

Introducing positive pressure ventilation: Three different approaches

환기는 많은 형태와 의미를 지닌 주제입니다. 미국에서 기계적인 환기가 처음 도입되었을 때, 그것은 많은 저항을 받았습니다. 소방관에게 있어 화재현장에 공기를 더하는 것은 부자연스러운 생각입니다. 이 때문에 환기는 어떤 위험을 동반하는 것도 분명합니다. 환기에 관한 많은 논문과 기사의 공통점은 소방활동 중 환기가 수행될 때 본질적으로 존재하는 위험에 대한 반복적인 경고이었습니다. 특히 화재가 완전히 진압되기 전에 환기를 하는 것은 많은 위험을 내포하고 있습니다.

2006년 11월, 뉴사우스웨일스 소방국(NSWFB: New South Wales Fire Brigades)은 모든 소방관들(약 6,500명)에게 안전회보(safety bulletin)^[1]를 배포하였습니다. 그 회보에서는 잔화정리(정밀검색) 이외의 다른 목적을 위한 PPV 사용을 금지하였습니다. 그 이유는 화재진압 활동 중 PPV를 사용하면 극단적인 화재 행동과 급속한 화재진행 현상으로 이어질 수 있기 때문입니다. 잔화정리 시 PPV 사용을 허용하기 위해서는 다음의 세 가지 요구사항이 충족되어야 합니다.

1. 화재가 완전히 진압되어야 합니다(The fire has to be put out).

2. 내부에는 화재의 재점화 시 즉시 진압할 수 있는 충수된 호스 라인을 배치하고 완전한 개인보호장비를 갖춘 진압대가 있어야 합니다.

3. IC와 화재 현장에 있는 모든 진압대원들 사이에 통신망이 개설되어야 합니다.

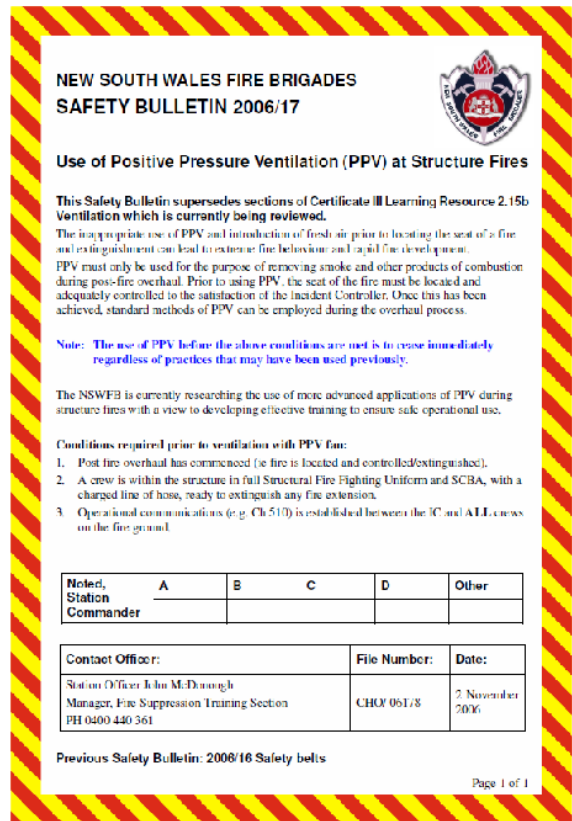


Figure 1 Safety Bulletin of New South Wales Fire Brigades (Source: NSWFB - John McDonough)

영국 내무부에서는 소방서에 양압 환기 장치 도입을 추진하였습니다. 이러한 도입은 필요한 조사를 한 후에 추진되었고 이에 필요한 정보가 포함된 문서가 게시되었습니다. Mark Yates^[2]는 97년과 99년의 이 문서를 언급하였습니다. 영국 정부는 PPV에 대한 여러 문서와 연구를 통해 각 소방서가 PPV 전술 구현 수준을 선택할 수 있는 운영 환경을 조성하였습니다.

우리 영국 동료(소방관)들은 PPV 전술에서 가장 중요한 요소를 세 가지 상황으로 구분되는 모델을 만들었습니다. 모델에 따라 소방당국은 세 가지 다른 상황(단계 및 수준)에 PPV 전술을 적용할 수 있습니다. 이 모델의 목표는 PPV를 상황에 따라 구현하는 것입니다.

진압대원들은 PPV 전술을 사용하지 않는 선택을 할 수도 있습니다. 화재진압 현장에서 PPV가 결정되면 다음의 세가지 상황 및 단계로 구분할 수 있습니다.

- 단계 1: 화재 진압 후 - 잔화정리 중 환기(Ventilation after the fire has been extinguished – during overhaul)
- 단계 2: 화재를 제어한 후 환기(Ventilation after the fire has been controlled)
- 단계 3: 화재 진압 전 환기(Ventilation before the start of extinguishment)

(현재) 우리 소방관들은 오직 1 단계(상황)에서만 PPV 전술을 사용 할 수 있습니다.

영국의 내무부^[3] ^[4] ^[5]에 의해 발행된 여러 문서에서, 충분한 교육과 훈련의 중요성이 강조되었습니다. 내무부의 견해는 각 개별 단계에 대한 교육이 필요하다는 것 입니다. 현재 벨기에에서는 환기를 주제로 한 실제 교육이 없으며 이것이 PPV 전술이 거의 사용되지 않는 이유를 설명해줍니다.

화재현장에서 PPV 전술을 적용하려는 경우 적절한 장비에 투자해야 합니다. 장비에 대한 투자 외에 환기전술에 대한 교육도 실시해야 합니다. 특히 3 단계 PPV 전술(화재진압 전에 환기를 실시)로 발전하는 것이 목표라면, 진압대원들이 적절하고 충분한 훈련을 받는 것이 중요해질 것입니다.

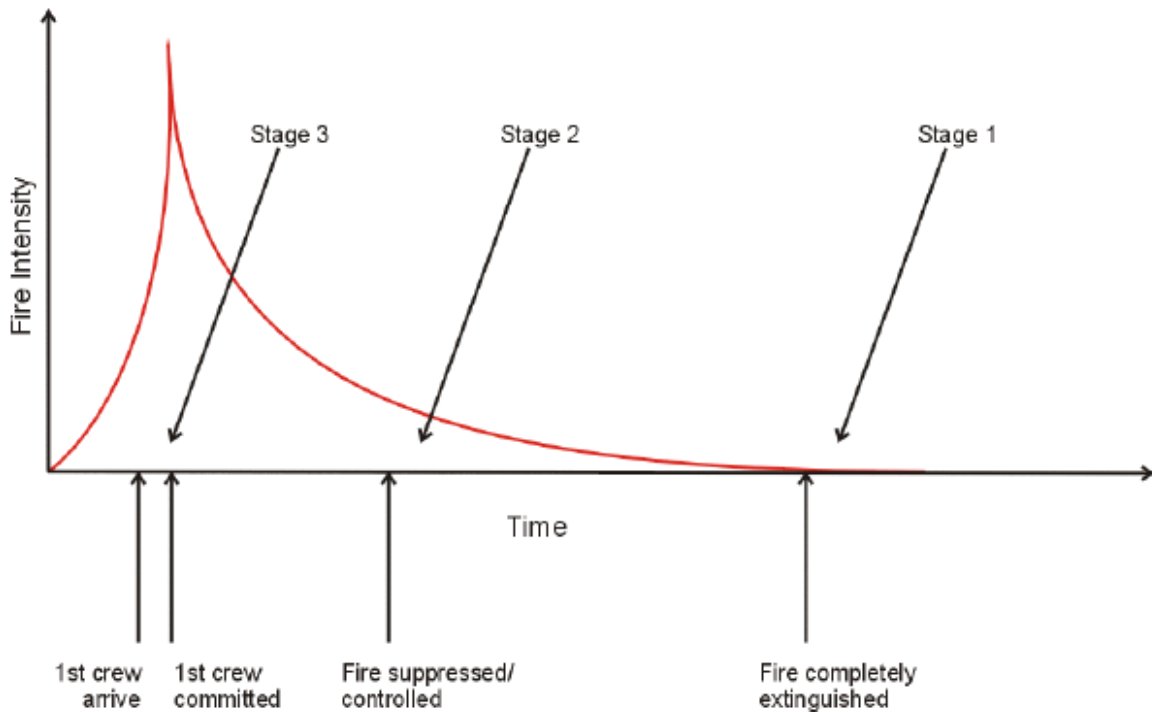


Figure 2 The English model with three different phases. Fire services can advance from phase one to phase three. (Drawing: Mark Yates)

Eurofirefighter^[6]라는 책에는 환기에 관한 재미있는 원탁 토의가 실려 있습니다. 토의에서 Ed Hartin 은 화재 진압 전, 화재 진압 중 또는 화재 진압 후에 환기전술을 사용하기 위해 화재 현장에서 적절한 선택을 해야 한다고 주장합니다. 출동대가 화재현장에서 3 단계 PPV 전술을 사용할 수 있는 능력이 있다는 것은 좋은 일입니다. 그렇다고 해서 3 단계

PPV 전술 수준의 환기전술이 모든 화재 현장에서 사용될 필요는 없습니다. 여기서 화재 행동은 매우 중요합니다. 언제 환기를 시작해야 할지 결정하는 것은 IC의 선택에 달려 있습니다. Hartin은 또한 환기 시작 시 단계와 상관없이 배연(ventilation)과 차단배연(anti-ventilation)을 같이 사용 할 것을 권고합니다. 그는 화재 진압이 시작될 수 있을 때까지 환기를 방지하는 것(anti-ventilation)이 최선이라고 말했습니다.

1.1 Phase 1: After the fire has been extinguished – during overhaul

벨기에에서는 일반적으로 (잔화정리중에) 환기가 간단하게 수행됩니다. 결국 환기는 가장 안전하게 환기(배연)하는 것이므로, 화재가 진압되면 화재 행동에 영향을 미치는 환기의 위험성은 무시될 수 있습니다. 예외는 화재 가스가 점화(FGI: Fire Gas Ignition)되는 현상입니다. 송풍기에 의해 발생하는 난류로 인해 점화원이 (화재가스의) 가연성 혼합물에 더해질 수 있습니다. 이것은 환기에 따른 약간의 위험이 있다는 것을 의미합니다. 화재 가스를 배출하는 동안 FGI가 발생하면 아마도 환기 시작 직후에도 FGI가 발생할 것입니다. 송풍기를 작동 후 잠시의 시간이 흐르면, 화재 가스의 농도가 감소하기 때문에 FGI가 발생할 가능성이 낮아질 것입니다. 진압대원들은 PPV를 시작한 직후에 FGI가 발생할 가능성에 대비해야 합니다. 진압대원들이 FGI 발생가능성에 대비하고 있을 때 FGI가 발생하는 것이 더 좋습니다. 이러한 위험을 해결하는 좋은 방법은 송풍기를 켜 후 약 30 초 동안 기다리는 것입니다.

환기를 준비할 때 다음 질문을 하고 답해야 합니다. "불이 완전히 꺼졌습니까?" PPV가 시작되면 진압대원들이 눈치채지 못한 채 남아 있던 잔불이 빠르게 크기가 커질 수 있습니다.

1.2 Phase 2: During extinguishment but before the fire has been put out.

1 단계 PPV 전술에서 충분한 경험을 쌓은 진압대원들은 2 단계 PPV 전술을 수행할 수 있습니다. 당연히 2 단계 전술은 추가적인 훈련이 더 필요할 것입니다. 즉 이 단계에서는 환기가 화재 행동에 영향을 미칠 가능성이 더 커졌습니다. 하지만 현장에 있는 진압대원들이 화재행동의 변화로 발생할 수 있는 모든 가능성에 대비할 수 있다면 이러한 위험성의 증가는 반드시 문제가되지 않을 것입니다.

2 단계 PPV 전술에서 가장 중요한 원칙은 환기가 시작되는 순간 진압대원들은 화재를 통제하고 있어야 한다는 것입니다. 추가로 공급된 공기로 인해 화세가 증가하겠지만, 이 증가된 화세는 진압대원들의 진압활동으로 상쇄될 것입니다. 그 상황을 적절하게 묘사하는 예시는, '맹견이 우리 밖으로 나왔지만, 사슬에 묶여 있는 상태입니다.' 즉, '진압대원들이 (환기가 시작되기 전) 적절한 시간에 적절한 장소에 대기하고 있어 이상징후가 있을 경우 즉시 대응해야 한다'는 철학이 깔려 있습니다. 2 단계 PPV 전술의 목표는 공격팀을 지원하는 것입니다. 화재 현장에서 진압활동이 시작되자마자 많은 양의 증기가 발생할 것입니다. 이 증기는 진압대원들에게 부상을 입힐 수도 있습니다. 하지만 환기가 시작되면 증기는 연기와 같이 배출될 것입니다. 그러면 진압대원들은 증기의 방해 없이 계속 활동을 할 수 있습니다. 연기가 배출되기 때문에 시야가 개선되고 화점이 더 쉽게 보일 것입니다.

이러한 형태의 2 단계 PPV 전술은 브뤼셀 소방서에서 사용되어 좋은 결과로 이어졌습니다. 1 단계보다 더 많은 위험성을 안고 있지만 3 단계보다 더 안전하고 신중하게 사용할 수 있습니다.

2 단계 PPV 전술을 사용하는 것이 바람직하지 않은 상황들이 있습니다. 지하층이나 지하저장소 화재를 진압할 때, 종종 단 한 개의 개구부만 있는 현장일 때가 있습니다. 연기와 증기는 모두 계단 개구부를 통해 빠져나올 수밖에 없습니다. 이러한 상황은 진압대원들을 불편하고 위험하게 합니다. 이와는 별개로 화재실 내부로 도달할 수 있는 공기의 양이 제한적이기 때문에 지하 화재는 환기배형 화재인 경우가 많습니다. 화재를 진압하기 전에 환기를 하면 상황이 더 어렵고 위험해질 수 있습니다. 이 때문에 배기구 역할을 할 수 있는 두 번째 개구부를 만들지 않는 한 지하 화재 현장에서의 2 단계 PPV 전술을 추천하지 않습니다.

마지막으로 중요한, 화재진압 활동 중 실시하는 환기의 종류 중 하나는 화재에 인접한 방과 건물에 양압을 발생시키는 것입니다. 오래된 건물의 대형 화재를 진압할 때, 뜨거운 연기가 종종 갈라진 틈을 통해 인접한 방과 건물로 밀려들어올 수 있습니다. 일단 그곳에는, 이 뜨거운 연기가 문제를 일으킬 것입니다. 먼저 연기에 의한 손상이 발생하겠지만, 뜨거운 연기는 화재 확산을 야기할 수 있습니다. 일단 연기가 주변 건물로 완전히 퍼지면, 그 연기는 커튼과 같은 높은 인화성 물질의 발화원으로 작용할 수 있습니다. 소방관들은 송풍기 하나(또는 여러개의 송풍기)를 인접한 방과 건물의 문 앞에 놓을 수 있습니다. 이 인접한 방과 건물에 배기구가 없다면 송풍기에서 나오는 바람으로 가압될 것입니다. 화재현장에서 인접한 방과 건물로 연기를 밀려 들어오는 것은 훨씬 더 어려운 상황이 될 것입니다.

1.3 Phase 3: Before starting fire attack.

Mark Yates^[2]는 2001년 11월에 영국 소방국에서 의뢰한 연구용역을 수행하였습니다. 이는 영국 내무부가 PPV 구현에 관한 문서를 작성하고 약 4년 후에 이루어졌습니다. 이 연구에서는 영국 내 61개 소방서를 대상으로 관련 설문지를 배포했고, 그 중 53개의 소방서로부터 응답지를 받았습니다. 이 53개 중 오직 3개의 소방서만이 3단계 PPV 전술을 사용한다고 응답했습니다. (내무부는) 모든 소방서의 약 3분의 1이 3단계 PPV 전술을 수행할 수 있는 정도에 도달한다는 목표를 설정했습니다. 이를 위해 교육 프로그램을 개발하였고 모든 소방서의 약 절반을 1단계에서 3단계의 수준으로 끌어올리기 위해 2년 동안의 교육을 계획 하였습니다. Yates는 교육의 중요성과 SOP의 정확한 구현이 과소평가되어서는 안 된다고 결론내렸습니다.

화재 현장에서 3 단계를 적용하면 연소중인 건물에 공격팀이 진입하기 전에 환기를 할 수 있습니다. (환기가) 화재 행동에 미치는 영향은 엄청나게 큼니다. 플래시오버나 환기가 잘 되지 않는 화재현장에서 PPV를 시작하면 견갑을 수 없이 빨리 통제범위 밖으로 화재가 확대될 수 있습니다. 환기가 되지 않는 화재에 환기를 실시하면 화세를 매우 빠르게 상승시킬 것입니다. 이는 환기에 의해 유도되는 플래시오버 또는 백드래프트로 이어질 수 있습니다. 심지어 환기가 잘 되지 않는 화재의 경우 송풍기를 사용할 필요도 없이 출입문의 개방만으로 촉발된 자연환기는 환기 유도 플래시오버를 유발하기에 충분합니다^{[7] [8]}.

3 단계 PPV 전술은 화재성장에 많은 영향을 미치기 때문에 충분히 신중할 필요가 있습니다. Yates가 언급한 2년은 소방서의 PPV 구현 수준이 3단계로 "성장"하기에 충분할 것 같습니다. 소방서 지휘부가 3단계의 구현을 위한 교육훈련을 결정 한 경우 교육과정과 시간대(time frame)를 정할 필요가 있습니다. 다음으로 실화재훈련(live fire training)을 실시하기 위한 예산지원이 필요합니다.

3 단계 PPV 전술은 솔트레이크 시티의 몇몇 소방관들이 개발한 전술입니다. 그들은 그들의 전술에 "양압 공격(PPA: Positive Pressure Attack)"이라는 이름을 붙였습니다. PPA의 가장 잘 알려진 옹호자는 Kriss Garcia입니다. 그는 동료들과 함께 PPA 전술 적용에 관한 훌륭한 책을 만들었습니다. 먼저 환기를 위한 기본계획을 세우고 동시에 급기구와 배기구를 설정합니다. 그 후에 송풍기를 작동합니다. PPA의 결과로 열과 연기가 건물 밖으로 배출될 것입니다. 그러면 진압대원들은 시원하고 신선한 공기와 함께 화점을 향하여 진입할 수 있습니다. 이것은 또한 더 빠른 진압활동을 가능하게 합니다.

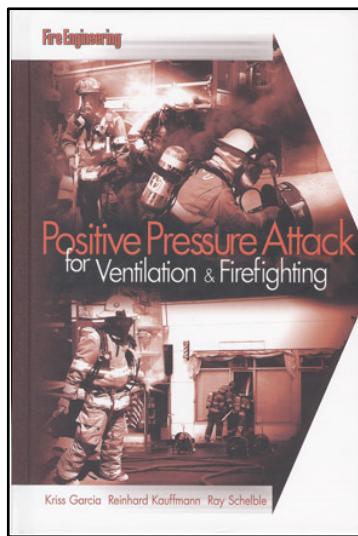


Figure 3 Book of Kriss Garcia on PPA

Garcia는 현장에 배치된 소방관 수가 PPA의 구현에 영향을 준다고 말합니다. 그는 환기 작업만 완전히 담당하는 세 명의 소방관들을 배치하는 것을 권고합니다. 벨기에 소방에서의 PPA의 구현은 화재진압에 대응하기 위해 배치되는 소방관들의 수에도 영향을 미칠 것입니다.

Yates는 각 소방서의 관할특성에 따른 PPA의 구현 가능성을 조사할 것을 권고합니다. PPA와 건물 유형 사이에는 중요한 연결고리가 있습니다. 미국의 많은 주거지역에는 기껏해야 두 개의 층으로 이루어진 주택이 있고, 이러한 주택에서는 쉽고 신속하게 지면에서 배기구를 만들 수 있습니다. 유럽에서는 점점 더 아파트형 건물이 많아지고 있습니다. 이러한 건물에서는 배기구를 만들기 위해 수동 사다리나 심지어 사다리 소방차도 필요합니다만, 소방차의 사다리가 모든 창문에 닿을 수 없기 때문에 이것이 항상 가능한 것도 아닙니다. 고층건물 화재진압에 있어 PPA는 선택 가능사항이 아닙니다.

1.4 And now Belgium?ⁱ

벨기에에서는 환기가 거의 사용되지 않습니다. 도입부에서 언급했듯이, 훈련 부족이 부분적인 원인입니다.

반면에, 모든 소방서에서 3 단계 PPV 전술에 투자하는 것도 현명하지 않습니다. 대도시에서는 건물의 유형 때문에 PPA가 선택가능사항이 아닌 경우가 많습니다.

각 소방서에서는 환기에 투자하고 싶은지, 그리고 어떤 단계를 시행하고자 하는지 신중히 고려해야 합니다. 그러나 적어도 1 단계 PPV 전술은 시행하는 것이 바람직할 것입니다.

1.5 Bibliography

- [1] *New South Wales Fire Brigades, Safety Bulletin - Use of positive pressure ventilation (PPV) at structure fires, november 2006*
- [2] *Yates Mark, The wind of change, Brigade command dissertation, Fire service college, 2002*
- [3] *Thomas Martin, The use of positive pressure ventilation in firefighting operations, 2000*
- [4] *Rimen John G., Report 81/2000: The use of positive pressure ventilation in firefighting operations, 2000*

- [5] *Hay Adrian, Positive Pressure Ventilation: A Study of Overseas Experiences, Home Office – Fire Research and Development Group, 1996*
- [6] *Grimwood Paul, Eurofirefighter, 2008*
- [7] *Lambert Karel, Nieuwe inzichten omtrent ventilatie (New insights into ventilation), De brandweerman, mei 2011*
- [8] *Kerber Steve, Impact of ventilation on fire behavior in legacy and contemporary residential Construction, 2010*
- [9] *Garcia Kriss, Kauffmann Reinhard & Schelbe Ray, Positive pressure attack for ventilation & firefighting, 2006*

Karel Lambert

ⁱ 이 글의 저자(Karel Lambert)는 벨기에 소방관 입니다. 그는 2012 년도에 작성한 이 글에서 벨기에 소방의 화재현장에서의 환기(배연)전술 적용에 대한 실정을 적어놓았으며, 이 또한 2021 년 대한민국 소방에서의 현실과 다르지 않다고 생각합니다. - 역자 주