름이 생성됩니다. 그러한 용도(수평환기)에서는 급기구에 양방향 흐름이 있는 것은 바람직하지 않습니다. 급기구에서도 연기가 흘러나올 수 있습니다. 뜨거운 연기가 포함된 경우 이 급기구(문)를 통해 진입해야 하는 소방관에게는 위험성이 존재합니다. 그러면 공기흐름으로 전체 개구부(급기구)를 덮는 에어씰(air seal)을 만드는 것이 해결책이 될 것 입니다.

비슷한 문제가 화재실에 양압이 만들어질 때 나타납니다. 여기에서도, 급기구의 상단에서 연기유출이 관찰되는 것은 바람직하지 않습니다. 이러한 연기유출은 압력누출의 한 유형입니다. 이로 인해 화재실내에서 발생하는 양압이 줄어들게 될 것입니다.

연립주택 화재현장에 배연전술을 적용하려할 때 1 층의 출입문이 급기구가 될 것입니다. 그러면 배기구는 2 층의 창문이 될 수 있습니다. 이 구성에서 급기구에서의 양방향 공기흐름은 큰 문제가 되지 않습니다. 사실상 2 층으로부터 1 층 출입문까지 연기의 흐름이 만들어 지지는 않을 것입니다. 여기서의 질문은 "2 층에서 (1 층에서 일어나는 일에 관계없이) 가장 높은 효율을 얻을 수 있도록 송풍기를 어떻게 배치해야 하는가?" 입니다.

Fig. 9.1 A conventional power blower *(Photo: German Berckmans)*

여기에는 두 가지 중요한 질문이 있습니다. '급기구에서 유입되는 흐름만 관찰되는 단일방향의 공기흐름이 생기는가? 아니면 환기가 잘 진행될 경우에 급기구에서 양방향 흐름이 발생하는가?' 입니다.

환기에 영향을 주는 두 번째 주요 영역은 환기 효율과 전술을 비교하는 것입니다. 높은 효율을 얻기 위해서는 주로 소방대원의 활동에 방해가 되는 곳에 송풍기를 배치하는 것이 필요합니다. 하지만 전술적인 관점에서 이것은 바람직하지 않습니다. 내부 공격팀이 전진하면 문을 통과하는 소방호스가 움직입니다. 이로 인해 송풍기가 움직일 수 있습니다. 게다가, 또 다른 안전상의 이유로, 내부 공격대원들이 실내에서 밖으로 빨리 대피하려 할 때, 그들의 앞을 가로막고 있는 송풍기는 소방관들에게 심각한 결과를 초래할 수 있습니다.

9.2 Dependence on the type of ventilator

9.2.1 Conventional ventilator

송풍기 제작을 시작한 최초의 회사 중 하나는 미국 회사인 '템페스트사' 였습니다. 그들은 최초의 송풍기를 만들었고 이 송풍기는 원뿔 모양의 공기 흐름을 만들어 내었습니다.

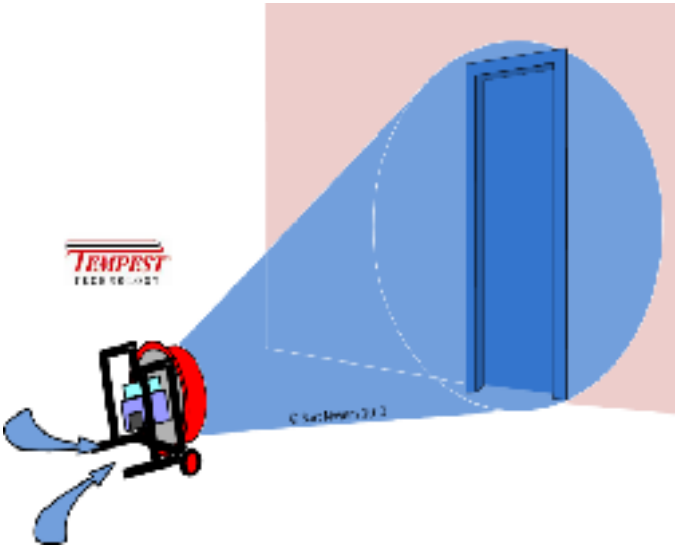

Fig. 9.2 One ventilator is positioned so that the door opening is fully covered by the cone of air *(Figure: Bart Noyens)*

기존의 송풍기를 사용하는 경우(그림 9.1 참조) 에어 씰이 형성될 수 있도록 급기구에서 충분히 멀리 떨어져 있어야 한다고 항상 언급되었습니다. 이는 급기구(문)가 송풍기에 의해 만들어진 원뿔모양의 공기흐름에 의해 완전히 덮인다는 것을 의미합니다.

소방관들은 맨손으로 공기의 흐름이 어디까지 도달했는지를 느끼면서 원뿔모양의 공기흐름이 문을 완전히 덮는지 여부를 확인해야 한다고 배웠습니다. 이러한 방식으로 공기의 흐름이 급기구 전체를 통해 단일한 방향으로 발생하게 하여, 급기구 상단에서 연기가 새어 나오지 않게 해야 합니다.

이러한 효과를 얻기 위해 "출입문의 높이가 높을수록 송풍기를 문에서 멀리 배치하라." 라는 경험법칙을 사용할 수 있습니다. 많은 출입문의 높이는 약 2m 입니다. 이 경우 출입문을 완전히 덮으려면 송풍기를 출입문에서 약 2m 떨어진 곳에 송풍기르 ㄹ기울인채로 배치해야 합니다.

이 방법의 단점은 공기 흐름의 중요한 부분이 급기구(문) 주변의 벽에 부딪힌다는 것입니다. 이 부분은 환기에는 도움을 주지 않습니다.

Mark Yates 는 2002 년 즈음 공기의 흐름이 벽에 부딪히기 때문에 효율 감소로 인해 상기의 경험법칙에 대해 다시 생각해야 한다고 말했습니다. Kris Garcia 는 2006 년에 출판된 그의 책에서 이 방법을 설명하고 있으며, 급기구를 송풍기의 공기 흐름으로 덮는 것이 반드시 필요한 것은 아니라고 결론지었습니다. 하지만, 에어 씰(air seal)이 공격적 양압배연을 실시할 때 긍정적인 효과를 가지고 있습니다. 제 연구 결과는 에어 씰이 오직 1 층을 환기시킬 때에만 필요하다고 생각하게 합니다. Martin Thomas 박사는 송풍기 배치의 구성이 달성하고자하는 목표에 달려 있다고 말했습니다. 그는 환풍기가 문에서 2m 떨어져 배치될 경우 공기 유입량이 최대 50% 감소하고 내부 압력은 10% 더 낮아질 것이라고 말했습니다.

캐나다 국립연구소(NRC: National Research of Canad)의 연구 결과는 송풍기가 급기구(문)에 가까이 배치될수록 효율이 증가한다는 것을 보여주었습니다. 또한, 송풍기가 덜 기울어질수록 더 효율적이라는 것도 보여주었습니다.

송풍기의 효율 이외에도 전술적 고려가 이루어져야 합니다. 급기구(문) 바로 앞에 배치된 송풍기는 최고의 효율을 만들어 낼 수 있습니다. 하지만, 출입문 바로 앞에 배치된 송풍기는 들어가거나 나오는 소방대원들에게 방해가 될 것입니다. 또한 출입문 바로 앞에 배치된 송풍기는 소방 호스의 움직임에 의해 빠르게 움직이게 되며, 이는 더 이상 송풍기가 최적의 위치에 있지 않음을 의미합니다.

두 요소(효율 및 전술)를 서로 비교하여 측정한 결과 이상적인 해결책은 송풍기를 급기구에서 약 1.6m 떨어진 곳에 배치하는 것으로 보입니다. 이 경우 송풍기는 기울어지지 않은채로 배치되어야 합니다. 이렇게 함으로써, 공기 흐름은 급기구 방향으로 유도되며 이 공기 흐름의 상단과 측면에 벤투리 효과가 발생하여 추가 공기가 내부로 유입될 것입니다. 공기 흐름의 상단에서 공기가 유출되지 않도록 하기위하여 급기구를 송풍기의 공기 흐름으로 덮을 수도 있습니다. 이것은 수평 환기에서도 마찬가지일 것입니다.

또한 고려해야 할 마지막 요소는 현장 상황입니다. 어떤 사람들은 때때로 어떤 법칙들의 기초원리를 알지 못한 채 소방활동중에 너무 많은 규칙을 남용합니다. 실제로 지면의 상태가 좋지 않은 경우가 종종 발생하고, 이러한 경우에는 0.5m 전방 또는 후방으로 송풍기를 배치할 경우 더 좋은 위치가 될 수 있습니다.

또한 종종 문간(doorstep)이나 심지어 몇 개의 계단이 있는 출입문이 있는 경우가 있는데, 이것은 집으로 들어가는 출입문이 지면의 높이에서 약 0.5m 위에 있다는 것을 의미합니다. 이러한 경우 송풍기를 기울이는 것이 가장 좋을 것입니다.

9.2.2 Turbo fan

프랑스 리더사는 이러한 전술의 발전을 관찰하고 이에 대응했습니다. 그들은 원뿔 모양의 공기 흐름보다 원통형 모양에 가까운 공기 흐름을 만들어 내는 더 작은 송풍기를 개발했습니다. 공기의 흐름 속도는 기존 송풍기의 공기의 흐름 속도보다 빠릅니다. 이런 종류의 송풍기를 터보팬이라고 부릅니다. 이러한 송풍기는 급기구 전체를 덮으려는 의도가 아닙니다. 이 송풍기는 최대의 벤투리 효과가 나타날 수 있도록 설계되었습니다. 즉, 이 작은 송풍기는 여전히 큰 공기 흐름을 만들어 낼 수 있습니다. 리더사에서 일했던 독일의 소방 기술자 Christian Emrich 는 이러한 송풍기를 급기구에서 약간 떨어진 곳에 배치해야 한다고 제안합니다.

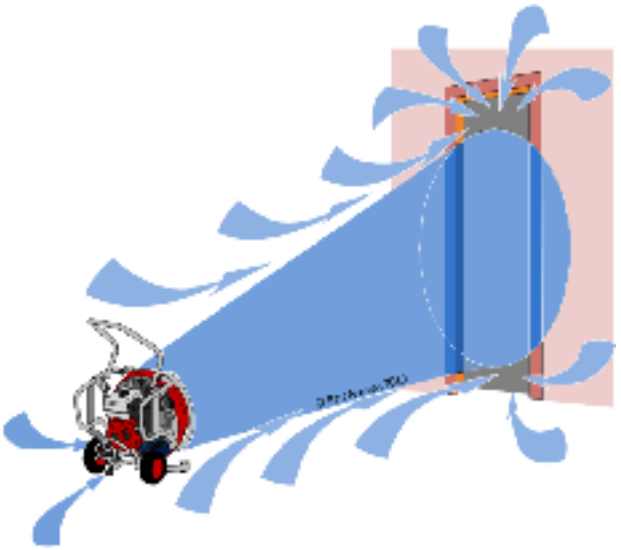

Fig. 9.3 The airflow created by a turbo fan does not cover the entire inlet opening. The venturi effect plays an important part *(Drawing: Bart Noyens)*

9.2.3 Easy Pow'air fan

Fig. 9.4 Easy Pow'air fans with differing capacities *(photo: Leader)*

리더사에서는 이른바 Easy Power'air 팬으로 불리는 터보팬 기술을 한층 더 발전 시켰습니다. 이 유형의 송풍기는 공기 흐름을 더욱 빠르게 하였습니다. 이는 벤투리 효과로 인해 송풍기의 효율을 더욱 올려주었습니다.

이 송풍기의 공기 흐름은 기존 송풍기의 공기 흐름보다 훨씬 더 집중되어 있습니다.

이로 인해 송풍기는 급기구로 사용되는 문으로부터 2 ~ 6m 떨어진 곳에서도 양호한 결과를 얻는 것이 가능해졌습니다.

9.3 Alternative configurations with one ventilator

원칙적으로 동력 송풍기가 역방향으로 작동(음압배연)하도록 배치할 수도 있습니다. 그러면 효율은 훨씬 더 낮아질 것입니다. 그러나, 그것은 오직 하나의 개구부(문)만 열려 있는 방에서 연기를 배출하기 위한 방법이 될 수 있습니다. 화재진압 후 약 50m² 크기의 주점(pub)에서 연기를 배출하는 작업이 그 예입니다. 주점에 다른 개구부가 없다면 자연환기가 오래 걸릴 것이고 송풍기를 이용하여 연기를 배출하는 것이 더 빠를 것입니다.

지하 주차장에 가득찬 연기를 배출 할 때에도 동일한 원리를 사용할 수 있습니다. 송풍기를 통하여 주차장 밖으로 나오는 공기흐름을 만들어, 주차장에서 연기를 배출할 수 있을 것입니다.

그러나 이 방법을 사용할 때에는 연기 가스가 송풍기를 통과한다는 점을 명심해야 합니다. 내연기관 엔진을 장착한 송풍기를 사용하면 연기 가스속의 산소농도가 부족하기 때문에 엔진이 정지할 수 있습니다. 더욱이, 이러한 기기들은 이러한 방식으로 사용하도록 설계되지 않았습니다[1]. 따라서 다른 가능성이 없는 경우에만 이러한 구성을 사용하는 것이 좋습니다.

9.4 Multiple ventilators

건물에 화재가 발생하면 여러 출동대가 현장에 출동해야 합니다. 이는 환기를 위해 더 많은 송풍기를 사용할 수 있음을 의미합니다. 이렇게 여러대의 송풍기를 배치하여 더 나은 결과를 얻을 수 있습니다.

아래의 권장 사항은 기존의 "템페스트사" 송풍기(원뿔형 공기흐름)를 사용한 테스트 결과입니다. 이러한 결론이 터보팬과 Easy Power'air 팬에도 적용되는지 여부를 추가로 연구해야 할 것입니다.

[1] 에어필터가 연기입자에 의해 막힐 수도 있으며 열기에 의해 송풍기가 기능저하를 일으킬 수도 있습니다.

9.4.1 Two blowers behind one another or in series

여러 문헌에는 2 개의 송풍기를 직렬로 배치할 수 있는 가능성을 개괄적으로 설명하는 다양한 사람들이 있습니다. 뒤에 위치한 송풍기가 앞에 위치한 송풍기의 공기 흐름을 보강한다는 생각입니다. 또한 뒤에 위치한 송풍기는 급기구를 완전히 덮을 수 있도록 배치합니다. 이 시스템에서 고려해야하는 또 다른 것은 뒤에 위치한 송풍기가 부스터 워터 펌프의 경우와 동일한 방식으로 앞에 위치한 송풍기에게 공기를 공급한다는 것입니다.

대부분의 문헌에서는 더 큰 송풍기를 앞에 배치하는 것이 좋다고 했습니다. 하지만, Kriss Garcia 는 급기구에서 1m 위치한 곳에 소형 송풍기를 대형 송풍기보다 앞에 배치하는 것을 추천합니다. 이렇게 하면 송풍기 하나를 배치하는 것보다 30% 더 많은 효율을 달성할 수 있다고 말합니다. Koen Desmet 은 그의 연구에서 10%의 추가 효율을 언급했습니다.

Fig. 9.5 Configuration of two ventilators behind one another during experiments in Oostkamp *(Photo: Karel Lambert)*

저도 몇 가지 실험을 하였습니다. 저는 앞에 배치된 송풍기가 소방대원들의 장애물이 되지 않도록 문에서 충분히 떨어져 있어야 한다고 생각했습니다. 진압대원들이 드나드는 출입문에서 1m 떨어진 곳에 첫번째 송풍기를 배치합니다. 앞에 위치한 송풍기는 최대한 기울여 배치하고 뒤에 위치한 송풍기는 기울지 않게 배치된 구성이 가장 좋은 결과를 얻을 수 있었습니다. 이러한 송풍기의 구성이 하나의 송풍기보다 58% 더 많은 효율을 얻었습니다. 하지만 이 실험결과에서도 약간의 측정오차가 있을 것 입니다.

따라서 문헌에서는 2 개의 송풍기를 직렬로 배치하여 사용하는 방법에 대한 통일된 결론이 없습니다. 그렇지만, 어떠한 방식으로든 직렬로 배치된 2 개의 송풍기는 하나의 송풍기보다 더 높은 효율을 만들어 낸다는 것은 정말로 확실합니다. 첫 번째 송풍기를 문에서 1m 떨어진 곳에 위치시키면 효율이 훨씬 더 높아지는 것은 분명하지만, 소방관들이 현장활동을 할 때에는 그렇게 편리하지 않습니다. 출입문을 사용하여 건물을 드나들지 않는 경우만 송풍기의 직렬배치가 이상적인 구성이며, 첫번째 송풍기가 출입문 바로 앞에 위치하며 기울어지지 않은 상태로 배치하고 두 번째 송풍기는 출입문에서 약 1.5m 떨어진 곳에 기울어진 상태로 배치합니다.

9.4.2 Two blowers next to or parallel to one another

2 개의 송풍기를 배치하는 수 있는 두 번째 구성방법은 송풍기를 서로 옆에 배치(병렬배치)하는 것입니다. 이것은 일반 문과 차고 문의 경우에 고려할 수 있습니다.

일반 문의 경우 송풍기의 다양한 다른 배치옵션을 선택할 수 있습니다. 송풍기는 병렬 또는 V 자 모양으로 배치될 수 있습니다. 차고 문의 경우 개구부의 폭이 큰 역할을 합니다. 송풍기는 전체 개구부를 덮을 수 있도록 약간 떨어진 곳에 배치합니다. 전고가 높은 문의 경우 개구부가 약간 작아지도록 문의 일부를 내리는 것이 편리할 수도 있습니다. 개구부가 4m 높이일 경우, 어떤 송풍기 배치 구성도 전체 개구부를 덮을 수 없습니다. 문의 높이를 2m 낮춤으로써 급기구를 2 개의 송풍기로 완전히 덮을 수 있게 할 수 있습니다.

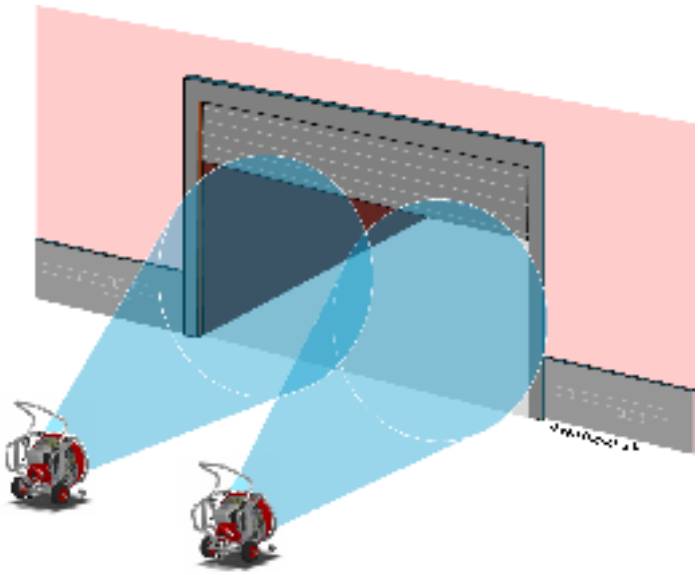

Fig. 9.6 Two ventilators standing parallel in front of a garage door. *(Drawing: Bart Noyens)*

제 연구에서는, 일반적인 출입문을 급기구로 이용한 경우 2 개의 송풍기를 병렬배치한 구성이 송풍기 1 개를 사용한 효율보다 51% 더 많은 효율을 얻었습니다. 따라서 두 개의 송풍기를 직렬배치하여 얻은 추가 효율과 매우 비슷합니다. 그러나 일반적인 출입문 앞에 있는 송풍기 2 개의 병렬배치는 송풍기 1 개보다 훨씬 더 많은 장애물이 될 수 있다는 점에 유의해야 합니다.

9.4.3 V-shaped configuration

잘 알려지지 않았지만 여러 문헌에서 언급되는 송풍기의 배치는 V 자형 배치입니다. 이러한 유형에서 2 개의 송풍기는 V 자 모양으로 배치됩니다(그림 9.7 참조). 두 송풍기 모두 출입문 방향을 바라보고 있으며, 이 아이디어에는 두 송풍기 사이에 발생하는 벤투리 효과를 기본으로 합니다. 출입문을 향하는 두 개의 공기흐름이 출입문 근처에서 부딪혀 추가 공기를 빨아들입니다. 두 송풍기와 출입문 사이의 거리는 약 1.5m 입니다.

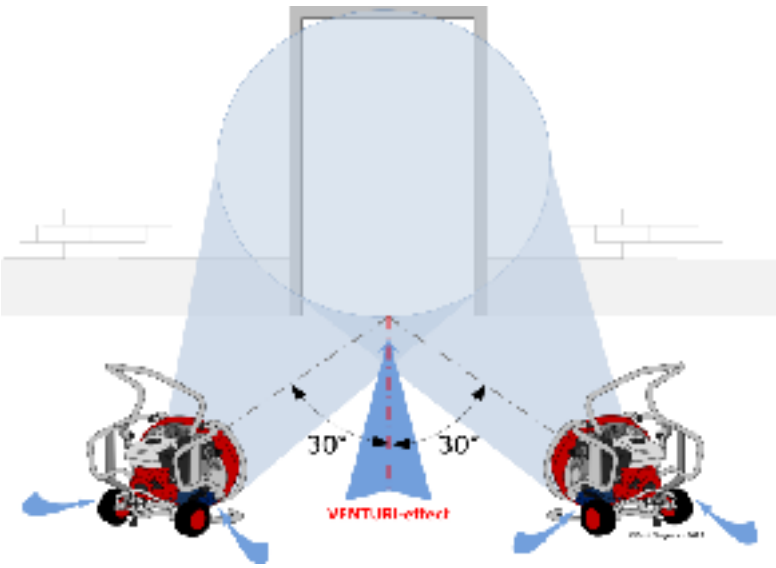

Fig. 9.7 V-shaped configuration *(Drawing: Bart Noyens)*

호주에서는 송풍기 하나는 똑바로 서 있어야 하고 다른 송풍기는 기울어져야 한다는 교육을 받습니다. 이 배경에는 하나의 송풍기가 급기구의 하단을 덮고 또다른 송풍기가 급기구의 상단을 덮기위함이었습니다. 하지만 제 연구에서는 두 송풍기 어느 쪽도 기울지 않을 경우 더 높은 효율을 얻는다는 것을 발견했습니다. 송풍기 1 개에 대한 구성의 경우와 동일한 언급이 여기에 제시될 수 있습니다.

수평 환기가 필요하며 급기구에서 양방향 흐름이 발생하지 않도록 해야 할 경우 송풍기 중 하나를 기울이는 것이 좋습니다. 그러면 공기의 흐름이 출입문(급기구)를 완전히 덮지만 약간의 효율 손실이 발생합니다. Kris Garcia 는 자신의 책에서 V 자형 배치가 직렬 또는 병렬형 배치보다 10% 더 높은 효율을 갖는다고 말했습니다. 저는 이 차이가 아마도 20%일 것이라고 생각합니다. 이 배치 구성은 여러 장소에서 테스트되었습니다. 송풍기 1 개의 추가 효율은 52%에서 164%까지 다양했습니다. 즉, V 자형 배치으로 인해 출입문 바로 앞에 배치한 송풍기 1 개에 의해 발생하는 공기 흐름보다 최소 1.5 배 이상의 공기 흐름이 발생했다는 의미입니다. 최대 효율인 경우 공기 흐름은 송풍기 1 개 일 때보다 2.6 배 더 컸습니다. 2 개의 송풍기 사이에서 발생한 벤투리 효과가 더해져 두 개별 송풍기에서 발생한 공기 흐름의 합보다 더 많은 공기의 흐름을 발생시킨다는 것을 의미했습니다. 단순히 2 개의 송풍기를 사용하기 때문에 1 개의 송풍기를 사용할 때보다 2 배의 공기흐름을 예상할 수 있지만, 가장 좋은 테스트에서는 2.6 배의 공기흐름이 측정되었습니다.

Fig. 9.8 Two blowers in a V-shape. The angle is 45° *(Photo: Karel Lambert)*

Fig. 9.9 Two blowers in a V-shape. The angle is 30° *(Photo: Karel Lambert)*

Fig. 9.10 Two blowers in a V-shape. There is a 20°-angle *(Photo: Karel Lambert)*

또한 제 연구에서는 두 송풍기 사이의 각도를 변화시켜 보았습니다. 각도는 그림 9.7 에 명확히 표시되어 있습니다. 이는 출입문의 중심선과 출입문 중앙과 송풍기 중간 사이의 연결부 사이의 각도입니다. 그림 9.7 에서 각도는 30°입니다. 그림 9.8 과 같이 45°의 각도는 너무 넓습니다. 더 작은 각도로 더 나은 결과를 얻을 수 있었습니다. 30° 또는 20°(그림 9.9 및 9.10 참조)의 구성에서도 유사한 결과가 나타났습니다.

V 자형 배치의 환기효율이 훨씬 높기 때문에, 높은 층에서 환기를 해야 한다면 이러한 송풍기의 배치가 매우 유용한 방법일 것입니다. 환기가 필요한 층까지 공기의 흐름이 올라와야 하기 때문에 계단을 통과하는 거리가 멀수록 (마찰) 손실이 커집니다. 송풍기의 V 자형 배치로 계단 밑바닥에 더 강한 '펌프'가 형성돼 있고, 공기 흐름의 속도가 더 빠르기 때문에 V 자형 배치의 경우 송풍기가 하나 있는 구성의 경우보다 (마찰) 손실이 더 커집니다. 이에 대한 자세한 내용은 제 논문[1]을 참조하시기 바랍니다.

전술적으로도 송풍기의 V 자형 배치는 매우 가치 있는 구성입니다. 송풍기가 1 개인 구성과 달리 V 자형으로 배치된 송풍기는 공격 팀을 방해하지 않습니다. 두 송풍기 사이의 공간을 사용하여 대원들이 건물을 드나들 수 있습니다. 두 송풍기 사이에 하나 이상의 소방 호스를 배치하는 것도 완벽하게 가능합니다. 그렇기 때문에 30° 각도의 위치가 최적의 각도로 간주됩니다. 높은 효율을 달성하고 두 송풍기 사이의 공간도 충분합니다. 20° 각도의 경우 공간이 너무 좁아서 소방관들이 쉽게 지나갈 수 없습니다.

측벽이 있어 공기 흐름이 원활하지 않으면 V 자형 배치가 우리가 원하는데로 작동하지 않습니다. 그림 9.11 의 차고에서는 2 개의 송풍기가 V 자 모양으로 배치되었습니다. 두 송풍기 모두 공기를 흡입하여 출입문 방향으로 공기를 불어넣습니다. 이 공기의 흐름은 차고의 측벽에 의해 방해를 받습니다. 이로 인해 환기 효율이 감소합니다. 특히 그림 왼쪽의 송풍기는 측벽에 의해 방해 더 받습니다. 저는 실험을 통해 문 앞에 위치한 하나의 송풍기가 측벽에 의해 공기 흐름이 방해될 경우 2 개의 송풍기를 이용한 V 자형 배치보다 하나의 송풍기만 배치하는 것이 더 높은 효율을 갖는 것을 확인했습니다.

Fig. 9.11 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 Experimental configurations

문헌에서 논의한 2 개의 송풍기를 이용한 3 개의 구성(직렬, 병렬, V 자형 배치) 외에도 더 많은 송풍기로 대체 구성을 만들 수도 있습니다. 제가 실험한 또다른 구성은 급기구(출입문)에서 V 자형으로 배치된 2 개의 송풍기와 내부계단의 하단에 배치된 1 개의 송풍기 조합입니다. 이런 형태의 구성은 1 층에 로비가 있는 건물에서 양압배연작업을 할 때 유용합니다. 고층 건물의 경우 출입문과 계단이 어느 정도 떨어져 있는 경우가 자주 발생합니다. 대부분의 경우 출입구와 계단 사이에도 여러 개의 문이 있습니다. 이 모든 요소가 환기 효율을 떨어뜨립니다. 그럼에도 불구하고 이러한 구성은 높은 환기 효율을 보여줍니다.

Figs. 9.12 & 9.13 In tests in Oostkamp two blowers were positioned in a V-shape at the entrance door of an apartment building. A third blower was added at the bottom of the staircase. *(Photo: Karel Lambert)*

이 실험 구성은 송풍기 1 개 및 송풍기 2 개의 V 자형 배치 구성과 비교 되었습니다. 결과는 표 9.1 에 나와 있습니다. 실험 구성을 통해 1 개의 송풍기의 효율이 약 3.5 배에 더 높은 효율을 보여주었습니다.

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 Yields of various configurations

스웨덴에서는 화재실 옆에 있는 격실들을 양압으로 만들기 위해 거대한 규모로 송풍기를 사용합니다. 종종 코브라 노즐을 적용하는 것과 동시에 사용됩니다. 이를 눈에 띄게 효율적으로 적용한 사례는 보로스의 한 산업단지 화재 사건입니다(the fire of an industrial complex in Boräs). 그 공장들 중 한 곳에서는 완전히 발전된 화재가 맹위를 떨치고 있었습니다. 문제의 화재가 발생한 공장은 2,900m²(36 m x 80 m)의 직사각형 모양 이었습니다.

Fig. 9.14 (left) Aerial photograph of a building housing several companies. The second building from the left was hit by a very large fire. *(Photo:* www.SERF.se*)*

Fig. 9.15 In a fire in Boräs the fire brigade used eleven power blowers in six different places to put adjoining premises under positive pressure. The smoke gases at the edge were cooled by Cobra and this prevented the fire from spreading. *(Photo:* www.SERF.se*)*

소방대의 행동의 목적은 인접 공장들을 보호하는 것이었습니다. 이 목적을 위해 11 개의 송풍기가 사용되었습니다. 인접한 모든 공장들은 양압을 제공 받았습니다. 그 효과는 화재 가스가 그 화재실(화재가 발생한 공장)의 옆건물들로 퍼지는 것을 막아주었습니다. 이 접근 방식은 7 개 이상의 코브라 노즐을 적용하는 것과 동시에 사용되었습니다. 화재실 가장자리에 있는 화재 가스는 이런 방식으로 냉각되었습니다. 이러한 코브라 노즐과 PPV(양압 환기)가 결합된 접근 방식은 연소확대가 방지될 수 있도록 하였습니다. 화재진압 후 보험 회사의 조사결과 소방대의 조치가 €15M(15,000,000 유로)의 손해를 방지했다는 결론에 도달했습니다.

마지막으로, 배연작업에 유체역학의 일반적인 원리를 적용할 수 있다는 점도 언급할 가치가 있습니다. 송풍기는 공기펌프로 간주될 수 있습니다. 전략적인 장소에 송풍기를 배치함으로써 다양한 지하공간에서(지하주차장이나 지하층에서) 연기를 배출할 수 있습니다. 사다리차의 바스켓에 비치된 소형 전기식 송풍기는 이러한 지하공간의 배연작업에 이상적입니다. 그러한 송풍기의 사용방식은 극히 제한적일 것입니다. 지하실의 벽면 콘센트에 송풍기를 연결하는 것이 가능할 것입니다. 송풍기는 공기 흐름의 방향을 변경해야 하는 위치에서 올바른 방향으로 공기 흐름을 보낼 수 있도록 배치될 수 있습니다. 벽의 마찰로 공기가 속도를 잃은 곳에서도 배치될 수 있습니다. 이러한 경우 송풍기는 공기 부스터 펌프처럼 작동합니다. 이러한 구성에서는 송풍기의 배치장소를 지속적으로 조정해야 합니다. 사실, 당연히 깊숙한 곳에있는 연기부터 사라질 것입니다. 그러면 송풍기는 송풍기가 더 이상 필요하지 않은 장소에서 다른 장소로 이동할 수 있습니다. 시간이 많이 걸리는 작업 방식이지만 열연기를 배출하는 시스템이 구축되지 않은 지하 건물에서 유용한 방법일 것입니다.

9.5 Concluding view

이 글은 제가 논문을 쓰면서 얻은 지식을 공유하려 작성한 글 입니다. 환기와 관련된 주제의 제한된 부분만을 다루며 따라서 불완전한 글 입니다. 제 목표는 화재현장에서의 환기에 대한 지식을 널리 알리고 환기에 대한 이해를 높이려 하는 것입니다. 다음의 이메일주소에서 여러분들의 의견과 질문을 받기를 기대합니다. karel.lambert@skynet.be

Sources

[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