

화재진압 용수의 공급



2022년 1월 - 마르쿠스 뤼젠베르크, 디터 츠비르너

(번역 : 양구소방서 조현국)

바덴뷔르템베르트 주 소방학교

목차

1. 소방용수의 준비	3
2. 상수도보호	5
2.1 상수도보호를 위한 단순조치	6
2.2 DVGW, AGBF, vfdb, DIN, DFV, 그리고 VMDV 의 권고사항	7
3. 소화전의 이용	9
3.1 소화전의 성능	9
3.2 소방용수 부족 시 지휘부를 위한 권고사항	11
3.3 소화전의 이격거리	12
4. 장거리 구간의 물 운반	3
4.1 물 운반의 원칙	5
4.2 닫힌 회로연결	5
4.3 열린 회로연결	7
4.4 혼합형 공급라인(닫힌 회로와 열린 회로의 조합)	8
4.5 소방용수 공급라인의 계획	8
4.6 사례 : 운송경로 “아이켈베르크 ~ 네이백 100”	9
5. 왕복순환식 물 운반	13
5.1 왕복순환식 물 운반의 성능	13
5.2 왕복순환식 운송의 체크리스트	14
6. 바덴뷔르템베르크 주 국민보호부의 HFS(Hytrans Fire Systems)	14
6.1 작동방식	14
6.2 HFS 의 성능	15
6.3 HFS 앰뮬 컨테이너의 배치장소	16
6.4 출동의 가능성	16

4. 장거리 구간의 물 공급

장거리 구간의 물 공급의 경우에 소방용수는 소방용수 취수원으로부터 화재현장 방수지점까지 여러 개의 소방원심펌프를 거쳐서 공급된다. 하나의 성공적인 물 공급을 위해서는 다양한 것을 고려해야 한다. 소방호스 안에서는 흐르는 물로 인해 마찰손실이 발생한다. 8~10bar 펌프토출압력에서 길이 100미터에 발생하는 B 구경(75mm) 호스의 마찰손실은 표 1에 나와 있다.

실제로 어떤 토출압력에서 사용되는가는 소방원심펌프의 성능에 달려 있다. FPN10-1000 규격의 펌프 1대로 10bar의 토출압력에서 공급할 수 있는 소방용수의 양은 분당 1,000리터에 도달할 수 있다. 물 운반에 있어서는 가장 힘이 약한 소방원심펌프가 물 운반 압력을 결정짓는다. 이것을 물 운반을 계획할 때 고려해야 한다.

유량(L/min)	B구경호스 100미터당 마찰손실
200	0.1bar
400	0.3bar
600	0.6bar
800	1.0bar
1000	1.4bar
1200	2.0bar

표 3. 다양한 물운송 수류에 따른 마찰손실(B구경 호스). 펌프의 토출압력은 현장에 배치되는 소방원심펌프의 성능에 따라 8~10bar 정도가 된다.

주의 :

분당 800리터의 물을 운반하는 B구경 호스 100미터에 약 1bar의 마찰손실이 발생한다. 여기서는 호스전개가 단순화된 것으로 제시되었다. 만약 호스를 이중으로 전개했을 경우 동일한 운반 유량(800L/min)에서 마찰손실은 겨우 0.3bar 불과하다. 원칙적으로 B구경 호스의 유량이 분당 1,000리터를 초과하는 경우 마찰손실이 너무 크게 상승하기 때문에 실용적이지 못하다.

※ 참고사항 : 독일소방의 호스 및 관창 등 방수기구의 표준 직경

A : 110mm	D : 25mm
B : 75mm	HD : 28mm
C : 42mm(흡수용 52mm)	F : 150mm

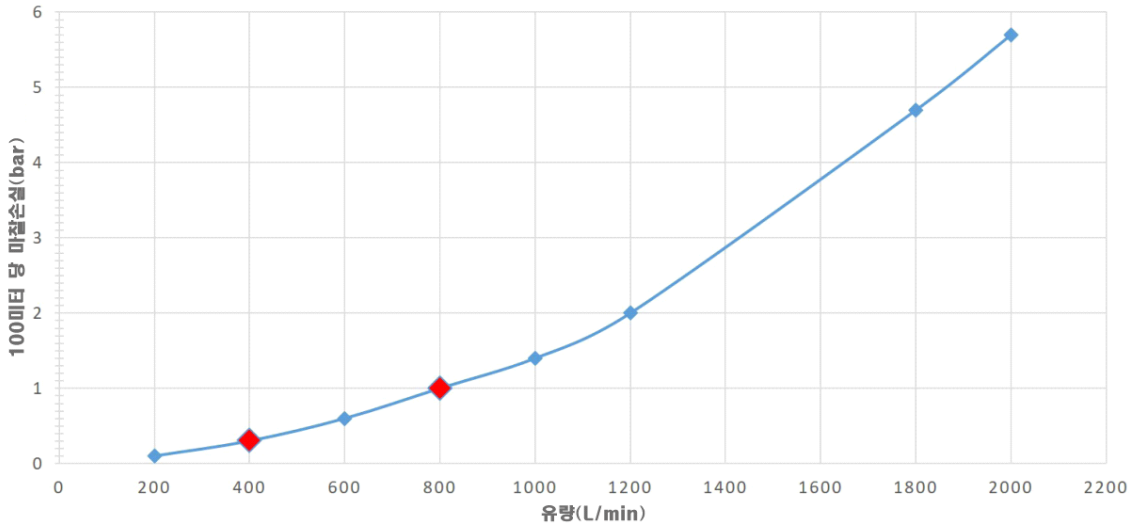
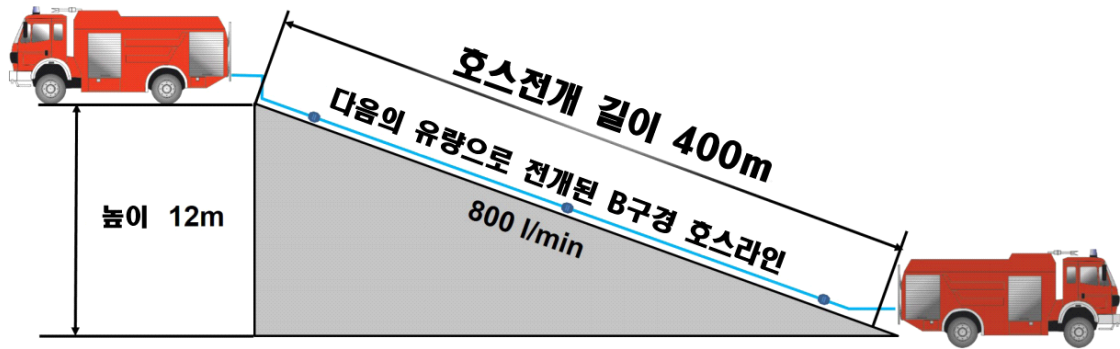


그림 10. 유량의 증가에 따라 마찰손실이 증가한다. B구경 호스에서 분당 800리터를 초과하는 유량은 물 운반에 있어 실용적이지 못하다.

물 운반에 있어 높이가 10미터 상승하면 1bar의 압력손실이 발생한다.
반대로 물 운반에 있어 높이가 10미터 낮아지면 압력은 1bar가 상승한다.



800L/min 유량에서 길이 100미터 당 압력손실	<u>1.0bar</u>
매 높이 10미터 당 압력손실	<u>1.0bar</u>
전체 길이에서 압력손실	$1.0\text{bar} / 100\text{m} \times 400\text{m} = \underline{4.0\text{bar}}$
전체 높이에서 압력손실	$1.0\text{bar} / 10 \times 12\text{m} = \underline{1.2\text{bar}}$
총 압력손실	$4.0\text{bar} + 1.2\text{bar} = \underline{5.2\text{bar}}$

그림 11. 총 압력손실의 계산

4.1 물운송의 원칙

실용팁 :

불충분한 소방용수 여건을 가진 것으로 인지된 대상물의 경우 소방대 활동계획이 수립되어야 한다. 사전계획 없이 실제 출동에 닥쳐서 장거리 전개를 통한 소방용수 공급을 실현시키기가 대단히 힘들뿐이다.

소방대 활동계획이 실제로 가능하도록 하기 위해서는 반복적인 훈련을 통한 실험이 있어야 한다.

- 가능하다면 무한정으로 사용할 수 있는 취수원(자연수리)을 이용
- 항상 가장 강력한 펌프를 취수원에 배치한다
- 가능하다면 이중호스전개를 한다(더 작은 압력손실, 잉여)
- 매 100미터(5본의 B구경호스)당 1개의 B호스를 예비로 둔다
- 평지에서는 양쪽 방향에서 전개해도 되고 높이차가 있을 경우에는 위에서 아래쪽으로 전개한다
- 도로상에서 가압펌프와 완충저수조의 배치장소는 같은 측면으로 정한다
- 호스는 도로의 길가를 따라 전개 한다
- 무선통신을 통한 연락망이 구축되어야한다
- 연료의 공급에 문제가 없어야 한다
- 펌프가 배치된 지점에서 화재방어가 가능해야 한다
- 교대가 적시에 이뤄져야 한다
- 식음료의 공급(물, 식사, 차 등)
- 계절에 따라 햇빛차단 또는 보온을 계획해야 한다
- 호스의 연결작업은 안전이 확보되어야 한다(조명!)
- 교통법령에 따라 항상 경찰에 의한 조치가 취해져야 한다
- 예비 펌프의 준비

주의 :

닫힌 회로연결이건 열린 회로연결이건 펌프의 토출압력 Pa는 최소 8bar 이상이어야 한다. 물 공급 호스라인에서는 DIN EN 1028에 따른 소방원심펌프만을 사용한다면 - 예를 들어 FPN 10-1000, FPN 10 -2000 등 - 운송압력은 10bar가 나온다.

4.2 닫힌 회로연결

닫힌 회로연결에서 물 운반은 펌프에서 바로 다음 펌프에 연결된다. 물은 펌프에서 나와 다

음에 이어지는 펌프로 들어가 끊임 없이 계속 운반된다. 이러한 방식의 장점은 설치를 할 때 시간과 물자가 적게 든다는 것이다.

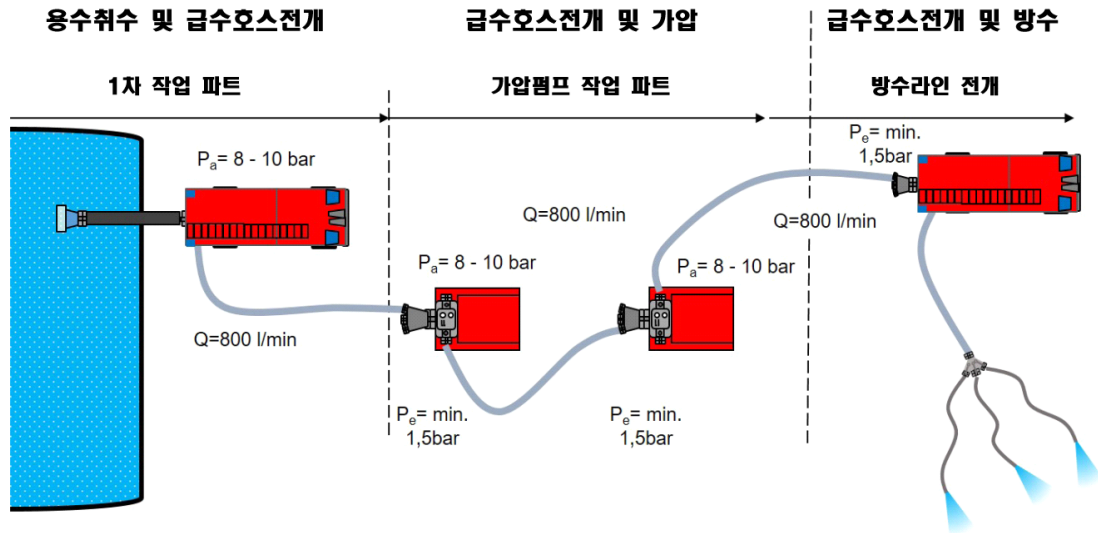


그림 12. 닫힌 회로연결의 개략도

단점은 열린 회로연결과 비교했을 때 펌프의 배치간격이 짧아져야 하는데, 그 이유는 펌프에서 토출되는 압력 P_a 가 최소 1.5 bar 이상이 되어야 하기 때문이다.

닫힌 회로연결을 운영하는 것은 경험에 비취볼 때 어렵다. 여기서는 각 펌프에 있는 운전원들간의 협의(무선통신대화!)가 필요하다. 예를 들어 방수관창을 달을 때 압력의 파동이 일반적인 호스전개 때처럼 발생할 수밖에 없다.

주의 :

펌프 한 대가 멈추게 되면 물 운반 구간 전체가 즉시 멈추게 된다.

닫힌 회로연결을 통한 물 운반 시 다음과 같은 점을 고려해야 한다

- 화재현장에 배치된 펌프는 내부진입 화재진압의 안전을 위해 물탱크가 있는 화재진압차량이어야 한다. 간이저수조는 여기서 완충용 저수조로서 기능을 한다.
- 펌프의 토출압력 P_a 는 8bar 또는 10bar이다.
- 용수취수 이후의 펌프에서 유입압력 P_e 는 물 운반을 지속적으로 유지하기 위해 최소 1.5bar 이상이어야 한다.
- 펌프가 배치된 지점 간 무선연락이 보장되어야 한다.
- 하나의 임무조는 호스를 감시하는 임무를 맡는다. 이들은 물을 채울 때 전개된 소방호스를 검사한다. 가동이 되는 동안 이 임무조는 정기적으로 일정시간 간격으로 전개된 호스의 상태를 검사한다.

가능한 최대의 펌프간 이격거리(높이차이를 고려하지 않았을 때)

펌프의 토출압력 8bar에서 : $6.5\text{bar} : 1.0\text{bar} / 100\text{m} = 650\text{m}$

펌프의 토출압력 10bar에서 : $8.5\text{bar} : 1.0\text{bar} / 100\text{m} = 850\text{m}$

속지 : 지형적 경사(높이의 증가)를 극복해야 한다면 실제 펌프의 이격 거리는 확실히 더 작아질 수 있다.

주의 :
 물 공급라인에서 물 운반압력은 배치된 펌프 중에서 가장 약한 펌프에서 결정된다. 따라서 현장활동계획에 있어서 동일한 성능을 가진 펌프들로 계획을 짜는 것이 합리적이다.

4.3 열린 회로연결

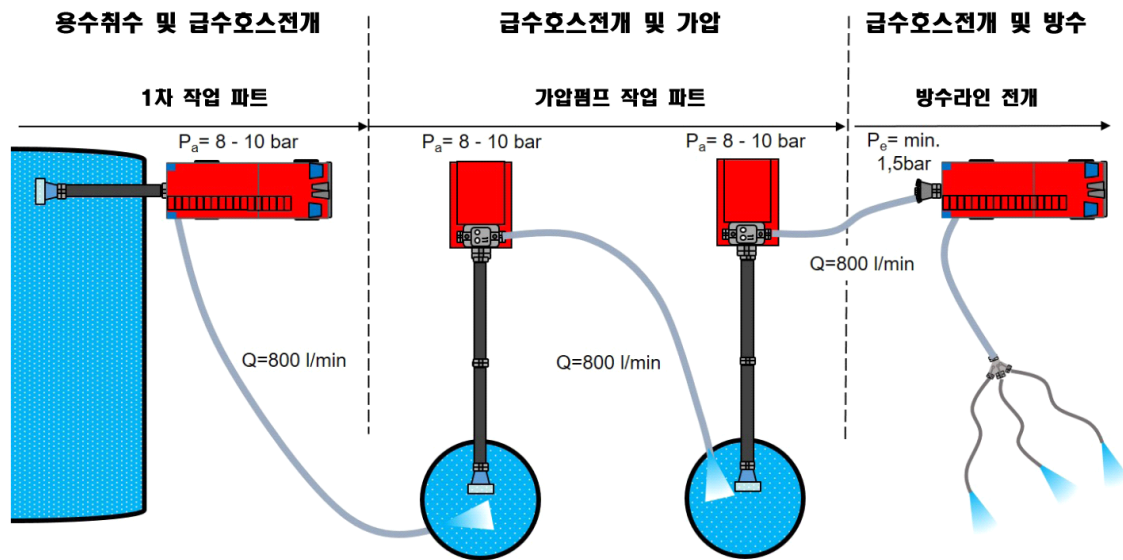


그림 13. 열린 회로연결의 개략도

열린 회로연결에서는 하나의 펌프에서 나온 물이 완충저수조를 통해서 다음 펌프로 연결된다. 하나의 열린 회로연결을 통해 물 운반을 할 때에는 다음과 같은 사항에 주의해야 한다.

- 화재진압현장에 배치된 펌프는 내부진입 화재진압활동의 안전을 위해 물탱크가 있는 화재진압차량이어야 한다.
- 펌프의 토출압력 P_a 는 8bar 또는 10bar
- 펌프의 유입압력을 감시할 필요가 없기 때문에 펌프간의 이격 거리는 더 길게 계획할 수 있다.
- 물 운반이 불균일하게 진행되는 것을 조정할 수 있는 한 개의 완충저수조를 거치도록

한 다. 이에 대해 화재진압차량 한 대의 물탱크 사용을 제안한다.

- 펌프가 배치된 지점 간 통신연락이 확보되어야 한다
- 하나의 임무조가 호스를 감시하는 임무를 맡는다. 이들은 물을 채울 때 호스의 연결을 검사하는 임무를 맡는다. 가동이 되는 동안에는 정기적으로 일정 시간 간격으로 호스 연결을 검사한다.

가능한 최대의 펌프이격거리(높이 차의 고려 없음)

펌프의 토출압력 8bar에서 : $8\text{bar} : 1.0\text{bar} / 100\text{m} \approx 800\text{m}$
 펌프의 토출압력 10bar에서 : $10\text{bar} : 1.0\text{bar} / 100\text{m} \approx 1000\text{m}$

주의 : 지형적 경사(높이의 증가)를 극복해야 한다면 실제 펌프의 이격 거리는 확실히 더 작아질 수 있다.

4.4 혼합형 물운송(닫힌회로와 열린회로의 조합)

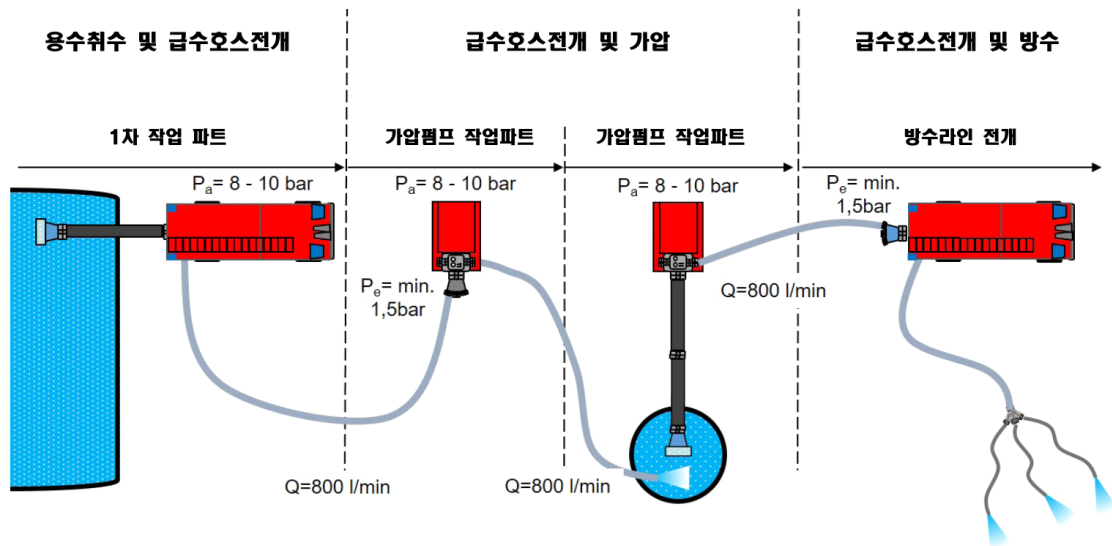


그림 14. 혼합형 물 운반은 닫힌 회로연결과 열린 회로연결의 모든 장점과 단점을 결합시킨다.

4.5 소방용수의 운반의 계획

하나의 소방용수 운반은 다음에 나오는 서식의 도움을 받아 계획할 수 있다. 펌프가 배치되는 지점과 모든 필요한 정보를 지도(예. 바덴뷔르템베르크 주 지리정보 및 토지개발청의 지도 또는 인터넷을 통해 이용할 수 있는 다른 지도)에 입력할 수 있다. 그렇게 해서 현장활동에 관련된 적절한 정보와 행동지침으로 명확한 지점이 표시된 그림들을 이용하면 이를 통

해 소방용수 운반에 대한 소방대활동계획이 된다.

소방대 활동계획에 들어가는 정보와 행동지침 :

- 펌프의 배치지점
- 어떤 성능을 가진 어떤 펌프가 어디에 배치되는가?
- 도달된 펌프의 토출압력은 얼마나 높은가?
- 단일한 호스라인전개인가 이중 라인전개인가?(목표는 이중라인전개가 되어야 한다)
- 얼마나 많은 호스가 필요한가?
- 동원된 소방대의 기타 임무
-

주의 :

모든 계획은 실제로도 수행이 가능해야만 훌륭한 것이다. 실제테스트는 불가피한 것이다.

4.6 사례 : 물 운반 “아이켈베르크(Eichelberg) ~ 네어백(Naeherweg) 100”

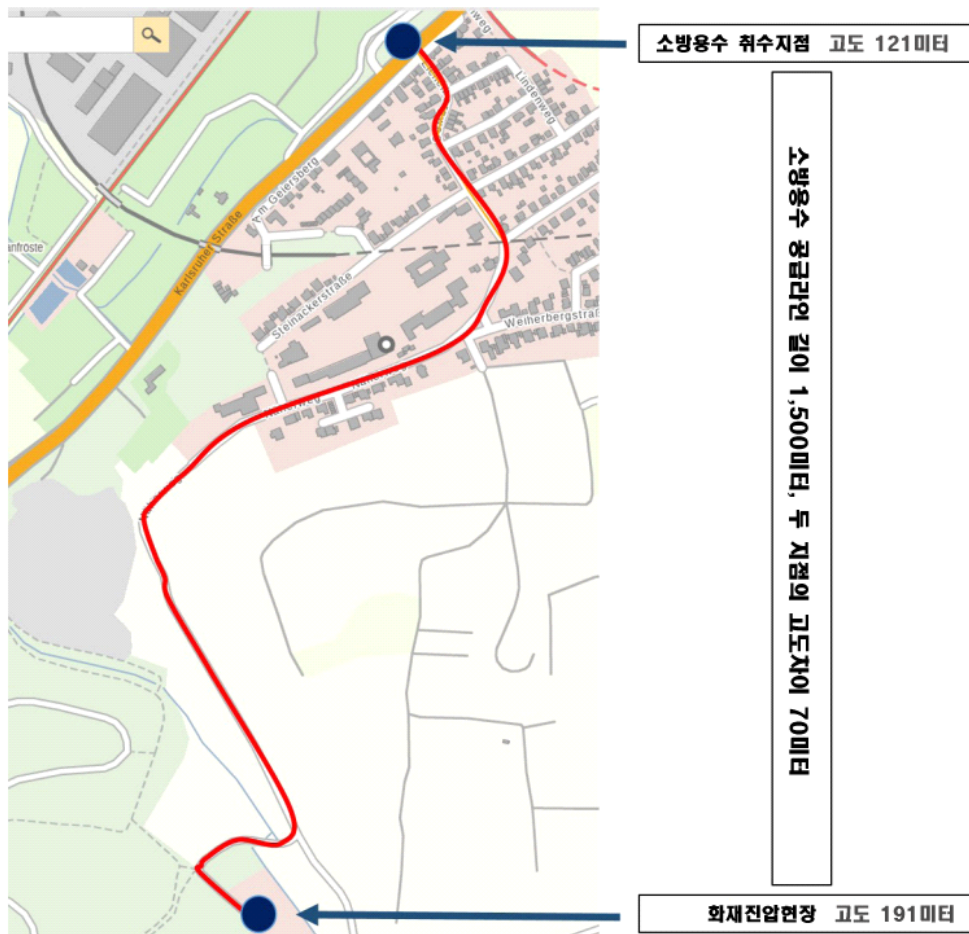


그림 15.

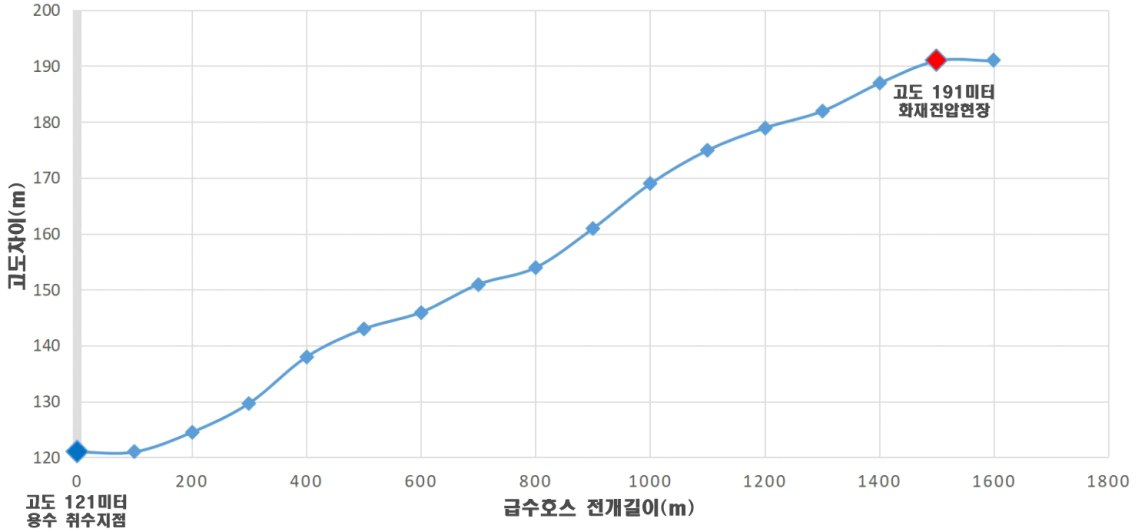


그림 16. 그래프로 나타낸 급수호스라인 전개 구간에서의 고도차

소방용수의 공급

급수호스전개 구간의 측정

급수라인의 시작 : Eichelberg
 종료 : Näherweg
 공급유량 800 l/min

- 열린 회로연결
- 닫힌 회로연결
- 이중 호스전개



전개구간 내 각 지점 (m)	두 지점간 거리 (m)	압력손실 (bar)	지점의 고도 (m)	고도차 (m)	압력손실 (bar)	총 압력손실 (bar)	사용가능 잔여압력 (bar)	펌프번호	호스수량
0			121				6,5	1	
200	200	200m*1bar/100m = 2,0 bar	137	16	1,6	2,0+1,6 = 3,6	6,5-3,6 = 2,9		
300	100	100m*1bar/100m = 1,0 bar	144	7	0,7	1,0+0,7 = 1,7	2,9-1,7 = 1,2		
350	50	50m*1bar/100m = 0,5 bar	147	3	0,3	0,5+0,3 = 0,8	1,2-0,8 = 0,4	2	
550	200	200m*1bar/100m = 2,0 bar	149	2	0,2	2,0+0,2 = 2,2	6,5-2,2 = 4,3		
700	150	150m*1bar/100m = 1,5 bar	151	3	0,3	1,5+0,3 = 1,8	4,3-1,8 = 2,5		
800	100	100m*1bar/100m = 1,0 bar	152	1	0,1	1,0+0,1 = 1,1	2,5-1,1 = 1,4		
900	100	100m*1bar/100m = 1,0 bar	154	2	0,2	1,0+0,2 = 1,2	1,4-1,2 = 0,2	3	
1000	100	100m*1bar/100m = 1,0 bar	160	6	0,6	1,0+0,6 = 1,6	6,5-1,6 = 4,9		
1100	100	100m*1bar/100m = 1,0 bar	165	5	0,5	1,0+0,5 = 1,5	4,9-1,5 = 3,4		
1200	100	100m*1bar/100m = 1,0 bar	170	5	0,5	1,0+0,5 = 1,5	3,4-1,5 = 1,9		
1350	150	150m*1bar/100m = 1,5 bar	173	3	0,3	1,5+0,3 = 1,8	1,9-1,8 = 0,1	4	
1500	150	150m*1bar/100m = 1,5 bar	186	13	1,3	1,5+1,3 = 2,8	6,5-2,8 = 3,7		
1600	100	100m*1bar/100m = 1,0 bar	191	5	0,5	1,0+0,5 = 1,5	3,7-1,5 = 2,2	5	

그림 17. 아이켈베르크 ~ 네어벡 구간에서 닫힌 회로연결 물 운반 시 소요되는 펌프의 수. 토출압력 8bar, 토출량 분당 800리터.

닫힌 회로연결 방식의 소방용수 급수 전개 구간 그래프(토출압력 8bar, 유량 분당 800리터)

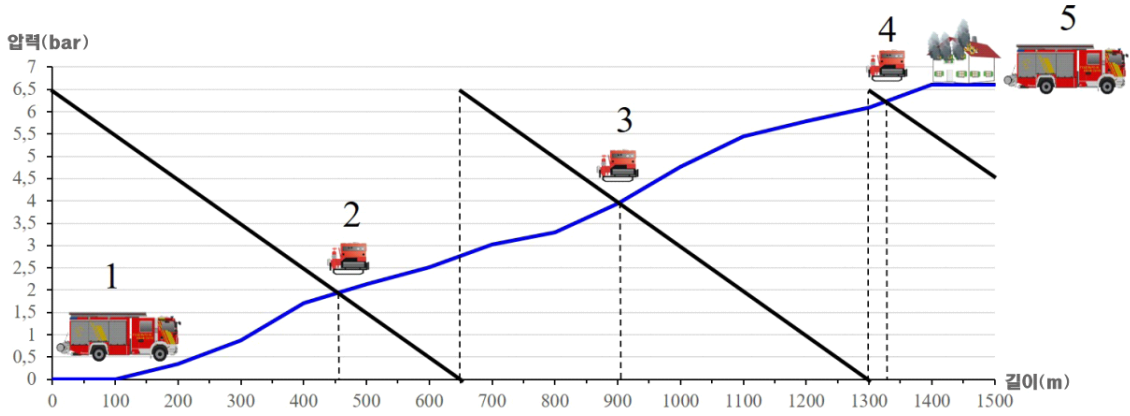


그림 18. 여기서는 모두 합쳐 5개의 펌프가 필요하다

닫힌 회로연결 방식의 소방용수 급수 전개 구간 그래프(토출압력 10bar, 유량 분당 800리터)

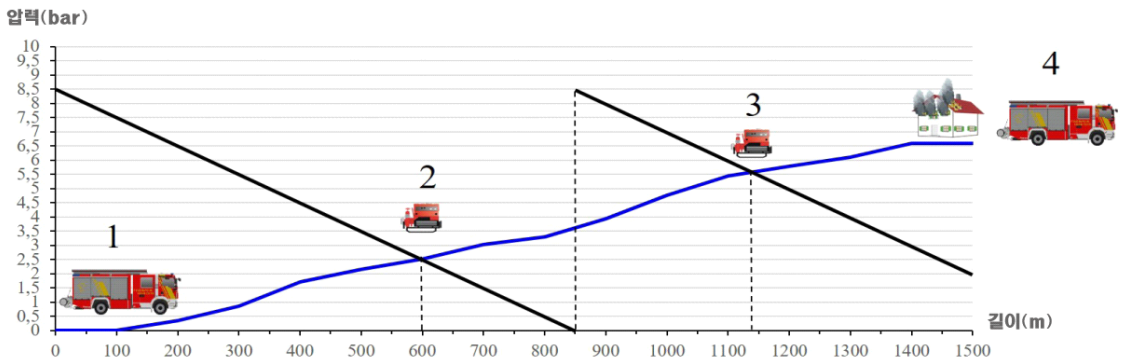


그림 19. 10bar의 운반압력에서는 모두 4개의 펌프만으로 물 운반 호스전개구간이 완성되었다. 한 대의 가압펌프는 제외할 수 있었다.

열린 회로연결 방식의 소방용수 급수 전개 구간 그래프(토출압력 8bar, 유량 분당 800리터)

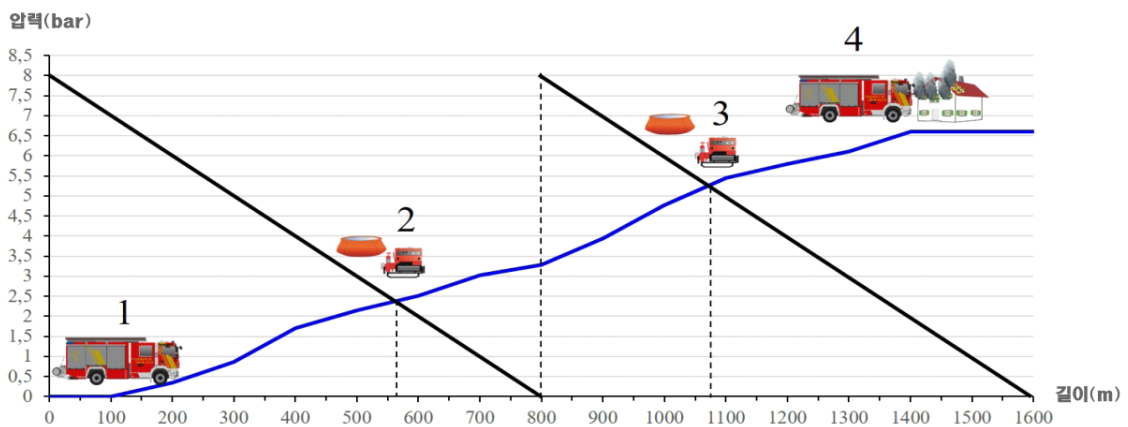


그림 20. 열린 회로연결을 사용했을 때 우리의 이번 사례에서는 4개의 소방원심펌프로도 충분하다

열린 회로연결 방식의 소방용수 급수 전개 구간 그래프(토출압력 10bar, 유량 분당 800리터)

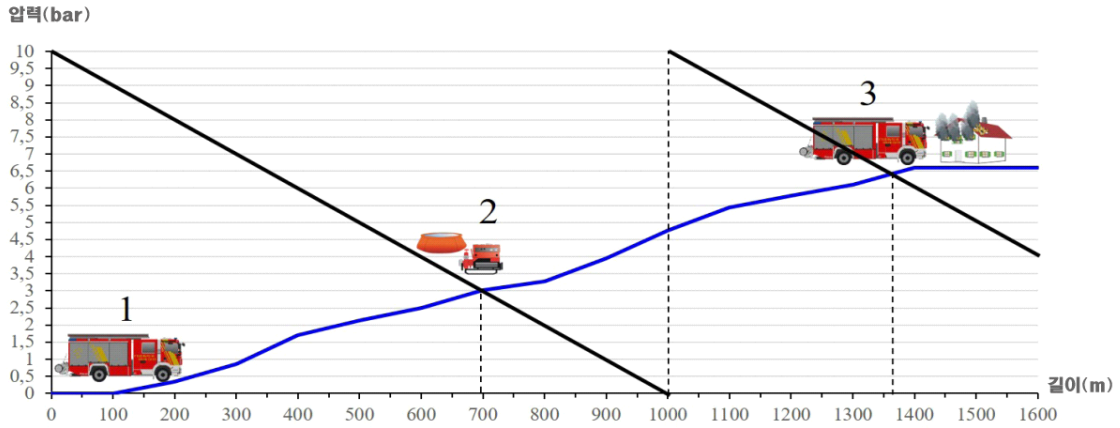


그림 21. 10bar 의 펌프 토출압력에서 3대의 소방원심펌프로 물 운반 호스전개구간이 완성되었다. 가압펌프는 1대로도 충분하다. 그러나 여기서 화재진압펌프는 화점 바로 앞에 배치해서는 안된다.

이중 호스전개를 사용한 열린 회로연결 방식의 소방용수 급수 전개 구간 그래프 (토출압력 8bar, 유량 분당 2 X 400리터)

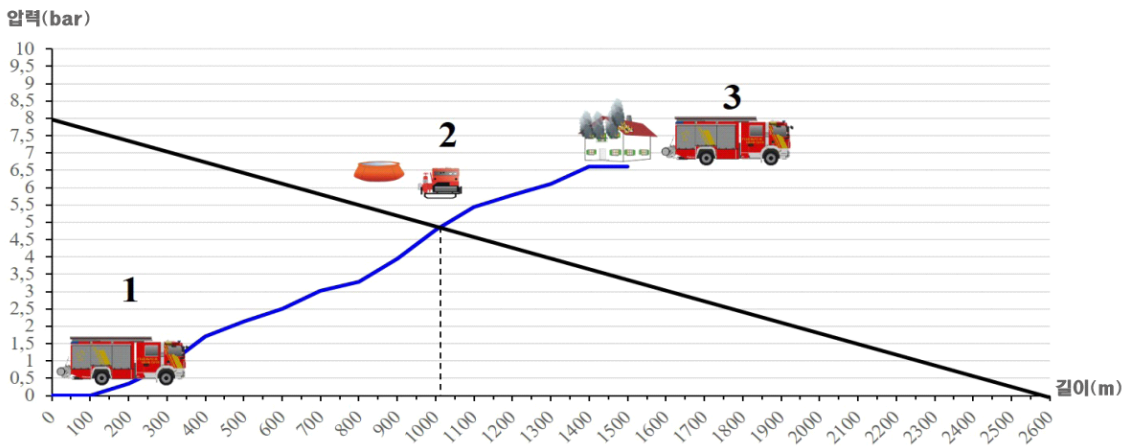


그림 22. 이중 호스라인의 전개와 공급유량의 분할은 마찰손실을 뚜렷하게 감소시킨다(B 구경 호스전개 시 100미터 당 0.3bar). 이로 인해 펌프 간 이격거리를 더 크게 할 수 있다. 여기서 주의해야 할 것은, 이 상태에서 이중 호스 중 하나를 제거하면 남은 하나의 호스의 유량은 분당 400리터로만 유지할 수 있다.

5. 왕복순환방식

장거리 구간에서 물을 공급하는 다른 방법으로 왕복순환방식을 사용한다. 여기서는 용수취수원에서 화재현장까지 물탱크차를 왕복 순환시킨다. 그리고 화재현장에는 하나의 대형 완충저수조(예. 추가 물탱크차)가 있어야 하는데 여기에 물탱크차들이 신고 온 소방용수를 집어넣는다.

제대로 된 왕복순환방식을 운영하려면 아주 소모적인 일이 필요하다. 실제 화재현장에서는 많은 매개변수에 신경을 써야 하기 때문에 아주 어렵게 완성할 수 있는 전술이다.(왕복순환방식 수행능력과 왕복순환방식 체크리스트 참조).

5.1 왕복순환방식의 수행능력

어떤 화재현장에서 다음과 같은 조건으로 왕복순환방식으로 소방용수를 공급받아야 한다.

화재현장의 소방용수 필요량 :	800L/min
물을 운반하는 차량들의 탱크용량 :	2,000L
취수원에서 화재현장까지 운행시간 :	10분
취수원에서 소방차 물탱크를 채우는 속도 :	800L/min
화재현장과 취수원에서 준비시간 :	8분

이런 조건에서 계산상으로는 14대의 물탱크차가 필요하다.

기초가 되는 공식들 :

물을 채우는 시간 = 물탱크 용량 ÷ 총수유속

물 채우는 시간 예시) 2,000L ÷ 800L/min = 2.5분

물을 비우는 시간 = 물탱크 용량 ÷ 소방용수 사용유량

물 비우는 시간 예시) 2,000L ÷ 800L/min = 2.5분

물탱크차 1회 왕복시간 = 물비우는 시간 + 2×편도주행시간 + 물채우는 시간 + 준비시간

물탱크차 1회 왕복시간 예시) 2.5분 + (2×10분) + 2.5분 + 8분 = 33분

필요한 소방차의 수 = 왕복시간 ÷ 물을 비우는 시간

필요한 소방차의 수 예시) 33분 ÷ 2.5분 = 13.2 ≈ 14대의 소방차

5.2 왕복순환방식의 체크리스트

- ___ 대의 물탱크차(최소 2,000리터 이상의 물 적재)가 있다. ✓
- 필요한 용수의 양 ___ L/min은 충분하고 조달이 가능하다. ✓
- 차량 운행구간은 환상교차 또는 직선교차(도로 폭이 넓을 때)로 운행이 가능하다. ✓
- 물탱크차들의 비포장도로 주행능력으로 현재 상태의 주행구간은 운행이 가능하다. ✓
- 화재현장에서 충분히 큰 완충저수조(또는 물탱크차)를 이용할 수 있다. ✓
- 더 간단하게 작업할 수 있는 다른 대안이 없다. ✓

왕복순환방식은 체크리스트에 나와 있는 모든 요구사항이 완전히 충족되었을 때 고려해 볼 수 있다.

6. HFS – Hytrans Fire System 바덴뷔르템베르크 주 국민보호

바덴뷔르템베르크 주는 국민보호를 위해 화재현장에 우수한 성능으로 물 공급이 가능하게 하는 여러 대의 암롤 컨테이너를 보유하고 있다.

6.1 작동방식

암롤특장차량이 용수취수지점으로 이동한다. 암롤 컨테이너 안에는 분리된 상태의 모듈인 Hydrosub 150 펌프세트가 적재되어 있다. 하역작업을 통해 펌프세트가 암롤 컨테이너에서 내려온다. 6기통 디젤엔진(147kW/200 PS)의 부유형 원심펌프(FPN-F 10-3000)를 유압으로 작동시킨다. 펌프는 60미터 길이의 약 340bar 유압호스릴을 통해 작동된다. F 구경 양압호스(150mm, 6인치)에 연결된 펌프는 물에 뜬 상태로 작동한다.

유압에 의해 작동하는 원치(4kN/400kg, 60미터 금속 와이어)가 펌프를 물에 내리거나 회수하는 것을 도와준다. 물 공급성능은 11bar에서 분당 3,500리터 또는 2.1bar에서 분당 8,000리터이다.

압력은 16bar까지 올릴 수 있다. 이것은 소방활동현장에서 화재진압용 펌프로서 사용하는 것도 가능하게 하는데, 특히 여러 대의 방수포를 운영할 수 있다. 펌프조작 패널에 있는 계산프로그램으로 물 공급 구간에 대해 간단하게 계산을 할 수 있다.

암롤특장차량은 펌프 세트를 내려놓은 후에는 바로 화재현장으로 주행을 하며 호스적재차량으로서 양압호스를 전개할 수 있다. 1,800미터 길이의 F 구경 호스(50미터짜리 36본)를 세로형 적재함에 실어두었다. 호스의 전개속도는 시속 40km이며 전개과정이 중단되어서는 안 된다. 승용차와 화물차의 양쪽 바퀴의 폭에 맞는 호스보호틀도 같이 가지고 이동한다(바닥의 높이가 10cm 이상 되는 모든 차량을 위해 광폭 조립식 호스보호틀인 스퀴즈 램프).

6.2 HFS 장비의 성능

물 운반능력(압력운행) :

10.6bar 압력에서 분당 3,500리터

물 운반능력(빌지운행):

2.6bar에서 분당 8,000리터

모든 HFS 장비는 빌지모드로 운행하도록 표준화되어 있다. 현장에서 압력모드운행으로 전환하기 위해서는 약 15~30분의 시간이 필요하다.

구성부품

1,800미터 길이의 F 구경(150mm) 양압호스를 기계적으로 전개할 수 있다. 펌프세트(디젤 엔진, 60미터 유압호스를 통해 유압으로 작동하는 부유펌프)와 부속품(2개의 대형호스 보호틀, 분배기 1F - 5B).

F 구경 양압호스 100미터 당 마찰손실

분당 2,500리터에서 0.22bar, 분당 3,500리터에서 0.65bar

운영지속시간

약 4시간(한 번의 만충 연료), 추가 4시간의 운영을 위해서는 120리터의 디젤연료가 필요.

소방활동현장에서

현장에는 지역에 대해 잘 아는 안내요원이 준비되어야 한다.

용수의 취수는 수심이 최소 1미터 이상인 자연수리에서만 가능하다.

장비를 싣고 온 암롤특장차량은 취수지점 근처(약 50미터)에 펌프세트를 내려놓는다(설치에 필요한 면적 30×5m). 물 공급 호스전개라인도 암롤특장차량으로 주행하면서 설치해야 있다.

물을 보내는 동안에는 전개된 호스의 자체 무게가 무거워서 더 이상 이동시키지 못한다.

1,800미터 길이의 F 구경 호스(직경 150mm)의 무게는 빈 상태에서 100kg이고 물이 채워진 상태에서는 약 1,000kg이다.

호스보호틀 없이 호스를 밟고 넘어가는 것은 너무 큰 직경 때문에 불가능하다.



그림 18. 용수취수지점에 펌프세트를 설치 중인 HFS

6.3 HFS 암롤컨테이너가 배치된 곳

- 슈투트가르트
- 만하임
- 카를스루에
- 프라이부르크
- 하일브론
- 콘스탄츠
- 울름(이곳에 배치된 암롤컨테이너는 주정부에서 구입한 것이 아님)

이 암롤컨테이너 장비의 출동은 상황실을 통한 지령에 의해 진행되는데 특히 주 전 지역을 대상으로 지원을 하기 위해 출동을 하고 있다.

6.4 출동의 가능성

- 대형화재현장의 용수공급
- 홍수, 지하주차장 같은 곳의 침수현장 배수작업
- 개천에서 산소공급을 공급하고 가스와 증기를 가라앉히는 물순환작업 같은 환경보호활동
- ...

칼스루에 소방서에서 HFS를 실전에 사용하는 영상이 여기에 있는데 추천할 만하다.



<https://www.youtube.com/watch?v=9B7iNcwclA>