실용과제 연구관리 2026-046

에너지 패러다임 전환 대응 공기열원 히트펌프 적용 전전화 공동주택 기술개발 연구

A Study on the Standard Development of All Electronic Apartment House Using Air Source Heat Pump for Energy Paradigm Transformation

유정현 양홍석 김법전 김재일
김시업 조은솔 최정필
오동현 서보민 이상준



LH 토지주택연구원

연구관리 2026-046

에너지 패러다임 전환 대응 공기열원 히트펌프 적용 전전화 공동주택 기술개발 연구

지 은 이 유정현, 양홍석, 김법전, 이상준, 최정필, 김재일, 조은솔, 오동현, 서보민, 김시업

발 행 인 정창무
발 행 처 한국토지주택공사 토지주택연구원
주 소 (34047) 대전 유성구 엑스포로 539번길 99
홈페이지 http://lhri.lh.or.kr

이 출판물은 우리 공사의 업무상 필요에 의하여 연구·검토한 기초자료로써
공사나 정부의 공식적인 견해와 관계가 없습니다.
우리 공사의 승인 없이 연구내용의 일부 또는 전부를 다른 목적으로 이용할 수 없습니다.

연구관리 2026-046

에너지 패러다임 전환 대응 공기열원 히트펌프 적용 전전화 공동주택 기술개발 연구

A Study on the Standard Development of All Electronic Apartment House Using Air Source Heat Pump for Energy Paradigm ransformation

유정현 · 양홍석 · 김법전 · 이상준 · 최정필 · 김재일 · 조은솔
오동현 · 서보민 · 김시업

LH 토지주택연구원

참여 연구진

연구책임

유정현 LH 토지주택연구원 수석연구원

연구진

양홍석 LH 토지주택연구원 수석연구원
김법전 LH 토지주택연구원 연구원
김재일 LH LH 스마트주택기술처 차장연구원
김시업 LH 스마트주택기술처 차장
조은솔 LH 스마트주택기술처 차장
최정필 LH 공공주택전기처 차장
오동현 LH 공공주택설비처 차장
서보민 LH 공공주택사업처 차장
이상준 LH 남양주사업단 차장

연구심의위원

정영선 한국건설기술연구원 연구위원
김종규 한국에너지기술연구원 실장
조종영 한국전력공사 전력연구원 책임연구원
김기수 LH 공공주택설비처 팀장
김병대 LH 스마트주택기술처 팀장
박성준 LH 공공주택사업처 팀장

자문위원 (가나다순)

정재원 한양대학교 교수
허연숙 고려대학교 교수
박덕준 KCL 센터장
박용구 한국전자기술연구원 책임연구원
허재행 라온프렌즈 대표
이광호 고려대학교 교수

연구요약 Summary

연구의 목적 및 주요 검토 사항

○ 본 연구에서는 공동주택 열원 공급 시스템의 전전화 측면에서 공기열원 히트펌프(Air Source Heat Pump)를 공동주택의 설비로서의 가능성을 검토하였다. 이를 위하여 우선적으로 미래의 에너지 공급원으로서의 공기열원 히트펌프에 대한 국내외 정책 동향을 분석하였으며, 공기열원 히트펌프의 기술적과제와 개선 사항을 확인하였다.

○ 아울러 공동주택의 열원 공급 시스템으로서의 가능 측면에서 3가지 전전화 공동주택 모델을 제시하고, LH 공사의 전전화 주택 모델을 제시하였다. 마지막으로 공기열원 히트펌프가 건축설비로서 자리매김 할 수 있도록 건축, 기계, 전기 공종에 대한 설계 변경 요소에 대하여 검토하고 250세대 규모의 지역난방 방식을 공기열원 히트펌프로 변경시 필요한 요소에 대하여 분석하였다.

공기열원 히트펌프 설치를 위한 전전화 공동주택 모델 제시

○ 그림 1은 본 연구에서 설정한 공기열원 히트펌프를 활용한 전전화 주택 모델의 개념도를 도식화한 결과로서, 공통적으로 개별 난방 단지에 대하여 급탕은 모두 중앙공급 방식을 적용하고 있으며 세대에 설치 된 공기열원 히트펌프를 활용하여 난방, 냉방 방식의 차이에 따라 3가지 모델로 구분하고 있다.

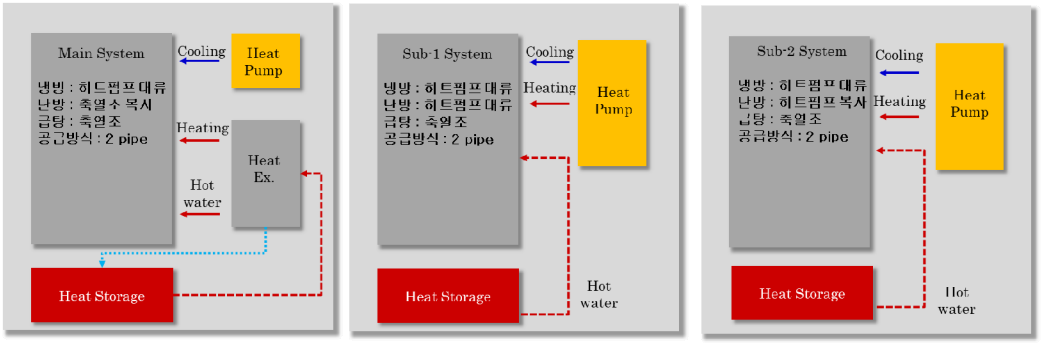
○ LH 공사의 경우 공급 면적이 일반 민간 주택에 비하여 크지 않고 공용부 등이 충분하지 않기 때문에 현재 히트펌프 제조자가 판매 중인 200~300L 급의 축열조 연계 시스템의 설치가 어렵다. 따라서 LH의 전전화 주택모델은 중앙 급탕을 우선적으로 설정하고, 일체형 히트펌프를 지하 기계실에 설치하는 것을 전제로 검토하였다.

○ 중앙난방 및 급탕 모델은 공기열원 히트펌프를 난방과 급탕 소비에 대응하여 설계하고 기존 에어컨을 활용하여 냉방을 수행하는 모델을 나타내고 있으며, 난방과 급탕

을 중앙 기계실에서 공급하고 통합 열교환기를 통하여 세대 내에서 열을 회수하는 형태로 구성하였다.

○ 중앙 급탕 및 개별 냉난방 (대류) 모델은 기계실에 설치한 히트펌프에서 개방형 온수 공급망을 통하여 세대에서 필요한 급탕수를 공급하며, 각 세대의 난방과 냉방은 세대에 설치한 공기열원 히트펌프를 이용하여 대류 형태로 공급하는 모델이다. 해당 모델의 경우 유럽, 일본 등 히트펌프 보급이 활발한 국가에서 주로 적용하는 방법이기 때문에 전통적인 국내의 복사 난방방식에 대한 저항성이 예상되며, 최근 변경된 재생에너지법 시행령에서 거론되고 있는 방식과도 차이가 있다.

○ 중앙 급탕 및 개별 냉난방 (복사)모델은 급탕은 기존 모델들과 동일하게 중앙 기계실의 축열조를 활용하여 공급하게 되며, 세대에 설치한 히트펌프를 활용하여 복사 난방과 대류 냉방의 형태로 냉난방을 수행하는 모델을 나타내고 있다. 해당 모델의 경우 대류난방에서 우려되는 실내의 건조감 등에 대한 문제를 완화할 수 있는 장점이 있으며 정부에서 추진하고 있는 공기열원 히트펌프의 정량적인 확대와 직접적으로 연관 된 모델이지만 복사 난방이 가능한 상용 제품이 현재 관련 시장에 확산되어 있지 않고, 특히 LH 공사에서 공급하는 주택의 규모 등을 고려할 때 소용량의 시스템 개발에 대한 과제가 저해 요소로 분석 되었다.



(1) 중앙급탕, 난방 및 개별냉방 (2) 중앙급탕, 개별냉난방(대류) (3)중앙급탕, 개별냉난방(복사)

[그림 1] 공동주택 공기열원 히트펌프 적용 모델

공기열원 히트펌프 설치를 위한 공종별 검토사항

○ 공기열원 히트펌프의 공동주택 적용은 친환경성과 에너지 절감 측면에서 유리하지만, 설치 면적, 위치, 용량 등 다양한 요소를 종합적으로 검토할 필요가 있다. 특히 히트펌프는 기계 공종에 해당 되지만, 히트펌프가 열원 시스템으로 설치 시 필요한 소요면적, 높이 확보 등의 건축적인 요소 뿐만 아니라 전기 설비 추가에 따른 단위 세대 부하의 변경, 수전설비 관련 용량 변화 및 전기실 면적 등을 종합적으로 확인하는 것이 필요하다고 볼 수 있다.

[표 1] 공동주택 전전화를 위한 건축, 기계 및 전기 공종별 검토사항

공종	검토범위	공종 간 연계성
건축	(1) 세대 분전반 규격 (2) EPS실 면적 (3) 실외기 설치 위치 및 면적 (4) 수변전 설비 면적 (5) 캐스케이드 보일러 설치 면적 (6) 파이프 샤프트 등 (7) 발전기실 면적 (8) 전기실 면적	(1) 전기 (2) 전기 (3) 기계 (4) 전기 (5) 기계 (6) 기계 (7) 전기 (8) 전기
기계	(1) HP 및 축열조 용량(공용, 개별) (2) 배관 설계 및 설치 면적 (3) 실외기 등 설치 방법 (4) 캐스케이드 보일러(BackUp) 용량 및 배관 계통연결 (5) Sub1,2의 배관 설계 (6) 기타 추가 검토 사항	(1) HP 별도 전원(공용, 개별) 및 장비 하중 (2) 시스템 설치 면적 (3) 실외기 위치 및 면적 (4) 면적 및 하중 (5) 면적 및 하중, 배관 설치공간
전기	(1) 세대 부하용량 (2) 세대 히트펌프 계측 방법 (3) (세대~전기실) 전력간선 규격 (4) (동) 전력설비 규격 (5) (기계실) 동력반(MCC) 규격 (6) (기계실) 축열조 계측 방법 (7) (전기실) 변압기 규격 등 (8) (발전기실) 비상발전기 규격 (9) 계산서 등 기타 추가 검토 사항	(1) 세대분전반 규격 등 (건축) (2) EPS실 면적 (건축) (3) 지하주차장 트레이 구성 (기계) (4) 해당 없음 (5) 동력반 기초 사이즈 (건축) (6) 해당 없음 (7) 전기실 면적 등 (건축) (8) 발전기실 면적 등 (건축) (9) 해당 없음

○ 표 1은 히트펌프 설치에 따른 공종별 검토사항을 나타내고 있으며, 기계 공종의 경우 히트펌프 설계용량, 배관설계, 기계실 면적, 세대 실외기 설치 면적 등의 검토가 필요하다. 특히 전기 공종의 경우 히트펌프 설치에 따른 단위세대 부하의 변동, 히트펌프 요금제 대응 계측 방안, ZEB 인증제 의무화에 따른 대응, 세대 및 공용부위 간선 등의 검토가 필요할 것으로 예상할 수 있다. 이와 같이 기계와 전기 공종 측면에서 실제로 면적이 증가하는 기계실, 실외기실 및 전기실 등을 건축 설계시 반영하여 실제 히트펌프를 활용한 전전화 공동주택의 설계에 활용하는 것이 히트펌프를 공동주택에 설치하는데 우선적으로 검토해야 한다.

○ 이외에도 공기열원 히트펌프는 외부 공기를 이용하여 채열과 방열을 통하여 냉난방을 수행하기 때문에 지하 기계실에 설치 시 충분한 환기량을 확보할 수 있는 설비에 대한 검토와 채열과 방열이 충분히 확보될 수 있는 기류 분석이 추가될 필요가 있다. 특히 공기열원 히트펌프가 열원으로서의 기능확보 여부를 확인하여 축열조의 설치 용량을 억제함으로서 기계실 면적과 높이를 완화할 수 있는 근거 마련이 필요할 것으로 분석되었다.

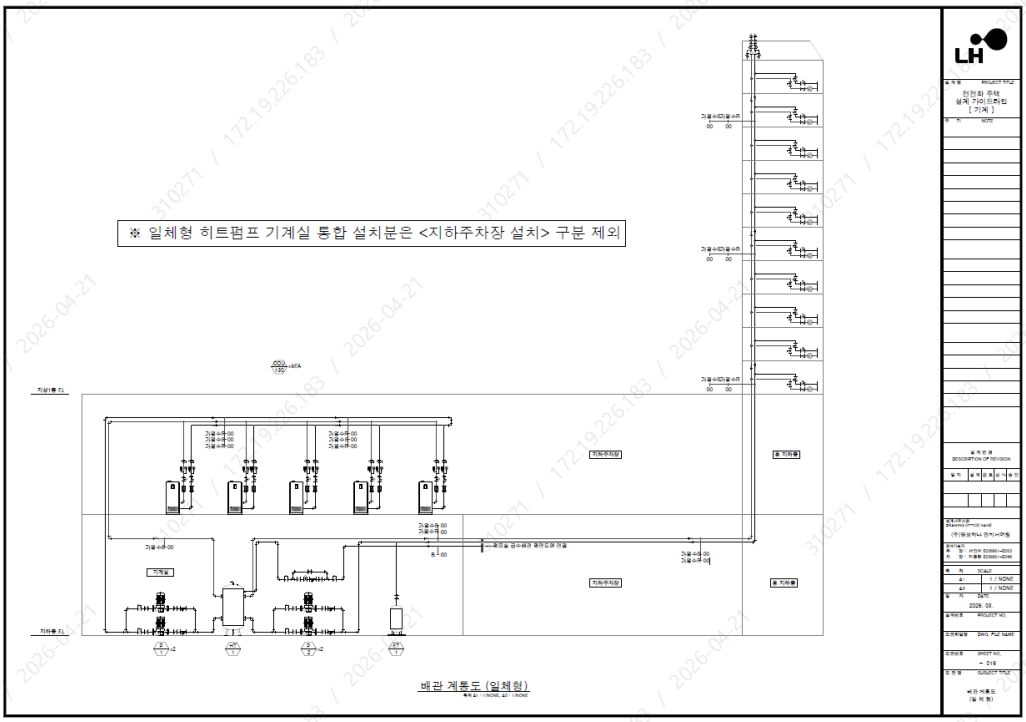
▮ 지역난방 방식 250세대 단지의 공기열원 히트펌프 설치에 따른 변경 요소

○ 250세대 규모의 공동주택 단지를 대상으로 중앙난방 및 급탕 방식으로 히트펌프를 설치하기 위해서는 LH 공사의 통합배관 설치 기준에 근거하여 세대당 3FU를 적산하여 총 LPM 값을 도출 후 가열수 온도 (65℃), 시수공급온도(t1) , 물의 비열의 관계식을 활용하여 총 필요 열량을 산출하게 된다. 250세대에 난방과 급탕을 공기열원 히트펌프로 설치 할 경우 필요한 총 시스템 용량은 약 700kW이며, 실제 난방과 급탕 소비량과 비교하면 설계 용량이 크게 설정되어, 향후 시스템 설계 기준에 대한 추가적인 검토가 필요한 것으로 분석 되었다. 아울러 중앙급탕 방식의 경우 세대당 2FU를 기준으로 시스템 용량을 산정할 수 있으며, 설치 용량은 약 560kW로 분석 되었다.

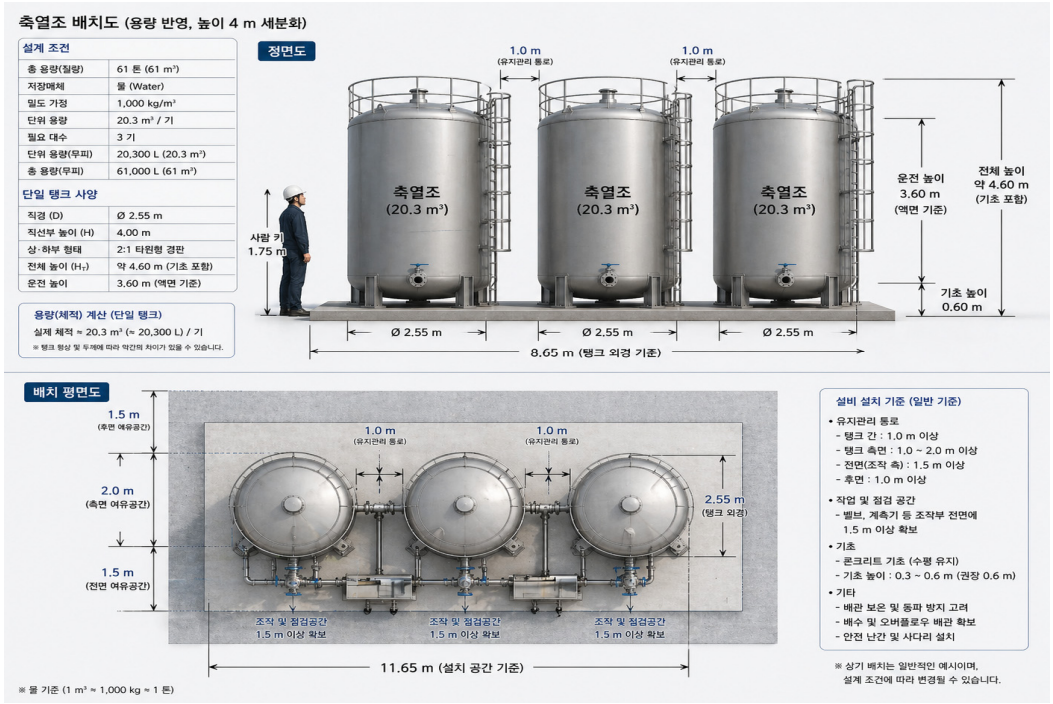
○ 한편, 히트펌프는 순간 가열능력이 기존 보일러 대비 상대적으로 낮기 때문에 급탕 및 난방부하가 발생하지 않을 때 축열을 통해서 순간 부하에 대응하도록 설계 해야 한다. 축열조 용량의 산정 방식은 시간당 사용량의 1.2배~1.5배의 여유율과 저탕계수를 반영하여 축열조 용량을 설정하게 된다. 본 연구에서는 히트펌프를 처음 설치하고 공동주택에 설치하는 세부 기준이 명확하지 않은 점을 고려하여 시간당 급탕 사용량에 여유율 20%, 저탕계수 25%를 적산하여 축열조 용량을 산정하였다. 이를

통하여 산출 된 축열조의 용량은 중앙난방 및 급탕 방식의 경우 시간당 58,500 Liter 로 최대 60㎥의 축열조가 필요한 것으로 계산 되었다. 동일한 방식으로 중앙 급탕 방식에서는 약 44㎥ 정도로 축열조 용량이 산정 되었다.

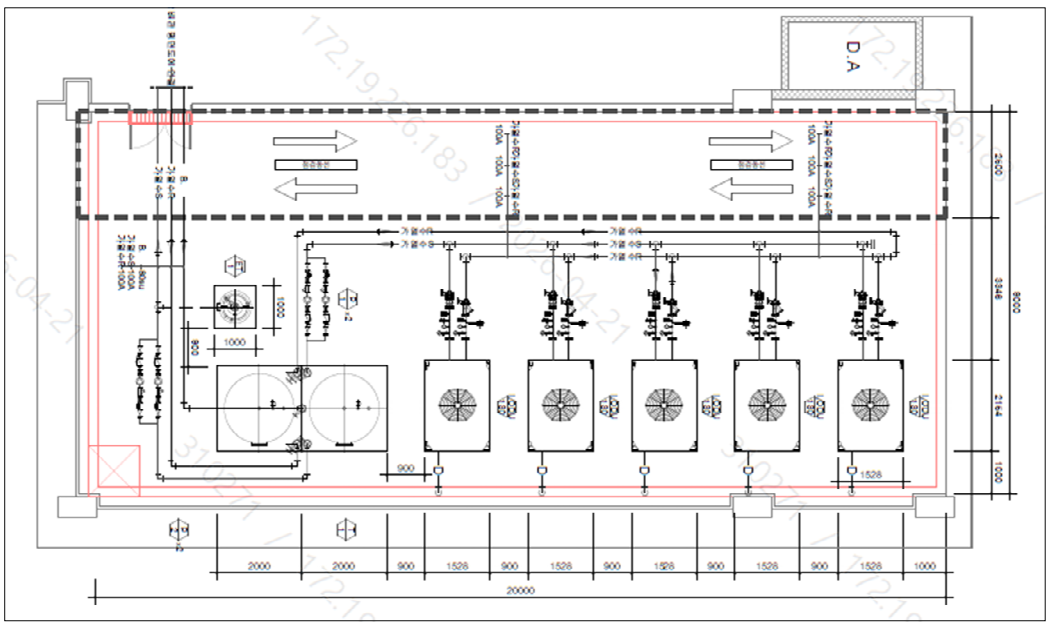
○ 그림 2는 중앙난방 및 급탕 방식의 배관계통도, 그림 3,4는 축열조와 기계실 배치도를 나타내고 있다. 전술한 바와 같이 60㎥ 규모의 축열조 설치를 고려할 경우 50㎡ 이상의 소요 면적이 필요함에 따라 본 연구에서는 히트펌프 가동시간의 확보를 가정하여 축열조의 용량을 30㎥ 수준으로 억제하고 기계실 면적을 설정하였다. 이를 바탕으로 산정된 기계실 소요 면적은 약 200 ㎡ 정도이며, 기존 지역난방 방식의 기계실 약 100㎡ 대비 2배 이상의 면적이 필요한 것으로 분석 되었다.



[그림 2] 중앙난방 및 급탕 방식의 배관 계통도



[그림 3] 60㎥ 축열조 설치 개념도



[그림 4] 중앙난방 및 급탕방식 기계실 배치도

○ 전기 공사의 가장 기본이 되는 단위세대 부하의 변화는 전체 전기 공사의 변경 범위를 결정하게 되며, 특히 본 연구에서 검토하고 있는 중앙급탕 및 개별 냉난방 방식에서 면밀하게 검토될 필요가 있다. 특히 단위세대 부하의 증가는 결과적으로 세대내 간선과 공용부 간선의 용량 증가로 이어지게 되며 공사비 등의 증가에도 직접적으로 연결이 되는 등의 문제를 유발하게 된다.

○ 이러한 문제에 대응하기 위해서 본 연구에서는 향후 공동주택에 히트펌프가 설치에 대한 적정 설비 용량이 판매되는 것을 고려하여 냉방능력 기준 벽걸이형은 1,000VA를, 멀티형은 1,500VA~2,000VA 제품을 설치하는 것으로 가정하였으며, 공기열원 히트펌프의 경우 냉방과 난방에 대응하기 때문에 표 2와 같이 히트펌프 설치 시 대용량 기기 부하에서 2,000VA를 제하는 것으로 설정하였다. 현재 LH 공사에서는 29㎡ 이하의 공동주택에 대하여 냉방능력 0.8kW의 에어컨을 설치하고 있으며, 그 외 면적에대해서는 2,000VA 이하 제품을 설치함으로서 설계 변경 사항을 최소화 하고자 했다.

[표 2] 히트펌프 세대내 설치에 따른 단위 세대 부하 설계 기준

구 분	설계 기준
① 현 설계기준	전용면적(㎡) x 표준부하(30VA/㎡) + 대용량기기 실부하(VA) * 대용량기기 실부하 : 3,000VA(전용면적 60㎡이하), 4,000VA(전용면적 60㎡초과)
② 전전화 주택 설계 기준	(1) 세대 히트펌프 소비전력 2,000(VA) 초과 시 : 전용면적(㎡) x 표준부하(30VA/㎡) + 대용량기기 실부하(VA)+ (세대히트펌프 부하용량 - 2,000)
	(2) 세대 히트펌프 소비전력 2,000(VA) 이하 시 : 전용면적(㎡) x 표준부하(30VA/㎡)+ 대용량기기 실부하(VA)

○ LH 공사의 전기공사 설계지침에 따르면 비상전원 공급 대상의 범위는 공용부 측면에서 급수, 소화 펌프 등의 반송 설비 및 액화가스 저장시설 , 비상조명 등의 소화에 필요한 설비를 대상으로 하고 있다. 구체적으로는 세대 내에서는 홈네트워크, 온수분배기, 히트펌프 등의 난방 설비와 정보 설비를 대상으로 하고 있으며, 공동주택의 비상전원 대상이 되는 설비는 표 3과 같으며, 국내의 경우 총 3kW에 대하여 공급압력 220V를 고려한 후 여유율을 반영하여 16A로 설정하는 것이 일반적이다.

[표 3] 공동주택의 비상전원 대상

용도	소비량
조명	200~300 W
냉장고	150~300 W
보일러	100~200 W
통신	50~100 W
환기	100~200 W
콘센트 여유	1~2 kW
총합	2.5~3.0 kW

[표 4]세대별 자동 전원 공급장치 (Automatic Power Switching Unit,APU) 용량

구 분	APU 소비전력		
	지역난방	개별난방	전전화 주택
現 설계기준	홈네트워크(60W)+ 온수분배기(50W)=110W (세대당 110W 적용)	홈네트워크(60W)+ 온수분배기, 보일러(200W)+ 보일러발열선,CO경보기(40W) =300W (세대당 300W 적용)	-
중앙급탕 중앙난방	-	-	홈네트워크(60W)+ 온수분배기(50W)+ 스마트열복합기(100W) =210W (세대당 210W 적용)
중앙급탕 개별냉난방 (대류)	-	-	홈네트워크(60W)+ 세대히트펌프 (정격전류 16(A)이하인 경우)
중앙급탕 개별냉난방 (복사)	-	-	홈네트워크(60W)+ 온수분배기(50W)+ 세대히트펌프 (정격전류 16(A)이하인 경우)

○ 다만, 전술한 바와 같이 공기열원 히트펌프의 용량을 현재 시스템으로 설치할 경우 비상전원의 용량이 증가함에 따라 16A 이상으로 상향될 수 있기 때문에 히트펌프 용량에 대한 면밀한 검토가 필요하며, 아울러 비상전원에 대해서는 정전시에 전기를 공급할 수 있도록 독립 회로로 간선을 설계해야 하는 등 히트펌프를 난방 목적으로 설치 시 APU의 용량 확보가 매우 중요하다.

○ 공동주택의 간선은 크게 다음과 같이 세대간선, 공용부간선, 비상 및 소방간선 및 커뮤니티 간선으로 대별할 수 있으며, 공급되는 부하용량에 따라 간선의 굵기가 결정되게 된다. 한편, 전력 부하밀도는 주택법 및 건축전기설비 설계기준에 따라 세대 면적별 기본 부하(VA/m2)에 가산 부하를 포함하여 산출하게 되며 최종적으로는 모든 세대가 동시에 전기를 최대치로 쓰지 않는 동시사용 개념의 수용율을 반영하여 세대내 부하 용량을 산출하게 된다.

○ 한편 세대내 히트펌프 설치 시 전술한 바와 같이 난방설비로 분류 됨에 따라 비상 전원의 용량이 증가함에 따른 간선 용량이 증가하게 된다. 구체적으로는 표 5와 같이 히트펌프를 세대내에 설치시 세대 간선에는 영향을 미치지 않지만 공용부 간선의 경우 기존 설계 기준대비 추가적으로 95㎟ 이 증가되는 것으로 나타났으며 아울러 저층부 입상 트레이의 규격은 기존 규격을 그대로 사용할 수 있는 것으로 분석 되었다.

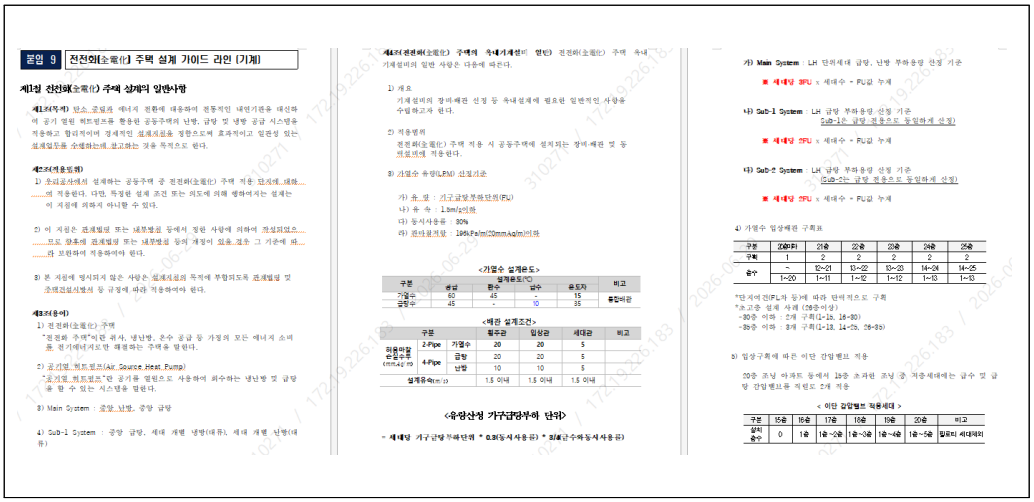
[표 5] 히트펌프 설치에 따른 세대 및 공용부 간선 용량 변화(2000VA 이하 히트펌프 적용시)

구 분	계량기 간선	LM 간선	LEM 간선	TRAY SIZE
現 설계기준	FCV 50㎟	FCV 150㎟	FR-8 70㎟	R-35
중앙급탕 중앙난방	FCV 50㎟	FCV 150㎟	FR-8 70㎟	R-35
중앙급탕 개별냉난방 (대류)	FCV 50㎟	FCV 150㎟	FR-8 70㎟ FR-8 95㎟	R-35
중앙급탕 개별냉난방 (복사)	FCV 50㎟	FCV 150㎟	FR-8 70㎟ FR-8 95㎟	R-35

히트펌프 설치를 위한 기계 및 전기 설계 가이드라인 작성

○ 공기열원 히트펌프 설치를 위한 공종별 확인 사항을 바탕으로 그림 5와 같이 기계 및 전기 공종에 대하여 공기열원 히트펌프 설치에 따른 설계 가이드라인을 작성하였다. 설계 가이드라인에는 전전화 공동주택에 대한 정의를 시작으로, 전전화 범위 및 설계에 필요한 각종 기준 등을 제시함으로서, 향후 실제 건물의 설계 공모 등에 활용할 수 있도록 하였다.

○ 설계 가이드라인은 급탕, 난방 및 간선설계 등에 대한 설계 기준 등을 포함하고 있으며, 실제 건물 설계 시 상세 시방서와 특별 시방서 등의 작성 기준으로 활용될 예정이다. 아울러 후속연구에서는 본 연구에서 수행하지 못한 동적 시뮬레이션, 지하 기계실 설치 기준 등을 추가적으로 보완하여 설계 가이드라인 등을 보완할 예정이다.



[그림 5] 공동주택 히트펌프 설계 가이드라인 작성

주제어

공기열원 히트펌프, 공동주택, 설계 가이드라인, 공종별 검토사항

차 례 Contents

제1장 서 론

1.1. 연구의 배경 및 목적 — 1
1.2. 주요 연구 내용 — 5

제2장 선행연구 및 관련 동향

2.1. 선행연구 분석 — 7
2.2. 선행 연구를 통한 시사점 및 연구방향 — 10
2.3. 국내·외 공기열원 히트펌프 관련 정책동향 — 13
2.4. 공기열원 히트펌프 관련 기술과제 — 24
2.5. 연구의 범위 및 주요내용 — 27
2.6. 시사점 및 소결 — 28

제3장 공동주택의 전전화 방안

3.1. 공동주택 설치용 히트펌프 개요 및 시스템별 특징 — 31
3.2. 공동주택 공기열원 히트펌프 설치 사례 분석 — 37
3.3. 공동주택 에너지 소비 형태를 반영한 전전화 공동주택 모델의 검토 — 56
3.4. 공동주택 공기열원 히트펌프 적용 모델 — 63
3.5. 공동주택 히트펌프 설치를 위한 검토사항(기계) — 66
3.6. 공동주택 히트펌프 설치를 위한 검토사항(전기) — 79
3.7. 소결 — 88

제4장 공동주택의 공기열원 히트펌프 설계 방안

4.1. 공기열원 히트펌프 적용 공동주택 설계 방안 — 89
4.2. 공기열원 히트펌프 설치를 위한 기계 공종 검토사항 — 91
4.3. 공기열원 히트펌프 설치를 위한 전기 공종 검토사항 — 104
4.4 소결 — 112

Ⅴ.제5장 결론

5.1. 결론 — 115

표 차례 List of Tables

[표 1-1] 탄소중립 실현을 위한 핵심 수단 — 1
[표 1-2] 탄소중립 실현을 위한 정부의 5대 전략 및 주요 내용 — 2
[표 1-3] 건물 부문의 탄소중립 실현을 위한 주요 대상 및 과제 — 3
[표 1-4] 제로에너지 건축물 인증 표시 의무 대상 건축물 (녹색건축물 조성지원법 시행령[별표1]) — 4
[표 2-1] 공기열원 히트펌프 관련 주요 연구 사례 — 11
[표 2-2] 지원 품목 현황 — 13
[표 2-3] 히트펌프 4대 주요 추진과제 — 14
[표 2-4] 독일 보조금 현황 — 16
[표 2-5] 미국 주별 리베이트 프로그램 현황 — 17
[표 2-6] 일본 보조금 현황 — 20
[표 2-7] 국외 히트펌프 관련 정책 동향 — 23
[표 2-8] 주요 연구내용 및 기대 성과 — 28
[표 3-1] 채열원에 따른 히트펌프 종류별 특징 — 37
[표 3-2] A 단지 공기열원 히트펌프 설치 및 운영현황 — 38
[표 3-3] B 단지 공기열원 히트펌프 설치 및 운영현황 — 40
[표 3-4] C 단지 공기열원 히트펌프 설치 및 운영현황 — 42
[표 3-5] D 단지 공기열원 히트펌프 설치 및 운영현황 — 44
[표 3-6] E 단지 공기열원 히트펌프 설치 및 운영현황 — 46
[표 3-7] F 단지 공기열원 히트펌프 설치 및 운영현황 — 48
[표 3-8] G 단지 공기열원 히트펌프 설치 및 운영현황 — 50
[표 3-9] H 단지 공기열원 히트펌프 설치 및 운영현황 — 52
[표 3-10] I 단지 공기열원 히트펌프 설치 및 운영현황 — 54
[표 3-11] 공동주택 에너지 소비량 수집 단지 개요 — 59
[표 3-12] 공동주택 공기열원 히트펌프 적용 모델별 검토 상세 — 65
[표 3-13] 공동주택 전전화를 위한 건축, 기계 및 전기 공종별 검토사항 — 67
[표 3-14] 일체형, 분리형 히트펌프의 특징 — 69

[표 3-15] 일체형, 분리형 히트펌프 설치 사례 ——— 70
[표 3-16] 기계설비 유지관리를 고려한 설계기준(별표 15) ——— 72
[표 3-17] 기계설비 유지관리를 고려한 설계기준(별표 15) ——— 73
[표 3-18] 200세대 대상 급탕 및 난방을 위한 공기열원 히트펌프 용량 산정 결과 74
[표 3-19] 히트펌프 연계형 축열조 설치 사례 ——— 76
[표 3-20] 3톤 축열조를 설치하기 위한 공간의 비교 ——— 77
[표 3-21] 공기열원 히트펌프 설치에 따른 전기 공종의 검토사항 ——— 79
[표 3-22] 단위세대 부하용량 산정기준 ——— 80
[표 3-23] ZEB 인증 대응 난방 방식별 원격검침 항목 ——— 82
[표 3-24] 단위세대 비상전원(APU) 항목 및 용량 ——— 84
[표 3-25] 공동주택 전력간선 설계 기준 ——— 86
[표 3-26] 공동주택 비상발전기 설계 기준 ——— 87
[표 4-1] 검토단지 개요 ——— 89
[표 4-2] 검토단지 배치도 및 조감도 ——— 90
[표 4-3] 급탕 부하 계산을 위한 월별 시수온도 ——— 93
[표 4-4] 250세대 히트펌프 산정 상세 ——— 95
[표 4-5] LH 공사 단위세대 부하용량 설계기준 ——— 104
[표 4-6] 현재 시판중인 Sub system 적용 히트펌프 사양(소비전력 기준) ——— 104
[표 4-7] 2,000VA 이상 히트펌프 설치 시 단위세대 부하 변동 사항 ——— 105
[표 4-8] 히트펌프 세대내 설치에 따른 대안 ——— 105
[표 4-9] LH 설계기준을 고려한 히트펌프 설치 시 단위세대 부하 변동 사항 – 106
[표 4-10] 공동주택의 비상전원 대상 ——— 108
[표 4-11] 히트펌프 설치에 따른 세대별 APU 용량 ——— 109
[표 4-12] 공동주택 비상발전기 설계 기준 ——— 110
[표 4-13] 히트펌프 용량별 공동주택 비상발전기 용량 ——— 111
[표 4-14] 히트펌프 설치에 따른 세대 및 공용부 간선 용량 변화
(2,000VA 이하 히트펌프 적용시) ——— 112

그림 차례 List of Figures

[그림 2-1] 공기열원 히트펌프 기술적 과제 ——— 26
[그림 3-1] 히트펌프 냉난방 COP 비교 ——— 31
[그림 3-2] 히트펌프의 주요 부품 및 기능 ——— 32
[그림 3-3] 지열원 히트펌프 작동 개념도 (부스타) ——— 34
[그림 3-4] 수열원 히트펌프 작동 개념도 ——— 35
[그림 3-5] 공기열원 히트펌프 작동 개념도 ——— 36
[그림 3-6] A단지 공기열원 히트펌프 설치 현황 ——— 39
[그림 3-7] B단지 공기열원 히트펌프 설치 현황 ——— 41
[그림 3-8] C 단지 공기열원 히트펌프 설치 현황 ——— 43
[그림 3-9] D 단지 공기열원 히트펌프 설치 현황 ——— 45
[그림 3-10] E 단지 공기열원 히트펌프 설치 현황 ——— 47
[그림 3-11] F 단지 공기열원 히트펌프 설치 현황 ——— 49
[그림 3-12] G 단지 공기열원 히트펌프 설치 현황 ——— 51
[그림 3-13] H 단지 공기열원 히트펌프 설치 현황 ——— 53
[그림 3-14] I 단지 공기열원 히트펌프 설치 현황 ——— 55
[그림 3-15] 공동주택의 설계 수준 대비 실제 에너지 소비형태 (난방,급탕) —— 56
[그림 3-16] 공동주택의 연간 전력 소비 발생 현황 (2024.01~2025.06) ——— 57
[그림 3-17] 공동주택의 전력 소비 발생 현황 ——— 58
[그림 3-18] 하절기 냉방용 전력 소비량 추정 값 ——— 60
[그림 3-19] 측정단지의 월별 급탕 소비량 ——— 61
[그림 3-20] 공동주택의 인자별 급탕 소비 연관성 ——— 62
[그림 3-21] 공동주택의 월별 난방 소비형태 ——— 63
[그림 3-22] 공동주택 공기열원 히트펌프 적용 모델 ——— 64
[그림 3-23] 분리형 및 일체형 히트펌프 구조 ——— 68
[그림 3-24] 히트펌프 설치를 위한 기계실 배치 기준 ——— 73
[그림 3-25] 히트펌프 설치 시 지하공간의 공기 유동 ——— 78
[그림 3-26] 세종시 소재 LH 단지의 단위세대 부하용량 대비 실제 전력 소비량 - 81

[그림 4-1] 공동주택 전전화 주택 모델 ——— 90
[그림 4-2] 유량 산정을 위한 가열수 배관 유량 DATA ——— 92
[그림 4-3] 일체형 히트펌프 장비사양 (L사) ——— 94
[그림 4-4] 60㎥ 축열조 설치 개념도 ——— 96
[그림 4-5] 중앙난방 및 급탕 방식의 배관 계통도 ——— 98
[그림 4-6] 중앙난방 및 급탕 방식의 열 흐름도 ——— 98
[그림 4-7] 중앙난방 및 급탕 방식 기계실 배치도 ——— 99
[그림 4-8] 에어컨 및 공기열원 히트펌프 실외기실 면적 차이 ——— 100
[그림 4-9] 연료전지 설치 확보를 위한 상부 공간 확보 ——— 102
[그림 4-10] 각 방식에 따른 원격검침 설비 계통도 ——— 107

제1장 서론

1.1. 연구의 배경 및 목적

1. 연구의 배경

○ 정부는 2030 NDC 상향안을 토대로 2018년 배출량(52.1백만 톤) 대비 32.8%를 감축하여 35.0백만 톤까지 배출량을 줄이는 것이 목표로 2035년까지 2018년 순배출량 대비 53~61%를 감축하는 도전적인 목표를 설정[1]하였다. 이를 위하여 ZEB 의무화 강화, 그린리모델링 범위 확대, 에너지 소비량 정보 기술 강화 등을 통하여 시공과 운영 단계에서의 탄소 배출 억제 강화 등을 모색하고 있는 상황이다.

○ 더불어 관련 시장 확대를 위하여 녹색 금융 등 민간 투자 범위 발굴, 참여 방안 개선 등을 통한 참여 주체 유인 및 전통적인 내연기관의 대체 방안 모색 및 히트펌프, 연료전지 등의 전기, 화학적 기술을 확대 함으로서 전기화에 대한 기술적 과제와 정책적 개선 사항 등을 동시에 검토하고 있다.

[표 1-1] 탄소중립 실현을 위한 핵심 수단

구분	정책 축	주요 대상	핵심 수단	기대 효과(정성)
신축	규제/의무	공공 중심 → 민간 단계 확대	ZEB/성능기준, 인증·검증	신규 배출 억제, 성능 표준화
기존	지원/금융	노후 공공·민간	그린리모델링, 고효율 설비 교체	대면적 감축, 운영비 절감
운영	정보/관리	중대형·다중이용	BEMS, 계측, 커미셔닝, 최적운전	실사용 기반 효율 향상
시장	가격/유인	기업·기관·민간	녹색금융, 공개/평가, 성과기반	민간 투자 촉진
인프라	전기화/분산	전 부문	히트펌프, 재생에너지, DR	직접배출 저감 및 전력 저탄소화 연계

1) 2025년 1월 고시된 '제3차 녹색건축물 기본계획(2025~2029)

○ 이와 관련하여 정부는 2030년 탄소중립 실현을 위하여 신축 및 운영 단계 중심으로 5대전략을 수립하여 장기적인 측면에서 건물 부문의 온실가스 배출량을 혁신적으로 감축하는 방안을 제시하고 있다.

○ 대표적으로 화석 연료(도시가스 등) 기반의 냉·난방 설비를 히트펌프 등 전기 기반 설비로 전환하고, 건물 일체형 태양광(BIPV) 등 재생에너지 보급을 확대 유도하고 화석 연료의 연소를 통한 열 생산 중심에서 연료전지, 히트펌프 등의 전기·화학적 방식으로 전환하여 탄소 배출량의 억제 및 친환경 설비의 보급 확대 견인을 도모하고 있는 상황이다.

○ 특히 히트펌프의 경우 지열, 수열 및 공기 열 등을 활용하는 신재생에너지 시스템으로 자연계에 존재하는 에너지를 활용할 뿐만 아니라 전통적인 연소 반응 대비 탄소 배출량을 현저히 억제 가능한 측면에서 새로운 난방 공급원으로의 대안 제시로 다루어 지고 있다.

[표 1-2] 탄소중립 실현을 위한 정부의 5대 전략 및 주요 내용

5대 전략	전략별 주요 내용
건물 에너지수요 최소화	패시브 설계 강화, 고성능 단열·기밀·창호 적용, 노후건축물 그린리모델링 확대, 냉난방 부하 저감, 에너지사용량 절감, 건물부문 탄소감축의 기본기반 확보
고효율 설비 및 운영관리 강화	고효율 냉난방기기·히트펌프·LED 보급, BEMS 등 스마트 제어 확대, 설비 운영 최적화, 동일 서비스 대비 에너지소비 최소화, 운영단계 온실가스 배출 저감, 관리 효율성 향상
신재생에너지 및 분산에너지 확대	BIPV, 태양광, 지열 등 건물 내 신재생에너지 도입, ESS 및 분산형 전원 연계 강화 외부 화석에너지 의존도 축소, 건물의 자립형 에너지 체계 전환, 직접·간접배출 동시 저감
건물 열원의 전기화 추진	가스·유류 중심 열원에서 전기 기반 히트펌프 등 저탄소 열원으로 전환, 화석연료 설비 단계적 축소 건물부문 직접배출 감축, 전력부문 탈탄소와 연계한 중장기 탄소중립 실현
제도·정책 및 시장 기반 구축	ZEB 의무화 확대, 에너지성능 기준 강화, 건물 탄소정보 공개, 인센티브·금융지원 및 이행점검체계 마련 민간 참여 촉진, 정책 실행력 확보, 건물부문 탄소중립의 지속가능한 추진기반 조성

○ 정부는 건물 부문 감축을 위해 에너지 성능 기준의 상향(규제), 제로에너지건축(ZEB) 확산, 기존건축물 그린리모델링, 고효율 설비 보급 및 전기화(히트펌프 등),

재생에너지 보급, 계측·평가·운영관리(BEMS) 고도화, 금융·세제·인센티브를 패키지로 추진 중에 있으며, 대표적으로 제로에너지 건축물 인증제 의무화와 함께 약 850만동의 기존 건축물에 대한 그린리모델링 의무화, 난방·급탕의 화석연료 의존도를 낮추고 전기 기반 고효율(히트펌프)로 전환 등을 통한 피크전력 및 계통부담 완화를 유도 하고 있다.

○ 그 외 설계 및 인증 성능과 실제 운영 성능의 간극을 억제하는 계측·검증(M&V), 커미셔닝, 운영역량 강화를 통하여 건물 부문의 온실가스 배출량 억제를 견인함으로서 신축과 기축건물에 대한 병행적 접근을 추진 중이다.

○ 구체적으로는 외피 단열·기밀, 설비 효율, 열회수 및 제어 항목 등 최소 성능의 하한선을 상향 함으로서 건축물 에너지 성능 기준 강화를 유도하고 공공부문을 중심으로 제로에너지건축물(ZEB) 제도를 의무화 함으로서 패시브, 액티브 기술의 도입 확대를 유도하고 있다.

○ 더불어 성능 정보를 표준화하여 발주·분양·임대 시장에서 건물의 성능이 가격 신호로 반영 될 수 있도록 에너지효율등급 제도 강화 및 공공(학교·공공청사 등) 분야 중심으로 고효율 인증기기, 인버터, 열회수환기, 히트펌프, 고효율 조명·제어 등 보급 등의 적극적 도입 촉진을 검토하고 있다.

○ 특히 공공건축물 지원 사업 중심의 그린리모델링 시장 확대 및 저탄소 건물 투자에 대해 대출·금리·투자유치 등 금융 인센티브를 부여함으로서 민간 투자를 촉진하고 관련 기술의 시장 안착을 견인함으로서 관련 시장 확대를 위한 정부의 정책 기조를 강화하고 있는 것으로 분석 되었다.

[표 1-3] 건물 부문의 탄소중립 실현을 위한 주요 대상 및 과제

정책 축	핵심 수단	주요 대상	비고
규제/기준	성능기준 상향, ZEB 확산, 인증·검증	신축/대수선	초기(기획·기본) 단계 반영이 비용효율적
지원/금융	그린리모델링, 고효율기기, 융자·보조	기존건물	투자회수·임대인-임차인 분리 문제 완화 필요
시장/정보	공개/평가, 벤치마킹, 녹색금융	공공·민간	데이터 품질 및 지표 표준화가 관건
기술/인프라	전기화, 재생에너지, DR/BEMS	전 부문	피크·계통 영향과 패키지 설계 필요

[표 1-4] 제로에너지 건축물 인증 표시 의무 대상 건축물(녹색건축물 조성지원법 시행령 [별표1])

관리주체	대상
1. 소유 또는 관리 주체	가. 제9조제2항 각 호의 기관 나. 교육감 다.「공공주택 특별법」 제4조에 따른 공공주택사업자
2. 건축 및 리모델링의 범위	가. 건축물을 신축 또는 재축하는 경우 나.건축물을 전부 개축하는 경우 다.기존 건축물의 대지에 별개의 건축물을 증축하는 경우
3. 건축물의 범위	법 제17조제5항에 따라 국토교통부와 산업통상자원부의 공동부령으로 정하는 같은 항 제1호의 인증 대상 건축물. 다만,「건축법 시행령」 별표 1 제2호라목에 따른 기숙사는 제외한다.
4. 공동주택의 세대수 또는 건축물의 연면적	가.공동주택의 경우: 전체 세대수 30세대 이상 나.공동주택 외의 건축물의 경우: 연면적 5백제곱미터 이상
5. 에너지 절약계획서 등 제출 대상 여부	가.공동주택의 경우: 법 제14조제1항에 따른 에너지절약계획서 제출 대상 또는「주택건설기준 등에 관한 규정」 제64조제2항에 따른 친환경 주택 에너지절약계획 제출 대상일 것 나.공동주택 외의 건축물의 경우: 법 제14조제1항에 따른 에너지 절약계획서 제출 대상일 것.

1. 2. 연구의 목적

▮ 공동주택 열원 공급 시스템의 전전화를 위한 공종별 설계 변경사항 도출

○ ASHP[2] 난방 및 급탕 대응 가능성 분석 및 전전화 주택 확대를 위한 개선 사항 발굴

○ 난방 및 급탕 대응 가능성 분석 및 전전화 주택 확대를 위한 개선 사항 발굴

○ 공기열원 EHP(ASHP) 활용 적정 난방/급탕 방식 선정 및 용량 제시 (250세대 기준)

○ 전전화 주택 보급 확대를 위한 제도 개선사항 발굴

▮ 전전화 주택 설계 가이드라인 수립을 통한 설계 지침 작성

○ 공동주택 전력 수요 변화 분석 및 난방, 급탕 소비량 분석

○ 건축, 기계, 전기 공종별 전전화 주택 설계 가이드라인 수립 및 실증단지 설계 지침 제시

2) Air Source Electric Heat Pump : 외부 공기를 채열원으로하는 전력 활용 히트펌프

○ 난방 및 급탕 ASHP 적용 가능성 분석 및 관련 설비용량 제시 (200세대 기준)

2. 2. 주요 연구 내용

▮ 난방 및 급탕 소비량 분석

○ 난방 소비형태 분석 및 시스템 구성 방안 검토

○ 세대 형태별 급탕 소비량 조사를 통한 1인당 급탕 사용량 추정, 동시사용률 등 반영한 축열조 용량 결정

○ 급탕 소비 분석을 통한 축열조 설계 방안 다각화(1차, 2차 축열조 등)를 통한 계절별 부하 대응 방안 제시

○ 난방, 급탕 소비량 변화의 정량적 분석을 통한 설계기준 활용 방안 모색

▮ 전력 소비량 및 단위세대 부하 분석

○ 주거 형태별 전력 소비량 분석 및 ASHP 설치에 따른 전기설비 검토사항 발굴

○ ASHP 설치에 따른 전용부, 거주부 설계변경 사항 도출

○ ASHP 가동에 따른 계약 전력 요금 포함 예상 전력 비용 산출

▮ 공종별 설계 가이드 라인 수립을 통한 설계 지침 작성

○ 건축 : 기계실 면적, PS, 전기실 면적, 바닥 난방 구조, 실외기 설치 공간 등

○ 기계 : 4 Pipe or 2 Pipe 방식, 축열조 용량, 기존 계통과의 연계 방안,

○ 전기 : 수/배전 용량 산정, 전기실 면적, 기타 태양광 등과의 연계 방안

▮ 전전화 주택 설계기준 제시

○ 건축, 기계, 전기 설계 기준 반영 전체 시스템 설계 반영

○ 부하계산서, 장비선정 일람표 작성 및 전문 시방서(안) 작성

○ 전전화 주택 설비 계통도 (P&ID) 개발

제2장 선행연구 및 관련 동향

2.1 선행연구 분석

▮ EHP(ASHP, GSHP) 적용 가능성에 대한 실험적 연구를 통한 가능성 검토

○ 시뮬레이션을 활용하여 EHP의 기존 보일러 대체 가능성 확인 및 생산열의 활용성 검증을 통하여 열 공급 시설로의 기능적 가능성을 제시 하였으며, ASHP[3], GSHP[4] 등의 채열원 차이에 따른 열 공급 설비로서의 기능분석을 통한 동절기 외기온에 따른 효율 저하 가능성 제시하였다.

○ 히트펌프 적용을 위한 적정 용량 산정 및 운전 방법에 따라 현저한 효율 차이가 발생함에 따른 적정 설비 용량의 확인이 필요함을 지적하고 열 부하에 대한 전력 활용 시 전력 수요의 확대에 따른 계통 부담 가능성 제시 등 연소반응을 전기 반응으로 대체함에 따른 사회적 변화에 대한 분석을 수행하였다.

▮ 히트펌프 실증 및 현장 운전 성능 평가에 따른 열원 설비로서의 가능성 확인

○ 정재원(2024) 등은 119안전센터를 대상으로 PVT 시스템과 공기열원 히트펌프를 결합한 냉·난방 및 급탕 통합시스템을 구축하고, 현장 실증을 통해 에너지 효율 향상 가능성을 분석하였다. 연구 결과 하절기에는 직접식 증발냉각(DEC) 적용으로 냉방 COP가 1.2에서 5.7로 약 4.75배 향상되었고, 동절기에는 히트펌프 실외기 전단 외기 예열을 통해 난방 COP가 2.4에서 3.4로 약 36% 향상되어, 신재생에너지 연계 하이브리드 열원 설비가 에너지 소비 절감에 효과적임을 제시한바 있다.

○ 이철희 외 3인(2011)은 저에너지 공동주택에 5RT급 공기열 멀티 히트펌프 실외기와 4대의 실내기를 적용하여 겨울철 바닥난방 성능을 실증 평가하고, 제조사 성능과 실제 운전 성능 간 차이를 비교함으로서 운영 방법에 따른 성능 차이의 원인을 규명하였다. 구체적으로는 제조사 기준 외기 7℃, 출수온도 35℃ 조건에서 난방용량 16

3) Air Source Heat Pump : 공기열원히트펌프
4) Ground Source Heat Pump : 지중열원히트펌프

kW와 COP 3.75의 성능을 제시한 반면 실증주택에서의 출수온도 52℃ 및 42℃ 조건에서 COP가 각각 1.82, 1.87로 분석되어 실제 운전상태에 따른 성능 변화를 확인하였다. 이를 통하여 출수온도와 실내 설정온도에 따른 제어방식에 따른 영향이 크며 히트펌프의 효율 향상을 위해서는 외기온도와 난방부하를 반영한 외기보상제어 또는 동적 출수온도 제어 로직의 필요성을 제시한바 있다.

공동주택의 적용성, 전전화, 탄소저감 효과 분석

○ 남일근 외 5인(2023)은 소형 중앙난방 공동주택을 대상으로 기존 가스보일러를 공기열 히트펌프로 대체하는 적용 타당성을 검토하였으며, 급탕용 시스템에서는 운전조건에 따라 운영비를 약 28 ~ 49%, 연간 온실가스 배출량을 약 23 ~ 46% 저감할 수 있음을 제시. 다만, 중대형 공동주택 확산을 위해서는 누진제를 적용받지 않는 히트펌프 전용 전기요금제 등 제도적 기반 마련의 필요성을 제안 하였다.

○ 김준석 외 2인(2024)은 공동주택 단위세대(21A, 36A)를 대상으로 공기열원 히트펌프의 운전성능과 탄소배출 특성을 분석한 결과, COP가 외기온도 변화에 크게 좌우되며 동절기에는 최저 2.3, 하절기에는 최대 약 5.9 수준까지 나타남을 확인할 수 있었다. 또한 연간 에너지 소비량은 두 모델 모두 약 60%, 1차 에너지 소비량은 약 13%의 억제효과를 확인하였으며 탄소배출량은 각각 13.7%와 15.8% 감소하는 등 공기열원 히트펌프가 기존 가스보일러를 대체할 수 있는 효과적인 대안임을 제시 하고 있다.

공기열원 히트펌프의 성능검증 변수 및 영향 정도

○ 권영식 외 5인(2021)은 대형 오피스 건물을 대상으로 TRNSYS 동적 에너지 시뮬레이션을 수행하여 수열원, 지열원, 공기열원 히트펌프 시스템의 열원측 입수온도와 히트펌프 COP, 시스템 SPF를 비교 및 분석하고, 각 열원 시스템의 적용 성능을 검토하였다. 분석 결과 수열원 시스템이 냉방기 3.8, 난방기 2.5, 지열원 시스템은 각각 3.8, 2.6, 공기열원 시스템은 각각 2.9, 1.7로 나타나 수열원 시스템은 지열원과 유사한 수준의 성능을 보이면서 공기열원 시스템 대비 냉방기 약 23%, 난방기 약 32% 높은 성능으로 나타났다. 수열원 시스템은 직접 열교환 방식과 풍부한 열원 특성으로 안정적인 성능을 보인 반면, 지열원 시스템은 우수한 열원 조건에도 불구하고 간접

열교환에 따른 성능 저하 가능성이 확인되어 열원 특성과 시스템 구성 방식이 히트펌프 성능에 중요한 영향을 미침을 제시하고 있다.

○ 위수빈 외 5인(2026)은 공기-물 히트펌프(AWHP)의 정격 성능과 실제 운전 성능 간 차이를 중심으로 성능지표, 시스템 구성, 냉매 특성 및 국내·외 적용 사례를 종합적으로 분석하고, 국내 건물부문에서의 적용 확대 가능성에 대한 분석을 수행하였다. 연구 결과, AWHP의 실제 성능은 외기조건, 제상운전, 부분부하 운전 및 제어방식에 크게 영향을 받으며, 외기보상제어와 부분부하 제어를 적절히 적용하면 성능을 향상시킬 수 있어 향후, 국내 확산을 위해서는 건물 유형별 맞춤형 적용전략과 함께 저온 대응 기술, 실증 기반 성능평가 및 정책적 지원이 병행되어야 함을 지적 하고 있다.

▮ 시뮬레이션 기반 성능 및 운전 최적화 분석

○ 김광호 외 3인(2023)은 공기열원 히트펌프 COP를 연평균 고정값으로 적용하는 기존 방식의 한계를 지적하고, 1차 함수 COP 모델과 2차 함수 구간 선형화 COP 모델을 적용하여 고정 COP와 변동 COP에 따른 연간 전력사용량 및 전기요금 차이를 비교함으로써, 계절별 외기온도 변화를 반영한 COP 모델의 필요성을 제시 하였다. 분석 결과, 고정 COP를 적용할 경우 계절 및 온도 변화에 따른 실제 성능이 충분히 반영되지 않아 월별 전력사용량과 전기요금 산정에 오차가 발생하였으며, 반면 변동 COP 모델의 경우 건물 에너지 관리와 히트펌프 운영계획의 정확성 제고에 보다 유효한 평가 방식임을 제안하고 있다.

○ 장창원 외 2인(2025)은 50세대 전기화 공동주택을 대상으로 중앙공급형과 캐스케이드형 지열원 히트펌프 시스템을 TRNSYS 및 GENopt로 모델링하고, 축열조 중간온도 제어에 따른 에너지 사용량 변화를 분석하였다. 분석 결과, 중앙 공급형 시스템의 1월 총 에너지 소비량은 19,798 kWh로 나타난 반면, 캐스케이드형 시스템은 고정 중간온도 25℃ 조건에서 10,502 kWh를 나타내 약 47%의 에너지 절감 가능성을 보이는 등 전기화 공동주택의 히트펌프 운전 성능이 단순한 설비 구성보다 난방부하의 시간대별 변동과 축열조 중간 온도 제어전략에 크게 좌우되는 것을 확인 할 수 있었다.

2.2 선행 연구를 통한 시사점 및 연구방향

○ 선행 연구를 종합하면, 공기열원 히트펌프 관련 연구는 초기의 실증 성능평가와 단위 시스템 검증에서 출발하여, 최근에는 공동주택 전기화, 탄소배출 저감, 동적 시뮬레이션 기반 운전 최적화, 그리고 건물 유형별 적용 전략으로 범위가 확장되고 있음을 확인할 수 있었다. 특히 공동주택 적용 연구에서는 공기열 히트펌프가 가스보일러 대비 에너지소비와 탄소배출을 줄일 수 있는 가능성을 확인할 수 있었으며 최근 연구들은 고정 COP 기반의 단순 해석을 넘어 시간대별 중간온도 제어, 부분부하 운전, 외기보상제어 등 실제 운전조건을 반영한 최적화의 중요성을 강조하고 있음을 알 수 있었다.

○ 한편, 실증연구에서는 공기열 히트펌프가 냉·난방 및 급탕 대체설비로서 적용 가능함이 확인되었으나, 저외기 조건에서의 성능저하와 바닥난방 제어에 따른 효율 저하가 주요 한계로 나타났으며 단순 정격성능이나 이론적 효율 비교에 머무르기보다 공동주택의 부하 특성, 바닥난방 및 급탕 운전 패턴, 전기요금체계, 축열 및 제어전략을 함께 고려하는 통합적 접근이 필요함을 확인 할 수 있었다.

○ 이상의 내용을 종합하고 정리하면 공동주택에서 공기열원 히트펌프는 에너지 절감과 탄소저감 측면에서 유의한 효과를 갖는 전전화 대안으로 평가될 수 있으나, 실제 적용성은 외기조건에 따른 성능 변동과 전기요금체계, 기존 설비여건 등에 의해 크게 좌우됨을 알 수 있었다. 따라서 향후 공동주택 전전화 전략은 공기열원 히트펌프의 계절별 운전특성과 탄소저감 효과를 반영한 설계기준 마련과 함께 전력 요금체계 개선 및 기존 공동주택 설비여건을 고려한 단계적 적용 방안 수립이 병행되어야 한다는 점을 확인할 수 있었다. 더불어 기존 연구의 대부분은 시스템의 설치 등에 대한 검토가 대부분 이루어지지 않고 적용성 측면에서의 검토를 통한 분석이 이루어졌으나, 실제 건축물의 설비로서의 기능확보를 위해서는 건축, 기계, 전기 등의 공종별 검토가 필요한 것으로 분석 되었다.

[표 2-1] 공기열원 히트펌프 관련 주요 연구 사례

저자	연도	대상				연구방법			분석대상			공급방법			분석범위				분석간격				내용
		주택	상업 시설	교육 시설	업무 시설	시뮬레이션	측정	조사	난방	냉방	급탕	난방	냉방	급탕	시	일	월	년	시	일	월	년	
이준규 외	2010	●						●	●														전전화 주택 보급에 따른 주택의 에너지 소비변화, 비용 금액의 비교 및 전기시설 등의 용량 산정 등의 기준 필요
이철희 외	2011	●					●		●							●			●				저에너지 주택에 공기-물 멀티 히트펌프를 설치하고, 1분 간격으로 데이터를 수집하여 겨울철 바닥난방 성능을 평가
이송우 외	2018	●				●			●		●						●		●				전용 84㎡, 65세대 공동주택을 가정하여 지열원 히트펌프 기반 일반열모델·축열모델·복합모델의 초기투자비를 비교
권영식 외	2021				●	●			●	●	●	대류	대류	축열	●	●	●						오피스 건물을 대상으로 지열, 하천수열, 공기열원 히트펌프의 성능 분석
임희원 외	2022	●				●			●	●	●	대류	대류	축열	●	●	●						GSHP와 ASHP의 비교. 100% 급탕공급 및 전일운전을 통한 효율화
김광호 외	2023	●				●			●	●							●				●		공기열원 히트펌프의 고정 COP와 변동 COP(1차 함수, 2차 구간선형화)를 적용하여 연간 전력사용량과 전기요금을 비교
정재원 외	2024				●		●		●	●	●	대류	대류	축열	●	●	●		●	●	●		PVT 연계 시수온 예열 및 급탕 공급, 소방서 대상 그린리모델링 수행

[표 2-1] 공기열원 히트펌프 관련 주요 연구 사례

저자	연도	대상				연구방법			분석대상			공급방법			분석범위				분석간격				내용
		주택	상업 시설	교육 시설	업무 시설	시뮬레이션	측정	조사	난방	냉방	급탕	난방	냉방	급탕	시	일	월	년	시	일	월	년	
남일근 외	2024	●				●					●			축열				●					중앙급탕용 보일러를 히트펌프로 교체 및 연간 시뮬레이션을 통한 분석
김준석 외	2024	●				●			●		●	●			●	●							소형 공동주택 열부하 계산을 통한 히트펌프 용량산정 및 가스보일러와 의 에너지 소비량 및 온실가스 배출량 비교
정창원 외	2025	●				●			●	●	●						●		●				50세대 공동주택의 중앙공급형 캐스케이드형 히트펌프 시스템을 대상으로 1월 한 달간 난방 에너지소비를 비교하고, 하루를 4개 6시간 구간으로 나누어 축열조 중간온도 최적화를 수행한 연구이다.
위수빈 외	2026	●	●		●			●	●	●	●												상용 AWHP의 정격성능과 실제 운전성능 차이, 외기보상제어 및 부분부하 제어에 따른 SCOP 개선, 한랭지·대형건물·데이터센터 등 건물 유형별 적용전략을 종합 정리한 리뷰 연구이다.

2.3 국내·외 공기열원 히트펌프 관련 정책동향

2.3.1 국내의 히트펌프 관련 정책동향

(1) 소상공인 에너지효율향상 지원사업

○ 한국에너지공단은 소상공인을 대상으로 고효율 설비 설치비를 지원하는 에너지효율향상 지원사업을 운영하고 있으며 해당 사업은 소상공인의 에너지비용 부담을 완화하고 전력수요를 절감하는 데 목적이 있다. 지원 대상 품목은 고효율에너지기자재, 효율관리기자재, 기타 효율향상설비 등 총 8개 품목으로 구성되며, 신청자는 이 중 1종 이상의 지정 품목에 대해 지원을 받을 수 있다.

[표 2-2] 지원 품목 현황

지원품목 현황	
1.수열히트펌프	2.공기열히트펌프
3.멀티전기히트펌프시스템	4.LED조명
5.스마트LED조명	6.상업용 인버터 냉장·냉동시스템
7.냉장·냉동 쇼케이스 결로방지제어시스템	8.IoT 스마트에너지 통합제어시스템

(2) 공기열 히트펌프 재생에너지 편입 및 전기요금 부담 완화

○ 2025년 12월에는 공기열 히트펌프를 재생에너지에 포함하기 위한 시행령 일부개정안이 입법 예고되었으며, 이후 2026년 3월 국무회의 의결을 통해 공기열 히트펌프의 재생에너지 편입이 최종 확정 되었다. 이에 따라 공기열 히트펌프는 재생에너지 설비로 인정받게 되었으며, 주택용 누진제와의 분리 적용 및 일반용 전력 적용 가능성이 마련되는 등 장기적 측면에서 히트펌프 보급을 위한 전기요금 다양화가 예상 된다.

(3) 열에너지 탈탄소화의 핵심 히트펌프 보급 활성화 지원

○ 정부는 2025년 12월 히트펌프 보급 활성화 방안을 발표하고, 이를 통해 4대 주요 추진 과제를 제시하였다. 해당 방안은 온실가스 감축과 고효율 난방·급탕 시스템 확대를 목표로 하며 기존의 화석연료 중심 설비를 히트펌프 기반 설비로 전환하는 정책 방향을 포함하고 있다.

[표 2-3] 히트펌프 4대 주요 추진과제

추진과제	주요 내용
보급확대	·도시가스 미보급 지역을 대상으로 히트펌프 보급 지원 추진 ·태양광 및 ESS와 연계한 히트펌프 보급 방안 마련 ·난방 및 급탕 소비량이 높은 업종 중심 보급 확대 검토
제도 및 법적 기반 마련	·공동주택 적용을 위한 건설기준 등 관련 제도 개정 추진 ·ZEB 인증 기준 변경 필요성 제시 ·가정용 히트펌프 인증 기준 마련 필요성 제시
화석연료 지원 축소 및 규제 개선	·고효율 히트펌프 중심의 보급사업 전환 추진 ·기존 난방시스템에 적용되는 화석연료 보조금의 단계적 축소 추진 ·다중이용건물 및 대규모 건물에 히트펌프 설치가 가능하도록 규제 개선 준비
산업생태계 기반 구축 및 강화	·공동주택과 지역난방을 연계한 대용량 히트펌프 보급 추진 ·히트펌프 산업 육성 및 수출 지원방안 발굴·추진 ·히트펌프 보급 확산을 위한 인식 개선 및 홍보활동 제시

▮ EU의 공기열원 히트펌프 국외 정책

(1) 유럽 연합(EU)의 정책 추진 전략 변화

○ EU는 Fit for 55 및 REPowerEU 계획을 통해 2050년 탄소중립 실현을 추진하고 있으며, 이 과정에서 공기열원 히트펌프를 화석연료 기반 난방시스템을 대체할 핵심 수단으로 활용하고 있는 것으로 조사 되었다. 특히 EU는 건물 부문의 탈탄소화를 위해 냉·난방 전략에서 히트펌프 보급 확대를 핵심 과제로 추진하고 있으며 전기화 추진계획은 난방부문의 전기화 확대와 함께 전기요금 부담 완화, 계통 유연성 확보를 대상으로 하고 있는 것으로 분석되었다. 특히 REPowerEU는 2027년까지 1,000만 대, 2030년까지 3,000만 대 이상의 히트펌프를 추가 보급한다는 목표를 견지하고 있음을 확인할 수 있었다.

(2) EU의 핵심 입법 및 규제(EPBD 및 F-Gas)

○ EU 회원국은 2026년 5월 29일까지 개정 EPBD를 국내법에 반영하여 이행을 완료해야 하며, 2040년까지 화석연료 보일러를 단계적으로 퇴출하기 위한 로드맵을 마련할 의무를 제시하고 있다. 또한 2025년부터는 단독 화석연료 보일러에 대한 보조금 지급이 금지되었으며, 2028년 신축 공공건물과 2030년 모든 신축건물에 대한 ZEB 의무화에 따라 공기열 히트펌프의 적용 확대가 예상 된다.

(3)EU의 경제적 지원 및 금융 메커니즘

○ EU의 사회기후기금은 2026년부터 운영되어 에너지빈곤층의 청정난방 전환을 지원하는 제도로 기능할 예정이다. 또한 ETS2 도입에 따라 화석연료 난방의 비용 부담이 증가하면서 히트펌프의 상대적 경제성이 더욱 확대될 것으로 예상 되며 에코디자인 작업계획에 따라 히트펌프의 효율기준 강화가 추진됨으로써 저효율 제품의 시장 진입에 대한 제한도 한층 강화될 것으로 전망하고 있다.

○ 더불어 EU는 전기요금과 가스요금 간 가격 격차를 완화하기 위해 전기 관련 세금 및 부담금 인하를 권고하고 있으며 유럽 기술 허브 프로그램을 통해 히트펌프 전문 설치인력 양성을 지원하고 있으며, 회원국별 교육 보조금 배정을 통해 설치 역량 확충도 함께 추진 중이다.

▮ 독일의 공기열원 히트펌프 정책

(1) 독일의 히트펌프 정책

○ 독일은 2024년 건축물에너지법(GEG) 시행을 통해 공기열원 히트펌프 중심의 건축물 에너지정책 전환을 추진하였으며, 2026년 2월 건축물현대화법(GMG) 개정안 발표를 계기로 관련 제도 변화가 다시 본격화되는 등 따라 독일의 공기열원 히트펌프 정책은 연속적인 제도 개편 국면에 진입한 것으로 확인할 수 있다.

○ 기존 GEG에서는 2024년부터 신축 및 기존 건물 현대화 시 65% 재생에너지 사용 의무가 적용되었으나, 2026년 2월 발표된 GMG에 따라 해당 의무는 폐지 되었다.

이에 따라 건물 소유자는 히트펌프 외에도 가스 및 석유 보일러 설치를 선택할 수 있게 되었으며, 제도 운영의 방향도 의무 중심에서 지역별 여건을 반영한 방식으로 조정 중이다. 한편, 지방자치단체 열계획(Municipal Heat Planning)에 따라 인구 10만 명 이상 대도시는 2026년 6월 30일까지 열 계획을 의무적으로 수립해야 하며, 이를 통해 지역별로 히트펌프 우선 보급 구역 또는 지역난방 연결 구역을 결정하도록 하였다. 또한 2029년 1월부터는 신규 가스·석유 보일러에 친환경 연료 10% 혼합이 의무화되고, 해당 혼합 비율은 2040년까지 단계적으로 확대될 예정으로 알려져 있다.

(2) 히트펌프 보급 확산을 위한 재정 지원 제도(BEG, 독일 연방 건물에너지효율 지원사업)

○ 강한 규제는 일부 완화되었으나, 히트펌프 전환을 유도하기 위한 보조금 지원은 지속되고 있다. 이에 따라 제도적 의무 수준은 다소 조정되었음에도 불구하고, 보조금 혜택은 여전히 강한 수준으로 유지되고 있는 상황으로 분석 되었다.

[표 2-4] 독일 보조금 현황

보조금 항목	지원 내용	비고
기본 보조금 (Basic Grant)	설치 비용의 30%	모든 신청자 공통 적용
기후 속도 보너스 (Speed Bonus)	설치 비용의 20%	기존 화석 연료 보일러 조기 교체 시 (2028년까지 유지)
소득 보너스 (Income Bonus)	설치 비용의 30%	가구당 과세 소득 연 €40,000 이하인 경우
효율 보너스 (Efficiency Bonus)	설치 비용의 5%	천연 냉매(R-290 등) 사용 시 추가 지급
최대 지원 한도	최대 70%	총 설치비 €30,000 기준, 최대 €21,000 지원

(3) 독일의 기술적 규제 및 가격제

○ 2026년 1월 1일부터 공기-물 히트펌프 실외기에 대한 소음기준이 강화되었으며, 주거지역에 설치되는 경우에는 야간 소음 저감기술의 적용이 의무화 되었다. 또한 2025년부터 보조금 지원을 받는 모든 히트펌프에는 제어 가능한 소비 장치(Steuerbare Verbrauchseinrichtungen) 기능이 적용되어, 전력망 부하가 높은 시간

대에는 원격 출력 제어를 통해 계통부하에 대응 연계하는 등 계통 안정화를 유도하고 있는 것으로 분석 되었다. 한편 2028년부터는 천연 냉매를 사용하지 않는 제품에 대한 보조금 지원이 전면 중단될 예정이어서, 시장은 R-290(프로판) 기반 공기열원 히트펌프 제품 중심으로 빠르게 재편될 것으로 예상된다.

○ 2026년 독일에서는 화석연료에 부과되는 CO2 가격이 톤당 55~65유로 범위에서 경매를 통해 결정되며, 이에 따라 가스 및 석유 난방의 운영비용이 상승할 것으로 예상된다. 이러한 비용 증가는 히트펌프의 상대적 경제성과 시장 경쟁력을 높이는 요인으로 작용할 것으로 예상할 수 있다.

▮ 미국의 공기열원 히트펌프 정책

○ 미국은 2026년을 기점으로 공기열원 히트펌프 정책의 전환을 추진하고 있으며 이에 따라 기존의 연방 세액공제 중심 지원구조는 주정부 리베이트와 환경규제를 중심으로 한 체계로 재편되는 등 지원체계와 규제체계를 동시에 강화하는 방향으로 정책이 운영 중이다.

(1) 연방 세액 공제의 종료와 정책 변화

○ OBBBA 시행에 따라 공기열 히트펌프 설치에 대한 연방 세액공제는 종료되었으며, 기존 최대 2,000달러 규모의 세액공제도 2025년 12월 31일부로 적용이 종료됨에 따라 연방 정부의 지원방식은 직접적인 세금 감면 중심에서 현장 리베이트 중심 방식으로 전환되고 있다. 이미 주정부에 배정된 IRA 예산을 활용하여 리베이트 제도의 활성화가 추진 중이며 2026년 현재 소비자가 받을 수 있는 가장 큰 재정적 혜택은 주정부가 운영하는 두 개의 리베이트 프로그램을 통해 제공 하고 있는 상황이다.

[표 2-5] 미국 주별 리베이트 프로그램 현황

프로그램명	주요 내용
HEEHRA (가계 전기화 리베이트)	·저소득 및 중산층 가구를 대상으로 히트펌프 설치 시 최대 8,000달러를 현장에서 즉시 할인 ·2026년 현재 캘리포니아, 뉴욕 등 주요 주는 1차 예산이 조기 소진될 정도로 수요가 높음 ·일부 주에서는 예산 조기 소진에 따라 대기명단 운영
HOMES (에너지 효율 리베이트)	·가구 소득과 무관하게 전체 에너지 절감률에 따라 보조금 지급 ·2026년부터 대부분의 주에서 공기열 히트펌프를 포함한 통합 에너지성능 개선 프로젝트 지원 ·지원 규모는 4,000달러~8,000달러 수준

(2) 미 환경보호청(EPA)의 냉매 규제 본격화

○ 미국 환경보호청(EPA)의 기술전환 규제에 따라 주거용 및 경상업용 공조·히트펌프 분야에서는 고지구온난화지수(HFC) 냉매 사용이 단계적으로 제한되고 있으며, 이에 따라 R-32, R-454B와 같은 저GWP 냉매 적용이 확대 될 것으로 예상할 수 있다. 이와 관련하여 EPA는 이 분야의 신규 시스템에 대해 GWP 700 이상 냉매 사용을 제한하고, 2025년 1월 1일 이전에 제조 또는 수입된 부품으로 구성된 고 GWP 시스템에 한해 2026년 1월 1일까지 설치를 허용하는 경과조치를 제시하였다.

○ 따라서 R-410A 등 고지수 냉매를 적용한 기존 제품의 신규 설치는 2026년 1월 1일 이후 원칙적으로 크게 제한되며, 시장은 저GWP 냉매 기반 제품 중심으로 전환되는 추세로 이동 예상할 수 있다.

(3) 국내 제조 역량 강화(DPA, 국방물자생산법)

○ 미국에서는 DPA 지원을 바탕으로 주요 제조사의 히트펌프 및 관련 부품에 대한 국내 생산 기반이 확대되고 있으며, 이러한 흐름은 2026년 공기열원 히트펌프 시장에서 미국산 제품 비중 확대에 대한 기대를 높이고 있다. 따라서 공공조달 부문에서도 연방기관의 고효율 제품 구매 의무와 히트펌프 구매 가이드를 운여하고 있으며 미국산 청정에너지 기술 활용 기조에 따라 미국 내 생산 기반을 갖춘 고효율 히트펌프의 조달 확대가 추진될 것으로 전망하고 있는 상황이다.

(4) 주요 주(State)별 특이 사항

○ 뉴욕주는 2026년부터 7층 이하 신축건물에 화석연료 설비 설치를 금지하는 방향으로 제도를 시행하고 있으며, 이에 따라 저층 신축 건물에서는 공기열원 히트펌프를 포함한 전기 기반 난방방식의 적용이 확대 될 것으로 예상할 수 있다.

○ 한편 캘리포니아주는 HEEHRA 단독주택 리베이트가 2026년 2월 24일 기준 주 전역에서 전액 예약되어 추가 신청이 대기 상태로 전환될 정도로 수요가 높게 나타났으며, 동시에 TECH Clean California를 통해 수요반응 프로그램 연계형 히트펌프 및 히트펌프 온수기 인센티브를 운영 중에 있다.

▮ 일본의 공기열원 히트펌프 정책

○ 일본은 2050년 탄소중립 실현을 위한 GX(Green Transformation, 녹색전환) 전략의 일환으로 히트펌프 보급 확대를 지속적으로 추진 중에 있다. 특히 정부는 고효율 급탕기기 보급 지원사업을 통해 히트펌프 급탕기 보급을 지원하고 있으며, 에너지정책과 GX 추진체계 안에서 관련 설비 확산을 위한 재정 지원도 병행 중에 있는 상황이다.

○ 또한 주거부문에서는 급탕 분야의 전기화와 고효율화가 중요한 정책 대상으로 다루어지고 있고, 산업부문에서도 보일러 등 열수요 설비의 전환과 전기화 기술 활용이 GX 투자 및 감축수단의 하나로 제시 되었다. 따라서 일본의 히트펌프 정책은 주거용 급탕 부문의 전기화와 산업부문의 열원 전환을 중심축으로 하여, 재정지원과 제도적 유도를 함께 추진하는 방향으로 전개되고 있다고 볼 수 있다.

(1) GX 추진 전략 및 탄소 가격제

○ 일본 정부는 GX 추진 전략에 따라 향후 10년간 약 20조엔 규모의 GX 경제 이행채를 발행하여 탈탄소 전환을 위한 선제적 투자를 지원하고 있으며, 이를 통해 다양한 저탄소 기술의 도입 기반을 확대하고 있는 상황이다. 또한 일본의 배출권거래제는 2026회계연도부터 본격 운영될 예정이어서, 화석연료 사용에 대한 비용 부담이 점차 커지는 방향으로 제도 환경이 변화될 것으로 예상할 수 있다.

○ 이에 따라 화석연료 보일러를 산업용 히트펌프 등 전기화 설비로 전환할 경제적 유

인도 한층 강화될 것으로 해석할 수 있으며 이는 GX 경제이행채를 통한 투자 지원과 탄소가격제 확대가 함께 작동하면서, 산업부문의 저탄소 설비 전환을 촉진하는 구조로 정책이 전개되고 있음을 확인할 수 있다.

(2) 급탕 에너지 절약 사업

○ 일본은 가정 내 에너지 소비에서 약 30%를 차지하는 급탕 부문을 중심으로 에코큐트(Eco-Cute)와 같은 CO2 히트펌프의 보급 지원을 강화하고 있다. 이를 위해 정부는 에코큐트 보급 확대를 위한 보조금 제도를 대폭 개편하여, 주거부문의 전기화와 고효율 급탕기기 전환을 적극적으로 유도하고 있는 상황이다.

[표 2-6] 일본 보조금 현황

구분	지원 내용	주요 특징
기본 보조금	70,000엔 / 대	표준형 에코큐트 설치 시 지급
고성능/태양광 연계형	100,000엔 / 대	높은 에너지 효율 또는 '오히사마(태양광 연계)' 기능 탑재 시
철거 가산금	20,000엔 ~ 40,000엔	기존 전기온수기(2만)나 축열난방기(4만) 철거 시 추가 지급
IoT 필수화	의무 사항	2026년부터 보조금을 받으려면 인터넷 연결 기능이 필수입니다.

(3) 열 수요의 전기화

○ 경제산업성(METI)은 공장과 빌딩에서 사용되는 가스보일러를 공기열원 히트펌프로 전환 할 경우 설비 도입비의 일부를 지원하고 있다. 또한 증기 생산이 가능한 산업용 고온 히트펌프의 실증과 도입 확대를 함께 추진하고 있으며, GX 에너지절약 보조금 내 우선 지원체계를 통해 산업부문의 설비 전환을 유도하고 있다.

(4) 기술 표준 및 냉매 규제

○ 일본은 에코큐트(Eco-Cute)에 CO2(R-744) 냉매를 적용해 온 경험을 바탕으로, 상업용 공기열원 히트펌프 제품의 자연 냉매 전환도 함께 추진 중이다. 또한 GWP가 낮은 자연 냉매인 R-290 사용 제품에 대해서는 보조금 가산점을 부여함으로써 친환

경 제품의 보급을 유도하는데 노력 중이다.

○ 한편 2026년부터는 신축 주택의 ZEH(Zero Energy House) 의무화 기준이 강화되면서, 계절별 성적계수(COP)가 높은 공기열원 히트펌프의 채택이 확대되고 있으며 이에 따라 공기열원 히트펌프는 신축 주택 부문에서 필수적인 에너지 인프라로 확장 시키는 상황이다.

▮ 캐나다의 공기열원 히트펌프 정책

○ 2026년 현재 캐나다의 히트펌프 정책은 과도기적 전환 국면에 있는 것으로 볼 수 있으며 . 기존의 범용적 지원수단이었던 Canada Greener Homes Grant는 신규 신청이 2024년 2월 종료되었고, 기존 신청자의 서류 제출도 2025년 12월 31일부로 마감되었다. 그러나 정책의 초점은 Oil to Heat Pump Affordability Program과 같이 저소득·중간소득 가구의 난방 전환을 직접 지원하는 방식으로 이동 중에 있으며 연방정부는 2025년 4월 1일부터 소비자 대상 연료부과금(fuel charge)을 사실상 종료하고 소비자 탄소가격 적용 의무도 폐지하는 등 탄소가격 제도를 개편하고 있는 상황이다.

○ 동시에 Ozone-depleting Substances and Halocarbon Alternatives Regulations를 통해 냉매 관련 규제 체계는 계속 운영 중에 있으며, 캐나다의 히트펌프 정책은 범용 보조금 중심 구조에서 에너지 취약계층 중심의 직접 지원으로 재편되는 한편, 탄소가격 제도와 냉매 규제의 변화가 병행되는 방향으로 전개되고 있는 중이다.

(1) 캐나다 친환경 주택 부담 완화 프로그램(CGHAP) 도입

○ 캐나다의 히트펌프 지원 정책은 저소득 및 중산층 가구를 주요 지원 대상으로 설정하는 방향으로 전환되고 있으며 특히 기존의 사후 환급 중심 방식에서 벗어나, 대상 가구가 초기 비용 부담을 줄일 수 있도록 선지급형 직접 지원 방식이 강화되고 있는 상황 이다.

○ 또한 Canada Greener Homes Loan 프로그램은 최대 4만 캐나다달러의 무이자 대출을 지원하였으나, 신규 신청은 2025년 10월 1일부로 종료되었으며 2026년 현재는 이미 승인된 신청자에 한하여 자금 집행이 이루어지는 중이다.

(2) 등유·오일 난방의 히트펌프 전환 지원

○ 캐나다의 오일-히트펌프 전환 지원(OHPA)은 기존 오일 난방을 전기식 히트펌프로 교체하려는 저소득·중간소득 가구를 주요 대상으로 운영되고 있으며, 전국 기준으로는 최대 1만 캐나다달러, 일부 주·준주와의 공동집행 지역에서는 최대 1만5천 캐나다달러 수준까지 지원이 진행 중이다.

○ 더불어 온타리오에서는 Save on Energy의 Energy Affordability Program을 통해 소득 적격 가구에 무상 공기열원 히트펌프를 지원하고 있고, 매니토바와 브리티시컬럼비아주에서도 각각 2027년까지의 다년도 효율화 계획 또는 2026년 현재 운영 중인 소득연계형 히트펌프 지원 프로그램을 통해 관련 지원을 확대하고 있는 중이다.

(3) 기술 및 환경 표준

○ 캐나다는 ODSHAR를 포함한 HFC 감축 규제 체계를 바탕으로 냉매 전환을 지속적으로 추진하고 있으며, 이에 따라 히트펌프 및 냉난방기기 시장에서는 기존 R-410A 계열에서 R-32, R-454B 등 저GWP 대체 냉매를 적용하는 방향으로 전환을 진행하고 있다. 또한 에너지 효율 측면에서는 3상 중앙집중식 히트펌프에 대한 신규 에너지 성능 기준이 2025년 10월 9일부터 제도상 효력을 갖게 되었고, 2026년 1월 1일 이후 제조되는 제품에 적용됨에 따라, 향후 시장은 강화된 고효율 기준을 충족하는 제품 중심으로 재편될 것으로 예상할 수 있다.

[표 2-7] 국외 히트펌프 관련 정책 동향

국가	정책명칭/방향성	히트펌프 도입방안	관련정책/지원제도	도입시기	적용
미국	Inflation Reduction Act, Building Decarbonization	히트펌프 보조금 및 세금혜택확대 ENERGYSTAR 제품중심보급	연방 및 주단위 세금공제, 리베이트, 무이자융자	2022년 법안통과	캘리포니아, 뉴욕 등은 신축주택내 가스사용금지
캐나다	Greener Homes Initiative, Clean Electricity Regulations	냉난방용 히트펌프적극도입	리베이트, 무상에너지 진단서비스제공	2021년~2035	히트펌프 중심의 냉난방전기화추진
영국	Future Homes Standard	신축주택 중심 히트펌프 도입확대	보일러 교체 시 5천파운드 보조금 제공	2025년 신축적용예정	기존 주택전환에 대한지원은부족
독일	Building Energy Act, Heizungswende (난방전환)	히트펌프 필수화 효율기준강화 및 기존보일러교체장려	최대70% 비용보조, 저소득층추가지원	2024년 시행	에너지 비용 상승대응위해 일부 유예논의 중
프랑스	RE2020 (Réglementation Environnementale)	신축중심 히트펌프 보급확대 태양광연계설치확대	RE2020 기준 우선 세금감면	2022년 시행	전기기반 주택확대유도
호주	All-Electric Suburbs	히트펌프, 인덕션 등 전기기기 설치 의무화	주정부 인센티브제공 연방차원은미약	2024년 적용	연방정부보다는 주단위정책중심
일본	ゼロエネルギーハウス Zero Energy House	고효율 히트펌프보급의 PV 연계	ZEH 인증제도, 건설사인센티브	2030년까지 신축주택100% ZEH 목표	히트펌프, 인덕션, 태양광중심정책
한국	제5차에너지기본계획 (전기화추진)	시범단지중심 히트펌프보급	전기화주택시범사업지 원금제공	2023년발표 중장기확산계획	시범단계로, 본격확대는 초기단계

2.4 공기열원 히트펌프 관련 기술과제

▮ 저온 조건에서의 성능 저하 및 효율 향상

○ 공기열 히트펌프는 외기온도가 낮아질수록 외기로부터 확보할 수 있는 열량이 감소하므로 COP 저하가 크게 발생하는 특성이 발생한다고 알려져 있다. 특히 국내와 같이 혹한기가 길고 저온 환경이 지속되는 기후조건에서는 이러한 성능 저하를 보완할 수 있도록 저온 조건에 대응 가능한 기술 개발이 필요하다

(1) 베이퍼 인젝션(Vapor Injection) 기술 고도화

○ 압축기 중간압 냉매 증기 주입 기술은 혹한기 조건에서도 난방성능을 유지하기 위한 방안으로 활용될 수 있으며, 특히 -20℃ 이하의 극한 저온 조건에서도 효율 저하를 최소화할 수 있도록 관련 기술의 고도화가 필요.

(2) 다단 압축 및 캐스케이드(Cascade) 시스템 최적화

○ 다단 압축 및 캐스케이드 시스템의 적용은 극한 환경에서도 공기열 히트펌프의 운전 범위를 확대하고 성능 저하를 완화할 수 있는 기술적 방안으로 제시. 다만 이러한 기술의 실용화를 위해서는 경제성 확보와 함께 시스템의 소형화가 병행될 필요.

▮ 제상 기술의 지능화 및 무착상 기술

○ 동절기에는 실외기 열교환기 표면에 착상 현상이 발생하며, 이로 인해 열교환 성능과 시스템 효율이 저하될 수 있음. 따라서 성에를 제거하기 위한 제상 운전이 필요하나, 이 과정에서 난방공급이 일시적으로 저하되거나 중단될 수 있어 사용자 불편이 발생할 수 있다.

(1) 연속 난방형 제상 기술

○ 제상 운전 중에도 실내 난방의 연속성을 확보하기 위해서는 하이브리드 열교환시스템과 축열조를 연계한 기술 개발이 필요하며, 착상 자체를 저감하거나 방지하기 위한 방안으로서, 데시컨트(흡습제) 및 결빙 방지 코팅을 활용한 무착상 시스템에 대한 연구도 함께 필요.

(2) AI 기반 예측 제상

○ 기존의 일정 시간 주기 또는 압력 기반 제상 방식 대신, 센서와 AI를 활용한 실시간 모니터링 기반 제상 제어기술의 적용이 필요. 특히 성에 발생 시점을 정확하게 예측하고, 필요한 시점에 최단 시간 내 제상이 이루어질 수 있도록 자동제어 시스템의 개발이 요구되는 상황 임.

(3) 코팅 표면 처리 기술

○ 열교환기 표면에는 나노 코팅 등의 기술을 적용하여 착상을 저감할 필요가 있으며, 특히 성에의 부착을 억제하거나 응축된 물방울이 표면에서 쉽게 탈락할 수 있도록 하는 소재의 개발이 시급.

▮ 친환경 냉매 전환 및 안전성 확보

○ 기존 냉매인 R-410A 등은 높은 지구온난화지수(GWP)를 가지기 때문에 규제 강화의 주요 대상이 되고 있는 상황이다. 따라서 히트펌프 및 냉난방기기 분야에서는 저GWP 친환경 냉매로의 전환 요구가 점차 확대되고 있다.

(1) 자연 냉매(R-290 등) 최적화

○ 유럽을 중심으로 프로판(R-290)과 이산화탄소(CO2) 등 저GWP 냉매를 적용한 히트펌프 개발이 확대되고 있으며 이러한 저GWP 냉매는 친환경성 측면에서 유리하지만, 냉매별로 가연성 및 압력 특성에 차이가 있어 적용 시 별도의 기술적 대응이 필요.

(2) 가연성 극복 및 안전 설계

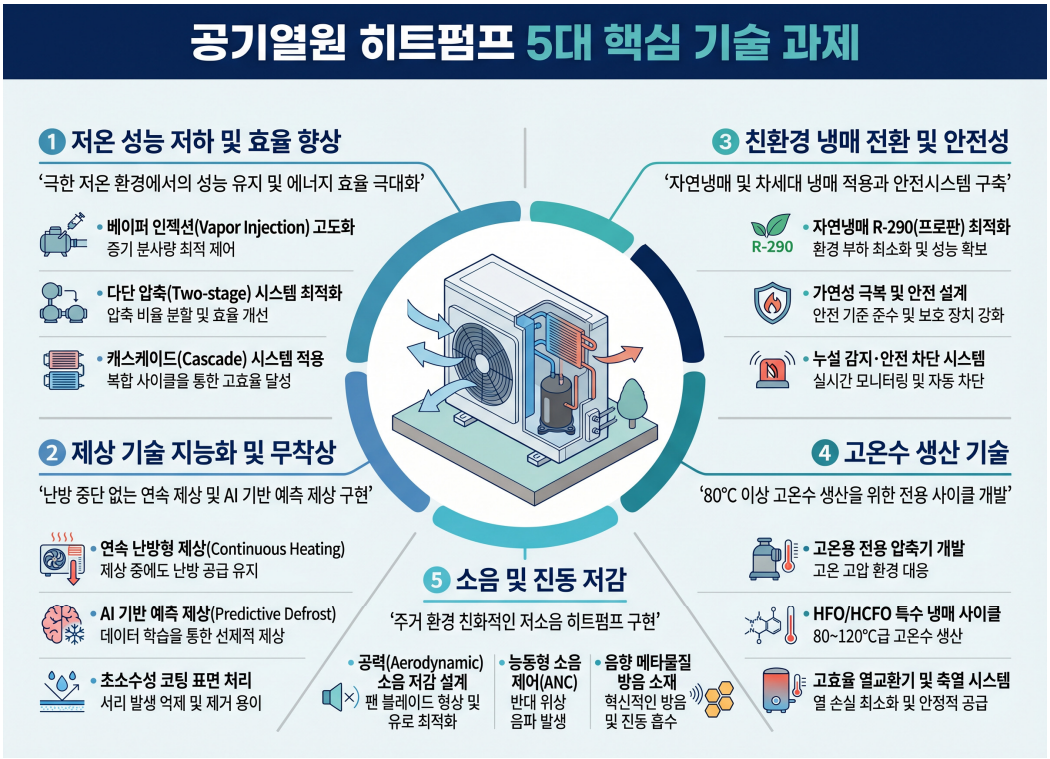
○ 프로판과 같은 자연 냉매는 가연성 특성을 가지므로, 이를 실내외 주거환경에 적용하기 위해서는 충분한 안전기술 확보가 필요. 특히 폭발 방지 설계, 누설 감지 센서 적용, 냉매 충전량 최소화 등과 같은 안전성 확보 방안을 마련하는 것이 필수.

▮ 고온수 생산 기술

○ 신축 건물의 경우에는 35~40℃ 수준의 중·저온수만으로도 바닥난방이 가능하지만, 복사 난방을 사용하는 구축 건물은 난방 성능 확보를 위해 65~80℃ 이상의 고온수가 요구되며, 특히 국내의 경우 급탕과 난방을 위한 가열수의 확보가 중요하다.

(1) 고온용 압축기 및 특수 냉매 사이클 개발

○ 보조 히터를 가동하지 않고도 히트펌프 단독으로 80℃ 이상의 고온수를 생산할 수 있는 시스템 개발이 필요. 또한 고온수 생산 과정에서도 높은 에너지효율을 유지할 수 있는 기술 확보가 함께 요구되며, 이러한 기술은 유럽과 같이 구축 건물 비중이 높은 시장에 진출하기 위한 핵심 요소로 작용할 수 있을것으로 예상.



[그림 2-1] 공기열원 히트펌프 기술적 과제

2.5 연구의 범위 및 주요내용

▮ 원격검침 시스템을 활용한 난방 및 급탕 소비량 분석

○ 난방 소비량 분석을 통한 ASHP 생산 및 공급 열량 산정 기준 마련

○ 세대 형태별 급탕 소비량 조사를 통한 1인당 급탕 사용량 추정 및 축열조 용량 등 설정

○ 급탕 소비형태 분석을 통한 축열조 설계 방안 다각화를 통한 계절별 부하 대응 (1차, 2차 축열조 등)

○ 경년별 난방, 급탕 소비량 변화의 정량적 분석을 통한 설계기준 마련

▮ 원격검침 시스템을 활용한 전력소비량 분석

○ 주거 형태별 전력 소비량 분석 및 전력 부하 산출기준 마련

○ ASHP 설치용량, 전기차 보급 등을 고려한 수전용량 기준 산정

○ ASHP 가동에 따른 계약 전력요금 포함 예상 전력 비용 산출

▮ 공종별 설계 가이드라인 제시

○ 건축 : 축열조 , PS 면적 및 바닥 구조 제시

○ 기계 : 축열조 용량 및 배관 계통

○ 전기 : 수전 설비 및 태양광 발전 시스템 등의 연계 방안 제시

○ 기타 : 전전화 주택 설계를 위한 검토 요소 발굴

▮ 전전화 주택 설계지침 작성

○ 건축, 기계, 전기 설계 기준 반영 전체 시스템 설계 반영

○ 부하계산서, 장비선정 일람표 작성 및 전문 시방서(안) 작성

○ 전전화 주택 설비 계통도 (P&ID) 개발

[표 2-8] 주요 연구내용 및 기대 성과

단계별 연구목표		주요 연구내용	연구성과
1차 25.5~26.4	난방 및 급탕 대응 EHP 설치 기준 마련	난방 및 급탕 소비량 분석	1인당 급탕 소비량, 난방 소비량 및 난방 소비 발생 형태 분석
		전력 소비량 분석	전력 소비량 분석 및 전기차, EHP 설치에 따른 전력 부하 변화 분석
		공종별 설계지침 작성	공종 별 전전화 주택 설계 가이드라인 작성을 통한 지침 수립
		전전화 주택 설비설계	난방,급탕,냉방 공급 설비구성 및 Piping & Instrumentation Diagram

2.6 시사점 및 소결

▮ 공기열원 히트펌프의 열원 시스템으로서의 가능성 확인

○ 기존 연구들은 공기열원 히트펌프와 지열원 히트펌프(GSHP)를 대상으로 기존 가스 보일러를 대체할 수 있는지를 중심으로 수행되었다. 연구 결과 히트펌프는 난방과 급탕 공급이 가능하며 열공급 설비로서 충분한 기능을 수행할 수 있는 것으로 나타났다. 다만 외기온도가 낮아지는 겨울철에는 성능이 저하되는 문제가 지속적으로 지적되었다. 또한 적정 용량 선정과 운전 방식에 따라 효율 차이가 크게 발생하므로 설계 단계에서 세밀한 검토가 필요하다는 점이 확인되었다.

○ 아울러 실제 건물 보다는 시뮬레이션 중심의 연구가 진행이 되어 실제 건물에 적용하기에는 건축, 기계, 전기 공종간의 검토사항 등이 필요함을 확인할 수 있었으며, 실제 설비로서의 기능확보를 위한 세부적인 검토가 필요함을 알 수 있었다.

▮ 국내를 포함하여 전 세계적으로 히트펌프에 대한 수요 확대 예상

○ 국내에서는 탄소중립 정책과 건물부문 전기화 정책에 따라 히트펌프 보급 확대가 적극 추진되고 있는 상황이며, 한국에너지공단은 소상공인을 대상으로 공기열 히트펌프 설치비를 지원하는 에너지효율향상 지원사업을 운영하고 있다. 또한 정부는 공기

열 히트펌프를 재생에너지 범주에 포함시키는 제도 개편을 추진하고 있으며, 향후 주택용 누진제와 분리된 전기요금 적용 가능성도 검토하고 있다. 이는 히트펌프 경제성 향상에 중요한 기반이 될 것으로 예상된다.

○ EU는 REPowerEU 정책을 통해 2030년까지 히트펌프 3천만 대 추가 보급을 목표로 하고 있으며 2025년부터 화석연료 보일러에 대한 보조금 지급도 금지하는 등 신축 건물의 ZEB 의무화 역시 확대되고 있어 향후 히트펌프 시장은 더욱 성장할 것으로 전망된다. 미국 역시 연방 세액공제 중심 정책에서 주정부 리베이트 중심 정책으로 전환하고 있다. HEEHRA 프로그램은 저소득층에게 최대 8,000달러를 지원하며, HOMES 프로그램은 에너지 절감 성과에 따라 4,000~8,000달러를 지원한다. 이를 통해 전기화와 에너지 효율 향상을 동시에 추진하고 있는 상황이다.

▮ 설비로서의 기능확보를 위한 기술적, 설계적 개선 필요

○ 공기열원 히트펌프는 높은 효율과 탄소저감 효과에도 불구하고 여러 기술적 한계를 가지고 있는 것으로 분석 되었다. 일례로 공기열원 히트펌프의 성능은 계절과 외기온도에 따라 크게 달라질 수 있다. 특히 국내와 같이 외기온도가 낮은 겨울철에는 COP가 감소하여 성능이 저하될 수 있으며 따라서 한랭지 대응 기술과 제상(Defrost) 기술의 개선에 대한 검증이 필요하다. 아울러 실제운전조건과 정격 성능 간 차이가 크기 때문에 외기보상제어, 부분부하 운전, 축열조 제어 등 다양한 운전 및 제어방식에 따른 효율 검증이 요구된다.

○ 실제 설치 공간 확보 문제와 수배전 설비, 하중에 대한 검토가 요구된다. 일례로 기계실, 축열조, 실외기 설치 공간 및 유지관리 공간을 확보해야 하며 건축·기계·전기 분야의 통합 설계가 요구된다.

건축 설비의 기능확보를 위한 연구 방향

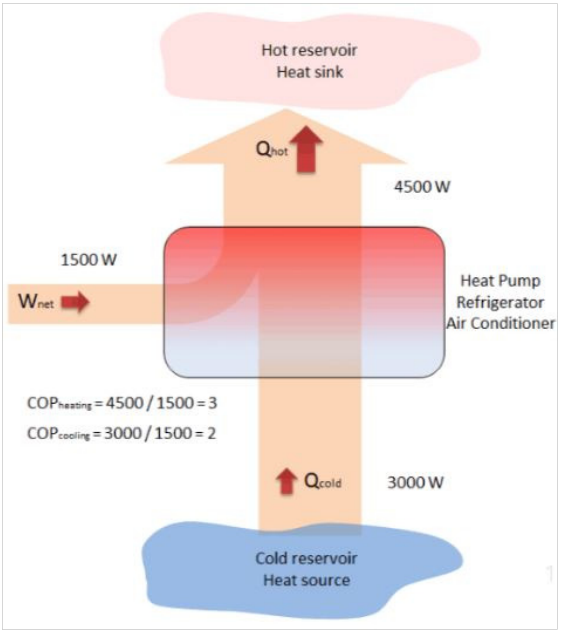
○ 공기열원 히트펌프는 공동주택 전전화와 탄소중립 실현을 위한 핵심 기술로 평가될 수 있으며 관련 연구에서도 에너지 소비 절감과 온실가스 저감 효과를 지속적으로 입증되었다. 다만 실제 공동주택에 적용하기 위해서는 외기조건에 따른 성능 저하, 전력계통 부담 증가, 전기요금 체계 개선, 설치 공간 확보 등의 문제를 해결해야 한다. 또한 지금까지의 연구가 주로 성능 평가와 경제성 분석에 집중되었다면, 향후에는 건축·기계·전기 분야를 통합한 설계 기준 마련과 실증 중심 연구가 필요하다는 점을 확인할 수 있었다.

제3장 공동주택의 전전화 방안

3.1 공동주택 설치용 히트펌프 개요 및 시스템별 특징

▮ 히트펌프는 저온의 열을 고온의 열로 승온시키는 장치

○ 기존 냉방 (고온 ▶저온) 사이클을 활용하여 1대의 냉동기기로 냉방과 난방을 수행하는 장치로 채열원에 따라 공기열원, 지열원, 수열원 등 다양한 열원을 활용 가능하다. 현재 건물 부문에서는 대류 냉방과 난방용으로 업무용, 상업용 건물 등에 적용 중에 있으며, 이론적으로 $COP_{heating}$ 은 $COP_{cooling}$ 대비 COP가 1이 높기 때문에 냉방보다는 난방에 활용되는 사례가 많다.



[그림 3-1] 히트펌프 냉난방 COP 비교

▮ 압축-응축-팽창-증발의 기존 냉동 사이클 대응 4way 벨브를 통하여 냉매 전환

○ 19세기 후반 열역학 이론으로 개발 된 냉각기술의 파생기술 형태로 1970년 후반에 열회수 기술의 개발에 따른 현재의 히트펌프 기술이 정립되어 보급되어왔다. 기존 냉방을 위한 에어컨의 냉매 순환 방향을 역방향으로 전환하여 겨울철에는 기존 실내기를 난방 공급원으로 활용하며, 2026년 3월10일 신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법의 일부 시행령 변경에 따라 기존 수열, 지열과 함께 새롭게 공기열원이 관련법 대상으로 포함됨으로서 히트펌프에 대한 관심이 확대되고 있는 상황이다.

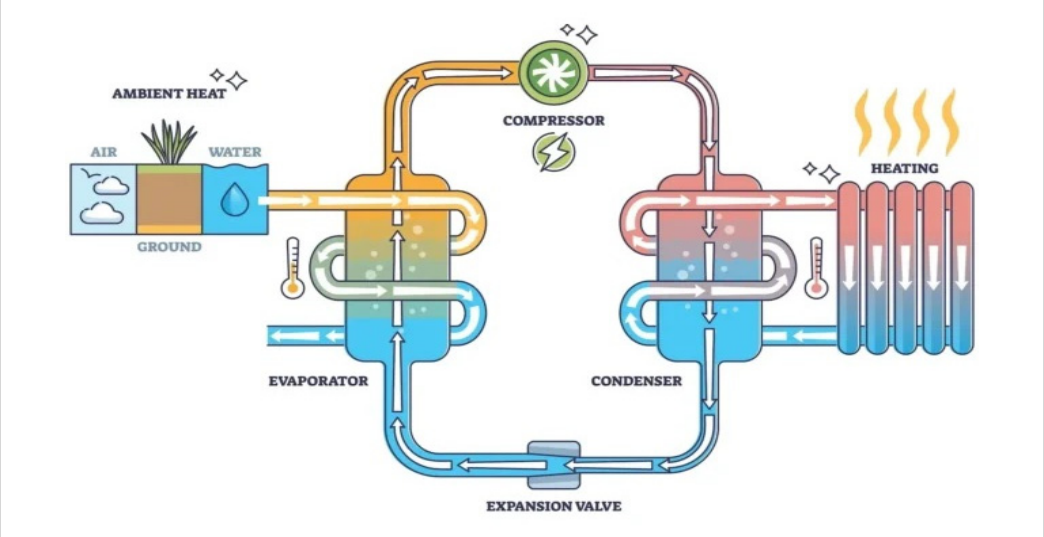
▮ 주요 부품별 기능

○ 증발기 (Evaporator): 낮은 온도에서 냉매가 증발하며 지중에서 열을 흡수

○ 압축기 (Compressor): 기체 상태의 냉매를 고압으로 압축하여 온도 상승

○ 응축기 (Condenser): 고온고압의 기체 냉매가 열을 실내측(부하측)에 전달하고 응축

○ 팽창밸브 (Expansion Valve): 냉매의 압력을 낮춰 다시 증발하기 기체 상태로 전환



[그림 3-2] 히트펌프의 주요 부품 및 기능(출처 https://www.premiumheatingandplumbing.co.uk)

▮ 채열원에 따른 히트펌프의 구분 및 특징

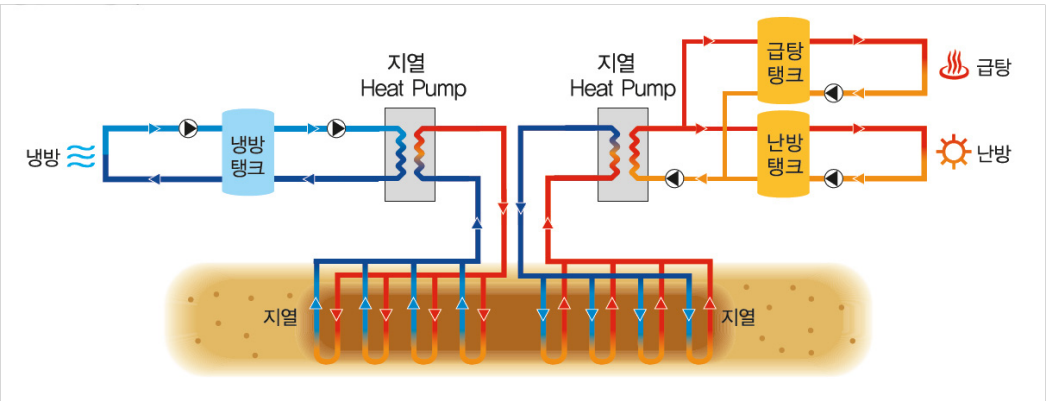
(1) 지열 히트펌프

○ 지열 히트펌프는 지표면 아래의 토양이나 암반이 연중 거의 일정한 온도를 유지한다는 특성을 활용하여 냉난방 및 급탕을 수행하는 시스템으로 연중 15~17℃ 수준의 지중열을 이용한다.

○ 작동 원리는 지중에 수직 또는 수평으로 매설된 열교환기를 통해 열을 교환하며, 열매체(물 또는 부동액 혼합물)가 순환하면서 지중과 열을 교환한다. 겨울철에는 지중의 상대적으로 따뜻한 열을 흡수하여 실내 난방에 활용하고, 여름철에는 실내의 열을 지중으로 방출하여 냉방에 이용한다. 지열 히트펌프의 가장 큰 장점은 높은 에너지 효율과 안정성으로 외기 온도의 영향을 거의 받지 않기 때문에 성능계수(COP)가 높게 유지되며, 장기적으로 에너지 비용 절감 효과가 큰 것으로 알려져 있다.

○ 다만, 지중 열교환기 설치를 위한 굴착 공사가 필요하며, 특히 도심 지역에서는 시공이 제한되거나 공사 비용이 증가할 가능성이 있다. 특히 지반 조건에 따라 시스템 설계가 달라지기 때문에 사전 조사와 설계 과정이 중요하며 이러한 이유로 단기적 경제성보다는 장기적 운영 효율을 고려하는 대형 건물이나 공공시설에 주로 적용하고 있는 상황이다.

○ 열회수 장치의 종류에 따라 개방형, 밀폐형으로 구분되며, 매립형태에 따라 수평형, 수직형으로, 시스템은 열교환기, 히트펌프, 순환 펌프로 구성된다. 일반적으로 대형 건물의 경우 밀폐, 수직형 지열 히트펌프를 활용하여 난방과 냉방에 대응하고 있다.



[그림 3-3] 지열원 히트펌프 작동 개념도 (부스타)

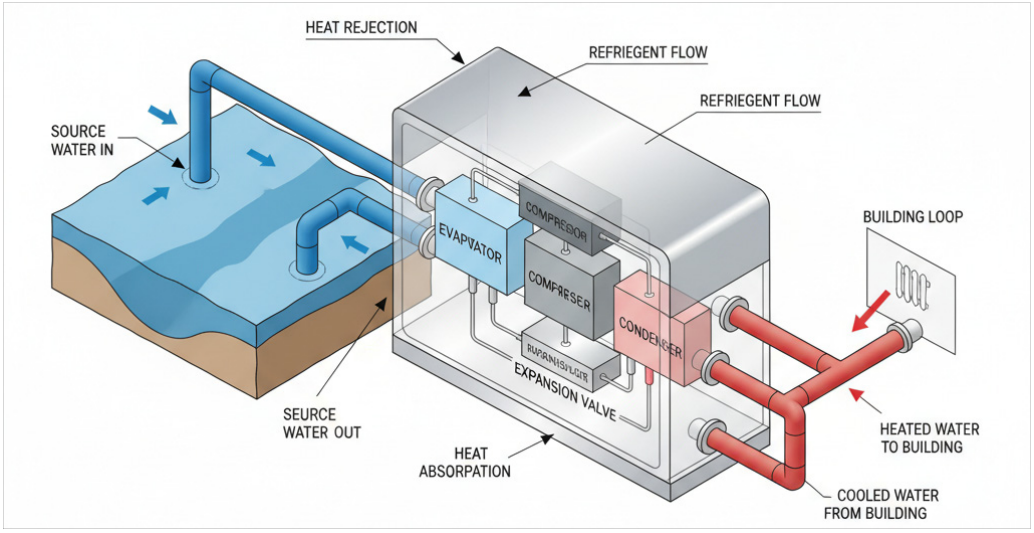
(2) 수열원 히트펌프

○ 외기온에 비하여 상대적으로 온도 변화가 적은 하천수, 해수의 온도와 외기 온도와의 차이를 이용하는 시스템으로 수원의 온도가 연중 비교적 일정하게 유지되기 때문에 계절과 관계없이 높은 에너지 성능 계수(COP)를 발휘한다.

○ 공기에 비하여 물은 비열이 약 4배이상 높은 이유로 단위 체적당 채열량이 높고 안정적인 열원 공급이 가능한 시스템이며, 최근에는 상수 공급원을 활용한 대규모 상업용 설비의 적용되어 왔다. 특히 공기조화 및 급탕에 필요한 화석연료 보일러 대비 탄소 배출량을 획기적으로 절감할 수 있어 탄소중립 실현의 핵심 기술로 주목받아왔다.

○ 시스템의 작동 원리는 열교환기를 중심으로 이루어지며, 수열원에서 취수된 물 또는 순환수와 히트펌프 내부의 냉매 사이에서 열교환을 통하여 겨울철에는 수열에서 열을 흡수하여 난방에 이용하고, 여름철에는 실내 열을 물로 방출하여 냉방을 수행. 특히 대규모 수자원을 활용할 경우 열원의 안정성이 높아 대형 시스템에서도 효율적인 운전이 가능하다.

○ 다만 하천수나 하수처리수를 직접 열원으로 사용할 경우, 포함된 부유물질, 미생물, 염분 등으로 인해 열교환기 내부에 스케일(침전물)이 발생하거나 부식이 일어날 수 있기 때문에 주기적인 관리와 다단계 여과 장치, 부식에 강한 티타늄/스테인리스 재질의 열교환기 적용이 필수이다.



[그림 3-4] 수열원 히트펌프 작동 개념도

공기열원 히트펌프의 특성

○ 공기열원 히트펌프는 외부 공기를 열원으로 사용하는 가장 보편적인 히트펌프 방식으로, 가정용부터 상업용까지 다양한 분야에서 널리 사용되어 왔다. 특히 별도의 지중 굴착이나 수자원 확보가 필요하지 않기 때문에 설치가 용이하며, 초기 투자비용이 상대적으로 낮아 접근성이 높은 것이 특징이다.

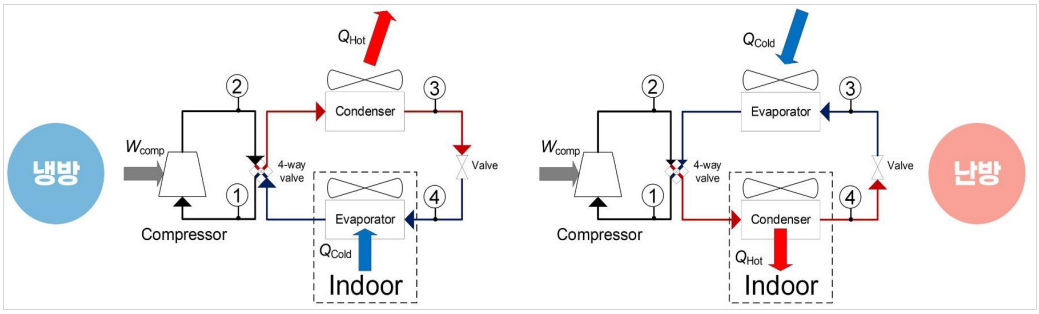
○ 대기의 온도를 활용하여 채열과 방열을 통하여 냉방과 난방을 수행하며 주로 북미 유럽을 중심으로 전통적인 내연 기관을 대체하는 시스템으로 주목 받고 있다. 특히 건물 부문의 경우 전통적인 보일러 등의 내연기관을 대체 함에 따른 온실가스(CO2) 배출량 억제 기대할 수 있다.

○ 작동 원리는 외기와 냉매 간의 열교환을 기반으로하며 겨울철에는 외기 중에 존재하는 열을 흡수하여 실내로 전달하고, 여름철에는 실내의 열을 외부로 방출하여 냉방을 수행 한다. 이 과정은 압축기와 열교환기를 중심으로 이루어지며, 일반적인 에어컨의 냉매 방향을 4Way Valve를 활용하여 역방향으로 구동되는 구조를 가지고 있다.

○ 최근에는 인버터 기술과 저온 성능 개선 기술이 적용되어 효율이 지속적으로 향상되고 있으며 설치 장소의 제약이 적고 시스템 구조가 비교적 간단할 뿐만 아니라 최근

재생 에너지로 편입됨에 따라 장기적인 측면에서 주택 부문의 난방 및 급탕 공급원의로서의 기능도 기대 되고 있는 상황이다.

○ 공기열원 히트펌프의 가장 큰 장점은 설치와 운영의 용이성이며, 별도의 토목공사 없이 다양한 건물 용도에 적용이 가능하다. 또한 초기 비용이 낮고 유지보수가 비교적 간단하여 업무용, 상업용 건물의 주요 냉난방 시스템으로 적용해 왔다 . 다만, 외기 온도의 영향을 크게 받는다는 점이 단점으로 지적되어 왔으며 특히 겨울철 기온이 낮은 지역에서는 열원 확보가 어려워 효율이 저하되며, 성에(서리) 발생으로 인해 제상 운전이 필요한 문제가 개선의 여지로 남아 있다.



[그림 3-5] 공기열원 히트펌프 작동 개념도 (출처:LG전자)

[표 3-1] 채열원에 따른 히트펌프 종류별 특징

구분	지열 히트펌프 (GSHP)	수열 히트펌프 (WSHP)	공기열 히트펌프 (ASHP)
채열원	지중열	해수, 하천수 등의 수열	외기열
열원 온도(℃)	지중 10 ~ 20	수온 5 ~ 25	외기 -20 ~ 40
공간 요구	열교환기 설치 부지	취수 인프라	실외기 설치 공간
동계 효율 저하	거의 없음	거의 없음	있음 (-15℃ 이하)
공동주택 적합성	높음	낮음	높음
장점	연중 안정적인 효율, 긴 수명, 에너지 절감 효과 탁월	지열 대비 초기 비용 저렴(수원 인접 시), 고효율	설치 용이성, 초기 비용 저렴, 범용성 높음
단점	높은 초기 설치비(굴착), 넓은 부지 필요	수원의 확보 및 수질 관리 필요, 법적 규제	외기 온도에 따른 효율 변동, 소음 발생
이용 형태	대규모 건물, 단독주택, 지역 난방	하천/호수/해수 인접 건물, 데이터센터 냉방	일반 가정용 에어컨, 중소형 건물 냉난방
기술적 과제	지중 열교환기 최적화, 굴착 비용 절감	수질에 의한 열교환기 부식/오염 방지	혹한기 난방 성능 저하 극복, 저소음화

3.2 공동주택 공기열원 히트펌프 설치 사례 분석

○ 중앙난방 방식의 공동주택 급탕 시스템을 공기열원 히트펌프로 설치 변경한 사례 10건에 대하여 다음과 같이 조사를 수행하였다. 해당 단지들은 2년간의 급탕 소비량을 기반으로 히트펌프를 설계하고 기존 급탕 보일러를 히트펌프로 변경하여 급탕을 수행하는 구조를 가지고 있지만, 정교한 설비설계 까지는 이루어지지 않고 있음을 알 수 있었으며, 에너지 소비량의 변화에 대해서도 명확한 절감 효과를 측정하고 있지는 않은 것으로 분석 되었다.

(A단지)

○ 관리소에서는 전임자에 의한 결정으로 인하여 설치 하였으며, 에너지 비용 절감 부분에 대해서는 크게 관심을 가지고 있지 않은 상황. 히트펌프 용량 대비 급탕 소비량이 많아서 충분한 급탕이 이루어지지 않고 있으며, 특히 간절기 및 동절기에는 보일러를 활용하여 급탕 생산. 매월 300만원의 유지보수 비용이 발생하고 있으나 A/S 등에 대한 불만족율 높음.

[표 3-2] A 단지 공기열원 히트펌프 설치 및 운영현황

조사항목	내용
1) 단지개요	2000년 사용승인 (1,000세대 총 13동 면적108.03㎡ ~ 108.35㎡)
2) 설치시점	2019년
3) 히트펌프 용량	15kW*16대 총 240kW, 축열조 존재, 모자분리, 분리형
4) 계약 배경	불명, 전임 관리소장 결정에 따른 교체
5) 계약 내용	60개월 분할 상환 (완료)
6) 에너지 절감효과	비교 미시행
7) 유지관리 형태	300만원/월 계약 (시공사 관계사)
8) 절감 효과	에너지 비용 등 비교 미시행
9) 설비고장	C사 제품 설치 및 고장 빈도 높고 불만족 높음
10) 급수 소비 특성	일반 가구 거주에 따른 급탕 소비량 다량 발생
12) 백업운전	하절기 히트펌프 대응 가능, 간절기 및 동절기 보일러 백업 가동
13) 온수특성	온도가 충분히 상승하지 않는 문제 발생 (용량부족 예상)



[그림 3-6] A단지 공기열원 히트펌프 설치 현황

(B단지)

○ 관리소에서는 전임자에 의한 결정으로 인하여 설치 하였으며, 에너지 비용 절감 부분에 대해서는 크게 관심을 가지고 있지 않은 상황. 히트펌프 용량 대비 급탕 소비량이 적어서 하절기 충분한 급탕 공급이 발생.

[표 3-3] B 단지 공기열원 히트펌프 설치 및 운영현황

조사항목	내용
1) 단지개요	1999년 사용승인 1,188세대 총 9동 면적 73.95㎡ ~ 82.07㎡
2) 설치시점	2019년
3) 히트펌프 용량	20RT*6대 총 120RT, 축열조 존재, 모자분리
4) 계약 배경	불명, 전임 관리소장 결정에 따른 교체
5) 계약 내용	60개월 분할 상환 (완료)
6) 에너지 절감효과	비교 미시행
7) 유지관리 형태	80만원/월 계약 (관리소 별도 계약, 부품 별도 구매)
8) 절감 효과	에너지 비용 등 비교 미시행
9) 설비고장	미쓰비시 제품으로 완성도 만족, 고장 등 미발생
10) 급수 소비 특성	소규모 주택에 따른 거주원수 적기 때문에 급탕 불만족 없음
12) 백업운전	하절기 히트펌프 대응 가능, 간절기 및 동절기 보일러 백업 가동
13) 온수특성	급탕 공급온도 확보



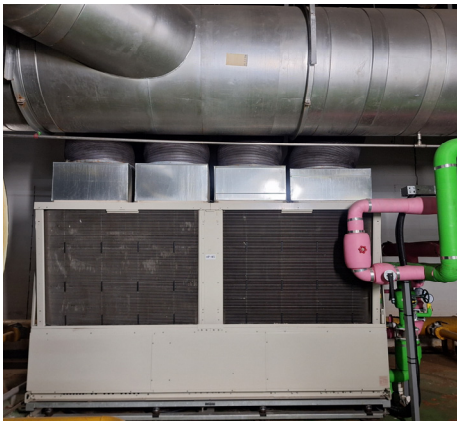
[그림 3-7] B단지 공기열원 히트펌프 설치 현황

(C단지)

○ 관리소장의 결정으로 설치 후 안정적인 운전 진행 중. 에너지 절감 금액에 대하여 만족하며 고지서에 히트펌프 절감금액 표기 및 주민공지. 하절기 급탕 수요 대비 설치 히트펌프 용량이 크기 때문에 하절기에는 일부 히트펌프만 가동.

[표 3-4] C 단지 공기열원 히트펌프 설치 및 운영현황

조사항목	내용
1) 단지개요	1986년 사용승인 2,526세대 총 24동 면적 73.7㎡ ~ 201.12㎡
2) 설치시점	2021년
3) 히트펌프 용량	50RT*2대,20RT*4대 총 180RT, 축열조 없음, 모자분리
4) 계약 배경	불명, 전임 관리소장 결정에 따른 교체
5) 계약 내용	43개월 분할 상환중, 정액제
6) 에너지 절감효과	시행
7) 유지관리 형태	미발생
8) 절감 효과	에너지 비용 등 비교 미시행
9) 설비고장	
10) 급수 소비 특성	절기 20RT 2대 운용, 간절기(보일러1호기 가동) 및 동절기 보일러 백업 가동, 50RT 우선 가동에 따른 예열 및 20RT 운전
12) 백업운전	하절기 히트펌프 대응 가능, 간절기 및 동절기 보일러 백업 가동
13) 온수특성	급탕 공급온도 확보








[그림 3-8] C 단지 공기열원 히트펌프 설치 현황

(D단지)

○ 관리소장의 결정으로 설치 후 안정적인 운전 진행 중. 에너지 절감 금액에 대한 비교 분석 미실시. 총 설치비 3.6억으로 정액제로 상환 중 급탕 단가 4500 〉 6100 상향에 따라 경제성(급탕비-전력비)은 확보 (5RT 〉 6.18 RT), 배기구 미설치 또는 장비반 입구 설치

[표 3-5] D 단지 공기열원 히트펌프 설치 및 운영현황

조사항목	내용
1) 단지개요	1997년 사용승인 863세대 총 6동 면적 50㎡ ~ 60㎡
2) 설치시점	2021년
3) 히트펌프 용량	5RT*3대, 20RT*3대 총 75RT, 축열조 있음, 모자분리 미실시
4) 계약 배경	불명, 전임 관리소장 결정에 따른 교체
5) 계약 내용	50개월 분할 상환중, 정액제
6) 에너지 절감효과	미시행
7) 유지관리 형태	현재 미 발생
8) 절감 효과	에너지 절감효과 미확인
9) 설비고장	미쓰비시 제품으로 완성도 만족, 고장 등 미발생
10) 급수 소비 특성	충분한 급탕 공급 시행
12) 백업운전	4~10월 히트펌프로 급탕 공급. 간절기 및 동절기 보일러 백업 가동
13) 온수특성	급탕 공급온도 확보



[그림 3-9] D 단지 공기열원 히트펌프 설치 현황

(E단지)

○ 해당 단지는 기존 열병합 발전 단지로 열병합 발전 시스템의 고장 시점에 히트펌프로 교체. 전제 급탕 부하에 비하여 히트펌프 용량이 부족하다는 의견이며, 급탕 단가 6000 /톤으로 전력 비용 대응. 모자 분리 불가에 따라 상시 누진구간 3단계에 대한 부담 유지

[표 3-6] E 단지 공기열원 히트펌프 설치 및 운영현황

조사항목	내용
1) 단지개요	1992년 사용승인 814세대 총 10동 면적 63㎡ ~ 153㎡
2) 설치시점	2023년, 모자 분리 되어 있지 않음
3) 히트펌프 용량	확인불가
4) 계약 배경	불명, 전임 관리소장 결정에 따른 교체
5) 계약 내용	정액제, 매월 상환 요금 차이 발생
6) 에너지 절감효과	미확인
7) 유지관리 형태	현재 분할 상환 중으로 미 발생
8) 절감 효과	미확인
9) 설비고장	캐리어 히트펌프 고장 및 수리
10) 급수 소비 특성	다양한 평형으로 구성되어 있으며, 다량의 급탕소비에 따라 4~6월 제외하면 모두 보일러 가동 중
12) 백업운전	특별한 제어 없이 자동제어 형태로 지속 운전
13) 온수특성	급탕 공급온도가 낮아서 주민 불편 민원 발생



[그림 3-10] E 단지 공기열원 히트펌프 설치 현황

(F단지)

○ 해당 단지는 소형 평형 구성의 약 1,200세대 규모의 단지로서 총 100RT 히트펌프 설치. 현재는 MTS 의 상환이 완료되어서 급탕 단가 대비 전기료에 대한 경제적인 이득 체감 중 고장 등에 대한 문제도 없고 만족도 높은 편임

[표 3-7] F 단지 공기열원 히트펌프 설치 및 운영현황

조사항목	내용
1) 단지개요	1990년 사용승인 1,260세대 총 7동 면적 52㎡ ~ 71㎡
2) 설치시점	2020년, 모자 분리
3) 히트펌프 용량	100RT
4) 계약 배경	동대표 제안에 따른 설치
5) 계약 내용	상환요금 변동, 현재는 모두 정산 완료
6) 에너지 절감효과	미확인
7) 유지관리 형태	80/월 발생
8) 절감 효과	미확인
9) 설비고장	전체 미쓰비시 제품으로 고장에 대한 큰 불만 없음
10) 급수 소비 특성	소형 평형으로 가구원수 많지 않아 하절기 급탕 부항에 대한 대응 가능, 그러나 간절기 및 동절기에는 보일러 가동
12) 백업운전	특별한 제어 없이 자동제어 형태로 지속 운전
13) 온수특성	공급온도 등의 불만 미발생



[그림 3-11] F 단지 공기열원 히트펌프 설치 현황

(G단지)

○ 해당 단지는 모자분리가 되어 있지 않은 단지로 누진구간 진입 사례 발생. 히트펌프를 통한 급탕 공급에 대한 만족도는 보통임. 30RT〉30톤 축열조 이용하여 300 세대 대응. 모자 분리 이외에는 큰 불만은 없는 상태임.

[표 3-8] G 단지 공기열원 히트펌프 설치 및 운영현황

조사항목	내용
1) 단지개요	1990년 사용승인 1,680세대 총 21동 면적 63.64㎡ ~ 105.49㎡
2) 설치시점	2021년, 모자 분리 되어 있지 않음
3) 히트펌프 용량	130RT~150RT
4) 계약 배경	동대표 제안에 따른 설치
5) 계약 내용	에너지 절감 대비 배분, 절감요금이 적어서 5년에서 6년으로 상환기간 변경
6) 에너지 절감효과	미확인
7) 유지관리 형태	현재 상환중으로 미 발생
8) 절감 효과	미확인
9) 설비고장	전체 미쓰비시 제품으로 고장에 대한 큰 불만 없음
10) 급수 소비 특성	중 소형 평형으로 하절기 급탕 부항에 대한 대응하며 간절기 및 동절기에는 보일러 가동 중
12) 백업운전	특별한 제어 없이 자동제어 형태로 지속 운전
13) 온수특성	공급온도 등의 불만 미발생









[그림 3-12] G 단지 공기열원 히트펌프 설치 현황

(H단지)

○ 해당 단지는 모자분리가 되어 있지 않은 단지로 누진구간 진입 사례 발생. 당초 제안서 보다는 에너지 절감 효과가 적지만 전체적으로는 기존 보일러 방식 대비 약 30%의 절감효과 발생 현재는 히트펌프 교체에 따른 이득은 없지만 기기 금액 상환 후에는 에너지 절감 효과 발생 예상

[표 3-9] H 단지 공기열원 히트펌프 설치 및 운영현황

조사항목	내용
1) 단지개요	1990년 사용승인 1818세대 총 15동 면적 63㎡ ~ 105㎡
2) 설치시점	2023년, 모자 분리 되어 있지 않음
3) 히트펌프 용량	150RT~180RT
4) 계약 배경	동대표 제안에 따른 설치
5) 계약 내용	에너지 절감 대비 배분, 절감 요금이 제안서 보다 적어서 잉여 금액 없음
6) 에너지 절감효과	미확인
7) 유지관리 형태	현재 상환중으로 미 발생
8) 절감 효과	미확인
9) 설비고장	특별히 없음
10) 급수 소비 특성	대형 단지로 급탕 공급에 대한 불만 없으나, 타 단지와 동일하게 간절기 및 동절기에는 보일러를 통한 온수 공급 시행
12) 백업운전	특별한 제어 없이 자동제어 형태로 지속 운전
13) 온수특성	공급 온도 등의 불만 미발생






[그림 3-13] H 단지 공기열원 히트펌프 설치 현황

(I단지)

○ 해당 단지는 모자분리가 되어 있지 않은 단지로 누진구간 진입 사례 발생. 당초 제안서 보다는 에너지 절감 효과가 적으며 전체적인 만족도는 매우 낮음. 누진구간 진입에 따른 공동전기료 상승에 따른 부담 발생

[표 3-10] I 단지 공기열원 히트펌프 설치 및 운영현황

조사항목	내용
1) 단지개요	1990년 사용승인 2032세대 총 17동 면적 60.07㎡ ~ 105.49㎡
2) 설치시점	2023년, 모자 분리 되어 있지 않음
3) 히트펌프 용량	메인 140kW, 서브 기계실 100*6kW 총 740kW 〉 약 230RT
4) 계약 배경	동대표 제안에 따른 설치
5) 계약 내용	에너지 절감 대비 배분
6) 에너지 절감효과	미확인
7) 유지관리 형태	현재 상환중으로 미 발생
8) 절감 효과	미확인이지만 공동전기 요금 상승으로 인하여 주민 혜택 미발생
9) 설비고장	특별히 없음
10) 급수 소비 특성	대형 단지로 급탕 공급에 대한 불만 없으나, 타 단지와 동일하게 간절기 및 동절기에는 보일러를 통한 온수 공급 시행
12) 백업운전	특별한 제어 없이 자동제어 형태로 지속 운전
13) 온수특성	공급 온도 등의 불만 미발생



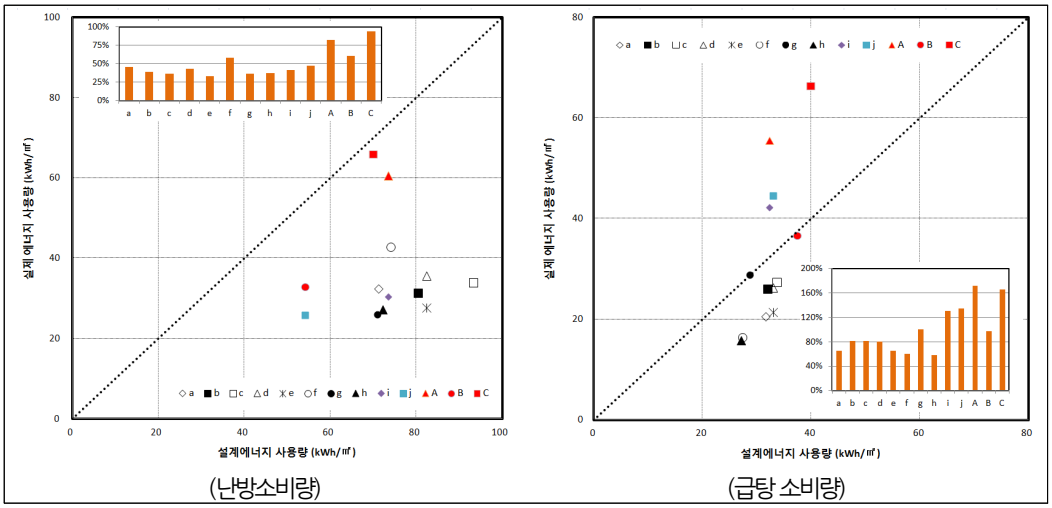
[그림 3-14] I 단지 공기열원 히트펌프 설치 현황

3.3 공동주택 에너지 소비 형태를 반영한 전전화 공동주택 모델의 검토

▮ 공동주택 전력 소비량 및 냉방 소비형태

○ 고단열, 고기밀 주택의 보급확대로 난방에 소비되는 에너지 소비량은 설계 수준의 약 50% 수준이며, 급탕의 경우 라이프 스타일, 소득수준 향상에 따른 하절기 급탕 부하의 증가 로 인하여 동절기 대비 약 75% 수준 소비 발생한다.

○ 그림 3-15는 에너지 효율등급 2등급 취득단지 10개 단지의 실제 에너지 소비량과 인증시의 설계값을 비교한 결과로 Y=X 선을 기준으로 난방의 경우 모든 단지에서 설계 값 대비 낮은 소비가 발생하고 있음을 알 수 있으며, 급탕의 경우 절반 이상이 실제 설계 수준 대비 소비량이 많은 것을 확인할 수 있다.



[그림 3-15] 공동주택의 설계 수준 대비 실제 에너지 소비형태 (난방,급탕)

○ 특히 통계청, 전력거래소[5] 및 한국에너지경제연구원[6]의 가전기기 보급 현황 관련 통계에 따르면 에어컨은 이미 TV·냉장고와 함께 필수 가전 수준으로 분류되고 있으며 2010년대 후반부터 급격히 증가하여 90% 이상 보급되고 있는 등 장기적인 측면

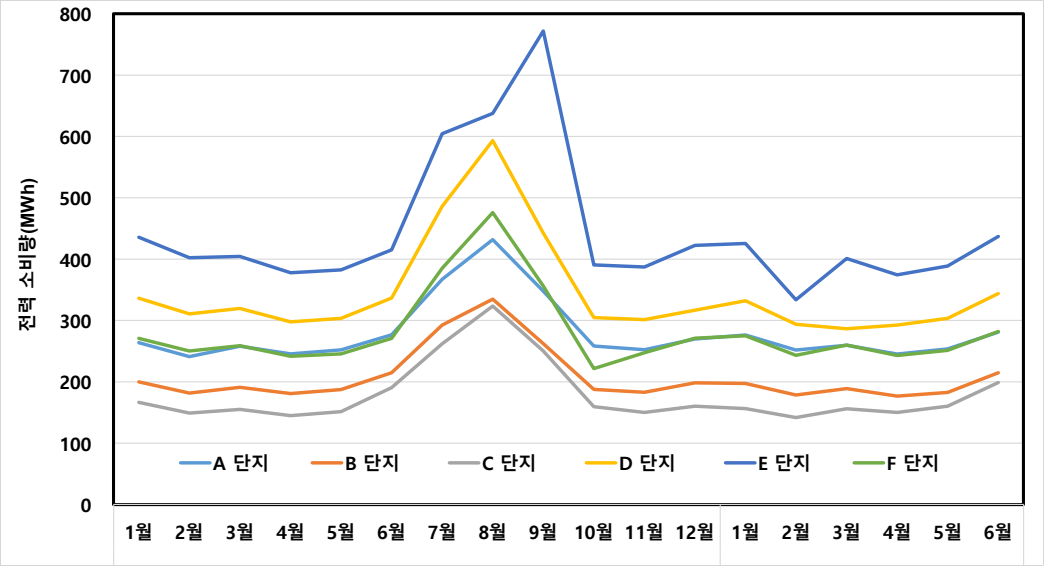
5) 전력거래소: 2019 주택용 가전기기 보급현황 조사 보고서

6) 한국에너지경제연구원: 2023년도 에너지총조사 보고서

에서 난방중심의 대책에서 냉방과 급탕 중심으로의 에너지 대책의 마련이 필요한 상황이다.

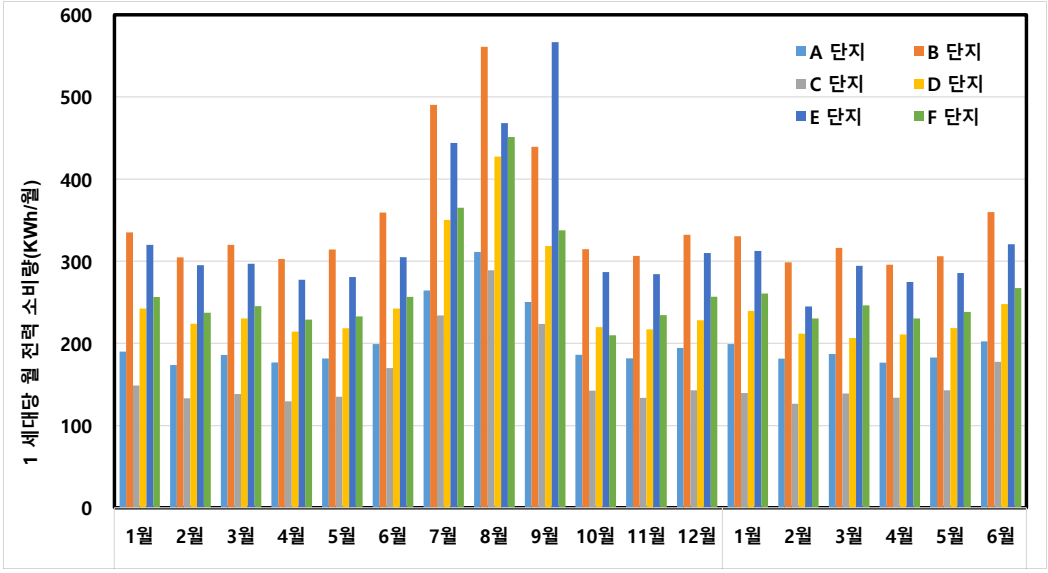
○ 표 3-11은 공동주택의 에너지 소비형태 분석을 위하여 조사한 2010년 이후 입주한 A시 소재 공동주택의 개요를 나타내고 있다 . 구체적으로는 총 6,910 세대, 약 17,500원을 대상으로 하고 있으며 공동주택의 히트펌프 적용을 위하여 난방, 급탕, 전력 소비량을 측정하였다. 그림 3-16은 해당 6개 단지의 2024년 1월 ~ 2025년 6월까지의 18개월간의 전력 소비 형태를 나타내고 있으며, 2024년 이전의 데이터는 단지별로 원격검침 시스템의 정비, 수리 및 데이터 삭제 등의 이유로 확보가 어려웠다.

○ 연간 전력 소비량은 세대수와 거주 형태에 따라 현저히 차이가 발생하는 것을 확인할 수 있으며, 월평균 소비량은 120~240kWh로 분석 되었다. 가장 소비량이 적은 C 단지의 경우 거주 면적이 29㎡ 중심의 단지로 노인, 1인 청년 세대 중심의 단지였으며 가장 소비량 많은 E 단지는 모든 세대의 거주 면적이 59㎡인 단지로 분석 되었다.



[그림 3-16] 공동주택의 연간 전력 소비 발생 현황 (2024.01~2025.06)

○ 세대별 월 평균 전력 소비량은 160kWh/월 ~350kWh/월 수준으로 일부 단지의 경우 누진구간을 초과하는 소비량이 발생하는 현상을 확인할 수 있으며, 월 350kWh 소비량이 발생 시 월 4~5.5만원 수준의 전기료가 발생할 것으로 예상된다. 따라서 공기열원 히트펌프 적용 시 하절기 소비형태와 유사한 수준의 소비량이 발생한다고 가정할 경우 월 평균 300kWh를 소비하는 세대의 경우 약 10~15만원 수준의 전기료 상승이 예상된다.

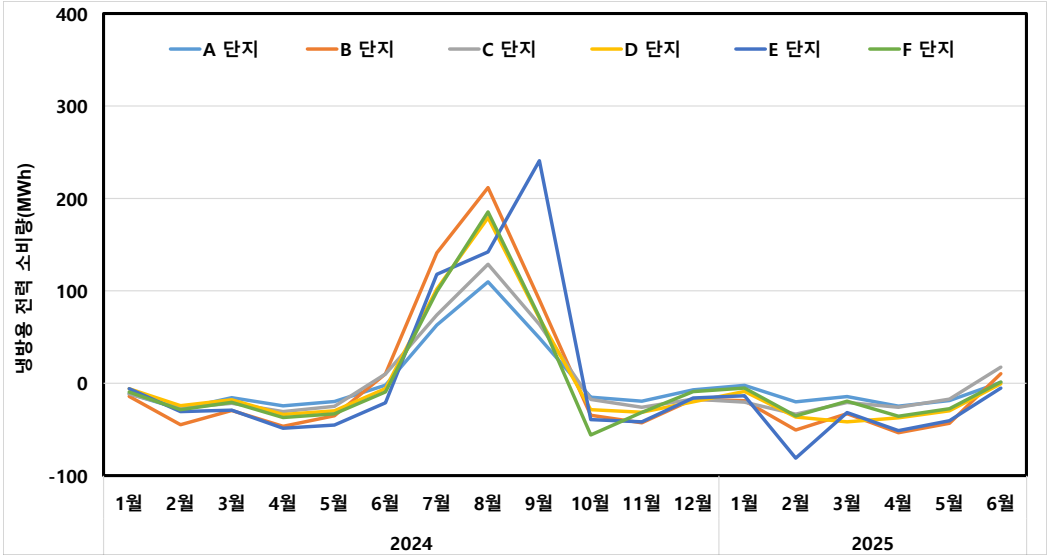


[그림 3-17] 공동주택의 전력 소비 발생 현황

[표 3-11] 공동주택 에너지 소비량 수집 단지 개요

구분	단지정보					세대구성 (전용 면적 ㎡)							평균 세대원수 (인/세대)	신재생 (kW)	거주원수 (인)	거주면적 (㎡)
	입주 년도	동수	세대수	공가	실제 세대수	29	36	44	59	84	101	114				
A단지	2020	9	1,538	150	1,388	1538							1.5		2,082	44,602
F단지	2019	14	1,080	25	1,055				606	474			3.5	54	3,692.5	75,570
B단지	2022	7	597	0	597				597				2	147	1,194	35,223
C단지	2021	7	1,500	380	1,120	1140	252	108					1.5	250	1,680	46,884
D단지	2019	18	1,438	50	1,388				1438				3		4,164	84,842
E단지	2012	17	1,388	26	1,362				224	726	438		3.5		4,767	118,438

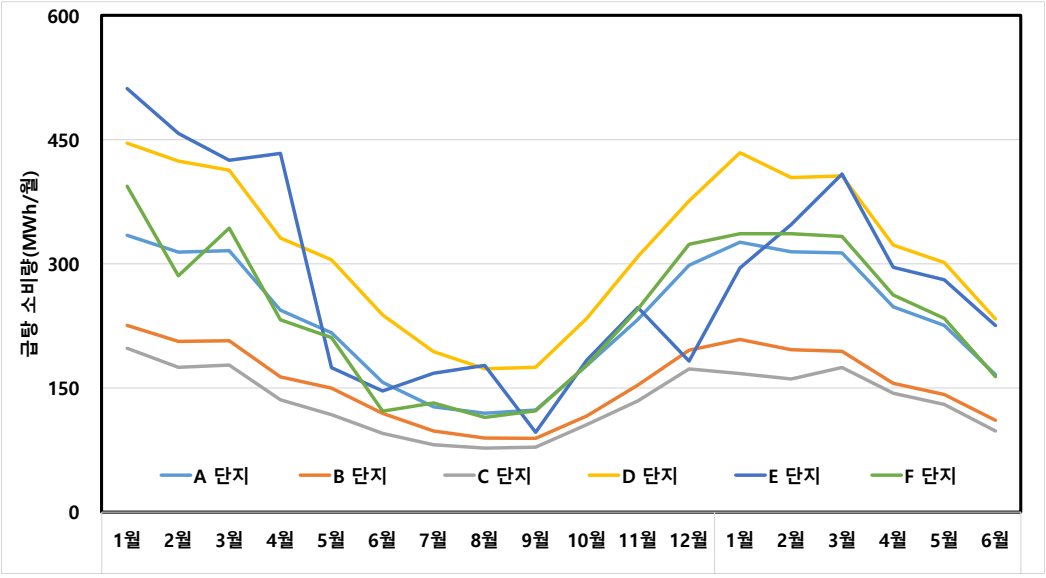
○ 그림 3-18은 냉방 소비량이 7~9월 사이에 발생한다고 가정하고 월 평균 전력 소비량과 7~9월의 소비량 차이를 나타내고 있으며, 단지별로 차이는 발생하지만 3개월간 200~500kWh의 소비량이 냉방에 투입되고 있다고 판단할 수 있다. 이를 통하여 전체 전력 소비량 중 냉방이 차지하는 비율이 약 6~10% 수준일 것으로 예상할 수 있으며, 이는 한국에너지공단의 에너지 총 조사 보고서에서 제시하는 5~15% 수준과 유사한 값으로 판단할 수 있다.



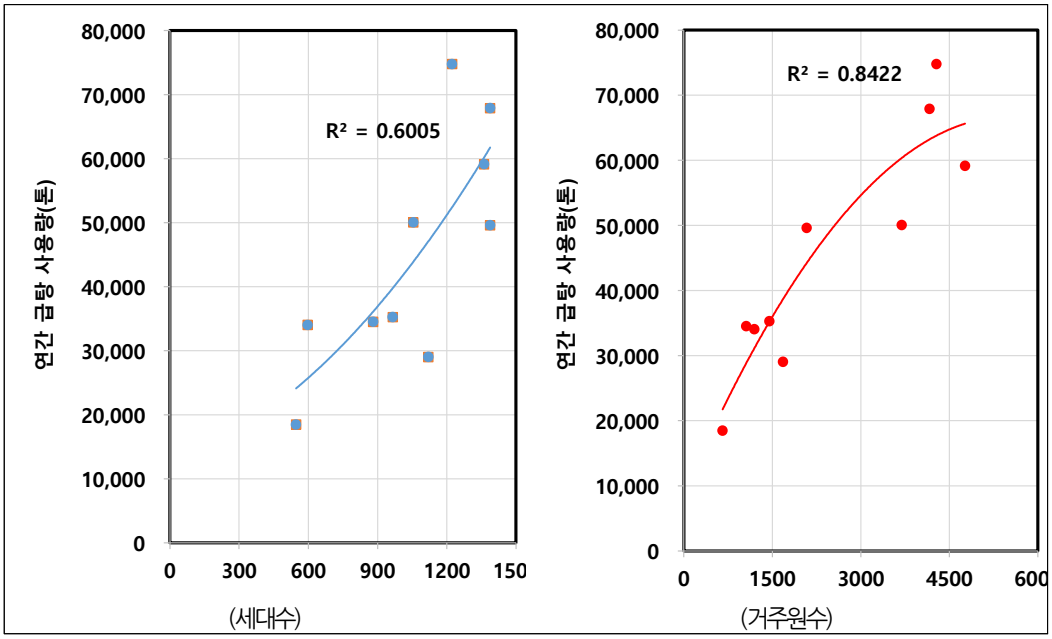
[그림 3-18] 하절기 냉방용 전력 소비량 추정 값

공동주택 급탕 및 난방 소비형태

○ 그림 3-19는 전기 소비량을 측정한 동일 단지에 대하여 월별로 발생하는 급탕 소비량을 측정한 결과로, 계절별로 시수 온도가 4℃ ~ 22℃ 수준으로 발생하기 때문에 계절별 필요한 열량의 차이가 큰 것을 알 수 있다. 아울러 그림 3-20은 급탕 소비량과 세대수, 거주원수와의 관계를 나타낸 그림으로 세대수 보다는 실제 소비량에 직접적으로 영향을 미치는 거주원수의 상관계수가 높은 것을 확인할 수 있다.



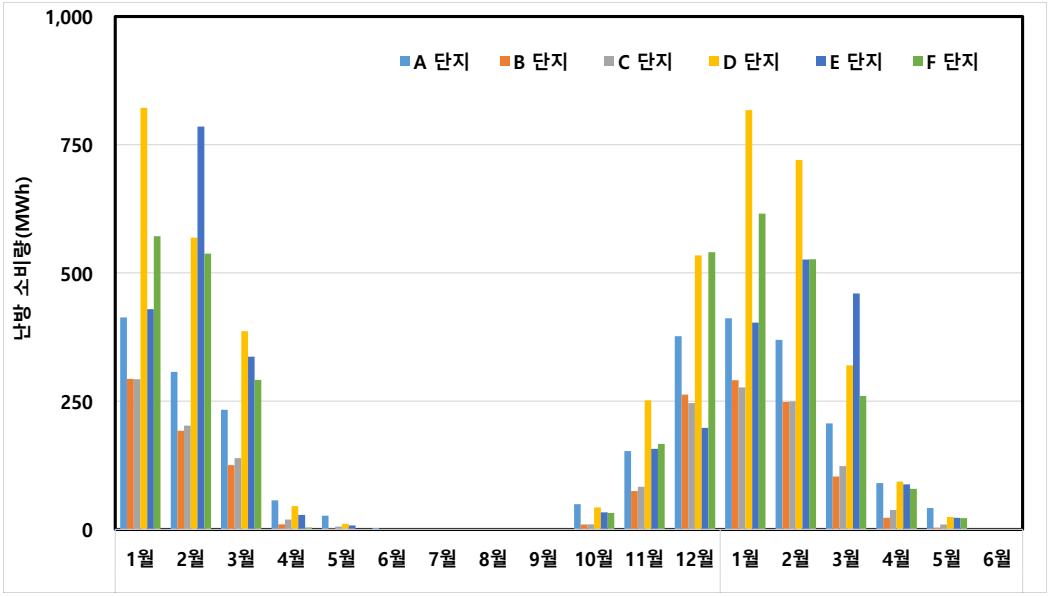
[그림 3-19] 측정단지의 월별 급탕 소비량



[그림 3-20] 공동주택의 인자별 급탕 소비 연관성

○ 그림 3-21은 측정 단지의 난방 소비량의 월별 분포를 나타내고 있다. 해당 단지들은 지역난방 지구내에 위치하고 있기 때문에 동절기 이외의 5월부터 9월까지는 난방 소비량이 발생하지 않는 것을 확인할 수 있으며 계절적 특성 상 동절기가 시작되는 10월부터 난방 소비량이 증가하며, 1~2월에 최대 소비량이 발생하고 점차적으로 감소하는 현상을 볼 수 있다.

○ 단위 면적당 연간 난방 소비량은 17kWh/㎡ ~ 31kWh/㎡ 수준으로 거주 면적이 작을수록 단위 면적당 에너지 소비량이 큰 것으로 분석되었으며, 1인당 소비량은 35kWh/㎡ ~ 65kWh/㎡ 으로 가구원수가 적을수록 1인당 난방 소비량은 작은 것으로 분석 되었다. 이러한 결과를 바탕으로 공동주택 전전화 전환 시 히트펌프의 용량의 설정기준으로 활용할 수 있지만, 공동주택 특성 상 급탕 시스템 용량으로 설비용량을 결정하는 측면에서 설계기준의 개선 등의 근거로 활용하는 것이 바람직 하다.



[그림 3-21] 공동주택의 월별 난방 소비형태

3.4 공동주택 공기열원 히트펌프 적용 모델

(1) 공기열원 히트펌프 적용 모델

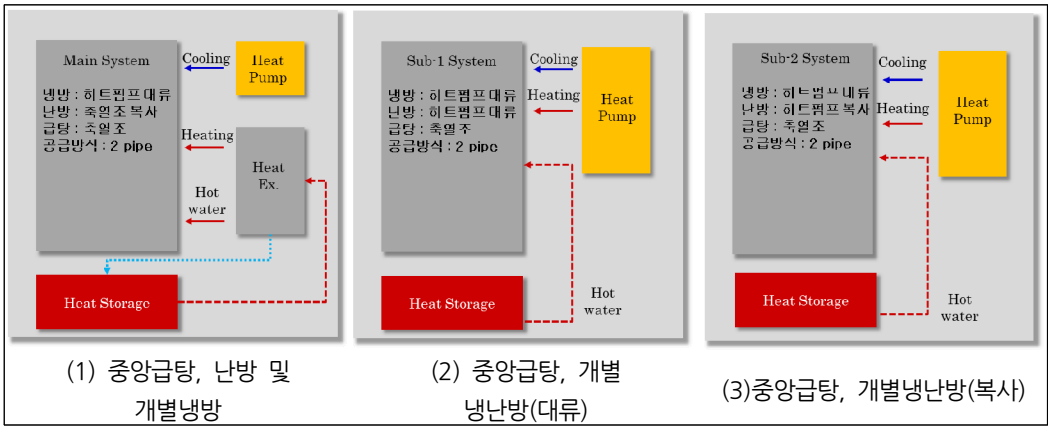
○ 그림 3-22는 본 연구에서 설정한 공기열원 히트펌프를 활용한 전전화 주택 모델의 개념도를 도식화한 결과로서, 공통적으로 개별 난방 단지에 대하여 급탕은 모두 중앙공급 방식을 적용하고 있으며 세대에 설치 된 공기열원 히트펌프를 활용하여 난방, 냉방 방식의 차이에 따라 3가지 모델로 구분하고 있다.

○ 우선 중앙난방 및 급탕 모델은 공기열원 히트펌프를 난방과 급탕 소비에 대응하여 설계하고 기존 에어컨을 활용하여 냉방을 수행하는 모델을 나타내고 있다. 구체적으로는 LH공사에서 보급하는 주택의 면적을 고려할 때 200~300L의 축열조 설치 공간을 확보하기 어려운 점 등을 반영하여 난방과 급탕을 중앙 기계실에서 공급하고 통합열교환기를 통하여 세대 내에서 열을 회수하는 형태로 구성하였다. 해당 모델은 현재 정부에서 추진하고 있는 공기열원 히트펌프의 댓수 증가 보다는 전전화 공동주택 세대수의 증가에 목적을 두고 있는 모델이라고 볼 수 있다.

○ 중앙 급탕 및 개별 냉난방 (대류) 모델은 기계실에 설치한 히트펌프에서 개방형 온수

공급망을 통하여 세대에서 필요한 급탕수를 공급하며, 각 세대의 난방과 냉방은 세대에 설치한 공기열원 히트펌프를 이용하여 대류 형태로 공급하는 모델이다. 해당 모델의 경우 유럽, 일본 등 히트펌프 보급이 활발한 국가에서 주로 적용하는 방법이기 때문에 전통적인 국내의 복사 난방방식에 대한 저항성이 예상되며, 최근 변경된 재생에너지법 시행령에서 거론되고 있는 방식과도 차이가 있다. 다만 최근 라이프스타일의 변화, 공동주택의 단열성능 강화 등에 따른 실내 온도 등을 고려할 때 향후 대류 난방에 대한 가능성도 함께 고민하는 목적으로 모델을 검토 하였다.

○ 중앙 급탕 및 개별 냉난방 (복사)모델은 급탕은 기존 모델들과 동일하게 중앙 기계실의 축열조를 활용하여 공급하게 되며, 세대에 설치한 히트펌프를 활용하여 복사 난방과 대류 냉방의 형태로 냉난방을 수행하는 모델을 나타내고 있다. 해당 모델의 경우 대류난방에서 우려되는 실내의 건조감 등에 대한 문제를 완화할 수 있는 장점이 있으며 정부에서 추진하고 있는 공기열원 히트펌프의 정량적인 확대와 직접적으로 연관 된 모델이지만 복사 난방이 가능한 상용 제품이 현재 관련 시장에 확산되어 있지 않고, 특히 LH 공사에서 공급하는 주택의 규모 등을 고려할 때 소용량의 시스템 개발에 대한 과제가 저해 요소로 분석되었다.



(1) 중앙급탕, 난방 및 개별냉방

(2) 중앙급탕, 개별 냉난방(대류)

(3)중앙급탕, 개별냉난방(복사)

[그림 3-22] 공동주택 공기열원 히트펌프 적용 모델

[표 3-12] 공동주택 공기열원 히트펌프 적용 모델별 검토 상세

<table>
<tr><th rowspan="2">구분</th><th rowspan="2">난방</th><th rowspan="2">냉방</th><th rowspan="2">급탕</th><th colspan="2">공용부위</th><th rowspan="2">전용부위</th><th rowspan="2">Backup</th><th rowspan="2">시스템 구성</th></tr>
<tr><th>기계실</th><th>PD</th></tr>
<tr><td rowspan="2">중앙급탕,
난방 및
개별냉방</td><td rowspan="2">중앙
(복사)</td><td rowspan="2">개별
(대류)</td><td rowspan="2">중앙</td><td>ASHP(일체형)
축열조(급탕/난방),
실외기(주차장, 기계실)</td><td>열공급관/열환수관</td><td>실내기
세대급탕유닛</td><td rowspan="2">기계실
Boiler</td><td rowspan="2">HP:냉방,
급탕,난방
2Pipe
(난방포함축열조)</td></tr>
<tr><td>용량 및 면적산정</td><td>PD 면적산정</td><td>실외기 면적 산정</td></tr>
<tr><td rowspan="2">중앙급탕
개별냉난방
(대류)</td><td>개별
(대류)</td><td>개별
(대류)</td><td rowspan="2">중앙</td><td>ASHP(일체,분리형)
축열조(급탕),실외기(주차장,
기계실)</td><td>열공급관/열환수관</td><td>실내기</td><td rowspan="2">기계실
Boiler</td><td rowspan="2">HP:냉방,
난방,급탕
2Pipe
(급탕 축열조)</td></tr>
<tr><td colspan="2">ASHP</td><td>용량 및 면적산정</td><td>PD 면적산정</td><td>실외기 면적 산정</td></tr>
<tr><td rowspan="2">중앙급탕
개별냉난방
(복사)</td><td>개별
(복사)</td><td>개별
(대류)</td><td rowspan="2">중앙</td><td>ASHP(일체,분리형)
축열조(급탕),
실외기(주차장, 기계실)</td><td>열공급관/열환수관</td><td>실내기</td><td rowspan="2">기계실
Boiler</td><td rowspan="2">HP:냉방,
급탕,난방
2Pipe
(급탕 축열조)</td></tr>
<tr><td colspan="2">ASHP</td><td>용량 및 면적산정</td><td>PD 면적산정</td><td>실외기 면적 산정</td></tr>
</table>

3.5 공동주택 히트펌프 설치를 위한 검토사항 (기계)

(1) 공종별 검토사항의 방향성

○ 공기열원 히트펌프의 공동주택 적용은 친환경성과 에너지 절감 측면에서 유리하지만, 설치 면적, 위치, 용량 등 다양한 요소를 종합적으로 검토할 필요가 있다. 특히 히트펌프는 기계 공종에 해당 되지만, 히트펌프가 열원 시스템으로 설치 시 필요한 소요면적, 높이확보 등의 건축적인 요소 뿐만 아니라 전기 설비 추가에 따른 단위 세대 부하의 변경, 수전설비 관련 용량 변화 및 전기실 면적 등을 종합적으로 확인하는 것이 필요하다고 볼 수 있다.

○ 표 3-13은 히트펌프 설치에 따른 공종 별 검토사항을 나타내고 있으며, 기계 공종의 경우 히트펌프 설계용량, 배관설계, 기계실 면적, 세대 실외기 설치 면적 등의 검토가 필요하다. 특히 전기 공종의 경우 히트펌프 설치에 따른 단위세대 부하의 변동, 히트펌프 요금제 대응 계측 방안, ZEB 인증제 의무화에 따른 대응, 세대 및 공용부위 간선 등의 검토가 필요할 것으로 예상할 수 있다. 이와 같이 기계와 전기 공종 측면에서 실제로 면적이 증가하는 기계실, 실외기실 및 전기실 등을 건축 설계시 반영하여 실제 히트펌프를 활용한 전전화 공동주택의 설계에 활용하는 것이 히트펌프를 공동주택에 설치하는데 우선적으로 검토해야 한다.

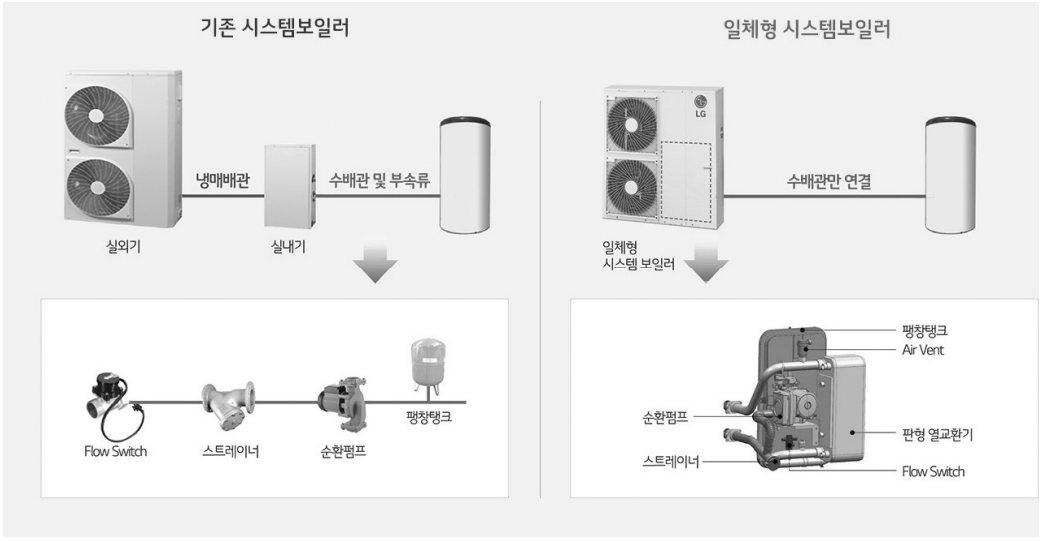
[표 3-13] 공동주택 전전화를 위한 건축, 기계 및 전기 공종별 검토사항

공종	검토범위	공종 간 연계성	검토사항
건축	(1) 세대 분전반 규격 (2) EPS실 면적 (3) 실외기 설치 위 및 면적 (4) 수변전 설비 면적 (5) 캐스케이드 보일러 설치 면적 (6) 파이프 샤프트 등 (7) 발전기실 면적 (8) 전기실 면적	(1) 전기 (2) 전기 (3) 기계 (4) 전기 (5) 기계 (6) 기계 (7) 전기 (8) 전기	
기계	(1) HP 및 축열조 용량(공용, 개별) (2) 배관 설계 및 설치 면적 (3) 실외기 등 설치 방법 (4) 캐스케이드 보일러(BackUp) 용량 및 배관 계통연결 (5) Sub1,2의 배관 설계 (6) 기타 추가 검토 사항	(1) HP 별도 전원(공용, 개별) 및 장비 하중 (2) 시스템 설치 면적 (3) 실외기 위치 및 면적 (4) 면적 및 하중 (5) 면적 및 하중, 배관 설치공간	(1) 설계변경에 따른 비용 변화 (2) 기타 설계 변경에 따른 물량 변화 등 비용적변경 사항 포함
전기	(1) 세대 부하용량 (2) 세대 히트펌프 계측 방법 (3) (세대~전기실) 전력간선 규격 (4) (동) 전력설비 규격 (5) (기계실) 동력반(MCC) 규격 (6) (기계실) 축열조 계측 방법 (7) (전기실) 변압기 규격 등 (8) (발전기실) 비상발전기 규격 (9) 계산서 등 기타 추가 검토 사항	(1) 세대분전반 규격 등 (건축) (2) EPS실 면적 (건축) (3) 지하주차장 트레이 구성 (기계) (4) 해당 없음 (5) 동력반 기초 사이즈 (건축) (6) 해당 없음 (7) 전기실 면적 등 (건축) (8) 발전기실 면적 등 (건축) (9) 해당 없음	(1) 설계변경에 따른 비용 변화 (2) 기타 설계 변경에 따른 물량 변화 등 비용적변경 사항 포함

(2) 공기열원 히트펌프의 적용성 검토

○ 공기열원 히트펌프(Air Source Heat Pump, ASHP)는 외부 공기의 열을 이용하여 난방·냉방 및 급탕을 수행하는 고효율 설비로, 설치 방식에 따라 분리형과 일체형으로 구분되며 두 방식은 구조와 설치 환경, 유지관리 측면에서 각각의 특성을 가지고 있다.

○ 그림 3-23은 분리형과 일체형 히트펌프의 비교를 도식화한 내용으로 기본적으로 분리형과 일체형의 차이는 실내기 실외기의 분리 여부로 나눌 수 있다. 구체적으로 분리형은 실외기와 실내기가 냉매 배관으로 연결되는 방식이며, 실외기에는 압축기와 열교환기가 포함되고, 실내기에는 열교환기 및 순환 장치가 설치된다. 반면, 일체형은 모든 주요 부품이 하나의 실외 유닛에 통합되어 있으며, 실내에는 물 배관만 연결되기 때문에 시스템 설치가 간단한 장점이 있다.



[그림 3-23] 분리형 및 일체형 히트펌프 구조 (LG 전자)

○ 한편, 분리형은 냉매 배관 공사가 필요하여 설치 시 전문 기술이 요구되고 시공 시간이 비교적 길어지지만 실내기 위치를 유연하게 배치할 수 있다는 장점이 있다. 아울러 일체형은 냉매가 외부에만 존재하므로 냉매 배관 공사가 필요 없고, 설치가 간단하며 시공 오류 가능성이 낮은 반면 외부 배관 동결 방지 대책이 요구된다,

○ 설치와 유지관리 측면에서 분리형은 냉매가 실내까지 연결되어 있어 누설 시 관리

가 필요하며, 유지보수 난이도가 상대적으로 높다고 알려져 있다. 반면 일체형은 냉매 회로가 외부에 밀폐되어 있어 유지관리가 용이하고 안전성이 높지만, 외부 수배관이 동결될 위험이 있어 보온 및 순환 설계가 중요하다.

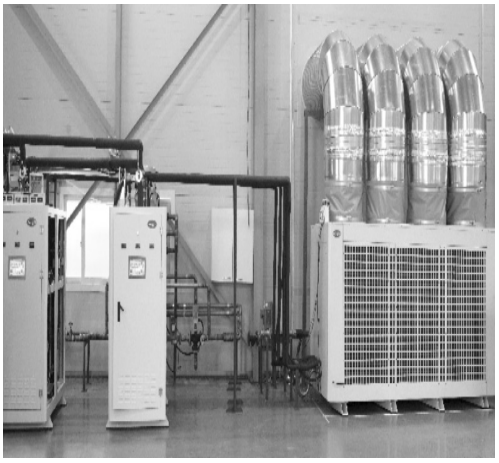
[표 3-14] 일체형, 분리형 히트펌프의 특징

구분	일체형	분리형
구성	실외기 내 모든 부품 집약 (냉매-온수 열교환기 포함)	실외기(압축기, 응축기) + 실내기(열교환기) 분리
연결 방식	수배관 연결 (실외기 ↔ 실내)	냉매 배관 연결 (실외기 ↔ 실내기)
설치 편의성	높음 (냉매 작업 불필요, 완제품 설치)	보통 (냉매 배관 및 충진 작업 필요)
동파 위험	존재 (실외 수배관 노출로 인한 동결 우려)	없음 (실외에는 냉매만 순환)
공간 활용	실내 기계실 면적 절감	실외기 사이즈가 상대적으로 작음
유지 보수	냉매 누설 위험 적음, 수배관 관리 위주	냉매 누설 점검 필요, 전문 인력 필요

○ 두 방식 모두 기본적인 열원은 동일하므로 이론적인 효율 차이는 크지 않다. 다만 분리형은 열손실을 최소화하는 설계가 가능하여 극한 환경에서 성능 유지에 유리할 수 있으며 일체형은 구조가 단순하여 시스템 효율 관리가 용이한 반면 외기 조건에 직접적인 영향을 더 크게 받는 단점이 있다.

○ 이러한 측면에서 본 연구에서는 공동주택의 설비로서의 기능확보, 유지보수, 민원발생여부 등을 종합적으로 검토하여 공동주택의 전전화를 위한 히트펌프는 일체형 시스템을 검토 대상으로 설정하였으며, 설치 장소는 지하 공간을 고려하여 검토를 진행하였다.

[표 3-15] 일체형, 분리형 히트펌프 설치 사례

일체형	분리형
	

(3) 히트펌프 설치를 위한 기계실 구성

○ 기계실에 히트펌프를 위치할 경우 기계설비 유지관리 기준[7]에 의거하여 히트펌프 및 부속 설비(배관, 밸브, 축열조 등)를 고려한 충분한 설치 면적 확보가 요구된다. 일반적으로 히트펌프를 설치 시 장비와 장비 간의 이격거리, 배관 간의 이격 거리 등을 확보할 필요가 있으며, 히트펌프에 필요한 공기 흐름을 확보할 수 있는 풍량의 확보도 요구된다. 한편 기계설비 유지관리 기준에 따르면 기계설비의 효율적인 관리, 운영 및 유지관리를 위하여 표 3-16과 같이 건축설비 설치에 필요한 사항에 대하여 명시하고 있으며 간략이 정리하면 다음과 같다.

가. 유지관리 접근성 확보

기계설비는 점검 및 보수가 용이하도록 충분한 작업 공간과 접근 경로를 확보해야 한다. 특히 주요 장비는 사람이 쉽게 접근할 수 있는 위치에 배치하며, 유지관리 동선을 고려한 공간 계획이 필요하다.

7) 기계설비 기술기준[별표 15] 기계설비 유지관리를 고려한 설계기준(제9조제2항 관련)

나. 점검 및 교체 용이성 고려

천장 내부, 기계실 등 밀폐된 공간에는 점검구를 설치하여 내부 설비 확인이 가능하도록 해야 한다. 또한 주요 설비는 향후 교체를 고려하여 반입·반출 경로를 사전에 확보하는 것이 중요하다.

다. 설비 배치 및 구성의 합리성

배관, 밸브, 계측기 등은 유지관리 시 작업이 용이하도록 배치해야 하며, 필요 시 분리 및 교체가 가능한 구조로 설계해야 한다. 특히 밸브 및 계측기는 조작과 점검이 쉬운 위치에 설치해야 한다.

라. 표준화 및 내구성 확보

설비 및 부품은 가능한 표준화하여 유지관리 효율을 높이고, 내구성이 우수한 자재를 적용하여 장기적인 유지비용 절감을 도모해야 한다.

마. 안전성 및 작업 환경 고려

유지관리 과정에서 발생할 수 있는 안전사고를 예방하기 위해 작업 공간의 안전성을 확보하고, 진동 및 소음에 대한 대책을 반영해야 한다. 또한 설비실은 배수 및 청소가 용이하도록 계획해야 한다.

바. 자동화 및 관리 효율성 향상

자동제어 및 모니터링 시스템을 도입하여 설비 상태를 실시간으로 확인하고, 유지관리 효율을 높일 수 있도록 한다. 이는 고장 예방 및 에너지 관리 측면에서도 중요한 요소이다.

[표 3-16] 기계설비 유지관리를 고려한 설계기준 (별표 15)

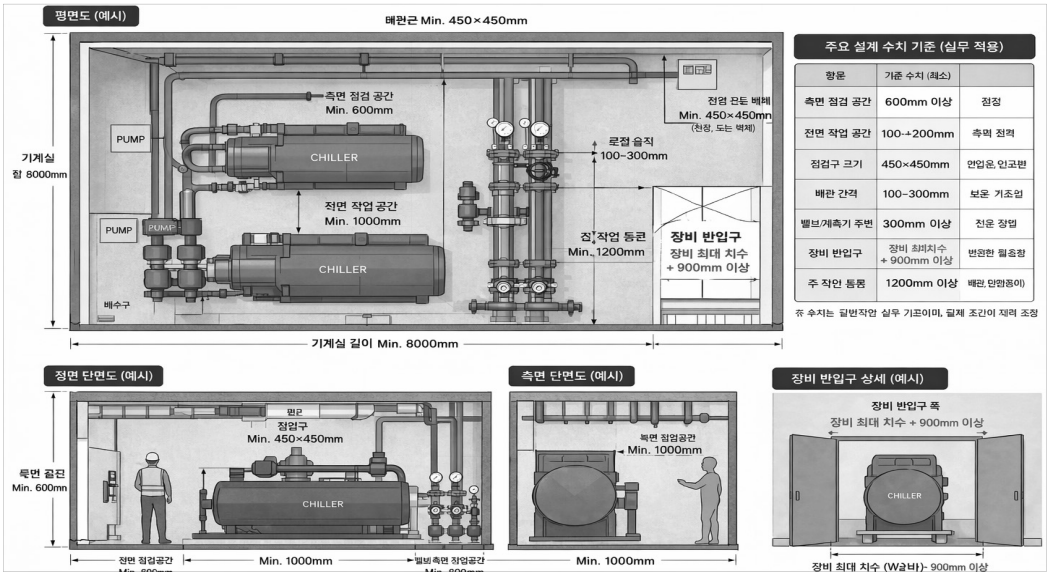
설계 기준	세부 내용
점검 및 유지관리 공간 확보	기계설비의 점검, 보수 및 교체가 용이하도록 충분한 공간 확보
장비 배치	주요 장비는 접근이 용이한 위치에 배치하고, 작업 동선 확보
점검구 설치	천장 내부 및 밀폐 공간에는 점검이 가능하도록 점검구 설치
배관 설계	배관은 유지관리 및 교체가 용이하도록 배치하며, 필요 시 분리 가능 구조 적용
밸브 및 계측기 설치	주요 밸브 및 계측기는 접근 및 조작이 쉬운 위치에 설치
설비의 표준화	부품 및 장비는 표준화하여 유지관리 효율성 확보
방진 및 소음 대책	유지관리 시 발생 가능한 진동 및 소음에 대한 대책 마련
배수 및 청소 용이성	설비실 및 배관은 배수 및 청소가 용이하도록 설계
안전성 확보	유지관리 작업 시 안전사고 방지를 위한 구조 및 설비 반영
자동제어 및 모니터링	유지관리 효율 향상을 위한 자동제어 및 상태 모니터링 시스템 적용
설비 교체 고려	주요 장비는 교체가 가능하도록 반입·반출 경로 확보

○ 유지관리 작업의 효율성과 안전성을 확보하기 위해 최소 작업 공간과 접근성을 고려한 수치 기준을 만족해야 한다. 구체적으로 점검 공간은 작업자가 원활히 출입하고 작업할 수 있도록 일반적으로 최소 600mm 이상 확보하며, 주요 장비 전면에는 유지보수 작업을 고려하여 약 800~1,200mm의 공간을 확보하는 것이 바람직하다. 또한 천장 내부 및 협소 공간에는 점검구를 설치하며, 점검구 크기는 최소 450×450mm 이상으로 계획하여 작업자의 접근성을 확보해야 한다.

○ 배관은 유지관리 및 보온 작업을 고려하여 약 100~300mm 이상의 간격을 유지하는 것이 일반적이며, 밸브 조작부 역시 최소 300mm 이상의 작업 공간을 확보하여 조작 편의성을 확보할 필요가 있다. 아울러 장비의 교체 및 반출입을 고려하여 반입 통로는 장비 최대 치수보다 100~300mm 이상의 여유 공간을 확보하여야 한다.

[표 3-17] 기계설비 유지관리를 고려한 설계기준 (별표 15)

항목	실무적용수치	관련 내용
점검공간	최소 600mm 이상	사람이 들어가 작업 가능한 공간
주요 장비 전면 공간	800~1,200mm	유지보수 작업 확보
점검구 크기	최소 450×450mm	인체 진입 가능 기준
배관 간격	100~300mm	보온 및 작업 공간 확보
장비 반입 통로	장비 최대치수 + 100~300mm	교체고려



[그림 3-24] 히트펌프 설치를 위한 기계실 배치 기준

○ 이를 바탕으로 히트펌프를 설치하는 장소는 외기 흡입 및 배출이 원활한 옥상 또는 필로티 공간 등을 검토할 수 있으며 소음 및 진동이 세대에 미치는 영향을 최소화하고 유지관리 접근성이 확보된 위치, 배수 및 결빙 대응이 가능한 장소를 설정함으로서 히트펌프 설치 시 유지관리 및 보수 점검 등에 지장이 없는 공간을 확보하도록 해야한다.

○ 본 연구에서는 히트펌프 도입의 초기 단계임을 고려하여 전술한 바와 같이 히트펌프는 일체형을 적용하며, 동절기 외기에 의한 성능 저하를 최소화 하기 위하여 지하 공간에 별도의 기계실을 배치하여 설치하는 것으로 모델안을 제시하였다.

(4) 히트펌프 용량 설정 방법

○ 중앙난방 및 급탕을 공급하는 시스템의 경우 LH 단위세대 가열수(급탕, 난방 통합) 부하용량 산정 기준을 적용하게 되며 중앙급탕의 경우 LH 급탕 부하용량 산정 기준을 준용하여 시스템 용량을 설정한다. 일례로 중앙난방 및 급탕시스템의 경우 식 1과 같이 동시 사용율을 반영한 세대 당 3FU를 기준으로 총 유량을 산정 후 LH 급탕배관 유량 DATA 표를 참조하여 FU값을 LPM 단위로 변환 후 식 2를 이용하여 공급온도와 환탕온도의 관계를 통하여 소요 열량 값을 산출하게 된다.

· 식 1

$$\text{총 유량} = 3FU/\text{세대} \times \text{세대수}$$

· 식 2

$$Main\ Heat\ Pump(Kcal) = (LPM \times 60) \times (60 - 45) \times 1Kcal/kg \cdot k$$

주1) 가열수 유량 (LPH) : 시간당 흐르는 물의 부피 (L/hr)
주2) 60℃기준 물의밀도
주3) 물의비열 : 1Kcal/kg·k
주4) 온도차(ΔT) (공급온도 60도 - 환수온도 45도)

○ 한편, 중앙난방 및 급탕 방식의 경우 히트펌프에서 생산 된 60℃의 가열수를 순환펌프로 순환시켜 각 세대의 통합 열교환기에서 열교환을 수행하는 구조를 가지고 있다. 따라서 환수온도 45℃를 기준으로 난방과 급탕에 필요한 총 열량을 시스템 용량으로 결정할 수 있다.

[표 3-18] 200세대 대상 급탕 및 난방을 위한 공기열원 히트펌프 용량 산정 결과

항목	계산식 및 상수	산출 결과
시간당 유량	650LPM×60min	39,000L/h
급탕 온도 조건	출탕 60◦C / 환수 45◦C	ΔT=15◦C
총 소요 열량	39,000×0.9832(밀도)×1(비열)×15	575,172kcal/h
소요 동력(KW)	575,172kcal/h÷859.8452	668.93kW

(5) 축열조 용량 산정 방법

○ 히트펌프는 기존 보일러와 달리 순간 가열능력이 낮기 때문에 조석으로 발생하는 급탕 부하에 대응하기 위하여 축열조 설치가 필수이며, 안정적인 온수 공급, 수온의 확보 및 설치 하중 등에 관하여 종합적으로 검토할 필요가 있다. 일반적으로 축열조의 설계는 건축기계설비 설계기준, 에너지 절약설계기준 및 관련 설비 지침을 근거로 수행되어야 하며, 특히 공동주택의 경우 세대수와 거주 인원을 고려한 급탕 사용량 예측이 중요하며, 이를 기반으로 적정 저장 용량을 산정한다.

○ 우선 건축적 측면에서 보면 축열조는 부피가 큰 하중물이기 때문에 기계실 내 점유면적과 층고 를 확인해야 한다. 또한 수선 및 교체를 위한 반입구 크기 확보가 필수적이이며, 아울러 물의 무게를 포함한 축열조의 하중은 상당하므로, 기계실 바닥의 구조적 보강 여부와 기초 설계를 검토해야 한다.

○ 특히 축열조의 경우 성층화 확보가 중요하며 온수(저밀도)와 냉수(고밀도)의 밀도 차이를 이용하여 상부에는 고온수가, 하부에는 냉수가 머물도록 유입 유속을 조절하는 디퓨저 설계를 병행하여 시스템의 가동과 온수 사용에 대응한다. 더불어서 축열조 표면을 통한 열손실은 시스템 효율 저하의 원인으로 작용할 수 있기 때문에 기계설비 설계기준의 표준 시방서 이상의 보온재 두께를 확보하고 열손실에 대비한 소재 선택 등이 필요하다.

○ 한편, 위생 및 유지관리 측면에서 히트펌프는 보통 50~55℃로 운전되지만 레지오넬라 증식 위험을 고려하여 65℃ 이상으로 가열하여 레지오넬라균에 대한 대책을 강구할 필요가 있다. 특히 탱크 하부의 슬러지 배출을 위한 드레인 밸브와 내부 점검용 맨홀 설치 여부를 확보하는 등 위생에 만전을 기해야 한다.

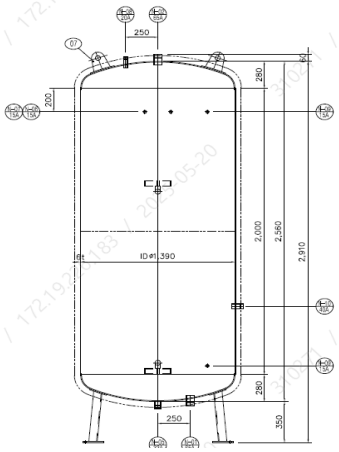
[표 3-19] 히트펌프 연계형 축열조 설치 사례





○ 축열조 용량은 건물의 용도, 피크 부하 시간, 히트펌프의 가동 시간 등을 고려하여 결정하며, 일반적으로 건물의 하루 전체 급탕 부하의 30%~50%를 저장할 수 있는 용량으로 산정한다. 축열조 용량 선정 중 가장 중요하게 검토할 사항은 히트펌프 출력이 부하를 따라가지 못하는 최장 피크 시간(예: 아침 샤워 시간 2~3시간) 동안 부족한 열량을 보충할 수 있는 양을 계산하여야 하며, 이때 히트펌프의 가열 능력을 함께 고려하여 필요 이상의 설비 용량을 확보하지 않도록 주의해야 한다.

[표 3-20] 3톤 축열조를 설치하기 위한 공간의 비교





(6) 공기열원 채열을 위한 히트펌프 설치 조건

○ 히트펌프는 외기와의 열교환을 통해 냉난방을 수행하는 설비로, 충분한 공기량 확보는 성능 유지의 핵심 조건이다. 공기량이 부족할 경우 열교환이 원활히 이루어지지 않아 난방 효율(COP)이 저하되고 더 많은 에너지가 소비 될 수 있다. 또한 난방 운전 시 공기 흐름이 부족하면 증발기 표면 온도가 과도하게 낮아져 적상 현상이 발생하며, 이는 제상 운전 증가와 난방 능력 저하로 이어지는 등 장비의 안정적인 운전을 저해할 뿐만 아니라 고장의 원인이 될 수 있다.

○ 특히 지하 공간에서는 배출된 공기가 다시 흡입되는 재순환 문제가 발생하기 쉬운데, 이 경우 실제 외기 대신 이미 열을 잃은 공기를 사용하게 되어 성능이 급격히 저하될 수 있기 때문에 충분한 공기량 및 흡배기 환경이 매우 중요하므로, 기계실 배치 시에는 채열과 방열에 필요한 공기량을 충분히 확보할 수 있는 건축적 구조를 검토해야 한다.

○ 구체적으로는 히트펌프의 채열(난방 시) 및 방열(냉방 시) 용량에 따라 소요 풍량이 결정되며 일반적으로는 1RT(약 3.5kW)당 약 1525 CMM(m^3/min)의 풍량이 요구되나, 지하 공간의 경우 덕트 저항을 고려하여 장비 사양서의 정격 풍량보다 10~20%의 여유율을 확보해야 한다. 이를 위해서는 지하 기계실에 히트펌프를 설치할 경우 자연 환기가 불가능하므로 강제급배기 시스템을 구축해야하며, 배출된 공기가 다시 흡입구로 들어가는 단락 현상의 발생을 억제하기 위하여 배기압을 확보해야

한다. 특히 히트펌프 자체 팬은 기외정압이 낮게 설계된 경우가 많기 때문에 지하 설치를 위해 긴 덕트를 연결할 경우 압력 손실로 인해 풍량이 감소하므로, 부스터 팬을 설치하거나 기계실 자체를 양압으로 설계 하는 등의 검토가 필요하다.



[그림 3-25] 히트펌프 설치 시 지하공간의 공기 유동

3.6 공동주택 히트펌프 설치를 위한 검토사항 (전기)

○ 공기열원 히트펌프는 단순히 가전기기가 아닌 건축설비로서의 기능을 확보해야 하기 때문에 수전과 배전에 대한 면밀한 검토가 요구된다. 특히 세대 내에 공기열원 히트펌프를 설치하기 위해서는 단위세대 부하에 대한 검토를 시작으로 세대내, 공용부 간선, 수전설비, 비상전원 범위의 변화 등 전기공사와 관련된 대부분의 설계 범위에 대하여 검토할 필요가 있다.

○ 표 3-21은 공기열원 히트펌프 설치에 따른 검토사항을 나타내고 있으며, 단위세대 부하, 비상전원 공급 대상의 범위 등의 용량 측면에서의 확인사항 뿐만 아니라 원력검침 등의 ZEB 대응에 필요한 사항도 함께 검토할 필요가 있음을 시사한다.

[표 3-21] 공기열원 히트펌프 설치에 따른 전기 공종의 검토사항

항목	검토사항
단위세대 부하용량	전용면적(㎡) x 표준부하(30VA/㎡) + 대용량기기 실부하*(VA) * 대용량기기 가산부하 : 3KVA(전용면적 60㎡이하),4KVA(전용면적 60㎡초과)
원격검침	(1) 개별난방 : 전기,가스,수도 (3종 검침)
	(2) 지역난방 : 전기,가스,수도,온수,난방 (5종 검침)
APU (단위세대 비상전원공급)	(1) 개별난방 : 세대단말기, 세대단자함, 온수분배기,보일러+보일러발열선 +CO경보기 (세대당 300W 적용)
	(2) 지역난방 : 세대단말기, 세대단자함, 온수분배기 (세대당 110W 적용)
전력간선	(1) 전등전열용 간선 : 단위세대 부하용량 적용
	(2) 비상동력용 간선 : 공용부 전등·전열, 비상콘센트, 승강용 전원등
변압기	(1) 전등·전열용 변압기 : 단위세대 부하용량 합계 x 수용률 적용
	(2) 동력용 변압기 : 승강기 입력 용량의 합 x 승강기수용률 + 그 외 부하의 합 x 종합수용률(50%) 적용
발전기	(1) 급수, 소화, 배수펌프, 전동기부하(기계실,펌프실),액화가스 저장시설 및 오수처리시설 부하 (2) 승강기 부하 (3) 공용부 전등전열 및 비상조명등 (4) 세대 비상전원

(1) 단위세대 부하

○ 공동주택의 전기 설계에서 단위세대 전력부하 산정은 단지 전체의 전기 설비 규모를 결정하는 가장 기초적이면서도 중요한 단계이며, 이는 개별 세대 내 분전반의 차단기 용량과 간선의 굵기를 결정할 뿐만 아니라, 나아가 단지 전체의 변압기 용량, 예비발전기, 수변전 설비의 규모를 산출하는 기준이 되기 때문이다.

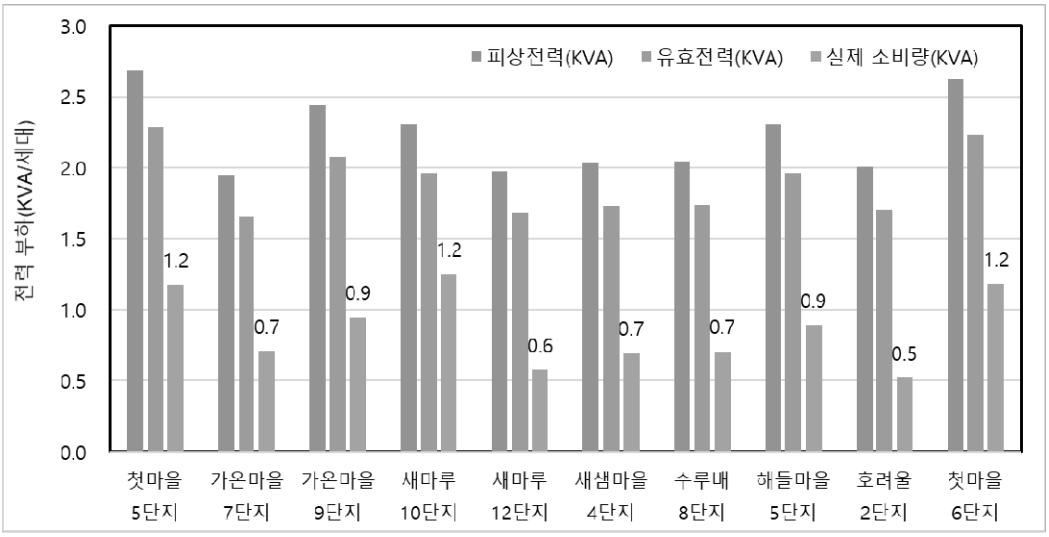
○ 일반적으로 단위세대의 부하 산정은 한국전기설비규정(KEC)과 건축전기설비 설계기준을 기본으로 하며 표준 부하에 의한 산정 방식을 채택하게 되는데, 이는 세대의 전용면적에 단위 면적당 표준부하를 적산하고 별도의 가산부하를 더하는 형태이며, LH 공사 역시 동일한 기준을 적용하고 있다.

[표 3-22] 단위세대 부하용량 산정기준

설계변경 검토사항	LH 설계기준
단위세대 부하용량	전용면적(㎡) x 표준부하(30VA/㎡) + 대용량기기 실부하*(VA) * 대용량기기 가산부하 : 3KVA(전용면적 60㎡이하),4KVA(전용면적 60㎡초과)

○ 표 3-22는 LH 공사의 단위세대 부하용량 산정기준 방식을 나타내고 있다. 구체적으로는 전용면적(㎡) x 표준부하(30VA/㎡)를 바탕으로 인덕션, 에어컨 등의 가산부하를 추가하여 단위세대 부하를 결정하게 되는데 LH 공사의 경우 60㎡ 기준으로 전용면적 60㎡ 이하의 경우 가산부하 3KVA를 60㎡ 초과의 경우 가산부하 4KVA를 설정하여 단위세대 부하 용량을 결정하게 된다.

○ 하지만 최근의 주거 환경 변화는 이러한 전통적인 산정 방식의 변화가 필요하며 히트펌프 역시 같은 선상에서 검토해야할 사항으로 이해할 수 있다. 일례로 과거에는 조명과 단순 가전제품 위주의 산정 기준이었다면 최근에는 가스레인지를 인덕션으로 대체하고 에어컨의 용량이 증가하는 등 장기적인 측면에서 전전화 공동주택으로의 변화에 대응하는 시점이라고 볼 수 있다.



[그림 3-26] 세종시 소재 LH 단지의 단위세대 부하용량 대비 실제 전력 소비량

○ 특히 히트펌프가 세대의 난방 시스템으로 작동 시 비상발전 시스템의 범위로 설정되는 등의 연쇄적인 검토가 필요하기 때문에 세대에 히트펌프를 설치해야 하는 경우 특히 과전류의 발생에 따른 정전에 대비해야 한다.

○ 그림 3-26은 LH 공사가 설계한 세종시 소재 10개단지의 피상전력, 유효전력 및 실제 전력 소비량을 조사한 결과이다. 구체적으로는 수용율 40%, 역률 85%를 적용하여 산출한 유효전력 대비 실제 세대의 소비량은 약 30~50% 수준으로 나타나 세대내의 부하에 대한 여유율은 있는 것으로 분석되었으며, 이러한 여유값을 향후 공기열원 히트펌프 설치 시 반영하여 전기공사가 과설계되지 않도록 고려해야 한다.

○ 이론적으로 히트펌프의 Cooling COP는 Heating COP 대비 1이 높고, 최근 주택의 단열 성능이 우수해진 현상을 고려할 때 현재 설치되고 있는 에어컨과 동일 용량이 설치 될 경우 단위세대 부하용량의 큰 변화는 없을 것으로 예상할 수 있지만, 실제 히트펌프로 공동주택에 난방을 수행한 사례가 없기 때문에 동절기 공기열원 히트펌프의 성능에 대한 기존 사례 등을 종합적으로 고려할 필요가 있다.

○ 이를 위해서는 현재 시판 중인 히트펌프의 용량이 주택에 설치 될 수 있는지를 우선적으로 확인할 필요가 있다. 현재 냉난방 겸용 히트펌프는 LG, 삼성, 대성 등에서 다양한 제품이 판매되고 있지만 최근까지 히트펌프가 공동주택의 주요 설비가 아니었기 때문에 현재까지 시판되고 있는 냉난방용 히트펌프의 최소 용량은 약 8kW 수준

인 것으로 조사 되었다. 이러한 경우 현재의 단위세대 부하의 요량 증설이 반드시 필요하기 때문에 장기적으로는 가정용 냉난방용 히트펌프의 개발과 상용화가 시급한 과제라고 할 수 있다.

(2) ZEB 대응 원격검침

○ 에너지 절감과 탄소중립 실현을 위한 정책이 강화되면서 의무화가 시작된 제로에너지건축물(ZEB, Zero Energy Building)은 건축물의 에너지 요구량을 최소화하고 고효율 설비 및 신재생에너지를 활용하여 에너지 자립률을 확보하는 것을 목표로 하고 있다. 그러나 이러한 설계적 성능이 실제 운영 단계에서도 유지되는지는 별도의 관리 체계를 통해 확인되어야 하며, 이때 핵심적인 역할을 수행하는 것이 원격검침 시스템의 주요 기능이라고 볼 수 있다.

○ 공동주택의 원격검침 시스템은 전기, 수도, 난방 및 급탕과 같은 에너지 사용량을 자동으로 계측하고 이를 통신망을 통해 수집·관리하는 시스템으로, 직접적인 에너지 절감 수단이라기보다는 에너지 사용을 계측하고 분석하기 위한 운영 인프라에 가깝다.

○ ZEB 설계 단계에서는 건축물의 에너지 성능을 평가하기 위해 다양한 시뮬레이션과 계산이 수행되는데, 이 과정에서 실제 운영 시 에너지 흐름을 어떻게 계측할 것인지에 대한 계획이 함께 고려되어야 한다. 특히 공기열원 히트펌프는 세대내에 설치하는 방안과 기계실에 집중해서 설치하는 방안이 검토되기 때문에 세대와 공용부를 구분하여 에너지를 계측할 수 있는 체계가 마련되어야 한다.

[표 3-24] ZEB 인증 대응 난방 방식별 원격검침 항목

항목	설계기준
원격검침	(1) 개별난방 : 전기,가스,수도 (3종 검침)
	(2) 지역난방 : 전기,가스,수도,온수,난방 (5종 검침)
	(3) 공용시설 : 순환펌프, 승강기, 환기, 조명

○ 한편, ZEB 설치 기준에서는 2종이상의 에너지원과 3종이상의 에너지 용도에 대하여 검침을 의무화 하고 있으며 이와 관련하여 LH 공사에서는 표 3-23과 같이 개별난방, 지역난방에 대하여 각각 3종, 5종의 검침을 수행하고 있다. 특히 히트펌프를 설치할 경우에는 기존 전력 요금 체계에 편입할 경우 누진구간의 진입에 따른 전기료 상승 부분이 히트펌프 보급의 주요 장애 요소로 작용할 수 있기 때문에 별도의 히트펌프 소비량에 대한 계측이 필요하다.

○ 이를 위해서는 히트펌프 가동에 따른 소비량 정보가 별도로 제공되거나 또는 분전반에서 히트펌프 전용 간선이 분리되어야 하지만 현재 까지는 모두 어려운 상황이다. 따라서 향후 공동주택용 히트펌프는 히트펌프 전용 요금제에 대응할 수 있도록 계측이 가능한 신호선을 제공하거나 또는 세대내에서 별도의 계측이 가능한 형태로 전기설계가 변경되어야 할 것이다.

(3) 히트펌프 설치에 따른 비상전원 범위 변화

○ 공동주택에서의 비상전원 설계는 정전 시에도 거주자의 안전과 최소한의 생활 기능을 유지하기 위한 필수 요소이다. 특히 단위세대에 공급되는 비상전원은 공용부 설비와 달리 제한된 용량 내에서 필수 부하만을 선별적으로 공급해야 하므로, 합리적인 부하 선정과 수요율 적용을 통한 용량 산정이 중요하다.

○ 비상전원 용량 산정의 기본 원칙은 “정전 시 반드시 유지되어야 하는 최소 기능”을 위한 부하를 대상으로 하며 공동주택 단위세대의 경우 일반 전력부하 전체를 비상전원으로 공급하는 것은 경제성 및 설비 규모 측면에서 비현실적이므로, 법적 요구사항과 안전성 확보를 중심으로 필수 부하만을 선정한다.

○ 아울러 비상전원 공급원이 되는 비상발전기의 경우 기동 시간 동안 순간적인 전력 공백이 발생할 수 있으므로, UPS(무정전전원장치)를 통해 통신설비나 제어설비에 연속적인 전원을 공급하는 방안을 검토할 필요가 있다. 또한 발전기 용량은 단순 정상운전 부하뿐 아니라 기동부하, 역률, 전압강하 등을 고려하여 산정해야 하며, 일반적으로 일정 수준의 여유율을 포함하여 결정하여 화재, 정전시 등의 비상 상태에 대응할 수 있도록 설계 되어야 한다.

○ 한편 공동주택의 대표적인 비상부하 대상으로는 세대 내 조명의 일부, 통신 및 정보설비, 냉장고와 같은 생필품 유지 설비, 그리고 가스차단기나 환기설비와 같이 안전

과 직결되는 설비가 포함될 수 있다. 최근에는 재택근무 환경 확대 등을 고려하여 일부 콘센트 회로를 포함하는 경우도 있으나, 이는 설계 조건에 따라 제한적으로 적용된다.

○ 표 3-24는 LH 공사의 난방방식별 단위세대 비상전원의 대상과 용량을 나타내고 있다. 구체적으로 지역난방의 경우 홈네트워크, 온수분배기로 구성되어 있으며, 개별난방의 경우 지역난방 포함 항목 이외에 개별보일러, 발열선, CO 경보기를 추가로 비상 부하 대상으로 선정하고 있음을 알 수 있다.

○ 따라서 본 연구에서 검토하고 있는 히트펌프는 난방 설비로서의 기능을 확보하기 위하여 비상전원 부하에 포함하여 비상 발전기의 용량 산정 등의 전기공사 설계에 반영하는 것이 필요하다.

[표 3-24] 단위세대 비상전원(APU) 항목 및 용량

설 비	APU 소비전력		비 고
	지역난방	개별난방	
홈네트워크	60W	60W	- 설계지침 제10조 (전력간선설비) 6) 비상 전원시스템 - (홈네트워크) 60W - (난방) 지역 : 50W / 개별 : 200W)
보일러 (개별난방)	0W	200W	
온수분배기	50W		
소 계	110W	260W	
발열선.	0W	32W~48W (평균40W)	- 표준상세도 기계분야 DM-01-71 (소비전력) 16W/m 이상 (발열선 길이) 약 2m~3m
CO경보기	0W	3W	- 업체 조사 (세이프온): 1.5W (에이스전자): 2.5W~3W
소 계		40W	
합 계	110W	300W	

(4) 히트펌프 설치에 따른 전력 간선 설계

○ 공동주택의 전력 간선 설계는 수전점에서 각 동 및 세대 분전반까지 전력을 안정적으로 공급하기 위한 핵심 전기 설계 요소로, 부하 산정, 전압강하, 보호협조, 경제성 등을 종합적으로 고려하여 결정하게 된다. 간선은 일반적으로 변전설비 또는 수전설비에서 출발하여 동별 간선, 층별 분전반, 세대 분전반으로 이어지는 구조를 가지며, 공용부(LM)와 세대부(LEM) 부하를 구분하여 설계한다.

○ 간선 용량 산정은 먼저 조명, 동력, 승강기, 공용설비, 세대부하 등을 포함한 총 설비용량을 기준으로 이루어진다. 이후 동시사용률과 수용률을 적용하여 최대 수요전력을 산정하고, 이를 기반으로 전류값을 계산하여 간선 케이블 및 차단기 용량을 결정한다. 이때 간선 설계에서는 향후 부하 증가를 고려한 여유율을 반영하는 것이 일반적이다.

○ 또한 간선 설계 시 전압강하 기준을 만족해야 하며, 일반적으로 말단 부하까지 허용 전압강하 범위 내에 있도록 케이블 굵기 및 배선 경로를 결정하게 되는데, 특히 공동주택은 수평 및 수직 배선 길이가 길기 때문에 전압강하와 전압 불균형 부분에 대하여 충분하게 검토할 필요가 있다. 아울러 간선의 보호 측면에서는 상위 차단기와 하위 차단기 간의 선택 협조가 확보되어야 하며, 단락전류 및 고장전류를 고려한 차단용량 검토가 필요하며, 히트펌프를 설치할 경우 충분한 세대내 차단기의 용량 산정이 요구된다.

○ 표 3-25는 LH 공사의 전력 간선 설계 기준을 나타내고 있으며, 전력 간선은 단위세대 부하용량과 직접적으로 연결되기 때문에 단위세대 부하용량에 대한 충분한 검토를 기반으로 간선의 설계를 수행하는 것이 필요하다. 더불어 간선의 변화는 단순히 전선의 굵기 뿐만 아니라 포설에 필요한 트레이 면적에도 영향을 미치는 등 종합적인 검토가 필요하다.

○ 따라서 본 연구에서는 세대내 히트펌프 설치에 따라 단위세대 부하의 변동이 발생할 수 있음을 연구범위에 설정하고, 특히 히트펌프 용량에 따라 배전을 위한 전선의 굵기가 변동 가능성과 함께 동시에 공용부의 간선의 설계기준 변경과도 연관성을 함께 고려하고자 한다.

[표 3-25] 공동주택 전력간선 설계 기준

항목	설계기준
전력간선	(1) 전등전열용 간선 : 단위세대 부하용량 적용
	(2) 비상동력용 간선 : 공용부 전등·전열, 비상콘센트, 승강용 전원등

(5) 히트펌프 설치에 따른 비상 발전기 용량 설정

○ 공동주택에서 비상 발전기는 정전 발생 시 공용부 필수 설비의 기능을 유지하고 입주자의 안전을 확보하기 위한 핵심 전원 설비이기 때문에 매우 중요한 전기 설비로 다루어질 필요가 있다. 비상전원 설계는 단순한 설비 용량 확보를 넘어 법적 기준 충족, 피난 안전성 확보, 설비 신뢰성 및 유지 관리성을 종합적으로 고려하여 계획되어야 하는 이유가 여기에 있다.

○ 한편 비상 발전기의 설치 기준은 기본적으로 건축 및 전기 관련 법규와 소방 관련 기준에 따라 결정되며, 주로 피난안전과 직결되는 설비에 전원을 공급하는 것을 원칙으로 한다. 공동주택에서는 일반적으로 승강기, 비상조명, 피난 유도등, 제연설비, 소방펌프, 방송설비, 일부 공용부 통신 및 출입 통제 설비 등이 비상 발전기 공급 대상에 포함된다.

○ 비상발전기의 설치 용량 산정은 각 설비의 정격용량을 기준으로 하지만 모든 부하가 동시에 최대 운전된다고 가정하지 않고 동시사용률을 적용하여 적정 용량을 산정한다. 또한 기동전류가 큰 설비는 기동 시 전압강하를 고려하여 별도의 여유 용량을 반영해야 하며 향후 설비 증설 가능성 및 부하 증가를 고려한 예비율도 포함하여 최종 용량이 결정된다.

○ 표 3-26은 LH 공사의 비상발전기 설계 기준을 나타내고 있다. 구체적으로는 공용부 측면에서 급수, 소화 펌프 등의 반송 설비 및 액화가스 저장시설 , 비상조명 등의 소화에 필요한 설비를 대상으로 하고있는 것을 확인할 수 있다. 세대부 측면에서는 세대 비상전원을 대상으로 하고 있으며 세부적으로는 홈네트워크, 온수분배기, 히트펌프 등의 난방 설비와 정보설비가 해당된다.

○ 따라서 본 연구에서 검토하고 있는 히트펌프를 설치할 경우 전술한 세대내 히트펌프를 반영한 세대내 비상전원용량 산정이 고려될 필요가 있으며, 중앙난방, 급탕을 고

려하는 Main 시스템의 경우 온수 순환 펌프 등이 비상 발전기 용량에 고려될 필요가 있다.

○ 비상 발전기는 유지관리성과 안전성을 동시에 만족해야 하므로 지하 기계실 또는 별도 발전기실에 설치하는 것이 일반적이다. 발전기실은 소음 및 진동 차단, 배기 및 급기 환기 확보, 연료 저장 및 공급 시스템 설치 가능성 등을 고려하여 계획되어야 하며, 특히 배기 배관 및 연소 공기 흡입 경로는 성능 저하 없이 안정적으로 운전될 수 있도록 설계되어야 한다.

○ 최근 공동주택 비상발전기 설계의 방향성은 단순한 법적 최소 기준 충족에서 벗어나, 운영 신뢰성과 에너지 효율을 동시에 고려하는 방향으로 변화하고 있다. 기존 디젤 발전기 중심 구조에서 고효율 엔진 적용, 저소음 설계, 자동 기동 및 원격 모니터링 시스템 적용이 확대되고 있으며, 일부 단지에서는 ESS(에너지저장장치)와의 하이브리드 비상전원 구성도 검토되고 있는 상황이다.

[표 3-26] 공동주택 비상발전기 설계 기준

항목	설계기준
발전기	(1) 급수, 소화, 배수펌프, 전동기부하(기계실,펌프실), 액화가스 저장시설 및 오수처리시설 부하 (2) 승강기 부하 (3) 공용부 전등전열 및 비상조명등 (4) 세대 비상전원

3.7 소결

○ 전통적인 내연기관을 대신하여 전기적인 방식을 통하여 열을 공급하는 히트펌프는 탄소중립 실현과 에너지 효율화 측면에서 우수한 시스템이다. 특히 공기열원 히트펌프는 재생에너지법 시행령 개정에 따라 공기열원 히트펌프에 대한 관심도가 높아졌으며 새로운 제로에너지 건축 기술로서 부각되고 있다.

○ 다만, 공기열원 히트펌프가 건축설비로서의 기능을 확보하기 위해서는 건축, 기계, 전기 공종에 따른 설계 기준의 변경이 요구되며, 특히 LH공사의 경우 소형 평수 중심의 보급에 따라 축열조를 세대내에 설치 하기 어려운 문제가 예상 됨에 따라 중앙난방, 중앙급탕 방식이 적합할 것으로 예상할 수 있다.

○ 이를 위하여 LH에서는 중앙난방 및 급탕, 중앙급탕 방식으로 구성된 3가지 전전화 주택 모델을 제시하였다. 이를 통하여 미래의 에너지 공급원으로서 공기열원 히트펌프의 확대 가능성을 확인하고자 했으며, 관련 된 기술기준과 설계기준 변경사항에 대하여 검토하고자 하였다.

○ 더불어 공기열원 히트펌프 설치를 위해서는 단순히 설비설계에 대한 기술기준 개정 이외에도 단위세대 부하, 비상전원 공급 대상의 범위 등의 용량 측면에서의 확인사항 뿐만 아니라 원력검침 등의 ZEB 대응에 필요한 사항도 함께 검토할 필요가 있음을 확인할 수 있었다.

제4장 공동주택의 공기열원 히트펌프 설계 방안

4.1 공기열원 히트펌프 적용 공동주택 설계 방안

○ 본 연구에서는 기존 공동주택에 공기열원 히트펌프를 설치할 경우 발생하는 설계 변경 사항에 대하여 건축, 기계 및 전기 공종 별로 검토 범위를 결정하고 설계 변경에 필요한 사항을 도출하는 것을 목적으로 하고 있다.

○ 이와 관련해서 3장에서는 건축, 기계, 전기 공종에 따른 설계 변경 범위를 결정하였으며, 실제 공동주택 히트펌프 적용을 위하여 표 4-1과 같이 현재 지역난방 단지로 설계되어 시공 중에 있는 성남복정 C2블록을 대상으로 전전화 공동주택으로 변경시 고려해야 할 사항에 대하여 검토하였다.

○ 표 4-1은 전전화를 검토하고 있는 대상 단지의 개요를 나타내고 있다. 총 253세대의 지역난방 방식의 단지로서 연 면적은 약 27천㎡, 층고는 15층으로 구성된 단지이다. 평형별 세대수는 29타입 97세대, 37타입 108세대, 46타입 48세대로 세대 당 거주원수는 1~2인 수준으로 추정할 수 있다.

○ 표 4-2는 단지의 배치도와 조감도를 나타내고 있다. 본 연구에서는 해당 단지의 난방과 급탕 부하를 기본으로 하여 공기열원 히트펌프 적용 방법에 따른 기계, 전기, 건축에 대한 설계 변경 요소에 대하여 다음과 같이 설정하였다.

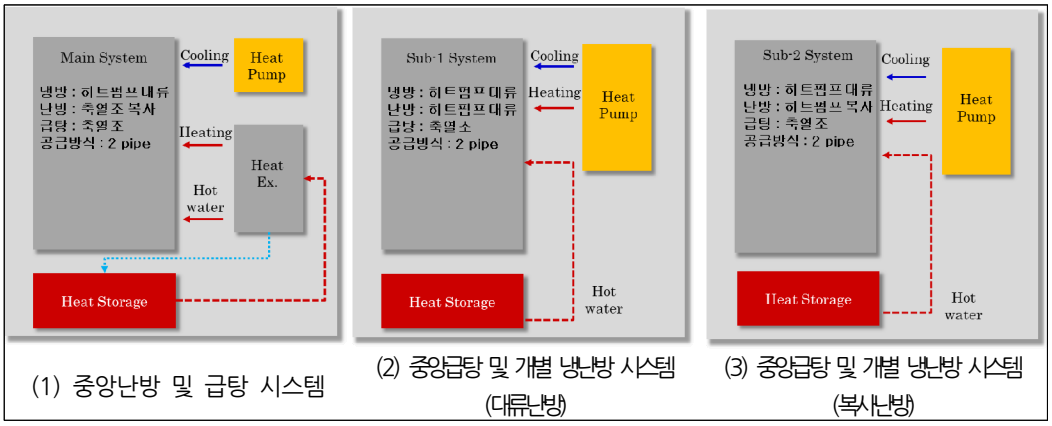
[표 4-1] 검토단지 개요

대지면적	유형	호수	연면적	최고층수	평형별 세대수			난방방식	추진일정
					29㎡	37㎡	46㎡		
6,642㎡	국민	253	27,121.1㎡	15층	97	108	48	지역난방	'25.6 착공

[표 4-2] 검토단지 배치도 및 조감도

〈 배치도 〉	〈 조감도 〉
	

○ 기존 지역난방 단지를 바탕으로 그림 4-1에서 제시하는 공동주택 공기열원 히트펌프의 3가지 모델을 대상으로 전전화 공동주택에 대하여 다음과 같이 검토를 진행하였다. 우선 250세대의 급탕 과 난방 부하를 산출하여 히트펌프 용량과 축열조 용량을 산정한 후 히트펌프와 축열조를 설치하기 위한 추가 공간 확보 면적을 특정하였으며, 세대내에 히트펌프를 설치하는 모델에 대해서는 추가 실외기 면적을 검토하여 향후 건축 설계에 반영하도록 하였다.



[그림 4-1] 공동주택 전전화 주택 모델

○ 아울러 전기공사 측면에서는 우리 공사 단위세대 부하산정 기준을 바탕으로 현재 판매 중인 히트펌프를 세대 내에 설치 시 변경되는 정도를 확인 후 , 세대 내 히트펌프 설치의 가능성을 확인하였다. 더불어 비상부하 전력의 변동 사항과 수배전 설비에 미치는 영향 정도를 반영하여 공기열원 히트펌프를 설치시 필요한 전기 공사의 변경 사항을 분석하였다.

○ 마지막으로 공기열원 히트펌프를 공동주택에 처음 설치하는 것을 반영하여 민원의 소지, 관리의 용이성 등을 반영하여 일체형 시스템을 지하에 설치하는 방안을 우선 검토하였다. 특히, 지하에 설치시 히트펌프 가동에 필요한 풍량 확보를 위하여 기계실의 그릴 면적을 확보하도록 고려하였으며, 유지관리 등의 목적을 위하여 히트펌프와 축열조는 별도의 공간으로 구획하여 기계실에 배치하는 것을 원칙으로 하였다.

4.2 공기열원 히트펌프 설치를 위한 기계 공종 검토사항

(1) 250세대 난방 및 급탕 부하 산정

○ 히트펌프 용량 설계의 근거가 되는 급탕 및 난방 부하 산정의 경우 LH 공사에서는 기구급수 부하단위를 활용한 FU 값을 적용하여 총 유량과 열량을 산출하는 방식을 활용하고 있다. 특히 온수의 공급 방법이 가열수를 공급하는 통합배관 방식으로 전환됨에 따라 난방과 급탕을 중앙에서 공급하는 경우 동시 사용율을 반영하여 세대당 3FU값을 준용하며, 이를 통하여 산출된 유량 FU 값을 유량(LPM)단위로 환산하여 필요한 히트펌프의 용량을 결정하였다.

○ 더불어 중앙급탕 및 개별 냉난방시스템의 경우 급탕은 중앙에서, 난방은 세대 내에서 공급하는 방식을 적용할 경우 LH 급탕 부하용량 산정 기준에서는 세대 당 2FU를 적용함에 따라 같은 방법으로 급탕 전용 히트펌프의 용량을 결정하였다.

○ 구체적인 용량 산정 방법은 다음과 같다. 우선 식1과 같이 전체 세대수에 기구급수 부하 단위(이하, FU)를 적산하여 총 FU 값을 산정한다. 산정된 FU 값은 그림 4-2의 가열수 배관 유량 DATA를 기준으로 동시 사용율을 고려한 분당 유량(LPM)을 결정하게 되며, 식 2와 같이 공급온도(65℃), 환수온도 (45℃), 물의 비열의 관계식을 활용하여 총 필요 열량을 산출하게 된다.

· 식 1

$$\text{총 유량} = 3FU/\text{세대} \times \text{세대수} \text{ (급탕 공급세대는 2FU)}$$

유량 Fu	유량 (LPM)	관경 (mm) (1.2MPa 미만-열교환실)	관경 (mm) (1.2MPa 미만-주차장)	관경 (mm) (1.2MPa 이상)	마찰저항 (mmAq)	유속 (m/s)
1420	2226	150A	150A	150A		
	1251	125A	125A	125A		
1420	984	125A	125A	125A	17	1.37
1410	979	125A	125A	125A	17	1.37
1400	975	125A	125A	125A	17	1.36
1390	970	125A	125A	125A	17	1.35
1380	966	125A	125A	125A	17	1.35
1370	961	125A	125A	125A	16	1.34
1360	956	125A	125A	125A	16	1.34
1350	952	125A	125A	125A	16	1.33
1340	947	125A	125A	125A	16	1.32
1330	943	125A	125A	125A	16	1.32
1320	938	125A	125A	125A	16	1.31
1310	933	125A	125A	125A	15	1.3
1300	929	125A	125A	125A	15	1.3
1290	924	125A	125A	125A	15	1.29
1280	919	125A	125A	125A	15	1.28
1270	915	125A	125A	125A	15	1.28
1260	910	125A	125A	125A	15	1.27
1250	905	125A	125A	125A	15	1.26
1240	900	125A	125A	125A	15	1.26
1230	896	125A	125A	125A	14	1.25
1220	891	125A	125A	125A	14	1.24
1210	886	125A	125A	125A	14	1.24
1200	882	125A	125A	125A	14	1.23
1180	872	125A	125A	125A	14	1.22
1160	863	125A	125A	125A	13	1.2
1140	853	125A	125A	125A	13	1.19
1130	848	125A	125A	125A	13	1.18
1120	843	125A	125A	125A	13	1.18
1110	838	125A	125A	125A	13	1.17
1100	833	125A	125A	125A	13	1.16
1080	824	125A	125A	125A	12	1.15
1070	819	125A	125A	125A	12	1.14
1060	814	125A	125A	125A	12	1.14
1050	809	125A	125A	125A	12	1.13
1040	805	125A	125A	125A	12	1.12
1030	800	125A	125A	125A	12	1.12
1020	795	125A	125A	125A	12	1.11
1010	790	125A	125A	125A	11	1.1
1000	785	125A	125A	125A	11	1.1
990	779	125A	125A	125A	11	1.09
980	774	125A	125A	125A	11	1.08
970	769	125A	125A	125A	11	1.07
960	764	125A	125A	125A	11	1.07
950	759	125A	125A	125A	11	1.06
940	753	125A	125A	125A	10	1.05
930	748	125A	125A	125A	10	1.04
920	743	125A	125A	125A	10	1.04
910	737	125A	125A	125A	10	1.03
900	732	125A	125A	125A	10	1.02
880	721	125A	125A	125A	10	1.01

[그림 4-2] 유량 산정을 위한 가열수 배관 유량 DATA

중앙난방 및 급탕 시스템 용량 산정 식

· 식 2

$$Heat\ Pump(Kcal) = (LPM \times 60) \times (60 - 45) \times 1Kcal/kg \cdot k$$

주1) 가열수 유량 (LPH) : 분당 유량 LPM × 60분
주2) 65℃기준 물의밀도
주3) 물의비열 : 1Kcal/kg·k
주4) t1 급탕 공급용 시수온도

○ 식 2는 중앙급탕 시스템의 용량 산정 방법을 나타내고 있다. 구체적으로는 중앙난방 및 급탕 방식과 동일한 방식으로 세대당 2FU를 적산하여 총 LPM 값을 도출 후 식 3과 같이 공급온도(65℃), 시수공급온도(t1) , 물의 비열의 관계식을 활용하여 총 필요 열량을 산출하게 된다. 한편, 계절별로 시수 공급 온도에 따른 열량 차이가 현저하게 발생할 수 있기 때문에 본 연구에서는 서울시 소재 LH 공동주택 단지의 시수 온도 측정 결과를 바탕으로 표 4-3의 시수 온도를 바탕으로 시스템 용량을 설정하였다.

중앙 급탕 방식 부하 산정 식

· 식 3

$$Heat\ Pump(Kcal) = (LPM \times 60) \times (60 - t_1) \times 1Kcal/kg \cdot k$$

주1) 가열수 유량 (LPH) : 분당 유량 LPM × 60분
주2) 65℃기준 물의밀도
주3) 물의비열 : 1Kcal/kg·k
주4) t_1 급탕 공급용 시수온도

[표 4-3] 급탕 부하 계산을 위한 월별 시수온도

월별 시수 온도 (℃)												
월	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
온도	5	4	8	15	17	22	25	23	22	21	13	8

(2) 히트펌프 및 축열조 용량

○ 중앙난방 및 급탕 시스템 기준으로 세대 당 기구 부하수 3FU를 설정할 경우 총 750FU가 산출되며, 유량 환산으로는 약 650LPM에 해당 된다. 이를 시간당으로 환산하게 되면 약 39,000L/h이며, 전술한 바와 같이 급수온도 60℃, 환수온도 45℃를 적용 시 필요 열량은 약 670kW로 산출되었다.

○ 동일한 방법으로 중앙 급탕 방식의 필요 열량은 약 500 kW로 산정되며 이를 바탕으로 중앙급탕 및 중앙난방의 히트펌프 용량은 현재 시판 중인 일체형 히트펌프 중 단위 장비 용량 140kW / 대를 적용 시 설치 용량은 700kW(5대)이며, 같은 방법으로 중앙급탕 방식의 경우 560kW를 시스템 설치 용량으로 결정하였다.

전원		-	3상 4선, 380 V 3N~,60 Hz	3상 4선, 380 V 3N~,60 Hz	3상 4선, 380 V 3N~,60 Hz
냉방 능력(정격)		kW	65	74	130
난방 능력(정격)		kW	70	82	140
소비전력	냉방(정격)	kW	21.67	26.43	43.33
	난방(정격)	kW	20.0	24.12	40.00
효율	EER	W/W	3.00	2.80	3.00
	COP	W/W	3.50	3.40	3.50
	IPLV	W/W	5.9	5.9	5.9
크기	W	mm	765	765	1528
	H	mm	2210	2210	2210
	F	mm	2154	2154	2154
무게		kg	521	521	972
냉매	Type	-	R32	R32	R32
	충전량	kg	4.7 x 2	4.7 x 2	4.7 x 4
	GWP	-	675	675	675
소음	냉방	dB(A)	67	68	68
	난방	dB(A)	67	68	68
운전범위(외기)	냉방	°C	-15 ~ 52	-15 ~ 52	-15 ~ 52
	난방	°C	-30~35	-30~35	-30~35
출수 범위(부하)	냉방	°C	4~25	4~25	4~25
	난방	°C	30~60	30~60	30~60

[그림 4-3] 일체형 히트펌프 장비사양 (L사)

○ 이러한 방법으로 세대 수 증가에 따른 공기열원 히트펌프의 용량을 검토해 보면 중앙난방 및 급탕 방식 기준으로 500세대의 경우 필요 열량은 1,051.7kW로 약 1,050kW(7대), 1,000세대의 경우 필요 열량은 1,694.9kW로 140kW 히트펌프 13대가 필요할 것으로 분석되었다. 다만, 현재의 히트펌프 용량 산정 방법은 최대 부하 산정법으로 설계 되기 때문에 실제 소비량 등을 고려하여 시스템 용량 산정 방식에 대한 검토가 필요하다.

[표 4-4] 250세대 히트펌프 산정 상세

항목	계산식 및 상수	산출 결과
시간당 유량	750LPM×60min	39,000L/h
급탕 온도 조건	출탕 60◦C / 입수 45◦C	ΔT=15◦C
총 소요 열량	39,000×0.9832(밀도)×1(비열)×15	575,172kcal/h
소요 동력(KW)	575,172kcal/h÷859.8452	668.93kW

○ 한편, 축열조 용량의 산정 방식은 시간당 사용량의 1.2배~1.5배의 여유율과 저탕계수를 반영하여 축열조 용량을 설정하게 된다. 본 연구에서는 히트펌프를 처음 설치하고 공동주택에 설치하는 세부 기준이 명확하지 않은 점을 고려하여 시간당 급탕 사용량에 여유율 20%, 저탕계수 25%를 적산하여 축열조 용량을 산정하였다. 이를 통하여 산출 된 축열조의 용량은 중앙난방 및 급탕 방식의 경우 시간당 58,500 Liter로 최대 60㎥의 축열조가 필요한 것으로 계산 되었다. 동일한 방식으로 중앙 급탕 방식에서는 약 44㎥ 정도로 축열조 용량이 산정 되었다.

○ 다만, 히트펌프 용량에서 언급한 바와 같이 시수온도에 따른 히트펌프의 가열 능력에 대한 검증이 이루어지지 않아 축열조의 용량이 다소 크게 설정 되었을 가능성이 높기 때문에 향후 히트펌프의 가열능력을 고려한 상세 시뮬레이션 등을 통해서 축열조의 정확한 용량 산정 기준 마련이 필요하다.

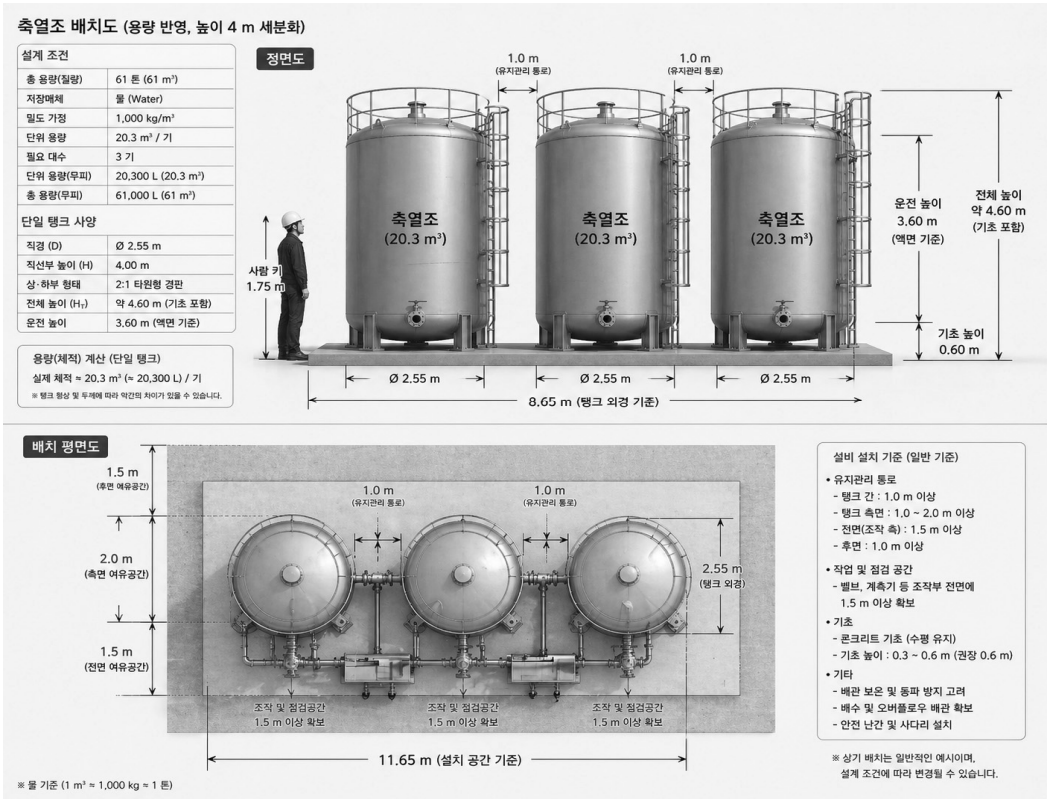
○ 그림 4-4는 60㎥의 축열조를 건축기계설비 유지관리 기준에 따라 배치한 개념도를 나타내고 있다. 건축기계설비 유지관리 기준에서는 장비와 장비간의 거리, 최소 높이 등을 확보하여 장비와 설비의 유지관리 및 점검 등에 지장이 발새하지 않도록 규정하고 있다. 이를 반영하여 축열조 설치면적을 산정한 결과 최소 50~60㎡의 설치면적이 필요한 것으로 분석 되었다.

축열조 용량 산정 식

· 식 4

$$Heat\ Storage(m^3) = (LPM \times 60) \times (1.2 \sim 1.5) \times \gamma$$

주1) 시간당 급탕 유량 (LPH) : 분당 유량 LPM × 60분
주2) 여유율 : 1.2~1.5
주3) 저탕계수(γ) : 1.25



[그림 4-4] 60㎥ 축열조 설치 개념도

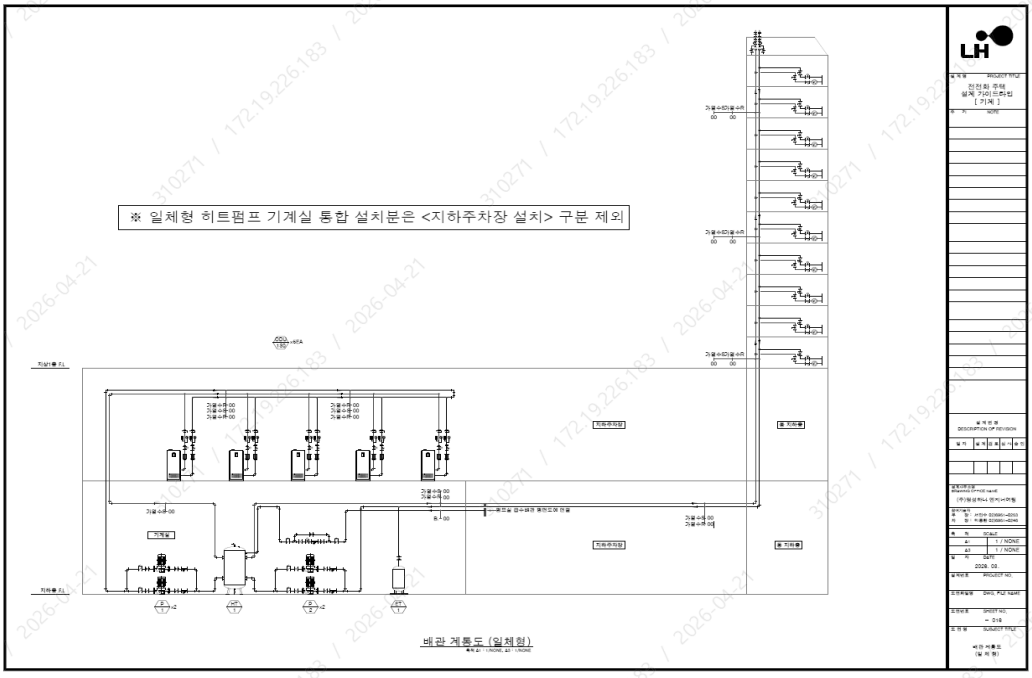
(3) 기계실 및 공기열원 히트펌프 실외기실 면적

○ 그림 4-5~7은 중앙난방 및 급탕 방식의 배관계통도, 열흐름도 및 장비 배치도를 나타내고 있다. 전술한 바와 같이 60㎥ 규모의 축열조 설치를 고려할 경우 50㎡ 이상의 소요 면적이 필요함에 따라 본 연구에서는 히트펌프 가동시간의 확보를 가정하여 축

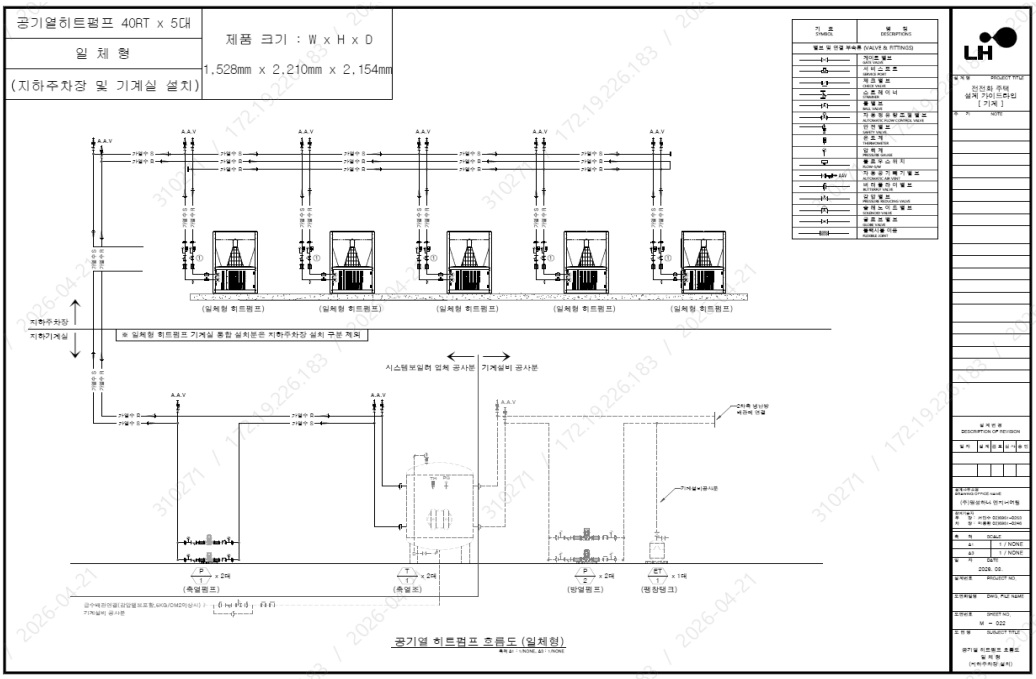
열조의 용량을 30㎥ 수준으로 억제하고 기계실 면적을 설정하였다. 이를 바탕으로 산정된 기계실 소요 면적은 약 200 ㎡ 정도이며, 기존 지역난방 방식의 기계실 약 100㎡ 대비 2배 이상의 면적이 필요한 것으로 분석 되었다.

○ 그림 4-8은 기존 에어컨과 공기열원 히트펌프 설치에 필요한 실외기 실의 면적을 비교한 결과로, 세대 내에 냉방전용 에어컨을 설치할 경우 필요한 실외기실 면적은 1,380×430(0.6㎡) 수준이며, 공기열원 히트펌프를 설치 시 1,780×450(0.8㎡)으로 약 35% 정도 추가 면적이 필요한 것으로 산출되었다.

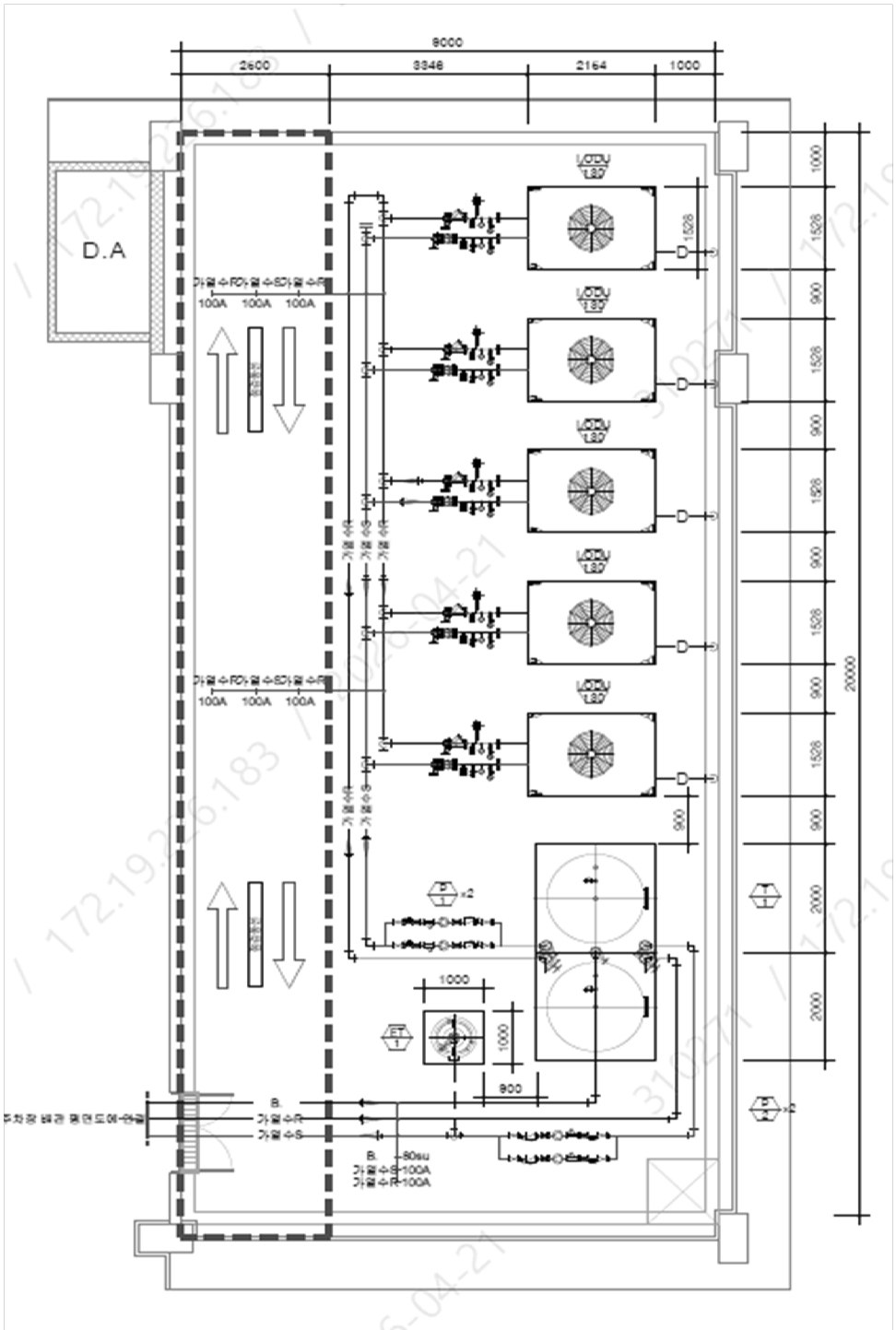
○ 특히 복사 난방 대응 공기열원 히트펌프를 설치 시 부대 설비 등에 대한 검토가 추가적으로 필요할 수 있으며 실외기 실에는 전열교환기 등의 설비도 함께 설치하기 때문에 향후 실외기실 면적 산정 시에는 현재 판매중인 제품의 사양 등을 충분히 검토하여 실외기실 면적을 확보하는 것이 필요하다.



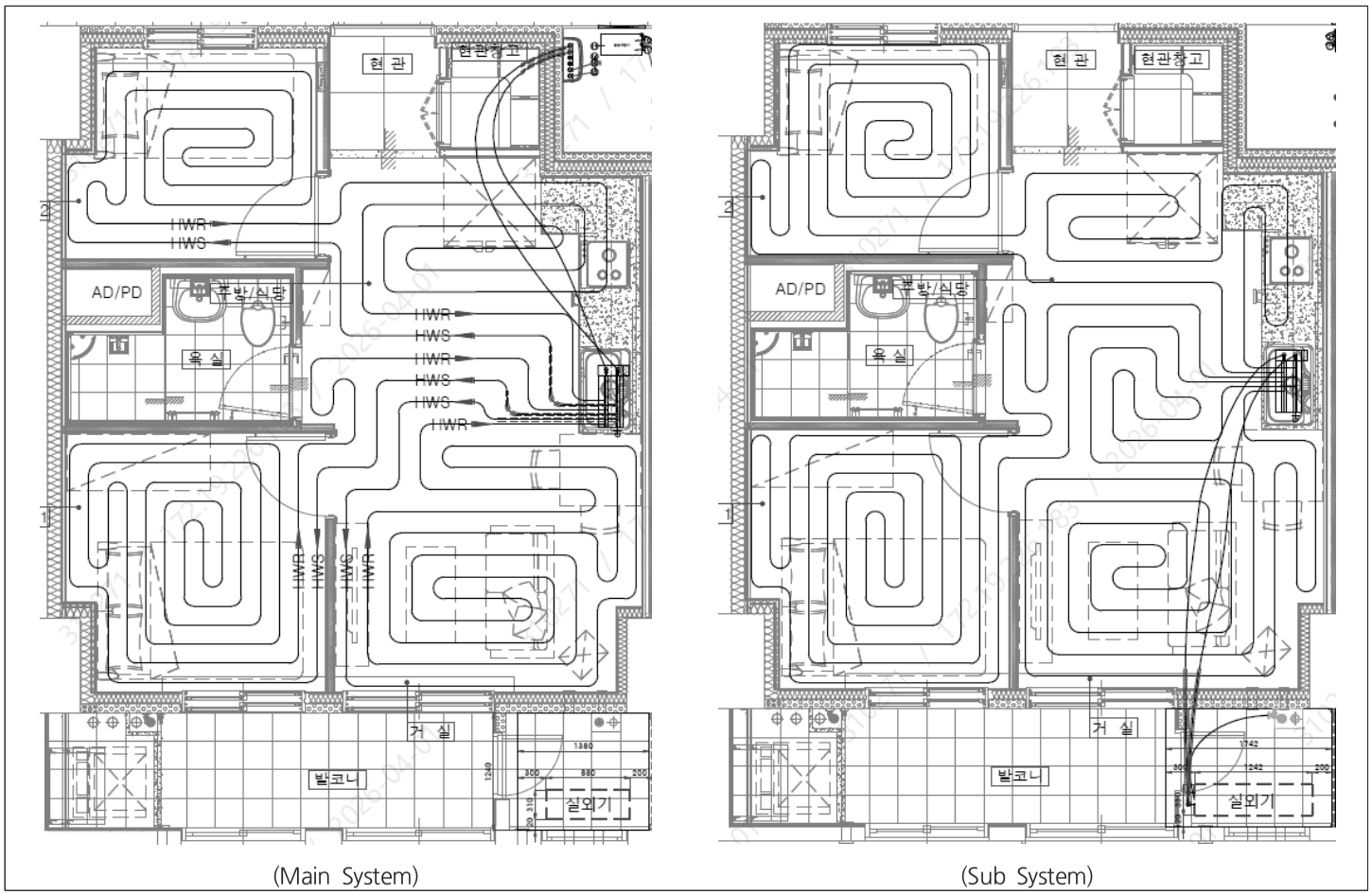
[그림 4-5] 중앙난방 및 급탕 방식의 배관 계통도



[그림 4-6] 중앙난방 및 급탕 방식의 열 흐름도



[그림 4-7] 중앙난방 및 급탕 방식 기계실 배치도



[그림 4-8] 에어컨 및 공기열원 히트펌프 실외기실 면적 차이

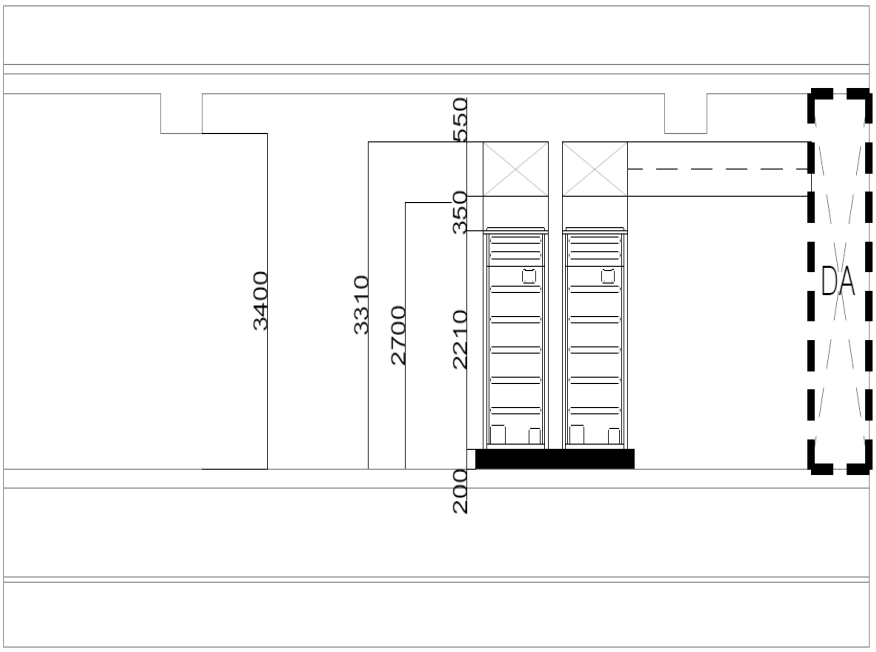
(4) 히트펌프 설치를 위한 상부 높이 확보

○ 공기열원 히트펌프(ASHP)를 지하공간에 설치 시, 상부 높이(천장고) 확보는 배기 기류의 원활한 토출과 유지보수 공간 확보라는 두 가지 측면을 고려할 필요가 있다. 대부분의 대용량 일체형 히트펌프는 상부 토출 방식이 많으며, 이를 기준으로 할 때 장비 상단으로부터 천장(또는 보 하단)까지 최소 1,000mm ~ 1,500mm 이상을 확보할 필요가 있으며 상부에 배기 덕트를 연결한다면 장비 높이 + 덕트 엘보의 곡률 반경 + 유지보수 공간의 합산된 높이가 필요하다.

○ 아울러 상부 높이 확보가 중요한 이유는 장비 상단과 천장 사이의 거리가 너무 가까우면, 팬에서 토출되는 공기가 천장에 부딪혀 와류가 발생할 수 있으며, 결과적으로 급기의 쇼트 서킷 (Short Circuit) 현상이 발생할 수 있기 때문이다. 구체적으로는 상부 공간이 협소하면 토출된 공기가 멀리 퍼지지 못하고 기계실 내부에 정체되며 이 공기가 다시 장비 측면의 흡입구로 빨려 들어가는 열 단락 현상이 발생할 수 있는 문제가 있다.

○ 이러한 현상이 지속되면 동절기에는 겨울철에는 영하의 공기를 다시 흡입하여 제상 운전이 무한 반복되거나, 여름철에는 과열로 인해 장비의 이상 작동으로 연계될 수 있기 때문에 충분한 높이와 배출 기류의 정압을 확보하는 것이 필요하다. 이를 극복하기 위해서는 기본적으로 상부 높이의 확보와 함께 덕트를 연결하여 토출 된 공기가 외부로 원활하게 배출 될 수 있는 구조를 가져야 하며, 히트펌프 설치 시 덕트를 연결하여 배기를 유도할 수 있는 충분한 높이를 확보하는 것이 필요하다.

○ 아울러서 히트펌프 설치 시 상부에는 각종 배관 등이 설치 될 경우 보수, 점검 및 누수 등에 따른 고장의 원인으로 작용할 수 있으며, 일례로 본 연구에서 검토하고 있는 일체형 히트펌프의 경우 외형치수(1,528(W)x2,210(H)x2,154(D))를 고려하여 지하주차장 상부 보(Beam)와의 간섭을 피할 수 있는 공간을 확보하여 설치 위치를 결정해야 한다.



[그림 4-9] 연료전지 설치 확보를 위한 상부 공간 확보

(5) 공기열원 히트펌프의 지하공간 설치에 따른 고려사항

○ 공기열원 히트펌프는 대기 중의 공기를 열원으로 활용하여 냉난방 에너지를 생산하는 장치로, 에너지 효율(COP)이 외기 온도와 풍량에 직접적인 영향을 받게된다. 최근 도심지 건축물의 부지 활용도를 높이기 위해 옥상 대신 지하 기계실이나 별도의 지하 공간에 일체형 히트펌프를 설치하는 사례가 늘고 있지만, 지하 공간은 밀폐된 특성상 외기 도입과 배기가 원활하지 못할 경우 채열과 방열 효율이 낮아질 수 있다.

○ 지하 공간에서 풍량이 부족하게 되면 가장 먼저 열 단락(Thermal Short Circuit) 현상이 발생하며 이는 장비에서 배출된 차갑거나 뜨거운 공기가 외부로 완전히 빠져나가지 못하고 다시 흡입구로 유입되는 현상으로, 이로 인하여 히트펌프의 증발 및 응축 효율이 저하될 가능성이 있으며 제상운전의 가능성이 높아질 수 있다.

○ 또한, 지하 설치를 위해서는 필연적으로 덕트(Duct)를 연결하게 되는데, 일체형 히트펌프에 내장된 팬은 일반적으로 정압이 낮게 설계 되어있기 때문에 덕트의 마찰 저항이나 루버의 저항을 극복하지 못할 경우 충분한 배기가 이루어지지 않고 정격 풍량보다 현저히 적은 공기만이 순환하게 되어, 장비의 고압 수동 정지나 동절기 제상 운

전 빈도 증가 등의 문제를 야기할 수 있는 문제를 예상할 수 있다.

○ 이를 보완하기 위해서는 정밀한 압력 손실 계산 및 보조 송풍기 적용이 필수적이며, 장비 제조사에서 제공하는 내장 팬의 특성 곡선을 분석하여, 지하에서 외부 DA(Dry Area)까지 연결되는 덕트 계통의 압력 손실을 고려하여 충분한 배기 효율을 확보하는 것이 필요하다. 만약 내장 팬의 정압만으로 부족할 경우에는 인버터 제어가 가능한 보조 송풍기를 설치하여 부족한 정압을 보완해야 하며 보조 송풍기는 히트펌프의 운전 상태와 실시간으로 연동하여 불필요한 에너지 소비를 억제해야 한다.

○ 그 외에도 채열을 위한 루버 등의 개구부 면적을 충분히 확보하여 채열과 방열에 필요한 기류를 확보하는 것이 필요 하다. 구체적으로는 지상, 지하에 노출되는 흡입/배기 루버는 건축 외관뿐만 아니라 공기열원 히트펌프 가동에 필요한 풍량의 확보를 위한 유효 개구율을 반드시 검토해야 한다.

○ 일반적으로 루버는 50~70% 정도의 개구율을 가지지만, 자연환기 만으로는 충분한 풍량을 확보할 수 없기 때문에 루버의 통과풍속과 저항 등을 고려하여 히트펌프 가동에 필요한 충분한 풍량을 확보할 수 있도록 해야하며, 제품마다 상이하지만 일반적으로 800~900CMM 수준의 풍량을 확보할 수 있는 공간 구성이 필요하다.

4.3 공기열원 히트펌프 설치를 위한 전기 공종 검토사항

(1) 단위세대 부하 산정

○ 전기 공사의 가장 기본이 되는 단위세대 부하의 변화는 전체 전기 공사의 변경 범위를 결정하게 되며, 특히 본 연구에서 검토하고 있는 중앙급탕 및 개별 냉난방 방식에서 면밀하게 검토될 필요가 있다. 표 4-5는 LH 공사의 단위세대 부하용량 설계기준은 전용면적의 규모에 따라 대용량 기기의 실부하가 변경되게된다. 여기서 대용량 기기는 에어컨, 인덕션 등의 순간 소비 전력이 큰 기기에 대응하기 위함이며, 공기열원 히트펌프를 세대내에 설치시 대용량 기기의 실부하 변동에 영향을 미치게 된다. 현재 LH 공사에서는 29㎡ 이하의 공동주택에 대하여 냉방능력 0.8kW의 에어컨을 설치하고 있으며, 그 외 면적에 대해서는 입주자가 소형 에어컨을 설치하고 있는 상황이다.

○ 한편, 표 4-6은 현재 시판 중인 냉난방 겸용 히트펌프의 소비전력을 나타내고 있으며, L사의 경우 소비전력 기준 약 3kW, S사의 경우 3.5kW의 제품을 판매하고 있는 등 현재 판매중인 제품을 LH에서 공급하는 주택에 설치하기에는 용량이 과대해 질 수 있는 문제가 발생한다. 구체적으로는 해당 제품을 설치할 경우 단위세대 부하는 표 4-7과 같이 모든 세대의 단위세대 부하가 증가하게 되며, 이는 결과적으로 세대내 및 공용부의 간선 설비 증가와 수배전 설계 용량 변화로 이어지게 된다.

[표 4-5] LH 공사 단위세대 부하용량 설계기준

설계변경 검토사항	LH 설계기준
단위세대 부하용량	전용면적(㎡) x 표준부하(30VA/㎡) + 대용량기기 실부하*(VA) * 대용량기기 가산부하 : 3KVA(전용면적 60㎡이하),4KVA(전용면적 60㎡초과)

[표 4-6] 현재 시판중인 Sub system 적용 히트펌프 사양(소비전력 기준)

구분	L사	S사
중앙급탕 및 개별대류냉난방 (29,37,46 TYPE)	2.88 kW	2.84 kW
중앙급탕 및 개별복사냉난방 (29,37,46 TYPE)	3.46 kW	-

[표 4-7] 2,000VA 이상 히트펌프 설치 시 단위세대 부하 변동 사항

구분		LH 설계 기준	전전화(全電化) 주택 설계 기준
중앙급탕 중앙난방	29 TYPE	3,870VA	3,870VA
	37 TYPE	4,110VA	4,110VA
	46 TYPE	4,380VA	4,380VA
중앙급탕 개별냉난방 (대류)	29 TYPE	3,870VA	4,750VA
	37 TYPE	4,110VA	4,990VA
	46 TYPE	4,380VA	5,260VA
중앙급탕 개별냉난방 (복사)	29 TYPE	3,870VA	5,330VA
	37 TYPE	4,110VA	5,570VA
	46 TYPE	4,380VA	5,840VA

○ 특히 단위세대 부하의 증가는 결과적으로 세대내 간선과 공용부 간선의 용량 증가로 이어지게 되며 공사비 등의 증가에도 직접적으로 연결이 되는 등의 문제를 유발하게 된다. 이러한 문제에 대응하기 위해서 본 연구에서는 향후 공동주택에 히트펌프가 설치에 대한 적정 설비 용량이 판매되는 것을 고려하여 냉방능력 기준 벽걸이형은 1,000VA를, 멀티형은 1,500VA~2,000VA 제품을 설치하는 것으로 가정하였으며, 공기열원 히트펌프의 경우 냉방과 난방에 대응하기 때문에 표 4-8과 같이 히트펌프 설치 시 대용량 기기 부하에서 2,000VA를 제하는 것으로 설정하였다.

[표 4-8] 히트펌프 세대내 설치에 따른 대안

구 분	설계 기준
① 기존 설계기준	전용면적(㎡) x 표준부하(30VA/㎡) + 대용량기기 실부하(VA) * 대용량기기 실부하 : 3,000VA(전용면적 60㎡이하), 4,000VA(전용면적 60㎡초과)
② 전전화 주택 설계 기준	(1) 세대 히트펌프 소비전력 2,000(VA) 초과 시 : 전용면적(㎡) x 표준부하(30VA/㎡) + 대용량기기 실부하(VA)+ (세대히트펌프 부하용량 - 2,000)
	(2) 세대 히트펌프 소비전력 2,000(VA) 이하 시 : 전용면적(㎡) x 표준부하(30VA/㎡)+ 대용량기기 실부하(VA)

[표 4-9] LH 설계기준을 고려한 히트펌프 설치 시 단위세대 부하 변동 사항

구분		LH 설계 기준	전전화(全電化) 주택 설계 기준
중앙급탕 중앙난방	29 TYPE	3,870VA	3,870VA
	37 TYPE	4,110VA	4,110VA
	46 TYPE	4,380VA	4,380VA
중앙급탕 개별냉난방 (대류)	29 TYPE	3,870VA	3,870VA
	37 TYPE	4,110VA	4,110VA
	46 TYPE	4,380VA	4,380VA
중앙급탕 개별냉난방 (복사)	29 TYPE	3,870VA	3,870VA
	37 TYPE	4,110VA	4,110VA
	46 TYPE	4,380VA	4,380VA

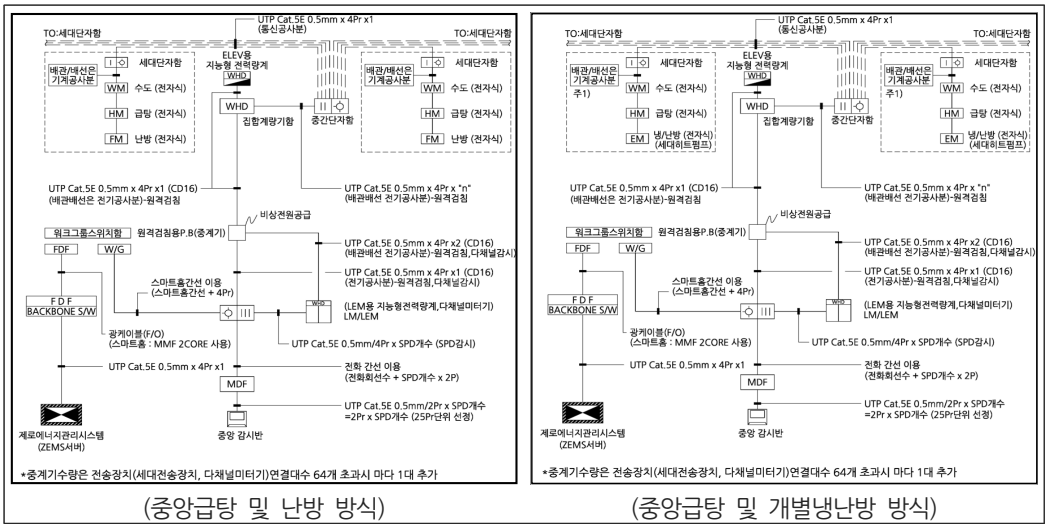
(2) 원격검침 항목

○ 제로에너지 건축물 인증제 기준에 따르면 공동주택의 경우 2종이상 에너지원과 3종 이상이 용도 등의 검침이 의무화 되어 있다. 따라서 중앙 난방, 중앙 급탕 방식의 경우 세대별 소비량과 기계실의 소비량이 함께 검침되어야하며, 중앙급탕 및 개별 냉난방 방식역시 세대와 기계실 모두 용도별로 검침이 필요한 상황이다.

○ 이러한 조건을 만족하기 위해서 가장 먼저 해결해야 하는 문제는 단위세대 내 전력 소비량 부분에서 난방과 냉방에 대한 계측이 가능하도록 설계하는 것이다. 특히 냉난방용 히트펌프에 대한 소비전력 상승에 대응하여 향후 전용 요금제 등의 출현이 예상됨에 따라 히트펌프에서 소비되는 전력량의 계측이 가능해져야 할 것으로 검토되었다. 다만 현재 시판 중인 공기열원 히트펌프는 해당 사항에 대한 기능을 제시하고 있지 않으므로 향후 추가적인 기술개발을 통하여 원격 검침에 대응할 수 있는 제품 개발이 요구된다.

○ 한편 본 연구에서는 향후 히트펌프의 공동주택 안착을 위해서 해당 부분에 대한 기술적인 개선 사항을 고려하되 설계에 필요한 항목을 아래의 그림 4-10과 같이 제시함으로서 공동주택에 히트펌프가 설치되어 제로에너지 건축물 인증제에 대응할 수 있는 조치를 강구하였다. 이를 바탕으로 공동주택 전전화를 위한 설계 가이드라인에

해당 사항을 포함하여 향후 공기열원 히트펌프를 설치 시 원격검침이 가능하도록 설계 가이드라인에 반영하였다.



(중앙급탕 및 난방 방식) (중앙급탕 및 개별냉난방 방식)

[그림 4-10] 각 방식에 따른 원격검침 설비 계통도

(3) 비상전원 용량 산정

○ LH 공사의 전기공사 설계지침에 따르면 비상전원 공급 대상의 범위는 공용부 측면에서 급수, 소화 펌프 등의 반송 설비 및 액화가스 저장시설 , 비상조명 등의 소화에 필요한 설비를 대상으로 하고 있다. 구체적으로는 세대 내에서는 홈네트워크, 온수분배기, 히트펌프 등의 난방 설비와 정보 설비를 대상으로 하고 있으며, 공동주택의 비상전원 대상이 되는 설비는 표 4-10과 같으며, 국내의 경우 총 3kW에 대하여 공급압력 220V를 고려한 후 여유율을 반영하여 16A로 설정하는 것이 일반적이다.

○ 다만, 전술한 바와 같이 공기열원 히트펌프의 용량을 현재 시스템으로 설치할 경우 비상전원의 용량이 증가함에 따라 16A 이상으로 상향될 수 있으며, 아울러 비상전원에 대해서는 정전시에 전기를 공급할 수 있도록 독립 회로로 간선을 설계해야 하며, 히트펌프 역시 난방 설비로 간주되기 때문에 비상 전원 대상에 포함시켜 검토할 필요가 있다.

[표 4-10] 공동주택의 비상전원 대상

용도	소비량
조명	200~300 W
냉장고	150~300 W
보일러	100~200 W
통신	50~100 W
환기	100~200 W
콘센트 여유	1~2 kW
총합	2.5~3.0kW

○ 따라서 히트펌프의 용량에 따라 비상전원 대상 용량이 증가할 경우 16A 이상인 경우와 이하인 경우에 대하여 검토할 필요가 있다. 다만 본 연구에서는 전술한 바와 같이 주택의 공급 면적 등을 반영하여 히트펌프의 용량을 1~2kW 수준으로 설정하였기 때문에 세대 비상전원에 대한 설계안은 표 4-11과 같이 설정하였다.

[표 4-11] 히트펌프 설치에 따른 세대별 APU 용량

구 분	APU 소비전력		
	지역난방	개별난방	전전화 주택
現 설계기준	홈네트워크(60W)+ 온수분배기(50W)=110W (세대당 110W 적용)	홈네트워크(60W)+ 온수분배기,보일러(200W)+ 보일러발열선,CO경보기(40W) =300W (세대당 300W 적용)	-
중앙급탕 중앙난방	-	-	홈네트워크(60W)+ 온수분배기(50W)+ 스마트열복합기(100W) =210W (세대당 210W 적용)
중앙급탕 개별냉난방 (대류)	-	-	홈네트워크(60W)+ 세대히트펌프 (정격전류 16(A)이하인 경우)
중앙급탕 개별냉난방 (복사)	-	-	홈네트워크(60W)+ 온수분배기(50W)+ 세대히트펌프 (정격전류 16(A)이하인 경우)

(4) 비상발전기

○ 공동주택의 비상발전기는 일반 정전 시의 주거 연속성 확보와 화재 시의 인명 구조 및 진압 지원이라는 두 가지 핵심 시나리오를 바탕으로 설계하게 된다. 구체적으로는 일반 정전 상황에서는 전원 공급이 중단되면 비상 발전기의 가동을 통하여 전술한 비상전원 공급 대상에 전원을 공급하며, 입주민의 최소한의 생활권과 안전을 보장하도록 설계하게 된다.

○ 구체적인 공급 범위로는 단지 내 급수를 위한 양수 펌프, 거동이 불편한 약자나 고층 거주자를 위한 엘리베이터, 단지 보안 유지를 위한 CCTV 및 관리실 전원이 포함되며 특히 최근 설계의 핵심인 세대 내 비상전원(16A)은 정전 중에도 냉장고의 음식물 부패를 막고, 월패드를 통해 단지 내 비상 방송을 청취하며 휴대폰을 충전할 수 있게 하여 재난에 대응하도록 설계 되고 있다.

[표 4-12] 공동주택 비상발전기 설계 기준

항목	설계기준
발전기	(1) 급수, 소화, 배수펌프, 전동기부하(기계실,펌프실), 액화가스 저장시설 및 오수처리시설 부하 (2) 승강기 부하 (3) 공용부 전등전열 및 비상조명등 (4) 세대 비상전원

○ 아울러 화재 상황에서의 소방전원 설계 기준의 경우 비상발전기는 정전 여부와 관계없이 소방 설비의 전력 공급원으로서 최우선 순위를 갖게되며 화재의 초기 진압을 위한 소화 펌프(스프링클러, 옥내소화전), 대피로의 시야를 확보하는 비상조명등, 연기를 차단하고 배출하는 제연 설비, 그리고 소방관의 구조 활동에 쓰이는 비상용 승강기 등이 주요 공급 대상으로 작동 된다. 소방 관련 법규에 따라 발전기는 화재 시 고부하의 펌프가 기동할 때 발생하는 과전류를 견뎌야 하며, 건물의 높이에 따라 최소 20분에서 60분 이상 연속 운전이 가능하도록 연료 용량을 확보해야 한다.

○ 최근 설계 방식은 '정전 시 부하'와 '화재 시 부하'를 각각 계산한 후, 둘 중 큰 값을 발전기 용량으로 결정하게 되며, 이를 바탕으로 산정 된 비상발전기 용량은 표 4-13과 같다. 다만, 전술한 히트펌프의 용량을 2000VA를 상회할 경우와 하회할 경우에 대해서 검토시 정전시 비상발전기의 용량은 20% 이상 증가하게 되지만 전술한 바와 같이 비상발전기의 용량을 화재시를 기준으로 설계하기 때문에 실제 발전기의 용량 변화는 발생하지 않는 것으로 나타났다.

[표 4-13] 히트펌프 용량별 공동주택 비상발전기 용량

구 분	발전기 용량 (2000VA 초과)	발전기 용량 (2000VA 이하)
現 설계기준	800KW(1,000VA) (정전시:415KVA, 화재시:966KVA)	800KW(1,000VA) (정전시:415KVA, 화재시:966KVA)
중앙급탕 중앙난방	800KW(1,000KVA) (정전시:696KVA, 화재시:966KVA)	800KW(1,000KVA) (정전시:696KVA, 화재시:966KVA)
중앙급탕 개별냉난방 (대류)	850KW(1,063KVA) (정전시:1,033KVA, 화재시:966KVA)	800KW(1,000KVA) (정전시:809KVA, 화재시:966KVA)
중앙급탕 개별냉난방 (복사)	900KW(1,125KVA) (정전시:1,121KVA, 화재시:966KVA)	800KW(1,000KVA) (정전시:816KVA, 화재시:966KVA)

(5) 간선설비

○ 공동주택의 간선은 크게 다음과 같이 세대간선, 공용부간선, 비상 및 소방간선 및 커뮤니티 간선으로 대별할 수 있으며, 공급되는 부하용량에 따라 간선의 굵기가 결정되게 된다. 한편, 전력 부하밀도는 주택법 및 건축전기설비 설계기준에 따라 세대 면적별 기본 부하(VA/m2)에 가산 부하를 포함하여 산출하게 되며 최종적으로는 모든 세대가 동시에 전기를 최대치로 쓰지 않는 동시사용 개념의 수용율을 반영하여 세대내 부하 용량을 산출하게 된다.

○ 한편 세대내 히트펌프가 설치 시 전술한 바와 같이 난방설비로 분류 됨에 따라 비상전원의 용량이 증가함에 따른 간선 용량이 증가하게 된다. 구체적으로는 표 4-14와 같이 히트펌프를 세대내에 설치시 세대 간선에는 영향을 미치지 않지만 공용부 간선의 경우 기존 설계 기준대비 추가적으로 95㎟ 이 증가되는 것으로 나타났으며 아울러 저층부 입상 트레이의 규격은 기존 규격을 그대로 사용할 수 있는 것으로 분석 되었다.

[표 4-14] 히트펌프 설치에 따른 세대 및 공용부 간선 용량 변화(2,000VA 이하 히트펌프 적용시)

구 분	계량기 간선	LM 간선	LEM 간선	TRAY SIZE
現 설계기준	FCV 50㎟	FCV 150㎟	FR-8 70㎟	R-35
중앙급탕 중앙난방	FCV 50㎟	FCV 150㎟	FR-8 70㎟	R-35
중앙급탕 개별냉난방 (대류)	FCV 50㎟	FCV 150㎟	FR-8 70㎟ FR-8 95㎟	R-35
중앙급탕 개별냉난방 (복사)	FCV 50㎟	FCV 150㎟	FR-8 70㎟ FR-8 95㎟	R-35

4.4 소결

○ 공기열원 히트펌프 설치를 위해서는 전술한 바와 같이 기계 및 전기 설계 기준의 변경이 필수적으로 발생하는 것을 확인하였다. 특히 기계 공종 측면에서는 히트펌프를 지하에 설치할 경우 발생하는 건축적 요소 뿐만 아니라 충분한 급기와 배기를 확보하기 위한 방안 모색이 필요한 것으로 분석 되었다. 설치 면적과 관련해서는 250세대 기준으로 700kW의 히트펌프를 지하에 구축 시 약 200㎡의 기계실 면적이 필요한 것으로 분석되었으며, 다만 히트펌프의 최소 운전시간 및 급탕 소비 형태를 고려한 축열조의 상세 설계를 반영할 경우 기계실 확보에 필요한 면적은 유동적으로 예상할 수 있다.

○ 아울러 현재 판매 중인 냉난방용 공기열원 히트펌프의 용량은 LH가 공급하는 소규모 주택에 설치하기에는 용량이 적합하지 않을 수 있으며, 특히 히트펌프 용량의 과설계는 전기 공사 등의 변경에 직접적으로 연계되어 불필요한 공사비의 증가로 이어질 수 있는 문제가 예상 된다.

○ 한편 전기 공종 측면에서는 단위세대 부하에 영향을 미치는 히트펌프 용량이 지나치게 커질 경우 간선, 비상 전원 등에 직접적으로 영향을 미치게 되며 공사비 증가의 원인으로 작용하게 되는 것으로 분석 되었다. 따라서 장기적인 측면에서 LH에 적합한 히트펌프의 용량을 1,000VA~2,000VA를 설정하고 실제 전기 공사 설계기준에서도 동일한 기준으로 전기 공사에 대한 설계 변경사항을 검토하였다.

○ 분석결과 히트펌프 설치에 따른 세대내 전력 부하의 변동은 2,000VA 이하에서는 발생하지 않는 것으로 나타났으며, 만약 2,000VA 이상의 히트펌프를 설치 시에는 기존 에어컨의 용량으로 고려되었던 2,000VA를 제외하여 중복으로 열원 설비가 대용량 설비에 포함되지 않는 방안을 제시하였다.

○ 아울러 세대의 부하가 증가함에 따른 세대와 공용부 부하에 의한 간선 변화를 분석한 결과 세대내의 간선은 기존 세대내 부하 산정기준에서 벗어나지 않기 때문에 간선의 변화는 발생하지 않았으나, 공용부의 간선은 약 2배이상 발생하는 것을 분석되었다. 더불어 비상발전기의 용량 변화 측면에서는 화재시와 정전시 중 큰 용량을 설정하기 때문에 정전시의 비상발전 용량 증가는 발생할 수있는 것으로 분석되었지만 실제 설치되는 비상발전기의 용량에는 영향을 미치지 않는 것으로 분석되었다.

제5장 결론

○ 본 연구에서는 탄소중립 정책과 건물부문의 에너지 전환 요구에 대응하기 위한 공기열원 히트펌프(Air Source Heat Pump, ASHP)의 공동주택 적용 가능성을 검토하였다. 이를 위해 국내외 정책 동향을 분석하고, 공기열원 히트펌프의 기술적 특성과 한계, 건축·기계·전기 분야별 설계 및 시공 개선사항을 검토하였으며, 250세대 규모의 공동주택을 대상으로 적용성을 분석하였다. 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

○ 우선, 공기열원 히트펌프는 화석연료를 직접 사용하는 기존 보일러 시스템을 대체할 수 있는 대표적인 전기화(Electrification) 기술로서 탄소배출 저감과 에너지 효율 향상 측면에서 높은 잠재력을 보유하고 있음을 확인하였다. 특히 재생에너지 확대와 전력의 저탄소화가 지속될 경우 건물부문의 탄소중립 실현에 핵심적인 역할을 수행할 수 있을 것으로 판단된다. 유럽, 미국, 일본 등 주요 국가에서는 이미 공기열원 히트펌프 보급 확대를 위한 보조금 지원, 설치 의무화, 건물 에너지 규제 강화 등을 적극 추진하고 있으며, 이러한 정책은 국내 건축물의 설비 시스템 전환에도 중요한 시사점을 제공한다.

○ 국내 역시 「2050 탄소중립」 및 「국가온실가스감축목표(NDC)」 달성을 위해 건물부문의 전기화 확대가 요구되고 있으며, 공동주택에서도 친환경 냉난방 시스템 도입이 점차 확대될 것으로 예상된다. 그러나 현재의 제도와 설계 기준은 개별 보일러 중심으로 구축되어 있어 공기열원 히트펌프의 보급 확대를 위해서는 관련 법령, 설계기준, 인증제도 및 유지관리 체계의 개선이 병행되어야 한다.

○ 아울러 기술적인 측면에서는 공기열원 히트펌프가 높은 에너지효율을 확보할 수 있는 장점을 가지고 있으나, 외기온도가 낮은 겨울철에는 성능과 난방능력이 감소하는 특성이 존재한다. 이에 따라 저온환경에서도 안정적인 성능을 확보할 수 있는 압축기 기술, 냉매 기술, 제상제어 기술 및 인버터 제어기술의 지속적인 개발이 요구된다. 또한 실외기의 소음과 진동, 착상 및 제상으로 인한 운전효율 저하, 설치공간 확보 문제는 공동주택 적용 시 반드시 고려되어야 하는 기술적 과제로 확인되었다.

○ 250세대 공동주택 적용 사례를 검토한 결과에서도 기존 중앙난방 또는 개별 보일러 시스템과 비교하여 설계 초기 단계에서 다양한 공종 간 협업이 매우 중요함을 확인하였다. 건축 분야에서는 실외기 설치공간 확보와 유지관리 동선, 방음 및 방진 대책, 결로 및 배수 계획 등이 충분히 고려되어야 하며, 외관 계획과 입면디자인을 동시에 만족할 수 있는 설치방안 마련이 필요하다. 또한 장비의 유지보수와 교체를 고려한 접근성 확보 역시 장기적인 운영 측면에서 중요한 요소로 나타났다.

○ 기계설비 분야에서는 난방 및 급탕 부하를 고려한 적정 용량 선정이 무엇보다 중요하며, 부분부하 운전 효율 향상을 위한 시스템 구성과 축열조 활용, 고효율 순환펌프 적용, 배관 열손실 최소화 등의 설계기법이 필요하다. 또한 겨울철 성능 저하를 고려하여 보조열원 운영방안이나 다중 히트펌프 제어기술을 함께 적용하는 것이 시스템 안정성 확보에 효과적일 것으로 판단된다.

○ 전기 분야에서는 기존 공동주택 대비 전력수요 증가가 가장 큰 변화요인으로 분석되었다. 공기열원 히트펌프는 가스 사용을 전기로 대체하는 설비이므로 수전용량 증가와 변압기 용량 검토, 전력품질 확보, 부하관리 시스템 구축이 필수적이다. 특히 향후 전기차 충전설비, 태양광 발전설비, ESS(Energy Storage System), 스마트그리드와의 연계가 확대될 경우 건물 전체의 에너지관리시스템(BEMS)을 활용한 통합적인 전력관리 전략이 필요하다.

○ 경제성 측면에서는 초기 설치비가 기존 보일러 시스템보다 높은 것이 현실적인 제약요인으로 분석되었다. 그러나 에너지효율 향상에 따른 운영비 절감과 탄소배출 저감 효과, 향후 탄소가격제 확대 및 에너지 가격 변화를 고려할 경우 장기적인 생애주기비용(LCC)에서는 충분한 경쟁력을 확보할 가능성이 높다. 따라서 초기 투자비 부담을 완화하기 위한 정부의 보조금 확대와 금융지원, 세제혜택 등이 함께 추진될 필요가 있다.

○ 또한 공기열원 히트펌프는 단순히 개별 설비를 교체하는 수준이 아니라 건축, 기계, 전기, 에너지관리 및 유지관리 시스템이 통합적으로 계획되어야 하는 대표적인 융합기술이라 할 수 있다. 따라서 계획단계부터 각 공종이 협업하는 통합설계(Integrated Design Process)가 정착되어야 하며, BIM 기반 설계와 디지털 유지관리 체계 도입도 함께 검토될 필요가 있다.

○ 향후 공동주택에서는 공기열원 히트펌프와 태양광 발전, ESS, 전기차 충전설비, 스마트미터, AI 기반 에너지관리시스템을 연계한 통합 에너지 플랫폼 구축이 확대될 것으로 예상된다. 이러한 시스템은 단순한 에너지 절감 수준을 넘어 건물의 자립에

너지 향상과 전력계통 안정화에도 기여할 것으로 기대된다.

○ 다만 본 연구는 250세대 규모의 공동주택을 대상으로 검토를 수행하였기 때문에 다양한 규모와 건물 유형에 대한 적용성 분석에는 한계가 있다. 또한 실제 운전 데이터를 기반으로 한 장기적인 성능평가와 유지관리 비용 분석이 포함되지 못하였다. 향후에는 다양한 지역의 기후조건을 고려한 실증연구와 계절별 COP 분석, 실제 운영 데이터를 활용한 경제성 평가, 탄소배출 저감효과 분석이 추가적으로 수행될 필요가 있다. 아울러 저온환경 성능 향상 기술과 AI 기반 최적운전기술, 재생에너지 연계 운영기술에 대한 연구도 지속적으로 이루어져야 할 것이다.

○ 종합하면 공기열원 히트펌프는 공동주택의 탄소중립 실현을 위한 가장 현실적이고 효과적인 친환경 냉난방 기술 중 하나이며, 정부 정책과 기술개발, 설계기준 개선 및 경제적 지원이 함께 이루어진다면 향후 국내 공동주택의 대표적인 냉난방 시스템으로 자리매김할 가능성이 매우 높다. 따라서 설계 초기단계부터 건축·기계·전기 분야의 통합적인 계획과 운영 전략을 수립하고, 제도적 지원과 기술적 개선을 병행하는 것이 공기열원 히트펌프의 성공적인 보급 확대를 위한 핵심 과제라고 판단된다.

○ 기열원 히트펌프 설치를 위해서는 전술한 바와 같이 기계 및 전기 설계 기준의 변경이 필수적으로 발생하는 것을 확인하였다. 특히 기계 공종 측면에서는 히트펌프를 지하에 설치할 경우 발생하는 건축적 요소 뿐만 아니라 충분한 급기와 배기를 확보하기 위한 방안 모색이 필요한 것으로 분석 되었다. 설치 면적과 관련해서는 250세대 기준으로 700kW의 히트펌프를 지하에 구축 시 약 200㎡의 기계실 면적이 필요한 것으로 분석되었으며, 다만 히트펌프의 최소 운전시간 및 급탕 소비 형태를 고려한 축열조의 상세 설계를 반영할 경우 기계실 확보에 필요한 면적은 유동적으로 예상할 수 있다.

○ 아울러 현재 판매 중인 냉난방용 공기열원 히트펌프의 용량은 LH가 공급하는 소규모 주택에 설치하기에는 용량이 적합하지 않을 수 있으며, 특히 히트펌프 용량의 과설계는 전기 공사 등의 변경에 직접적으로 연계되어 불필요한 공사비의 증가로 이어질 수 있는 문제가 예상 된다.

○ 한편 전기 공종 측면에서는 단위세대 부하에 영향을 미치는 히트펌프 용량이 지나치게 커질 경우 간선, 비상 전원 등에 직접적으로 영향을 미치게 되며 공사비 증가의 원인으로 작용하게 되는 것으로 분석 되었다. 따라서 장기적인 측면에서 LH에 적합한 히트펌프의 용량을 1,000VA~2,000VA를 설정하고 실제 전기 공사 설계기준에서도 동일한 기준으로 전기 공사에 대한 설계 변경사항을 검토하였다.

참고문헌 Reference

〈 국내 자료 〉

[1] 정재원, PVT 적용 공기열 히트펌프 기반 냉난방 및 급탕 시스템 실증연구, 대한설비공학회 설비저널 제53권 제12호, 2024.12, 32-39(8page)

[2] 임희원 외 3명, 넷-제로에너지주택의 공기열원 히트펌프시스템 동적거동 및 에너지성능 분석, 한국태양에너지학회 논문집 제42권 제6호, 2022.12, 51-63(13page)

[3] 남일근 외 5인, 공기열 히트펌프(Air to Water Heatpump)를 활용한 중앙난방 공동주택 전력화 타당성 검토 사례, 대한설비공학회 2024년도 하계학술발표대회 논문집, 2024.06, 706-709(4page)

[4] 김준석 외 2인, 공동주택의 공기열원 히트펌프 적용가능성 검토를 위한 운전성능 및 탄소배출량 평가, 한국지열·수열에너지학회 논문집 제20권 제2호, 2024.06, 24-36(13page)

[5]이준규 외 5인, 에너지소비 데이터를 이용한 전전화 주택 도입시 에너지 사용량 분석, 조명·전기설비학회논문지 제24권 제6호, 2010.06, 131-137(7page)

[6] 권영식 외 5인, 동적 에너지 시뮬레이션을 이용한 수열원, 지열원 및 공기열원 히트펌프 시스템의 성능 비교분석, 한국태양에너지학회 논문집 제41권 제4호, 2021.08, 1-12(page)

[7] 김광호 외 2인, 계절별 공기열원 히트펌프 COP 변동을 고려한 건물 전력사용량 비교 연구, 전기학회논문지 제72P권 제4호, 2023.12, 306-314(9page)

[8] 위수빈 외 5인, 공기열원 히트펌프 성능 및 사례 분석을 통한 국내 적용 방안 제시 연구, 대한기계학회논문집 B권 제50권 제2호(통권 제485호), 2026.02, 47-63(17page)

[9] 이철희 외 3인, 공동주택 공기열 멀티 히트펌프의 바닥난방 성능 평가, 한국기계기술학회지 제13권 제3호, 2011.01, 93-98(6page)

[10] 장창원 외 2인, 전기화 공동주택의 히트펌프 운전 방식에 따른 에너지 사용량 변화에 관한 해석적 연구, 대한설비공학회 논문집 제37권 제7호, 2025.07, 332-341 (10page)

[11] 이송우 외 2인, 중앙식 냉난방시스템을 이용한 친환경 공동주택의 초기투자비 비교, 대한설비공학회 논문집 제30권 제12호, 2018.12, 559-569(11page)

〈 국외 자료 〉

[1] European Commission(2026.03) : “EU Heating and Cooling Strategy 2026 Update Accelerating Decarbonisation”(유럽 집행위원회 공식 보고서)

[2] Official Journal of the EU(2024.05) : “Directive (EU) 2024/1275 on the Energy Performance of Buildings (Recast)” (EPBD 개정 법안 전문)

[3] EHPA (European Heat Pump Association) (2025.10) : “The end of the EU Heat Pump Action Plan : What’s next for the sector?” (유럽 히트펌프 협회 분석 자료)

[4] European Climate Foundation (2026.01) : “Transitioning to Clean Heat : Tracking Member State Transposition of EPBD by May 2026”

[5] Regulation (EU) 2024/573 : “Fluorinated Greenhouse Gases (F-Gas Regulation) Phase-down schedule 2024-2050”

[6] Federal Ministry for Economic Affairs and Climate Action (BMWK, 2026.02) : “Reform of the Buildings Energy Act : Introduction of the Building Modernization Act (GMG)”

[7] KfW Bank (2026.03) : “Funding Guide : Federal Support for Efficient Buildings (BEG) 2026 Edition”

[8] Hessian Portal for Administrative Services (2026.01) : “Municipal Heat Planning Deadlines and Requirements under the GEG/GMG”

[9] Power World Energy Research (2026.01) : “2026 European Heat Pump Subsidy Map : Focus on Germany’s BEG Changes”

[10] U.S. Department of Energy (DOE) (2026.02) : “Status of Home Energy Rebates : State-by-State Implementation Progress”

[11] Internal Revenue Service (IRS) (2026.01) : “Tax Year 2026 Update : Expiration of Section 25C for Heat Pumps under OBBB Act”

[12] Environmental Protection Agency (EPA) (2025.12) : “Final Rule : Restrictions on the Use of Certain HFCs in RACHP Sector (2026 Enforcement)”

[13] Advanced Energy United (2026.01) : “2026 Building Electrification Policy Trends and State Legislative Outlook”

[14] California Energy Commission (CEC) (2026.02) : “HEEHRA Phase I Funding Status and Waitlist Notification”

[15] Agency for Natural Resources and Energy (2026.02) : “Kyuto-Shoene 2026 Project : Subsidy Guidelines for High-Efficiency Water Heaters” (일본 자원에너지청 급탕 에너지 절약 2026 가이드라인)

[16] Ministry of Economy, Trade and Industry (METI) (2025.12) : “Basic Policy for the Realization of GX-2026 Carbon Pricing Implementation Plan” (경제산업성 GX 실현을 위한 기본 방침)

[17] HPTCJ (Heat Pump & Thermal Storage Technology Center of Japan) (2026.01) : “2026 Residential and Industrial Heat Pump Market Outlook” (일본 히트펌프·축열센터 시장 전망 보고서)

[18] Nikkei ESG (2026.02) : “Japan’s New Emissions Trading System and Industrial Electrification Strategy” (닛케이 ESG 분석 리포트)

[19] Mitsubishi Electric / Daikin Official (2026.01) : “2026 Model Year Eco-Cute Compliance and Subsidy Eligibility List” (주요 제조사 보조금 대응 가이드)

[20] Natural Resources Canada (NRCan) (2026.02) : “Canada Greener Homes Grant and Loan : Program Closure and Transition Report”

[21] Government of Canada (2026.01) : “Amendment 18 to the Energy Efficiency Regulations : Compliance dates for 2026”

[22] Environment and Climate Change Canada (2025.12) : ″Regulatory Update : HFC Phase-down and GWP limits for 2026“

[23] Bank of Canada (2025.04) : “Economic Impact of the Removal of the Consumer Carbon Tax on Inflation and Energy Transition”

[24] Efficiency Nova Scotia / BC Hydro (2026.02) : “Regional Heat Pump Rebate Status and Standby List Information”

부 록 Appendix

붙임 1 전전화(全電化) 주택 설계 가이드 라인 (기계)

제1절 전전화(全電化) 주택 설계의 일반사항

제1조(목적) 탄소 중립과 에너지 전환에 대응하여 전통적인 내연기관을 대신하여 공기 열원 히트펌프를 활용한 공동주택의 난방, 급탕 및 냉방 공급 시스템을 적용하고 합리적이며 경제적인 설계지침을 정함으로써 효과적이고 일관성 있는 설계업무를 수행하는데 참고하는 것을 목적으로 한다.

제2조(적용범위)

1) 우리공사에서 설계하는 공동주택 중 전전화(全電化) 주택 적용 단지에 대하여 적용한다. 다만, 특정한 설계 조건 또는 의도에 의해 행하여지는 설계는 이 지침에 의하지 아니할 수 있다.
2) 이 지침은 관계법령 또는 내부방침 등에서 정한 사항에 의하여 작성되었으므로 향후에 관계법령 또는 내부방침 등의 개정이 있을 경우 그 기준에 따라 보완하여 적용하여야 한다.
3) 본 지침에 명시되지 않은 사항은 설계지침의 목적에 부합되도록 관계법령 및 주택건설시방서 등 규정에 따라 적용하여야 한다.

제3조(용어)

1) **전전화(全電化) 주택**
"전전화 주택"이란 취사, 냉난방, 온수 공급 등 가정의 모든 에너지 소비를 전기에너지로만 해결하는 주택을 말한다.
2) **공기열 히트펌프(Air Source Heat Pump)**
"공기열 히트펌프"란 공기를 열원으로 사용하여 회수하는 냉난방 및 급탕을 할 수 있는 시스템을 말한다.
3) **Main System : 중앙 난방, 중앙 급탕**
4) **Sub-1 System : 중앙 급탕, 세대 개별 냉방(대류), 세대 개별 난방(대류)**

5) Sub-2 System : 중앙 급탕, 세대 개별 냉방(대류), 세대 개별 난방(복사)

제4조(전전화(全電化) 주택의 옥내기계설비 일반) 전전화(全電化) 주택 옥내기계설비의 일반 사항은 다음에 따른다.

1) 개요

기계설비의 장비·배관 선정 등 옥내설계에 필요한 일반적인 사항을 수립하고자 한다.

2) 적용범위

전전화(全電化) 주택 적용 시 공동주택에 설치되는 장비·배관 및 동력설비에 적용한다.

3) 가열수 유량(LPM) 산정기준

가) 유 량 : 기구급탕부하단위(FU)

나) 유 속 : 1.5m/s이하

다) 동시사용률 : 30%

라) 관마찰저항 : 196kPa/m(20mmAq/m)이하

<가열수 설계온도>

구분	설계온도(℃)				비고
	공급	환수	급수	온도차	
가열수	60	45	-	15	통합배관
급탕수	45	-	10	35	

<배관 설계조건>

구분			횡주관	입상관	세대관	비고
허용마찰 손실수두 $(mmAq/m)$	2-Pipe	가열수	20	20	5	
	4-Pipe	급탕	20	20	5	
		난방	10	10	5	
설계유속(m/s)			1.5 이내	1.5 이내	1.5 이내	

〈유량산정 기구급탕부하 단위〉

세대당 기구급탕부하단위×0.3(동시사용률)×3/4(급수와동시사용률)
세대별 급탕부하(유량)를 충족하는 가열수 유량의 FU값
(욕실 1개 : 3FU/호, 욕실 2개 : 4FU/호)을 기준으로 통합배관 관경설계

가) 중앙난방 및 중앙급탕 시스템 : LH 단위세대 급탕, 난방 부하용량 산정 기준
※ 세대당 3FU x 세대수 = FU값 누계

나) 중앙급탕 및 개별 대류냉난방 : LH 급탕 부하용량 산정 기준
※ 세대당 2FU x 세대수 = FU값 누계

다) 중앙급탕 및 개별 복사 냉난방 : LH 급탕 부하용량 산정 기준
※ 세대당 2FU x 세대수 = FU값 누계

4) 가열수 입상배관 구획표

구분	20층이하	21층	22층	23층	24층	25층
구획	1	2	2	2	2	2
층수	-	12~21	13~22	13~23	14~24	14~25
	1~20	1~11	1~12	1~12	1~13	1~13

*단지여건(FL차 등)에 따라 탄력적으로 구획

*초고층 설계 사례 (26층이상)

-30층 이하 : 2개 구획(1~15, 16~30)

-35층 이하 : 3개 구획(1~13, 14~25, 26~35)

5) 입상구획에 따른 이단 감압밸브 적용

20층 조닝 아파트 동에서 15층 초과한 조닝 중 저층세대에는 급수 및 급탕 감압밸브를 직렬로 2개 적용

< 이단 감압밸브 적용세대 >

구분	15층	16층	17층	18층	19층	20층	비고
설치 층수	0	1층	1층~2층	1층~3층	1층~4층	1층~5층	필로티 세대제외

6) 부하값에 따른 장비선정

유량 Fu	유량 (LPM)	관경 (mm) (1.2MPa 미만-열 교환실)	관경 (mm) (1.2MPa 미만-주 차장)	관경 (mm) (1.2MPa 이상)	마찰저항 (mmAq)	유속 (m/s)
1420	2226	150A	150A	150A		
	1251	125A	125A	125A		
1420	984	125A	125A	125A	17	1.37
1410	979	125A	125A	125A	17	1.37
1400	975	125A	125A	125A	17	1.36
1390	970	125A	125A	125A	17	1.35
1380	966	125A	125A	125A	17	1.35
1370	961	125A	125A	125A	16	1.34
1360	956	125A	125A	125A	16	1.34
1350	952	125A	125A	125A	16	1.33
1340	947	125A	125A	125A	16	1.32
1330	943	125A	125A	125A	16	1.32
1320	938	125A	125A	125A	16	1.31
1310	933	125A	125A	125A	15	1.3
1300	929	125A	125A	125A	15	1.3
1290	924	125A	125A	125A	15	1.29
1280	919	125A	125A	125A	15	1.28
1270	915	125A	125A	125A	15	1.28
1260	910	125A	125A	125A	15	1.27
1250	905	125A	125A	125A	15	1.26
1240	900	125A	125A	125A	15	1.26
1230	896	125A	125A	125A	14	1.25
1220	891	125A	125A	125A	14	1.24
1210	886	125A	125A	125A	14	1.24
1200	882	125A	125A	125A	14	1.23
1180	872	125A	125A	125A	14	1.22
1160	863	125A	125A	125A	13	1.2
1140	853	125A	125A	125A	13	1.19
1130	848	125A	125A	125A	13	1.18
1120	843	125A	125A	125A	13	1.18
1110	838	125A	125A	125A	13	1.17
1100	833	125A	125A	125A	13	1.16
1080	824	125A	125A	125A	12	1.15
1070	819	125A	125A	125A	12	1.14
1060	814	125A	125A	125A	12	1.14
1050	809	125A	125A	125A	12	1.13
1040	805	125A	125A	125A	12	1.12
1030	800	125A	125A	125A	12	1.12
1020	795	125A	125A	125A	12	1.11
1010	790	125A	125A	125A	11	1.1
1000	785	125A	125A	125A	11	1.1
990	779	125A	125A	125A	11	1.09
980	774	125A	125A	125A	11	1.08
970	769	125A	125A	125A	11	1.07
960	764	125A	125A	125A	11	1.07
950	759	125A	125A	125A	11	1.06
940	753	125A	125A	125A	10	1.05
930	748	125A	125A	125A	10	1.04
920	743	125A	125A	125A	10	1.04
910	737	125A	125A	125A	10	1.03
900	732	125A	125A	125A	10	1.02
880	721	125A	125A	125A	10	1.01

(1) LH 급탕배관 유량 DATA 표 참조하여 FU → LPM 변환

(2) (LPM*60)주1) x 0.9832주2) x 1주3) x (60-45)주4)

= 선정값(Mcal/Hr) / 0.8598452 = 승인열량 (KW)

※주1) 가열수 유량 (LPH) : 시간당 흐르는 물의 부피 (L/hr)

※주2) 60℃기준 물의밀도

※주3) 물의비열

※주4) 온도차(⊿T) (공급온도 - 환수온도)

(3) 계산 값에 따른 장비선정

(*해당 표는 한 업체의 장비사양임)

※장비선정 예시 안

예시) 253세대 x 3FU = 759FU = 650LPM

(650*60) x 0.9832 x 1 x (60-45)

=575Mcal/Hr / 0.8598452 = 승인열량 (KW) = 670KW

표의 140KW 장비 5대 적용

(*일체형 또는 분리형 현장설계 여건에 따라 적용)

전원		-	3상 4선, 380 V 3N~,60 Hz	3상 4선, 380 V 3N~,60 Hz	3상 4선, 380 V 3N~,60 Hz
냉방 능력(정격)		kW	65	74	130
난방 능력(정격)		kW	70	82	140
소비전력	냉방(정격)	kW	21.67	26.43	43.33
	난방(정격)	kW	20.0	24.12	40.00
효율	EER	W/W	3.00	2.80	3.00
	COP	W/W	3.50	3.40	3.50
	IPLV	W/W	5.9	5.9	5.9
크기	W	mm	765	765	1528
	H	mm	2210	2210	2210
	F	mm	2154	2154	2154
무게		kg	521	521	972
냉매	Type	-	R32	R32	R32
	충전량	kg	4.7 x 2	4.7 x 2	4.7 x 4
	GWP	-	675	675	675
소음	냉방	dB(A)	67	68	68
	난방	dB(A)	67	68	68
운전범위(외기)	냉방	°C	-15 ~ 52	-15 ~ 52	-15 ~ 52
	난방	°C	-30~35	-30~35	-30~35
출수 범위(부하)	냉방	°C	4~25	4~25	4~25
	난방	°C	30~60	30~60	30~60

제5조(전전화(全電化) 주택의 단위세대 설계) 전전화(全電化) 주택 단위세대 및 기계설비와 관련한 설계는 다음에 따른다.

1) 전전화(全電化) 주택용 급탕, 난방, 냉방 시설

기계설비의 장비·배관 선정 등 옥내설계에 필요한 일반적인 사항을 수립하고자 한다.

(1) 중앙 난방, 중앙 급탕

- 급탕, 난방 : 세대 스마트 열 복합기
- 냉방 : 세대 E.H.P로 냉방(대류)

(2) 중앙 급탕, 개별 대류 냉난방
- 난방 : 세대 E.H.P로 난방(대류)
- 냉방 : 세대 E.H.P로 냉방(대류)

(3)중앙 급탕, 개별 복사 난방
- 난방 : 세대 F.C.U로 난방(복사)
- 냉방 : 세대 F.C.U로 냉방(대류)

2) 세대 냉난방 시스템은 시스템별로 부하계산은 아래와 같이 선정한다.

가) 냉난방부하

(1) 거실, 주방은 순수 실 바닥면적 ㎡당 170W 이상 선정

(2) 침실은 순수 실 바닥면적 ㎡당 150W 이상 선정
(장비용량 초과, 동일평형 장비사양 통일 등의 필요가 있을 경우 10% 내외 부하조정 가능)

나) 실내기 및 실외기 설계

(1) 실외기 : 조합비(실내기 냉방능력의 합/ 실외기 냉방능력)가 50~100%가 되도록 한다.

(2) 실내기 : 천장카세트형으로 1Way형을 원칙으로 함

(3) 공급세대 전체를 대상으로 공급면적, 공급타입, 거실 및 침실, 전실로 구분하여 설계를 반영한다.

(4) 설계순서

① 실별 바닥면적(화장실, 드레스룸, 펜트리 등 문이 있는 별도실은 면적에서 제외)을 산출

② 실별 냉방부하(거실, 주방 ㎡당 170W, 침실 ㎡당 150W)를 산출

③ 실의 형태를 감안하여 설치할 실내기 용량(kW), 설치위치 결정

④ 배관설계 및 실외기 용량(kW)의 선정은 다음과 같음

⑤ 냉매배관은 단배관으로 구성

⑥ 드레인배관은 천장노출배관 및 벽체매립으로 전면 발코니 배수트랩

(CD관 연결구 일체형 통합슬리브)에 연결하되, 현장 여건에 따라 드레인 입상배관에 연결가능

냉난방용량 (kW)	1.2	1.6	2.0	2.3	3.2	4.0	5.2	6.0	7.2

냉난방용량 (kW)	7.2	9.2	11.0	14.5	17.0

(5) 실내기 접속 배관경 및 소비전력

냉난방부하 (kW)	형식	설치배관		소비전력 (W)	전원 (ø/V/Hz)	비고
		액관(mm)	가스관(mm)			
1.2	1Way	6.35	9.52(12.7)	20	1/220/60	
1.6	1Way	6.35	9.52(12.7)	20	1/220/60	
2.0	1Way	6.35	9.52(12.7)	20	1/220/60	
2.3	1Way	6.35	9.52(12.7)	30	1/220/60	
3.2	1Way	6.35	9.52(12.7)	35	1/220/60	
4.0	1Way	6.35	9.52(12.7)	40	1/220/60	
5.2	1Way	6.35	12.7	40	1/220/60	
6.0	1Way	6.35(9.52)	12.7(15.88)	45	1/220/60	
7.2	1Way	6.35(9.52)	15.88	50	1/220/60	

(6) 실외기 접속 배관경 및 소비전력

냉방부하(kW)	설치배관		정격소비전력 (W)	전원 (ø/V/Hz)	비고
	액관(mm)	가스관(mm)			
7.2	9.52	15.88	1.80	1/220.60	
9.2	9.52	15.88	2.00	1/220.60	
11.0	9.52	15.88	2.65	1/220.60	
14.5	9.52	15.88	3.53	1/220.60	
17.0	9.52	19.05	3.85	1/220.60	

(7) 드레인관경

· 실내기별 드레인 관경 : 25mm·주 드레인관 : 25mm

· 배관재 : 노출부위 압력용 경질폴리염화비닐관 (VP, 단 호칭지름 30 이하는 PN20, 35부터 300까지는 PN16), 매립부위 PB, CD 이중관

(8) 전원선 및 조작선

·전원선 종류 : TFR-CV, H07RN-F

·조작선 종류 : VCTF

·전원선 및 조작선 규격

구 분	실내기	실외기
전원선 규격(mm^2)	2.5	4.0
조작선 규격(mm^2)	1.0	-

제6조(전전화(全電化) 축열저장탱크 설비) 축열저장탱크 설비와 관련한 설계는 다음에 따른다.

1) 공동주택 용도에 맞는 저탕계수를 적용한다.

2) 고온(60℃ 이상)에 견디고 부식에 강한 STS304 또는 STS316L 스테인리스강을 사용한다.

3) 균 증식 억제를 위해 저장 온도를 최소 60℃ 이상으로 유지하도록 설계 지침에 명시한다.

4) 탱크 내부에 설치할 경우 청소가 용이한 구조여야 하며, 열팽창에 대비한 신축 여유를 둘 것.

5) 물 무게를 포함한 총 하중을 견딜 수 있는 콘크리트 패드 기초를 설계한다

6) 축열저장탱크에 대한 계산식은 다음을 따른다.

(1) 세대수에 따른 가열수 유량 값 (FU) → LPM 환산

(2) LPM을 시간당 유량(LPH)으로 환산

* LPM 환산 값 x 60min = LPH(Qh)

(3) V주1)=Qh주2)×M주3) = Liter

(4) Liter x 1.2(여유율 20%) = TON

(5) 총 용량의 15% 적용

※주1) 축열탱크의 유효용량 (단위:L또는㎥)

※주2) 시간당 최대 급탕량 (단위:L/hr)

※주3) 저탕계수

※장비선정 예시 안

(1) 253세대 x 3FU = 759FU = 650 LPM

(2) 650LPM x 60min = 39,000 LPH

(3) 39,000 x 1.25 = 48,750 Liter

(4) 48,750 x 1.2 = 58,500 = 약 59 TON

(5) 59TON x 0.15 = 8.85 TON

붙임 2 전전화(全電化) 주택 설계 가이드 라인 (전기)

제1절 전전화(全電化) 주택 설계의 일반사항

제1조(목적) 탄소 중립과 에너지 전환에 대응하여 전통적인 내연기관을 대신하여 공기 열원 히트펌프를 활용한 공동주택의 난방, 급탕 및 냉방 공급 시스템을 적용하고 합리적이며 경제적인 설계지침을 정함으로써 효과적이고 일관성 있는 설계업무를 수행하는데 참고하는 것을 목적으로 한다.

제2조(적용범위)

1) 우리공사에서 설계하는 공동주택 중 전전화(全電化) 주택 적용 단지에 대하여 적용한다. 다만, 특정한 설계 조건 또는 의도에 의해 행하여지는 설계는 이 지침에 의하지 아니할 수 있다.
2) 이 지침은 관계법령 또는 내부방침 등에서 정한 사항에 의하여 작성되었으므로 향후에 관계법령 또는 내부방침 등의 개정이 있을 경우 그 기준에 따라 보완하여 적용하여야 한다.
3) 본 지침에 명시되지 않은 사항은 설계지침의 목적에 부합되도록 관계법령 및 주택건설시방서 등 규정에 따라 적용하여야 한다.

제3조(용어)

1) **전전화(全電化) 주택**
"전전화 주택"이란 취사, 냉난방, 온수 공급 등 가정의 모든 에너지 소비를 전기에너지로만 해결하는 주택을 말한다.
2) **공기열 히트펌프(Air Source Heat Pump)**
"공기열 히트펌프"란 공기를 열원으로 사용하여 회수하는 냉난방 및 급탕을 할 수 있는 시스템을 말한다.
3) **Main System : 중앙 난방, 중앙 급탕**

4) Sub-1 System : 중앙 급탕, 세대 개별 냉방(대류), 세대 개별 난방(대류)

5) Sub-2 System : 중앙 급탕, 세대 개별 냉방(대류), 세대 개별 난방(복사)

제4조(전전화(全電化) 주택의 옥내전기설비 일반) 전전화(全電化) 주택 옥내전기설비의 일반 사항은 다음에 따른다.

1) 개요

전기설비의 배선·배관 선정 등 옥내설계에 필요한 일반적인 사항을 수립하고자 한다.

2) 적용범위

전전화(全電化) 주택 적용 시 공동주택에 설치되는 전등·전열 및 동력설비에 적용한다.

3) 부하용량 산정

가) 중앙난방 및 중앙급탕 시스템

전용면적(㎡) × 표준부하(30 VA/㎡) + 대용량기기 실부하(VA)로 하며, 대용량기기 실부하는 다음에 따른다.

(1) 전용면적 60 ㎡이하 : 3,000 VA

(2) 전용면적 60 ㎡초과 : 4,000 VA

※ Main System의 부하용량 산정은 LH 일반 주택단지 설계기준과 동일하게 적용 (중앙 난방, 중앙 급탕 방식)

나) 중앙급탕 및 개별 냉난방 시스템(대류)

(1) 세대히트펌프 소비전력 2,000(VA) 이하

: LH 단위세대 부하용량 산정 기준 적용

(2) 세대히트펌프 소비전력 2,000(VA) 초과

: LH 단위세대 부하용량 산정 기준

+ (Sub-1 세대용 히트펌프 소비전력[주1] − 2,000[주2](VA))

주1) 세대용 히트펌프의 소비전력은 기계설비 용량에 따른다.

(기계도면 참조)

주2) 단위세대 냉방부하 평균 용량 적용

다) 중앙급탕 및 개별 복사 난방, 대류 냉방(Sub-2)

(1) 세대히트펌프 소비전력 2,000(VA) 이하

: LH 단위세대 부하용량 산정 기준 적용

(2) 세대히트펌프 소비전력 2,000(VA) 초과

: LH 단위세대 부하용량 산정 기준

+ (Sub-2 세대용 히트펌프 소비전력[주1] − 2,000[주2](VA))

주1) 세대용 히트펌프의 소비전력은 기계설비 용량에 따른다.
(기계도면 참조)

주2) 단위세대 냉방부하 평균 용량 적용

4) 회로구성

가) 일반원칙

(1) 주택용차단기를 적용하는 경우, 주차단기와 분기차단기는 순시트립 전류(B,C,D형)에 따라 협조가 이루어지도록 회로를 구성하여야 한다.

예) 주차단기 : D형, 분기차단기 : B, C, D형 중 동작 특성 고려하여 선정

(2) 동일회로에 주택용과 산업용 혼용시 과전류 특성을 감안하여 주택용으로 통일하여 과전류 차단특성을 동일하게 한다.

예) 계량기함내 분기 차단기와 주택용분전반 내 주차단기는 주택용으로 통일하여 적용

(3) 차단기 적용장소 구분

㉮ 「한국전기설비규정」 212.3 보호장치의 종류 및 특성에 따른 산업용과 주택용 차단기는 다음 장소에 구분하여 적용한다.

구 분	적용 장소 분류
주택용	① 주택용분전반, 점포내 분전반 등
	② 일반인이 접촉할 우려가 있는 장소
산업용	주택용 적용장소 외

㉰ 차단기 표기 방법은 다음과 같다.

영 문	한 글
RCBO	주택용 누전차단기(B,C,D형)
MCB	주택용 배선차단기(B,C,D형)
CBR	산업용 누전차단기
MCCB	산업용 배선차단기

나) 분기회로

(1) 전전화(全電化) 주택용 세대히트펌프는 전용분기회로를 구성한다.

(2) 전전화(全電化) 주택용분전반 및 계량기 내 차단기는 아래를 따른다.

① 주택용 배선차단기

P	AT	AF	TYPE	kA	비고
2	40이상*	50이상*	D	5이상	단위세대 계량기함

* 제4조 (전전화(全電化) 주택의 옥내전기설비 일반) 4) 부하용량 산정에 따라 정격전류 이상의 차단기 용량 선정한다.

② 주택용 누전차단기(평형별 회로수 적용)

P	AT	AF	TYPE	kA	비고
2	20	32	D	2.5	조명
2	20	32	D	2.5	APU 전용
2	20	32	D	2.5	전열
2	20	32	D	2.5	대용량
2	20	32	D	2.5	전기레인지
2	20	32	D	2.5	에어컨 (Main System)
2	20*	32*	D	2.5	세대히트펌프 (Sub-1, Sub-2 System)
2	32*	32*	C	2.5	

* 세대히트펌프 정격전류 이상의 차단기 용량 선정한다. (기계도면 참조)

다) 회로의 배선 굵기

(1) 배선의 굵기는 다음에 따른다.

배선 굵기	HFIX	2.5 ㎟	2.5 ㎟	4 ㎟	6 ㎟	10 ㎟
배선차단기(AT)		16	20	32	40	50

(2) 단위세대 인입간선 굵기는 6 ㎟ 이상을 사용한다.

(3) 세대히트펌프 회로 배선 굵기는 세대히트펌프 차단기 정격전류 이상으로 선정한다. (기계도면 참조)

제5조(전전화(全電化) 주택의 단위세대 설계) 전전화(全電化) 주택 단위세대 전기설비와 관련한 설계는 다음에 따른다.

1) 전전화(全電化) 주택용 분전반 시설

가) 주택용분전반은 합성수지제로서 KS표시품을 사용한다.

나) 세대 비상전원시스템을 적용하는 지구에는 비상전원절체기를 내장하며, 다음 부하는 정전 시에 비상전원을 공급할 수 있도록 독립회로로 구성한다.

(1) Main System : 중앙 난방, 중앙 급탕

- 홈네트워크 : 세대단말기, 세대단자함
- 난방 : 온수분배기, 스마트열복합기

(2) Sub-1 System : 중앙 급탕, 세대 개별 냉방(대류), 세대 개별 난방(대류)

- 홈네트워크 : 세대단말기, 세대단자함
- 난방 : 세대히트펌프

(3) Sub-2 System : 중앙 급탕, 세대 개별 냉방(대류), 세대 개별 난방(복사)

- 홈네트워크 : 세대단말기, 세대단자함
- 난방 : 세대히트펌프, 온수분배기

다) 세대히트펌프 비상전원절체 방식

(1) 세대 비상전원 정격전류 16(A) 미만 : APU 적용

(2) 세대 비상전원 정격전류 16(A) 이상 : LEM 분전반 내 마그네트 스위치 적용

* 세대용 히트펌프의 정격전류는 기계설비 용량에 따른다. (기계도면 참조)

2) 세대히트펌프 전원 시설

가) 세대 히트펌프 정격전류 16(이하) 시 전원용 콘센트 1구형을 설치하고 정격전류 16(A) 초과 시 전원용 스위치 박스를 설치한다.

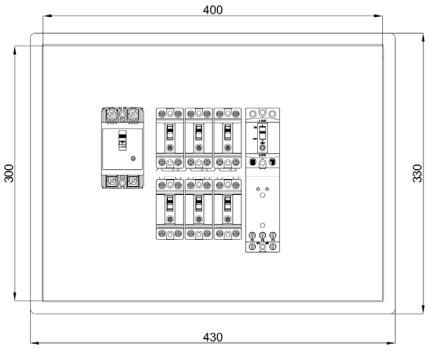
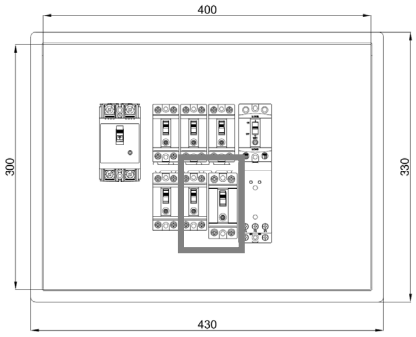
나) 콘센트 및 스위치박스 설치 높이는 바닥에서 500mm로 설치한다.

다) 전원용 콘센트는 세대 히트펌프 정격전류 이상의 콘센트를 설치한다. (기계도면 참조)

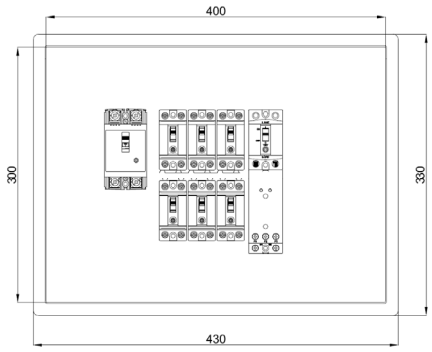
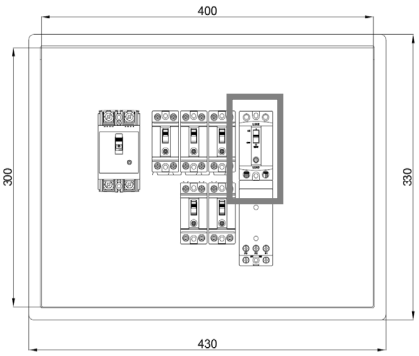
라) 전원배선은 450/750V 저독성 난연 가교폴리올레핀 절연전선 (HFIX)으로 한다.

3) 전전화(全電化) 주택용 분전반 예시도

가) 세대 비상전원 정격전류 16A 초과

MAIN SYSTEM	SUB-1, SUB-2 SYSTEM
	

나) 세대 비상전원 정격전류 16A 이하

MAIN SYSTEM	SUB-1, SUB-2 SYSTEM
	

제6조(전전화(全電化) 전력간선설비) 전력간선설비와 관련한 설계는 다음에 따른다.

1) 전등·전열용 간선시설

가) 전력간선의 공급전압은 3Φ 4W 380/220V로 한다.

나) 전력간선 계통구성은 세대용 전력간선이며 집합계량기함의 설치위치는 공용부 EPS실 내부로 한다.

(1) 전력간선의 계통은 복도형의 경우 층별 세대조합수를 고려하여 3~6개층 단위, 계단형의 경우 계단별로 구성함을 원칙으로 하고 부하평형이 되도록 한다.

(2) 계량기 입상간선은 70㎟를 초과하지 않도록 한다.

(3) 계단형의 경우 계단별로 LM(SUB)판넬을 설치하되 합산용량이 400A미만시 하나의 전력계통으로 구성한다.

(4) 복도형의 경우 LM판넬은 부하용량 400A미만으로 구성하고 400A 초과시 LM판넬을 추가 설치한다.

(5) 세대조합이 12세대 초과인 경우 건축공종과 협의하여 EPS/TPS실을 추가 설치한다.

다) 전등·전열 간선은 EPS내에서 각층 집합계량기함에 공급한다.

라) 주택용 분전반의 전력인입은 집합계량기함 2차측에서 분기 공급한다.

마) 분전반의 설치는 주동 PIT(지하)층 설치한다

바) 간선계산

(1) 전등·전열용 전력 간선계산은 제4조 (전전화(全電化) 주택의 옥내전기 설비 일반) 4) 부하용량에 따라 산정하고 제2절 전기설비 설계자료 제55조(수용률)를 적용하여 수용부하를 산 출한다. 그 외 전력간선 계산 방식은 현행 LH 설계지침에 따른다.

사) 배관 및 배선

(1) 옥내배선은 제2절 제7조(옥내전기설비 일반)에 의하며 전등·전열 간선은 F-CV케이블을 사용한다.

(2) EPS/TPS실 내의 간선배관은 트레이 노출배관이며 간선배관 이외의 배관

은 경질비닐전선관 또는 합성수지제 가요전선관(CD)을 매입한다.

(3) EPS/TPS실내 노출배관은 1.5 m이하 간격으로 지지한다.

(4) 함과 박스가 연결되는 곳은 함과 박스에서 30 ㎝이내에 지지한다.

(5) EPS/TPS실 내 설치하는 집합계량기함은 노출로 설치한다.

2) 비상동력간선

가) 간선구성

(1) 비상동력 간선의 부하에는 공용부 전등·전열, 비상콘센트, 승강기용 부하, 세대 비상전원(세대히트펌프)을 포함한다.

(2) 비상동력반(LEM)에 비상전원인 세대히트펌프 포함하고 400A 초과 시 LEM판넬을 추가 설치한다.

(3) 비상동력반(LEM)은 각 세대 전등·전열용 주분전반(LM)과 공용으로 시설하며, 세대최상층 공용부 분기분전반의 전원은 주분전반(LEM)에서 분기 공급한다.

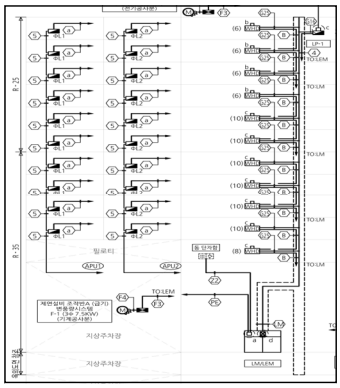
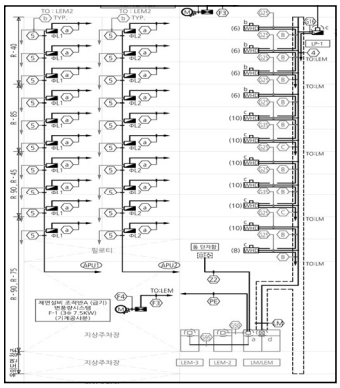
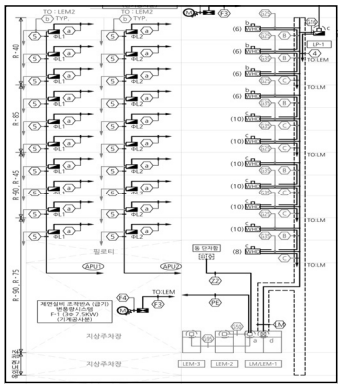
(4) 공동사용 전기요금 계량을 위하여 비상동력반(LEM) 및 세대최상층 분기분전반 내에 전력량계를 설치한다.

나) 간선계산

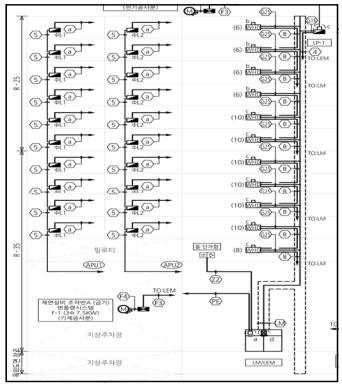
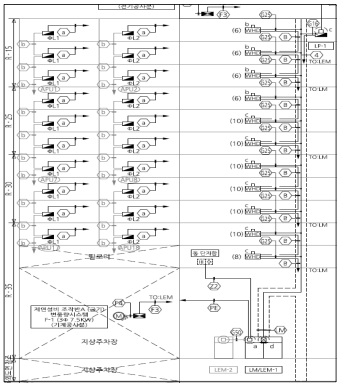
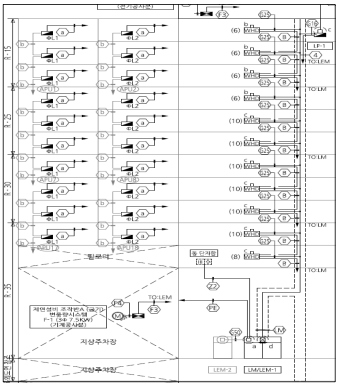
(1) 비상동력용 전력 간선계산은 세대 비상전원(세대히트펌프)를 포함하며 그 외 전력간선 계산 방식은 현행 LH 설계지침에 따른다.

3) 전전화(全電化) 주택용 전력간선 예시도

가) 세대 히트펌프 소비전력 2,000(A) 초과

MAIN SYSTEM		SUB-1 SYSTEM		SUB-2 SYSTEM	
					
계량기 간선	FCV 50㎟	계량기 간선	FCV 50㎟ → FCV 70㎟	계량기 간선	FCV 50㎟ → FCV 70㎟
LM 간선	FCV 150㎟	LM 간선	FCV 150㎟ → FCV 240㎟	LM 간선	FCV 150㎟ → FCV 240㎟
LEM 간선	FR-8 70㎟	LEM1 간선	FR-8 70㎟	LEM1 간선	FR-8 70㎟
		LEM2 간선	FR-8 95㎟	LEM2 간선	FR-8 95㎟
		LEM3 간선	FR-8 95㎟	LEM3 간선	FR-8 150㎟
TRAY SIZE	R-35	TRAY SIZE	R-35 → R-90,R-75	TRAY SIZE	R-35 → R-90,R-90

나) 세대 히트펌프 소비전력 2,000(A) 이하

MAIN SYSTEM		SUB-1 SYSTEM		SUB-2 SYSTEM	
					
계량기 간선	FCV 50㎟	계량기 간선	FCV 50㎟	계량기 간선	FCV 50㎟
LM 간선	FCV 150㎟	LM 간선	FCV 150㎟	LM 간선	FCV 150㎟
LEM 간선	FR-8 70㎟	LEM1 간선	FR-8 70㎟	LEM1 간선	FR-8 70㎟
		LEM2 간선	FR-8 95㎟	LEM2 간선	FR-8 95㎟
TRAY SIZE	R-35	TRAY SIZE	R-35	TRAY SIZE	R-35

4) 비상 전원시스템 (APU)

가) 세대 비상전원시스템을 적용하는 지구에는 비상동력반(LEM)에서 동력 간선과 분리하여 세대 비상간선을 설치한다.

나) 세대 비상전원을 공급하는 경우의 세대비상부하는 다음에 의하고 배선은 HFIX 6 ㎟ 이상을 사용한다.

다) MAIN SYSTEM의 경우 APU 소비전력에 스마트열복합기 부하 용량을 포함한다.

라) SUB-1, SUB-2 SYSTEM의 경우 세대 히트펌프의 소비전력을 포함한 비상전원의 정격전류가 16(A) 이하일 때 APU로 비상전원을 공급한다.

구 분	APU 소비전력
	전전화(全電化) 주택
MAIN SYSTEM	홈네트워크 : 60W 온수분배기 : 50W 스마트열복합기 :100W
	세대당 210W 적용
SUB-1 SYSTEM	홈네트워크 : 60W 세대히트펌프 : 기계설비 소비전력 용량 적용 (정격전류 16(A) 이하인 경우)
	세대당 60W + 세대히트펌프 용량 적용
SUB-2 SYSTEM	홈네트워크 : 60W 온수분배기 : 50W 세대히트펌프 : 기계설비 소비전력 용량 적용 (정격전류 16(A) 이하인 경우)
	세대당 110W + 세대히트펌프 용량 적용

* 세대 비상전원시스템 대상기기 : 홈네트워크(월패드), 온수분배기, 스마트열복합기, 세대히트펌프

마) 세대 정전 시 비상전원으로 자동 절체되고 복전 시 자동으로 상용전원 복귀

바) 화재운전 중 비상발전기 용량초과가 예상되는 경우 배선차단기에 전압 트립장치(shunt)를 설치하여 자동차단(수동복귀)

사) 저압수전지구는 세대 정전 시 무정전전원장치(UPS)에서 세대비상전원 시스템으로 전원이 공급되어야 한다.

5) 비상 전원시스템 (세대 비상전원 정격전류 16(A) 초과)

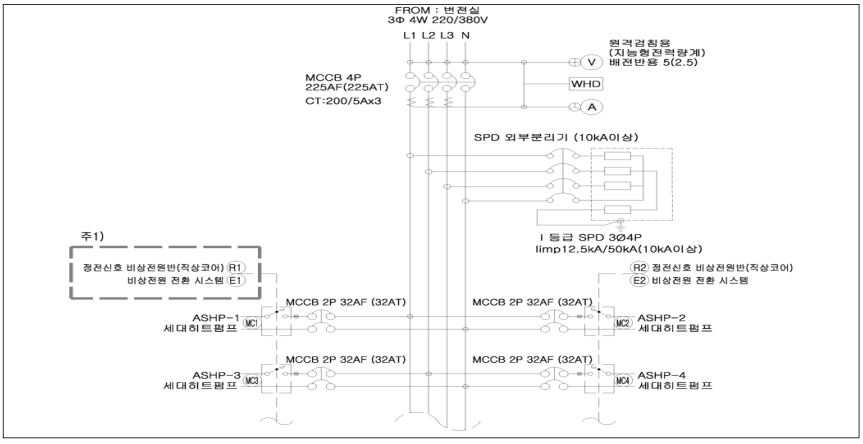
가) LH 설계지침 제3조(단위세대 전기설비) 기준에 따라 단위세대 내 난방부하는 정전 시에 비상전원을 공급 할 수 있도록 독립 회로로 구성한다.

나) 세대히트펌프는 세대 간선과 비상동력반(LEM)의 비상간선으로 분리 하여 설치한다.

다) 세대히트펌프 전용 분전반을 설치하고 해당 분전반 회로에 MG를 설치하여 정전 시 자동 절체되도록 설치한다.

라) 세대히트펌프용 분전반 결선 예시도

LEM (세대히트펌프용) 결선 예시도



6) 배선 및 배관

가) 옥내배선은 LH 설계지침에 따르며, 비상동력간선은 EPS/TPS 실내는 FR-8 케이블을 사용하고 이외의 배선은 HFIX 절연전선을 사용한다.

나) EPS/TPS실내의 간선배관은 트레이 노출배관이며 전등·전열 간선배관과 공용으로 사용하고 이외의 배관은 경질비닐전선관 또는 합성수지제 가요전선관(CD)을 매입한다.

제7조(전전화(全電化) 제로에너지 시스템)

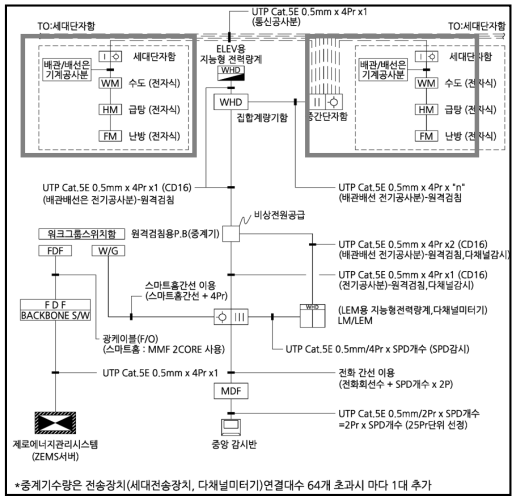
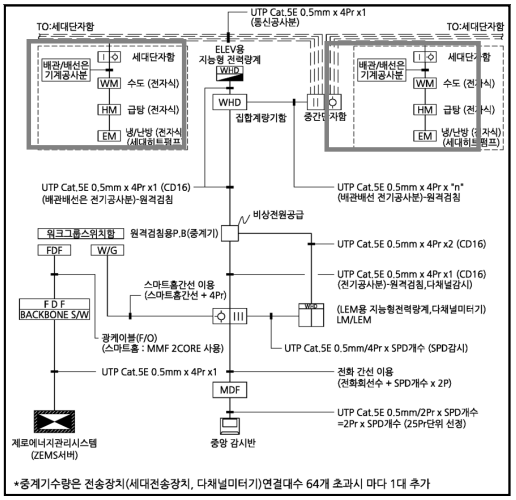
1) 전전화(全電化) 주택 세대 검침데이터 종류는 전기, 가스, 수도, 온수, 전기(세대히트펌프)로 한다,공용부 및 부대시설 검침데이터 종류는 승강기, 펌프, 환기, 조명, 냉방, 난방, 온수, 전기(중앙히트펌프)로 한다.

2) 검침데이터는 매 5분 단위로 전송한다.

3) 전송하는 데이터의 적용단위로 실시간 전력은 W 누적전기사용량은 kWh이며, 가스, 수도, 온수 및 난방은 m^3으로 한다.

4) 원격검침 설비 계통 예시 (제로에너지 적용 시)

5) 세대 히트펌프 계량기 배관/배선은 기계 공사분.

MAIN	SUB1, SUB2
	

제8조(전전화(全電化) 예비전원설비)

1) 자가발전설비

가) 발전기의 형식

(1) 발전기는 3φ 4W 380V/220V 저압용을 사용한다.

(2) 발전기 운전은 정전검출계전기에 의해 한전측과 발전측으로 자동 절체가 가능하고, 각종 보호 장치에 의해 기관정지, 차단기동작, 경보 및 표시가 가능하도록 제어회로를 구성한다.

(3) 출력용량은 발전기 기준 비상출력(kW, kVA)으로 표시한다.

나) 공급부하 대상

(1) 급수, 소화, 배수펌프, 전동기부하(기계실, 펌프실 등), 액화가스 저장시설 및 오수처리시설 부하

(2) 승강기 부하

(3) 공용부 전등전열 및 비상조명등

(4) 세대 비상전원

(홈네트워크, 온수분배기, 보일러, 보일러 발열선, CO경보기, 세대히트펌프,

스마트열복합기)

제2절 전전화(全電化) 주택 설계의 전기설비 설계자료

제55조(수용률) 수용률은 다음에 따른다.

1) 공동주택

가) 분양주택, 고층임대주택(전기이용도가 비교적 높은 것)

호 수	수용률(%)	호 수	수용률(%)	호 수	수용률(%)
2	100	26	49	250	43
4	100	28	49	300	43
6	91	30	48	350	43
8	78	32	48	400	42
10	66	34	47	450	42
12	61	36	47	500	42
14	58	38	46	550	42
16	55	40	46	600	41
18	53	50	45	700	41
20	52	100	45	800	41
22	51	150	44	850	40
24	50	200	44	850초과	40

나) 저층 임대주택(승강기가 없는 경우)

호 수	수용률(%)	호 수	수용률(%)	호 수	수용률(%)
2	100	26	45	250	38
4	100	28	44	300	38
6	89	30	44	350	38
8	76	32	43	400	37
10	64	34	43	450	37
12	58	36	42	500	37
14	54	38	42	550	37
16	51	40	41	600	36
18	49	50	40	700	36
20	48	100	40	800	36
22	47	150	39	850	35
24	46	200	39	850초과	35