제로에너지 주택 최적화모델 개발 및 실증단지 구축연구
최종보고서

제 출 문

국토교통과학기술진흥원장 귀하

‘제로에너지주택 최적화모델 개발 및 실증단지 구축연구’(연구개발 기간 : 2013.10.14 ~ 2018.4.13) 과제의 최종보고서를 제출합니다.

2018. 7. 5

주관연구기관명 : 명지대학교 산학협력단 (대표자) **서 동 선 (인)**

협동연구기관명 : (주)KCC건설 (대표자) **정 몽 열 외 1 (인)**

협동연구기관명 : 서울주택도시공사 도시연구원 (대표자) **김 세 용 (인)**

주관연구기관책임자: 이 명 주

협동연구기관책임자: 이 승 훈

협동연구기관책임자: 김 형 근

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제38조에 따라 최종보고서 열람에 동의합니다.

보고서 요약서

<table>
<tr><td>과제 고유 번호</td><td>17AUDP
B067603</td><td>해당 단계
연구 기간</td><td colspan="2">5단계</td><td>단계구분</td><td>5단계/ 총 5단계</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구사업명</td><td>중사업명</td><td colspan="5">건설 R&D</td></tr>
<tr><td>세부사업명</td><td colspan="5">주거환경연구사업</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구과제명</td><td>대과제명</td><td colspan="5">제로에너지주택 최적화모델 개발 및 실증단지 구축연구</td></tr>
<tr><td>세부과제명</td><td colspan="5">(1세부과제) 제로에너지주택 및 단지 융합기술 개발 및 설계
(2세부과제) 제로에너지 기술적용을 통한 실증단지 구축 및 운영
(3세부과제) 제로에너지 주택단지 성능검증 및 모니터링</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구책임자</td><td rowspan="2">이명주</td><td>해당단계
참여
연구원 수</td><td>총: 77명
내부: 77명
외부: 명</td><td>해당단계
연구개발비</td><td>정부:3,142,000천원
기업:825,980천원
정부 외:386,000천원
계:4,353,980천원</td></tr>
<tr><td>총 연구기간
참여
연구원 수</td><td>총: 77명
내부: 77명
외부: 명</td><td>총 연구
개발비</td><td>정부:17,982,000천원
기업:4,655,882천원
정부 외:1,456,667천원
계:24,094,549천원</td></tr>
<tr><td>연구기관명 및
소속 부서명</td><td colspan="3">(1세부과제) 명지대학교 산학협력단(주관)
㈜제드건축사사무소(공동)
(2세부과제) ㈜KCC건설 (협동)
프리모케이엔에스(주) (공동)
한국설비연구(주) (공동)
에코탑
(3세부과제) 서울주택도시공사 도시연구원(협동)
㈜제드건축사사무소 (공동)
㈜누리텔레콤</td><td colspan="3">참여기업명 (해당없음)</td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="3">상대국명:(해당없음)</td><td colspan="2">상대국 연구기관명:(해당없음)</td></tr>
<tr><td>위탁연구</td><td colspan="3">연구기관명: (해당없음)</td><td colspan="2">연구책임자: (해당없음)</td></tr>
<tr><td colspan="4">요약
◦ 본 연구의 최종 목표는 주택단지의 기 개발된 기술을 바탕으로 에너지요구량을 최소화 하고 적정한 신재생에너지를 공급하여 난방, 냉방, 급탕, 환기, 조명의 1차에너지 소요량을 제로로 하는 최적화 모델을 개발하고 구현하는 것임. 또한 제로에너지 주택실증단지의 임대 후 거주과정에서 에너지 및 쾌적성 모니터링을 통해 제로에너지 주택단지 성과를 검증함.
◦ 다양한 유형(단독, 합벽, 연립, 아파트)의 제로에너지주택 모델 개발
◦ 제로에너지주택 실증단지 기반 설계적용기술 분석을 통해 최적화된 패시브 디테일을 도서로 발간하여 보급
◦ 제로에너지주택 실증단지 준공까지의 시공 공정별 패시브, 액티브 기술관리 매뉴얼을 작성하여 참고자료로 보급
◦ 노원 에너지제로 주택단지 구축 완료 및 입주
◦ 국내최초 공동주택 단지 대상 5대에너지 분리계측으로 향후 분리계측 기초자료로 활용
◦ 제로에너지주택 실증단지 운영자 및 관리자 배포, 활용을 통한 효율적인 단지 운영관리, 거주자매뉴얼 배포, 활용으로 제로에너지주택 목표 달성 및 공동체 활성화</td><td colspan="3">보고서 면수: 369p</td></tr>
</table>

국문 요약문

연구의 목적 및 내용	현재 대한민국은 건축물 분야 에너지효율화의 방안으로 2025년 신규주택의 제로에너지 성능확보 의무화를 국가로드맵으로 계획하고 있다. 그러나 국내 에너지절약형 건축물 기술 분야는 관련연구 및 개발이 민간투자에 의해 이루어져 획기적인 성장이 어려우며, 산발적으로 개발된 기술은 민간 기업의 자산으로 공유할 수 없다는 어려움이 있었다. 또한 제로에너지 주택 및 단지기술보급에 결정적 변수인 관련자재는 외국에 비하여 성능 및 품질인증이 보편화되어있지 않은 것이 현실이었다. 이러한 어려움을 해소하고 제로에너지 건축물을 보급하기 위해 다양한 정책들이 추진되고 있으며, 본 연구 역시 국가차원의 기술개발 연구지원을 통해 산발적으로 개발된 에너지절약형 건축물의 현 기술단계를 진단하고, 융합기술을 발굴하며, 앞으로의 정책, 연구 및 기술개발 요소를 발굴하고자 추진되었다. 따라서, 본 연구는 제로에너지 주택단지 확산을 위해 기 개발된 기술을 바탕으로 보급가능한 녹색융합기술 개발뿐만 아니라, 경제적, 사회적, 환경적으로 지속가능한 미래도시 구현방안으로 제로에너지 주택단지 프로토타입 구축을 목표로 한다. 본 연구의 최종 목표는 기술적 측면에서 주택단지의 기 개발된 기술을 바탕으로 에너지요구량을 최소화 하고 적정한 신재생에너지를 공급하여 난방, 냉방, 급탕, 환기, 조명의 1차에너지 소요량을 제로로 하는 최적화 모델을 개발하고 구현한다. 또한, 제로에너지 주택실증단지의 임대 후 거주과정에서 에너지 및 쾌적성 모니터링을 통해 제로에너지 주택단지 성과를 검증한다. 경제적 측면에서는, 제로에너지 주택실증단지 모델의 비용효용효과분석을 통해 최적화 비즈니스모델을 개발하며, 건축물의 특정 에너지성능 기준에 도달하기 위한 재정지원의 필요규모를 도출한다. 이를 통해 제로에너지 주택실증단지의 보급에 있어 경제적 측면의 전략을 수립한다. 정책적 측면에서는, 제로에너지 주택분야 중장기 마스터플랜과 기술가이드라인을 통해 해당분야로드맵 수립 및 2025년 제로에너지 주택 의무화 구현을 위한 기술보급에 주력하며, 임대주택 공급을 위한 정책 및 금융상품 관련 정책을 도출한다. 본 연구는 현 단계의 제로에너지 주택설계기술 및 시공기술을 융합하여 제로에너지 주택 단지를 구현한다. 단지 설계 및 시공과정에서 드러나는 에너지절약형 건축물 및 단지기술의 핵심융합기술을 발굴하고 관련 연구 및 가이드라인 작성을 통해, 향후 관련기술의 보완사항 및 보급을 위한 방안을 고안한다. 시제품 설치 및 성능시험단계로 제로에너지 기술관리 및 4대 복지 IT모니터링 기술연구를 진행한다. 제로에너지 기술 관리는 단지 구축 시 계획된 에너지절약형 건축물 및 단지기술의 성능발현을 위해 올바른 적용여부를 관리하는 연구로서, 계획상의 기술을 발현하는 과정에서 발생 가능한 시공오차를 발굴하여 에너지성능 달성을 가능케 하는 핵심융합기술이라 할 수 있다. 4대복지 IT모니터링 기술적용연구는 거주자 및 방문자에게 제로에너지 주택 및 단지의 정보를 IT 기술과 홍보요소를 접목하여 제공하는 방안을 연구한다. 또한 제로에너지 주택단지의 에너지 사용 및 생산량을 모니터링 하고 데이터베이스를 구축 및 분석함으로서, 추후 국내정책 수립 및 관련 연구 자료를 구축한다. 최종적으로 제로에너지 주택실증단지와 주택 최적화모델을 구축함으로서 지속가능한 미래 주거단지 구현 가능성을 확보한다.

연구개발성과	◦ 건축설계단계에서부터 에너지절약 기술요소 및 복합에너지 시스템 간의 융복합 방법론 도출 ◦ 제로에너지를 목표로 한 패시브 및 액티브 공동주택 가이드라인 및 자재 핸드북 발간 ◦ 제로에너지주택에 적용가능한 자재성능기준 제안 ◦ 제로에너지 경제성검증 모델과 비용편익 분석 ◦ 제로에너지 공동주택 단지의 장기수선비용 산정연구 완료 ◦ 실증단지 모니터링 분석결과를 바탕으로 적용된 제로에너지 적용기술의 실효성을 검토 ◦ 다양한 유형(단독, 합벽, 연립, 아파트)의 제로에너지주택 모델 개발 ◦ 제로에너지주택 실증단지 기반 설계적용기술 분석을 통해 최적화된 패시브 디테일을 도서로 발간하여 보급 ◦ 제로에너지주택 실증단지 국내 · 외 에너지 관련 인증 추진사항을 바탕으로 국내 건축물 관련 인증제도 개선제안 ◦ 목업주택 사전구축을 통한 본단지 구축에 있어서의 문제점 확인 및 정보 축적 가능 ◦ 제로에너지주택 홍보관 및 숙박 체험시설 활용을 통한 대국민 홍보 가능 ◦ 제로에너지 주택 시공에 대한 특허를 진행함으로써 기술 보급에 활용 ◦ 시공개선 및 건설지 제작을 통한 제로에너지 주택 구축에 대한 정보 제공 ◦ 입주민의 거주를 통한 제로에너지주택에 대한 체험 및 홍보 가능 ◦ 신재생에너지시스템의 구축을 통한 제로에너지 주택 구현의 성능 확보 가능 ◦ 제로에너지 주택에서의 신재생에너지의 복합화 필요성 검증 가능 ◦ 제로에너지 주택에서의 설비장비에 대한 성능 검증을 통해 최적의 장비설치 구현 ◦ 홍보관 구축과 컨텐츠 제작 과정의 자료 제작 및 교육자료 확보로 차별화된 교육 시스템 구축 ◦ 국내최초 공동주택 단지 대상 5대에너지 분리계측으로 향후 분리계측 기초자료로 활용 ◦ 현행 법규수준 및 제로에너지건축물 설계수준 비교자료로 활용 ◦ 제로에너지주택 실증단지 운영자 및 관리자 배포, 활용을 통한 효율적인 단지 운영관리, 거주자매뉴얼 배포, 활용으로 제로에너지주택 목표 달성 및 공동체 활성화 ◦ 제로에너지주택 실증단지 준공까지의 시공 공정별 패시브, 액티브 기술관리 매뉴얼을 작성하여 참고자료로 보급 ◦ 제로에너지 주택 5대 에너지 모니터링 프로그램개발 ◦ 제로에너지 주택 준공 후 운영 및 관리자가 사용할 수 있는 단지 모니터링 프로그램구축
연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	본 연구의 성과물은 국가의 경제적 측면에서 에너지소비량 절감으로 원유 의존도를 감소하는 등 국가차원의 경제적 효과를 기대할 수 있다. 국내 에너지 절약형 건축물시장의 활성화 및 비즈니스 모델 개발, 금융상품 개발 등으로 관련 시장의 선순환을 기대할 수 있다. 경제적 측면에서는 관련 기술 및 자재에 대한 실효성을 검토하는 계기가 되며, 단지규모에 따른 에너지 절약형 건축에 대한 민간기업의 현실적인 사업성 검토를 통해 에너지 절약형 건축시장의 규모 확대 및 발전이 가능하다. 국내 에너지절약형 건축물에 대한 국민의 의문해소 및 인식개선이 가능하며 프로젝트를 통해 초기 투자비용 및 회수기간에 대한 근거 자료를 통해 수요자 스스로의 검토가 가능하다. 더불어 개별건축물이 아닌 단지규모의 에너지 절약형 주거단지 확보를 통해 제로에너지 국민임대주택 신뢰도 확보가 가능하다. 사회적 측면에서, 대한민국 에너지절약 건축기술 경쟁력 선점 및 국가이미지 향상에 기여하며, 제로에너지 국민임대주택의 수요증가로 사용자의 만족도와 국민건강 증진에 이바지할 수 있다. 더불어 친환경, 제로에너지, 고령자와 장애인을 배려한 세대친화형 주거문화를 선도하여, 소득 및 계층을 뛰어넘어 모든 국민이 환경권을 영위할 수 있는 새로운 주거문화 창출이 가능하다.

핵심어 (5개 이내)	제로에너지	공동주택			

〈 목 차 〉

제1장. 연구개발과제의 개요 ····· 1
1.1. 연구개발 목적 ····· 1
1.2. 연구개발의 필요성 ····· 1
1.3. 연구개발 범위 ····· 5

제2장. 국내외 기술 개발 현황 ····· 14
2.1. 국내동향 ····· 14
2.2. 해외동향 ····· 21

제3장. 연구 수행 내용 및 성과 ····· 23
3.1 최종 연구개발 목표 ····· 23
3.2 1세부과제 ····· 25
3.3 2세부과제 ····· 159
3.4 3세부과제 ····· 228

제4장. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도 ····· 392
4.1. 목표 달성도 ····· 392
4.2. 관련 분야 기여도 ····· 400

제5장. 연구개발성과의 활용계획 ····· 402
5.1 연구개발성과 활용방안 ····· 402
5.2 기대성과 및 파급효과 ····· 405

제6장. 연구 과정에서 수집한 해외 과학기술 정보 ····· 409
6.1 해외 에너지절약 빌딩 전문 건축사사무소 설계자료 ····· 409
6.2 독일 패시브 주택 및 단지 기술자료 ····· 413

제7장. 연구개발성과의 보안등급 ····· 416
제8장. 국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설·장비 현황 416
제9장. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전 조치 이행 실적 416
제10장. 연구개발과제의 대표적 연구 실적 ····· 418
제11장. 기타 사항 ····· 421

제1장. 연구개발과제의 개요

1.1. 연구개발 목적

• 지속가능한 미래도시 구현 방안으로 제로에너지 주택단지 프로토타입[1] 구축
- 보급 가능한 제로에너지 주택 단지기술 확보를 통한 에너지복지 실현
- 쾌적한 생활환경조성 및 임대세입자 주택공급방안 제안을 통한 주거복지 실현
- 친환경 단지조성을 통한 환경복지 실현

• 제로에너지 주택단지 확산을 위해 기 개발된 기술을 바탕으로 보급 가능한 녹색융합기술 개발
- 국가 로드맵 구현 정책에 부합하는 녹색 기술력의 현주소 진단
- 기 개발된 녹색기술의 융합기술 제안 및 보완정책 및 기술방안 제시

1.2. 연구개발의 필요성

가. 국내외 정책분야

• 2017년 패시브주택 의무화, 2025년까지 제로에너지주택의 의무화를 이행을 위한 초석 마련
- 현 단계에서 기 개발된 기술의 점검 및 향후 정책 및 기술개발방향의 설정이 필요하다. 따라서 제로에너지주택 및 단지구축 및 실증을 통해 로드맵 구현을 위한 초석을 다질 필요가 있다.

• 탄소배출량 30% 절감을 위한 실현가능한 정책 및 지표설정을 위한 데이터베이스 구축
- 2020년까지 BAU 대비 30%의 탄소배출량을 절감하기 위해서는 건축물분야에서 온실가스 절감량에 대한 목표치를 설정해야 하며, 구체적인 데이터를 근거로 설정가능하다.
- 그러나 현재 국내에는 주택 및 단지차원에서 에너지절약 기술요소 적용 시, 실사용 에너지 절감량, 이산화탄소 배출량 등에 대한 상관관계를 밝힐 수 있는 체계적인 데이터 베이스가 구축되지 않은 상황이다.
- 따라서 국내 기후변화 대응을 위한 정책마련의 근거자료로서 제로에너지 주택 및 단지 실증을 통한 에너지절감기술 및 탄소배출량 저감의 실효성을 검토해야 한다.

나. 기술분야

• 에너지절약형 주택 및 단지 기존녹색기술의 융합기술 개발 및 실증연구 필요
- 국내외 정책 및 동향에 의해 개발된 기존 녹색기술들은 민간에서 자사의 기술력확보를 위해 수행되는 자체연구가 주를 이루며, 연구과정에서 소요되는 비용은 민간투자를 통해 확보되므로 개발된 녹색기술은 건설시장에 공개되지 않고 있다.

---

1) 프로토타입 [prototype] :양산(量産)에 앞서 제작해보는 원형(原型)을 '프로토타입'이라 하는데, 프로토타이핑이란 개발자들과 사용자들의 의사소통상의 효과를 증진시키기 위하여 취하는 시스템개발상의 기법이다. [네이버 지식백과]

- 따라서 녹색기술의 적용 및 실증 또한 자사 기술력 홍보를 위해 국한된 기술력으로 모델하우스나 시제품 제작 등 제한적 범위에서 이루어지고 있다.
- 최근 들어 이러한 문제점을 인식하고 해당기술을 융합하고자 하는 움직임이 나타나고 있으나, 민간사업의 한계로 인해 건축물의 패시브요소, 액티브요소, 친환경단지, 에너지 시스템, 신재생에너지 등 단지구성요소를 개별적으로 적용하는 수준에 그치고 있다.
- 그러나 지속가능한 제로에너지주택단지는 에너지절약형 건축물, 친환경단지, 에너지 시스템, 신재생에너지 기술 등이 복합되어 구축되므로, 제로에너지 단지 보급을 위해서는 산발적으로 개발된 기존 단지조성 녹색기술을 융합한 실증을 통해 현재 기술력을 진단하고, 융합기술을 발굴하며, 향후 국가로드맵에 부합하는 기술개발 및 정책의 방향설정이 필요하다.

다. 경제・산업

• 국내 주택시장에서 보급 가능한 제로에너지 주택 및 단지 모델 검증 필요

- 국내 주택시장에 제로에너지 주택 및 단지를 보급하기 위해서는 적용기술에 대한 검증이 우선되어야 한다. 건축분야는 다른 분야에 비하여 새로운 기술을 적용 시 발생되는 비용 및 추가 유지관리 비용에 대한 리스크가 발생하기 때문에, 성능검증이 불명확한 기술 및 제품은 빠른 보급이 어렵다는 특징이 있다.
- 따라서 민간에 녹색기술을 보급하고 수요를 촉진시키기 위해서는 현재 개발된 기술력을 집약하여, 제로에너지 단지구축에 대한 국내 기술력 검증과 동시에, 해당기술에 대한 경제성, 쾌적성, 추후 추가연구방향에 대한 검토가 필요하다.
- 그러나 이러한 검증과정은 민간기업의 기술력 확보를 위한 산발적 연구현황으로는사업진척이 어려운 상황이다.

• 제로에너지 주택 및 단지기술 보급을 위한 국내자재시장 확보

- 제로에너지 주택 및 단지기술 보급의 결정 변수인 관련기술자재는 외국에 비하여 성능 및 품질인증에 있어 관련정보가 미비하다. 제로에너지 주택 및 단지를 구현하기 위해서는 각 건축자재의 자세한 물리적 특성과, 실제 적용 시 특징 및 문제점에 대한 정보가 뒷받침 되어야 하나, 국내 기존의 건축자재업체들은 녹색기술 적용을 위한 기본정보 항목조차 파악하지 못하는 상황이다.
- 따라서 국내기술, 국내자재를 적용한 제로에너지 주택 및 단지기술을 보급하기 위해 서는 국내 녹색자재시장이 확보되어야 하며, 제로에너지주택 및 단지기술 실증을 통하여 현재 국내기술로 생산되는 자재의 기본정보 구축 및 실제 성능에 대한 신뢰도 형성의 과정이 필요하다.

• 제로에너지 주택 및 단지기술 보급을 통한 건축시장 활성화

- 주택경기 침체와 국제 금융위기로 인한 국내 건축시장의 침체는 2008년 이후로 지속되고 있으며, 향후 건설시장 전망도 활성화되기는 어렵다는 전문가들의 평가가 주를 이룬다.
- 이러한 상황에서 신축건축물에 대한 정부의 점진적 에너지성능 향상 및 의무화 계획은 건축

시장의 새로운 패러다임을 야기하는 원인이 될 것이다. 제로에너지 주택 및 단지기술 보급을 통한 민간의 수요증가는 해당 녹색기술 분야인 설계, 시공, 자재, 감리 및 관련 전문 인력의 수요 증가로 이어져, 침체된 건축시장에 활력을 줄 것으로 보인다.

- 실제로 LEED에 의한 Green Building 관련 시장은 2006년에 비해 2010년에 약 2~5배의 성장[2] 을 한 것으로 나타난다.

표 4 2006년과 2010년 LEED에 의한 Green Building 시장규모

구분	2006년	2010년
Projection U.S. Market	$ 12Billion (New)	$30~60 Billion (New)
	$ 130 Billion (Renovation)	$ 240 Billion (Renovation)
Commercial & Indust	$ 4 Billion	$ 10~20 Billion
Residential	$ 8 Billion	$ 20~40 Billion

라. 사회문화

• 국내 제로에너지 기술에 대한 국내 인식개선 및 홍보 필요

- 에너지절약형 건축물, 친환경단지, 복합에너지 등을 도입한 제로에너지 주택단지는 기후변화 및 에너지위기 대응과 같은 범지구적 동향에 부합하는 분야임과 동시에, 거주자에게 쾌적한 생활환경을 제공할 수 있는 인간중심, 환경중심의 건축분야로서, 지속가능한 미래도시 개발에 있어 중요한 요소로 인지할 수 있다.

- 2017년 패시브주택 의무화, 2025년 제로에너지 주택 의무화와 같은 국가로드맵이 채택된 가운데, 에너지절약형 건축물, 친환경단지, 복합에너지 시스템과 같은 녹색기술에 대한 국민적 이해는 부족한 상황이다.

- 현재 국민들의 녹색기술에 대한 인식은 이전의 그린홈100만호 사업과 같은 신재생에너지 위주의 국가사업의 영향으로 인해, 건축물의 에너지성능이나 단지차원의 복합에너지시스템, 친환경 단지계획과 같은 측면에서는 그 이해가 부족한 실정이다.

- 따라서 해당기술이 집약된 제로에너지 주택단지 실증으로 실제 거주자를 통한 모니터링을 통해 객관적인 에너지효율향상도와, 실내온도, 습도, 외풍 등의 영향을 받는 실내거주자 쾌적도를 입증하여 제로에너지 주택단지에 대한 국민의 긍정적 이미지를 구축 및 이해도 향상이 필요하다.

• 국민 생활환경 개선을 위한 가시적 방안 필요

- 국민 생활환경 개선에 대한 관심은 경제성장과 더불어 빈부격차 발생에 따라 인간의 기본권과 사회권을 확보하기 위한 방안으로 국내에서는 1984년 임대주택 건설촉진법에 따라 5년형 장기임대주택 건설을 시작한 것이 그 시작이었다.

- 근래에는 경제성장과 더불어 생활환경 개선에 대한 국민적 관심이 높아지면서 실내•외 인간친화적, 친환경적 생활환경에 대한 수요가 높아지고 있다.

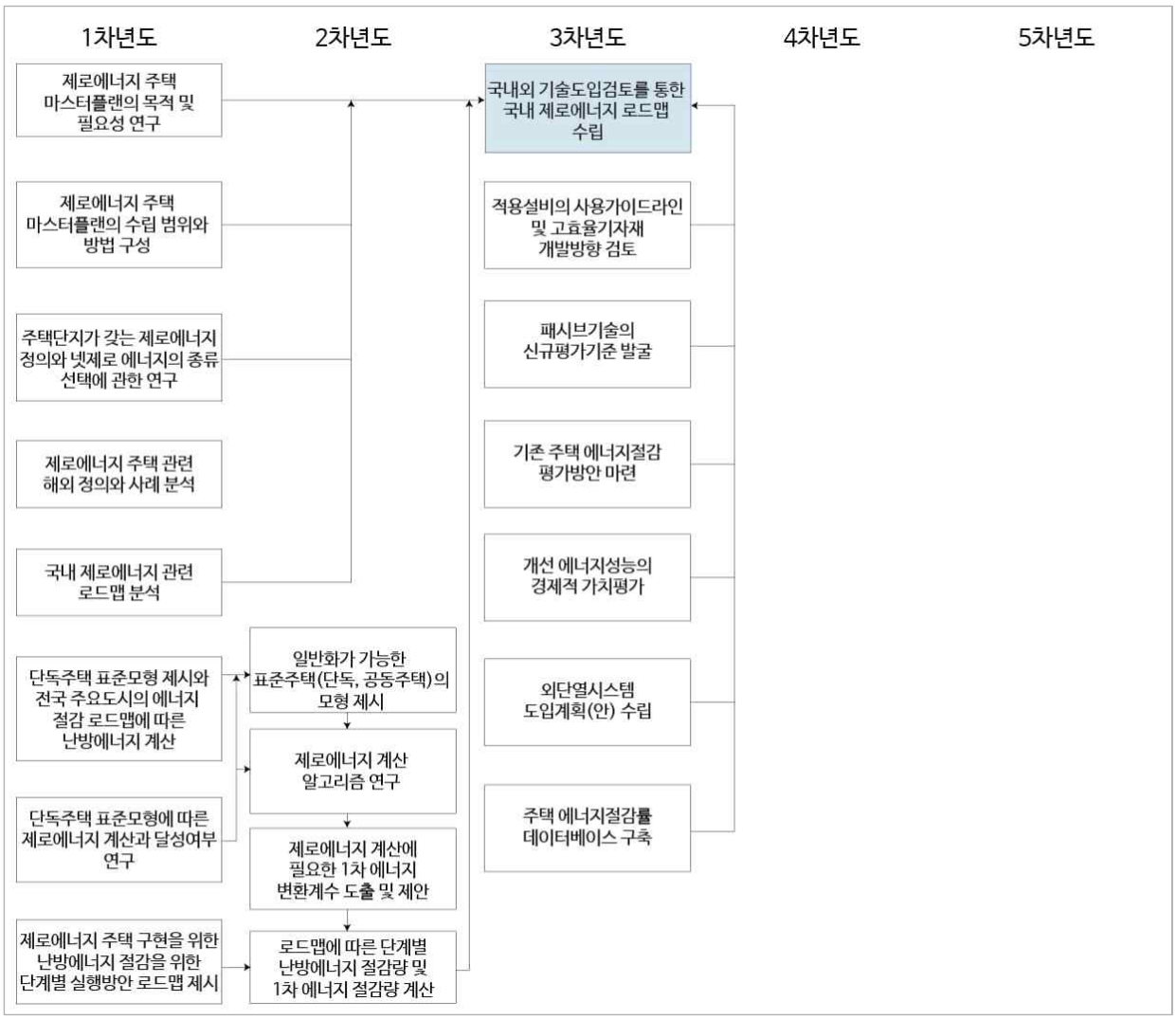
2) 녹색건설 관련시장-동국대학교 건설 환경공학과 김상범교수, 녹색정책 현황 및 건설 산업ppt

- 이에 따라 민간에서는 위와 같은 수요를 타깃으로 하는 주단지 개발에 주력하고 있다. 그러나 이러한 단지들은 민간이 보유한 녹색기술 적용에 의해 일반주택보다 높은 가격에 거래되며, 이는 곧 소득차이에 따라 생활환경의 차이가 발생하게 되는 부작용을 낳고 있다.
- 따라서 정부에서는 주거복지차원에서 제로에너지 주택 및 단지에 적용되는 녹색기술 보급 및 활성화를 주도하여, 저소득층에서도 쾌적한 생활환경을 영위할 수 있는 시스템을 개발해야 한다.
- 이러한 시스템은 실제 도입 이전에 사업방식 및 운영의 효율성을 극대화 하여 운영과정에서 발생하는 비용을 최소화해야 하며, 적용기술에 대한 검증과 동시에, 거주자의생활환경평가를 바탕으로 주거복지방안으로서의 가능성을 검증받을 필요가 있다.

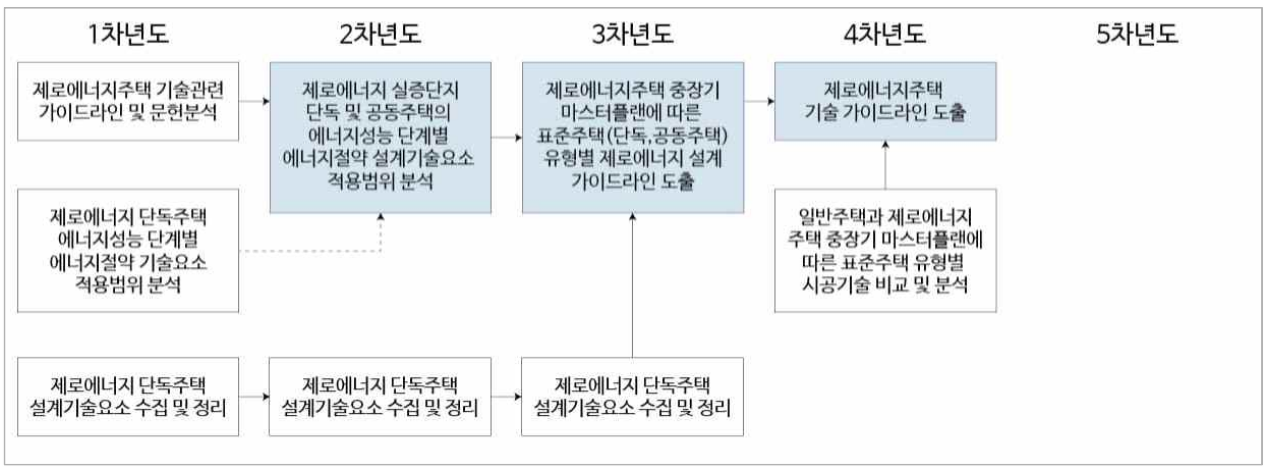
1.3. 연구개발 범위

가. 1세부과제_제로에너지주택 및 단지 융합기술 연구_명지대학교

(1) A-1. 제로에너지 분야 중장기 마스터플랜 수립



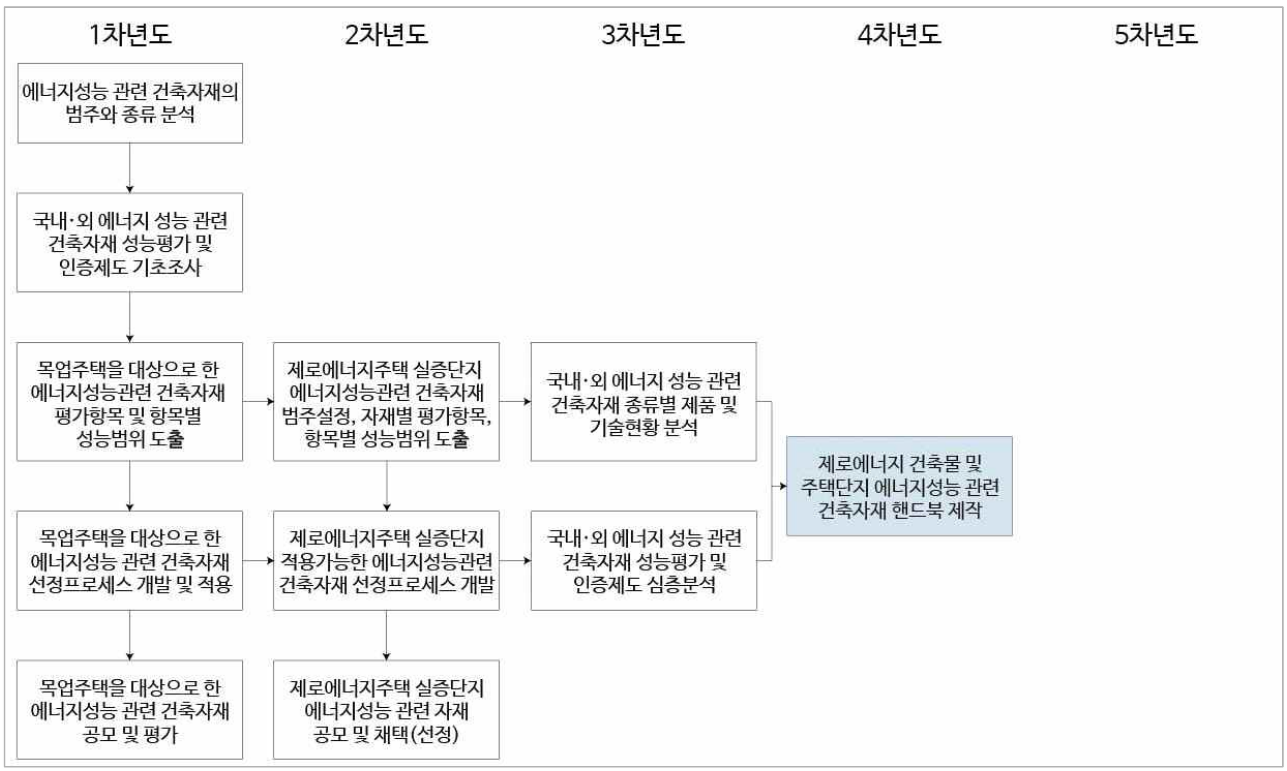
(2) A-2. 제로에너지주택 기술가이드라인 개발



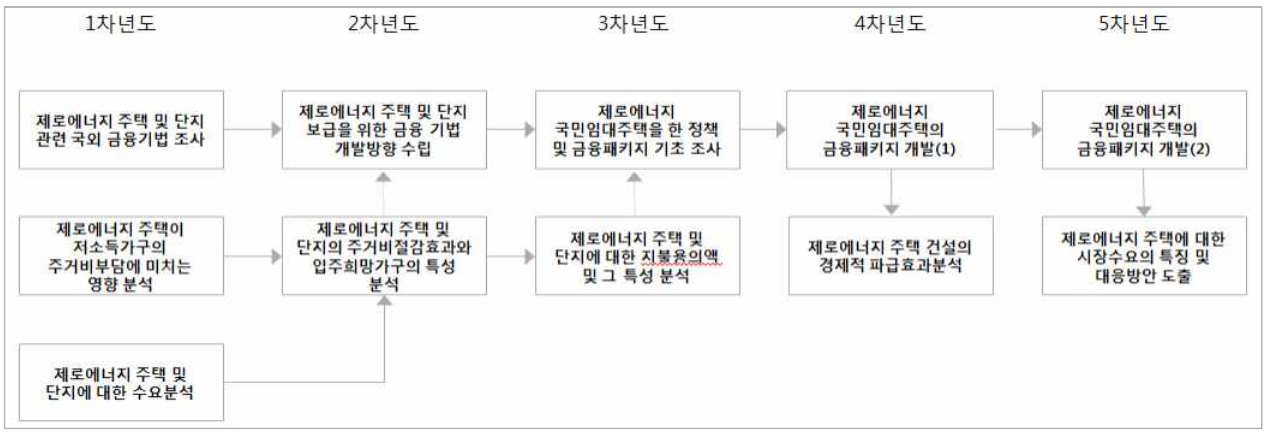
(3) A-3 제로에너지주택 단지 복합에너지 최적화 시스템 도출



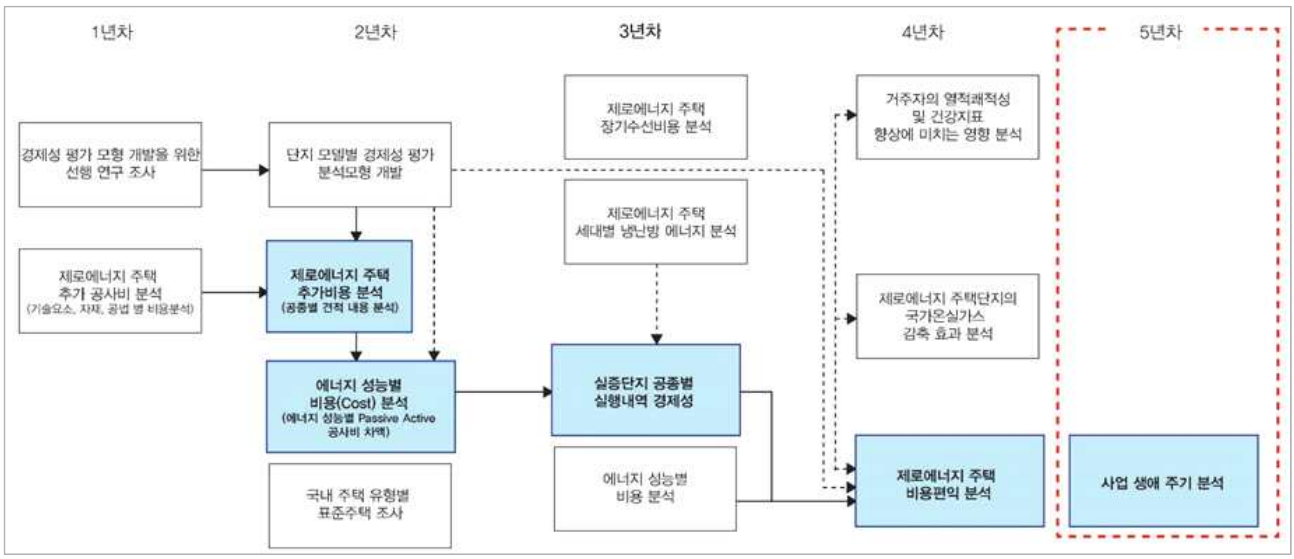
(4) A-4 제로에너지주택 적용 건축자재 분석



(5) A-5 제로에너지 단지 비즈니스모델 개발

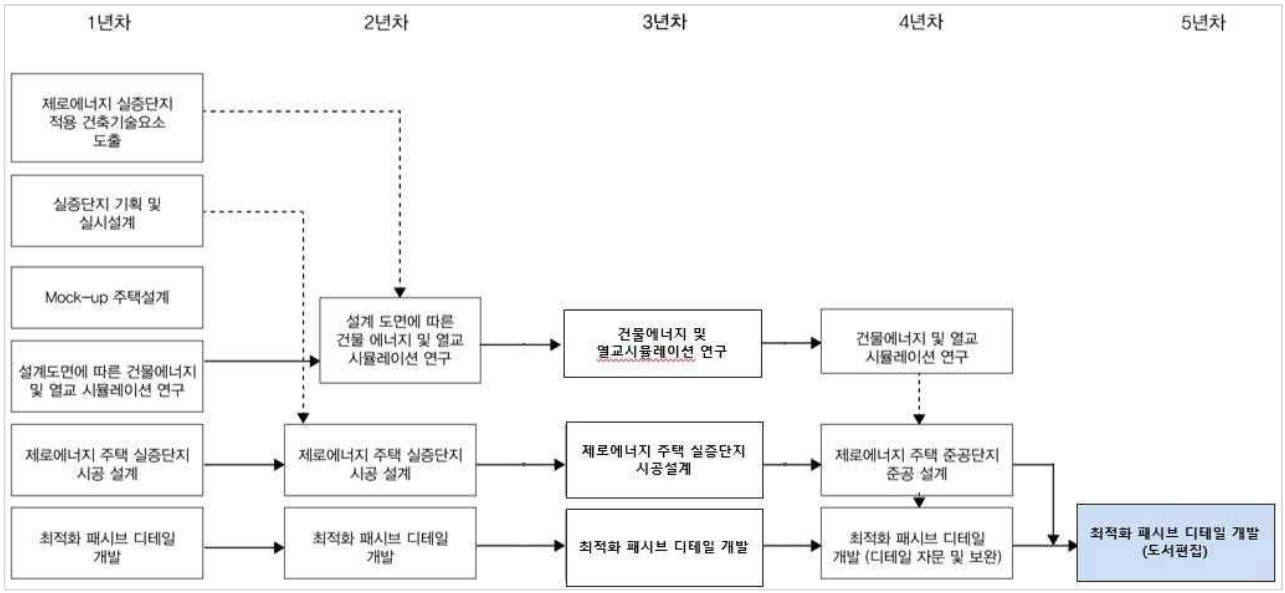


(6) A-6 제로에너지주택 및 단지 모델별 경제성 검증

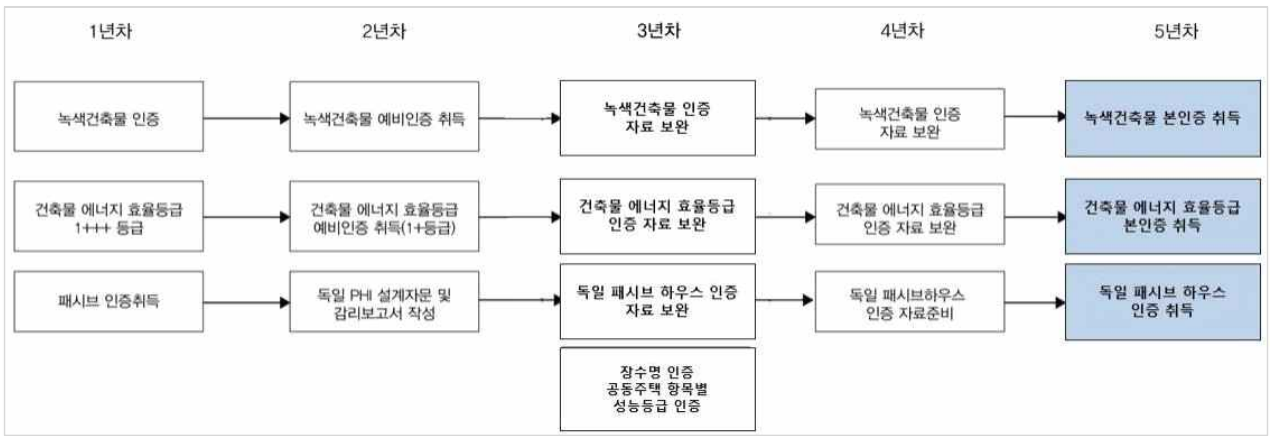


나. 1세부과제_제로에너지 주택 및 단지 최적화모델 설계_(주)제드건축사사무소

(1) B-1 제로에너지 주택 및 단지 최적화모델 설계

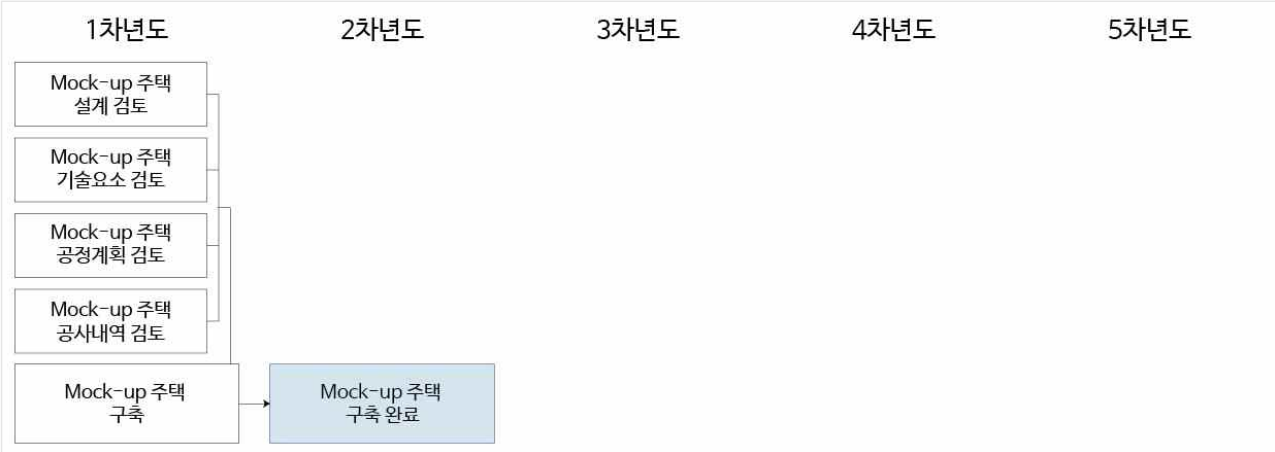


(2) B-2 제로에너지 주택 및 단지 성능인증

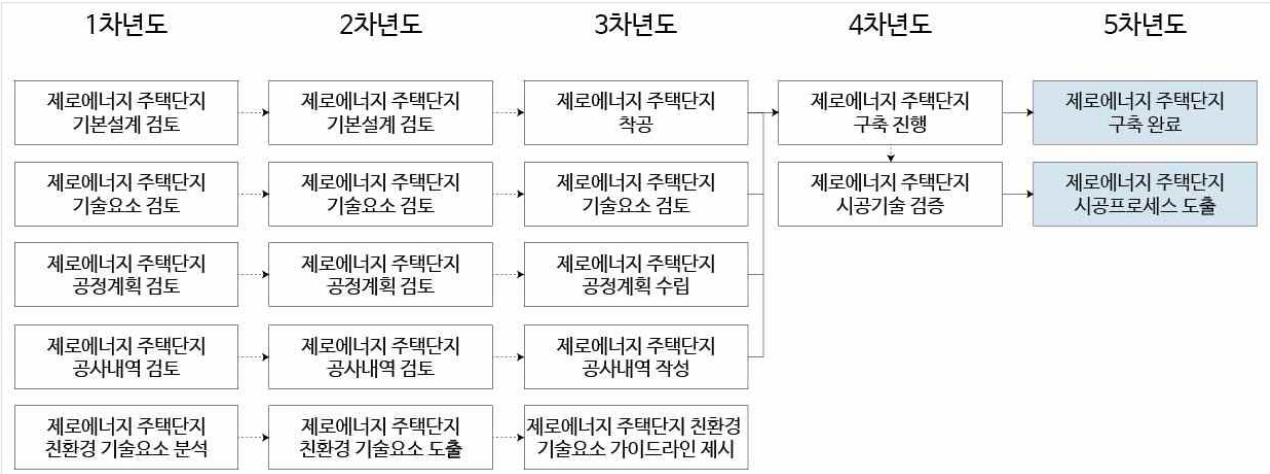


다. 2세부과제_제로에너지주택 및 커뮤니티 시공_(주)KCC건설 & 에코탑 & 한국설비연구(주)

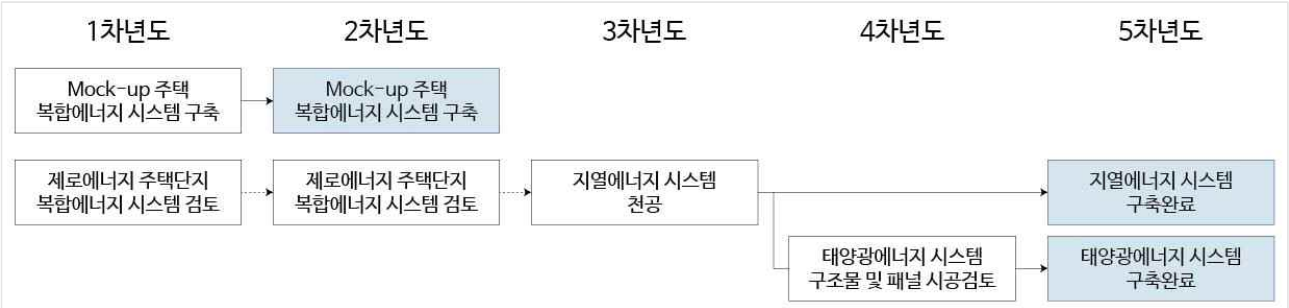
(1) C-1 목업주택 구축



(2) C-2 제로에너지 주택 단지 구축



(3) C-3 제로에너지 주택단지 복합에너지 시스템 구축

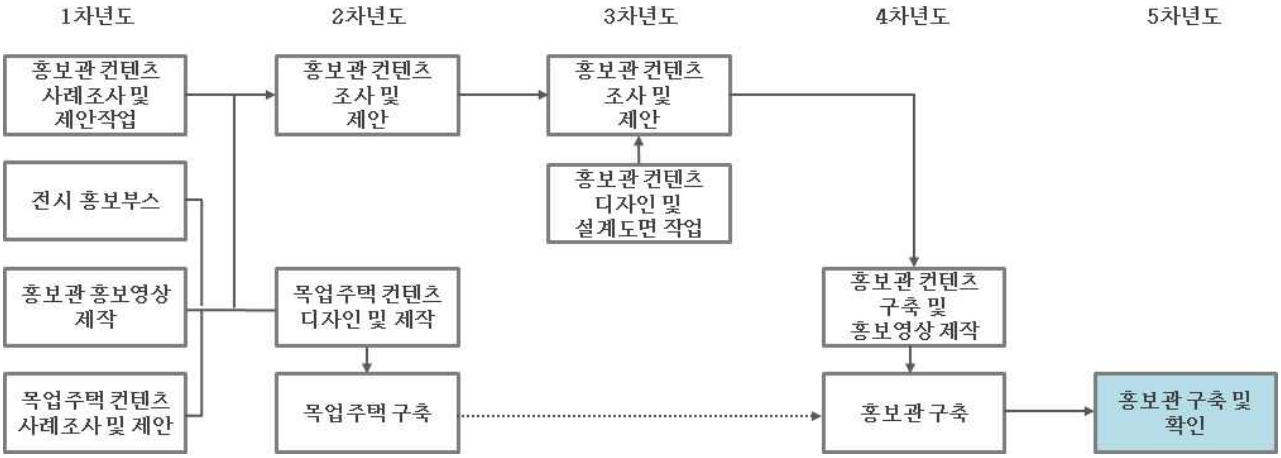


(4) C-4 제로에너지 설비 커미셔닝

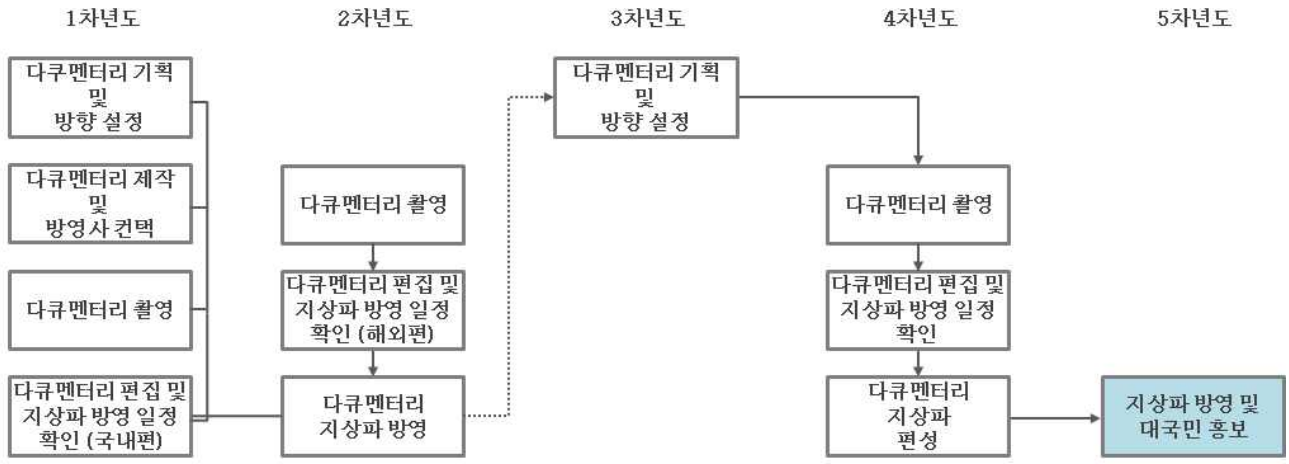


라. 2세부과제_제로에너지 주택단지 홍보_프리모케이앤에스(주)

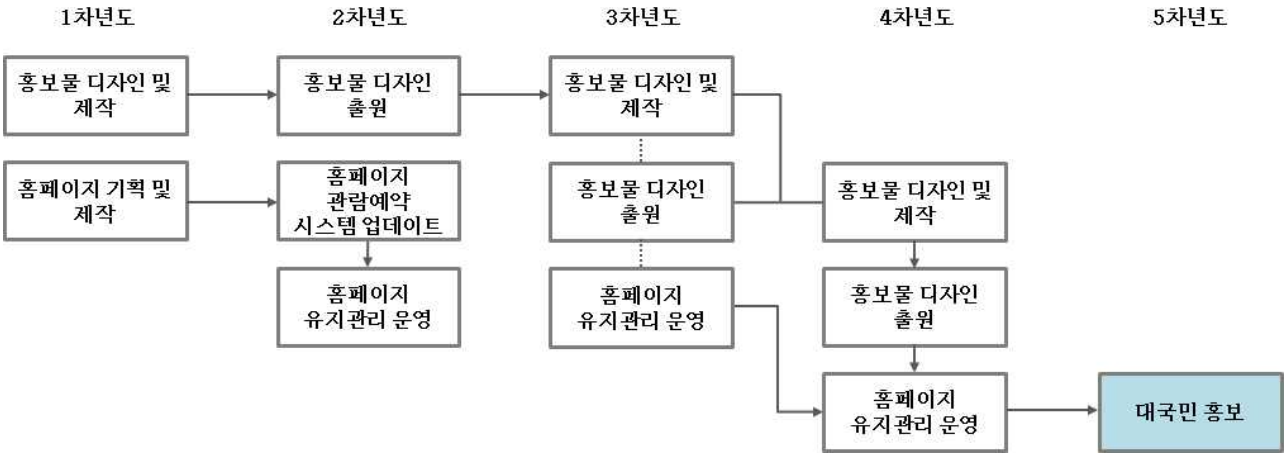
(1) D-1 제로에너지 주택단지 홍보관 구축



(2) D-2 제로에너지 주택단지 다큐멘터리 제작



(3) D-3 홈페이지 및 홍보물 제작



마. 3세부과제_제로에너지 성능 검증방법 개발_서울주택도시공사 도시연구원

(1) E-1 주택에너지 및 쾌적성 성능평가 지표개발 및 기준수립

E-1 공동주택 에너지 및 쾌적성 성능평가 모니터링 기준 및 분석방법 도출	1년차	• 국내·외 에너지성능 평가 방법 도구 조사 • 제로에너지주택과의 비교를 위한 기존공동주택 에너지사용비용 및 에너지 소비 패턴 분석(DB구축)
	2년차	• 국내·외 에너지성능 평가기법 및 도구 시뮬레이션을 통한 적용성 평가
	3년차	• 실증단지 넷제로 달성여부 확인을 위한 에너지성능 모니터링 기본방향 수립 • 제로에너지주택과의 쾌적성 비교를 위한 기존공동주택 온열환경 실측(DB구축)
	4년차	• 실증단지 넷제로 달성여부 확인을 위한 에너지성능 모니터링 항목 및 지표 도출 • 제로에너지주택과의 비교를 위한 기존 국민임대주택 전력사용량 분석(DB구축)

(2) E-2 제로에너지주택 단지 인증기준 개발

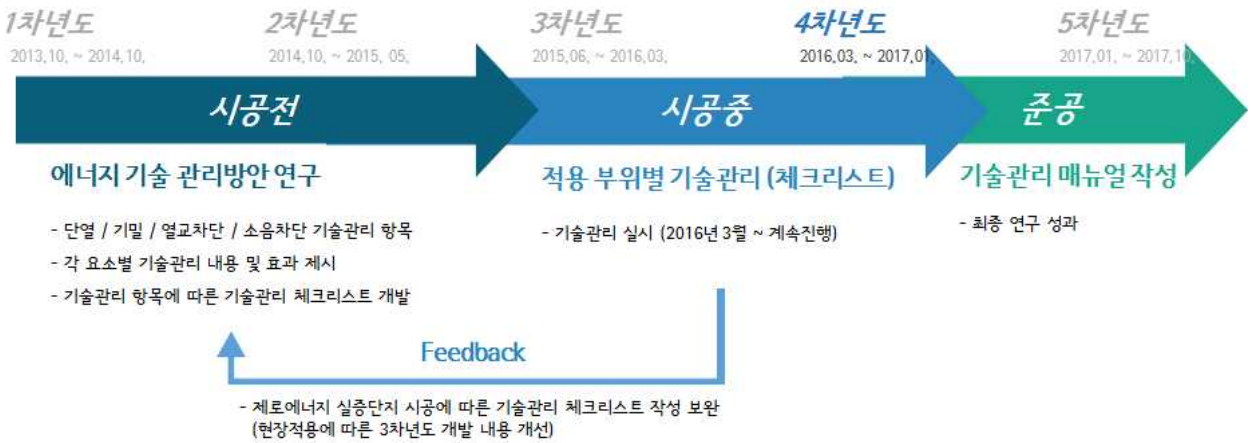
E-2 제로에너지건축물 인증기준 등급별 설계수준 및 공사비 영향분석	5년차	• 5대에너지 분리계측 을 통한 실증단지 에너지성능평가 모니터링 기법 최종 도출 • 2017년 1월 신설된 '건축물 에너지효율등급인증 및 제로에너지건축물 인증기준'에 의거, 공동주택 제로에너지 인증기준 등급별 설계수준에 따른 공사비 분석

바. 3세부과제_제로에너지 시공 및 운영관리 매뉴얼 개발_서울주택도시공사 도시연구원 & ㈜제드건축사사무소

(1) F-1 제로에너지 운영 및 관리매뉴얼 개발

1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도
제로에너지주택 입주자 선정 가이드라인 개발방향 수립	제로에너지주택 입주자 선정 가이드라인 개발 완료	제로에너지주택 운영 및 관리 개발방향 수립	제로에너지주택 운영관리매뉴얼 작성 (운영자/관리자/입주자)	제로에너지주택 운영관리매뉴얼 개발 완료
▪ 임대주택 입주자 선정관련 법 및 제도 분석 ▪ 국내외 임대주택 입주자 선정기준 조사 분석 ▪ 입주자 선정 가이드라인 개발방향 수립	▪ 입주자 선정 가이드라인 초안 작성 ▪ 법률 자문 및 전문가 검토 ▪ 수정 및 보완 ▪ 입주자 선정 가이드라인 개발 완료	▪ 국내외 저에너지, 친환경 주택단지 운영관리 사례 조사분석 ▪ 제로에너지주택 운영관리매뉴얼 개발방향 수립	▪ 제로에너지주택 운영관리매뉴얼 사용자별 구성체계 수립 ▪ 운영관리매뉴얼 구성체계에 따른 세부항목 개발 ▪ 세부항목별 내용 작성	▪ 제로에너지주택 운영관리매뉴얼 개발 완료 ▪ 입주자 매뉴얼 입주시 배포
제로에너지 주택 입주자 선정 가이드라인		제로에너지 주택 운영관리매뉴얼		

(2) F-2 제로에너지 시공관리 매뉴얼 개발



✓ 5차년도 주요 연구 내용

- 제로에너지 주택 실증단지 에너지 기술요소 도출 및 관리방안 연구
- 시공과정에서 활용 가능한 에너지 기술요소 별 체크리스트 작성
- 에너지 성능 및 기밀 성능 검증
- 제로에너지 기술관리 매뉴얼 작성

사. 3세부과제_제로에너지 및 쾌적성 모니터링_(주)누리텔레콤

(1) G-1 제로에너지 주택 단지 4대 IT 모니터링 시스템 개발

1단계	• 모니터링 시스템 통합 DB개발 - 데이터 표준 정의, Zero Property, Zero Data, 통합DB구현 • 에너지IT, 쾌적성IT, 홍보IT, 복지IT S/W 미들웨어 개발 -계량기, 센서 상태정보 및 자산관리 미들웨어 -원격검침, 쾌적성, 태양광, 가상형 가상정보 연계미들웨어 -사용자 관리, 시스템인증 관리미들웨어
2단계	• 세대용 모니터링 시스템 개발 -세대 내에너지사용량, 에너지부하, 제로에너지성과지표 -월패드용 웹화면, 태블릿용 웹화면개발 • 단지용 모니터링 시스템 개발 -단지단위 실시간 상황관리, 제로에너지성과지표, 에너지부하, 신재생발전, 쾌적성 -홍보관용 에너지/쾌적성 홍보시스템
3단계	• 에너지IT, 쾌적성IT, 홍보IT, 복지IT S/W 고도화 • 5대 에너지 모니터링 분리 계측 고도화 • 에너지 통합 모니터링 미들웨어 S/W 현장 구축 및 시험 • 쾌적성 모니터링을 위한 표면온도, 수직온도 센서 구축 및 시험

(2) G-2 제로에너지주택 단지 4대 IT 모니터링 시스템 구축

1단계	• 4대 IT 모니터링을 위한 인프라 설치 -월패드, 세대 분전반, 단위세대 에너지 계량모듈, 단지서버, 통합단지관리시스템 구축 -전력량계, 계량기함, 디지털미터(수도, 적산열량, 냉방열량) 등 통합관제 원격검침시스템 구축
2단계	• 4대 IT 모니터링 시스템 구축 -단지관리시스템, H/N세대단말기, 에너지관리모듈 등 모니터링시스템 구축 및 안정화 작업

(3) G-3 제로에너지 주택단지 에너지 사용분석 및 평가

1단계	• 제로에너지 모니터링 시스템 사용분석 -세대, 단지 모니터링 시스템 실제운전 -세대, 단지 에너지 실 사용량 분석 및 평가 -비교대상 주택과 제로에너지 주택 비교 분석
2단계	• 제로에너지 모니터링 시스템 평가 -세대, 단지, 연구자용 모니터링 시스템 사용 후 장단점 분석 -실시간, 일별, 주별, 월별, 계절별, 연도별 제로에너지 데이터베이스화 및 분석데이터 제공

제2장. 국내외 기술 개발 현황

2.1. 국내동향

가. 국내 제로에너지 건축물 인증제도 신설

◦ 국토교통부는 제로에너지 건축물의 기술기준 정립 및 상용화 촉진·민간사업 확산을 위해 제로에너지 건축물 인증제도를 2017.01.20.부터 시행하였다.

- 해당 제도의 정식 명칭은 「건축물 에너지효율등급 인증 및 제로에너지 건축물 인증기준」으로 기존의 에너지효율등급 인증제도와 연계하여, 기존의 에너지효율등급 인증에서 평가하지 못하는 제로에너지 수준의 건축물을 인증할 수 있는 체계를 구축하였다. 해당 기준은 국토교통부와 산업통상자원부가 공동고시하고 있다.

◦ 제로에너지건축물 인증대상

- 제로에너지 건축물은 모든 용도의 신축 및 기축건물이 인증받을 수 있으며, 이는 건축물 에너지효율등급 인증대상과 동일하다. 아래 표는 「건축물 에너지효율등급 인증 및 제로에너지건축물 인증에 관한 규칙」에서 명시하는 해당규칙의 적용대상이다.

제2조(적용대상) 「녹색건축물 조성 지원법」(이하 “법“이라 함) 제17조제5항 및 「녹색건축물 조성 지원법 시행령」(이하 “영“이라 함) 제12조제1항에 따른 건축물 에너지효율등급 인증 및 제로에너지건축물 인증은 다음 각 호의 건축물을 대상으로 함 1. 「건축법 시행령」 별표 1 제1호에 따른 단독주택(이하 “단독주택“이라 함) 2. 「건축법 시행령」 별표 1 제2호 가목부터 다목까지의 공동주택(이하 “공동주택“이라 함) 및 같은 호 라목에 따른 기숙사 3. 「건축법 시행령」 별표 1 제3호부터 제13호까지의 건축물로 냉방 또는 난방 면적이 500제곱미터 이상인 건축물 4. 「건축법 시행령」 별표 1 제14호에 따른 업무시설(이하 “업무시설“이라 함) 5. 「건축법 시행령」 별표 1 제15호부터 제28호까지의 건축물로 냉방 또는 난방 면적이 500제곱미터 이상인 건축물 * 기숙사, 오피스텔 포함

- 한편 공공기관의 경우 제로에너지건축물을 선도하기 위하여 「공공기관 에너지이용합리화 추진에 관한 규정」에 의해 일부 공공건축물의 에너지효율등급 인증 및 제로에너지 건축물 인증 취득을 의무화 하고 있다.

제6조(신축건물의 에너지이용 효율화 추진)

① 공공기관에서 「녹색건축물 조성 지원법」 제14조 및 같은 법 시행령 제10조에 따른 에너지절약계획서 제출대상 중 연면적이 3,000㎡이상이고 「건축물 에너지효율등급 인증 및 제로에너지건축물 인증 기준(산업통상자원부국토교통부 고시)」(이하 “건축물 인증 기준”이라고 함)에서 에너지효율등급 인증기준이 마련된 건축물을 신축하거나 연면적 3,000㎡ 이상을 별동으로 증축하는 경우에는 건축물 인증 기준에 따른 건축물에너지효율 1등급 이상을 취득하여야 함. 단, 시장형준시장형 공기업이 신축하는 건축물은 2017년부터 건축물에너지효율 1++등급 이상을 취득하여야 함

② 제1항에도 불구하고 「건축법 시행령」 별표 1의 제2호에 따른 공동주택 및 제14호 나목에 따른 오피스텔을 신축하거나 별동으로 증축하는 경우에는 건축물에너지효율 2등급 이상을 의무적으로 취득하여야 함

③ 시장형준시장형 공기업이 제1항에 따른 건축물 에너지효율등급 취득 대상 중 다음 각 호에 해당하는 건축물을 신축하거나 별동으로 증축하는 경우에는 건축물 인증 기준에 따른 제로에너지 건축물 인증을 취득하여야 함. 단, 준시장형 공기업이 신축하거나 별동으로 증축하는 건축물은 2018년부터 제로에너지 건축물 인증을 취득하여야 함

1.「건축법 시행령」 별표 1의 제10호에 따른 교육 연구시설

2.「건축법 시행령」 별표 1의 제14호에 따른 업무시설(단, 오피스텔은 제외)

④ 공공기관에서 「녹색건축물 조성 지원법」 제14조 및 같은 법 시행령 제10조에 따른 에너지절약계획서 제출 대상 중 연면적 10,000㎡ 이상의 건축물을 신축하거나 별동으로 증축하는 경우에는 건물에너지 이용 효율화를 위해 건물에너지관리시스템(BEMS)을 구축운하여야 하며, 한국에너지공단을 통해 설치 확인을 받아야 함. 다만, 다음 각 호에 해당하는 경우는 제외할 수 있음 1.「건축법 시행령」별표 1의 제2호에 따른 공동주택

2.「건축법 시행령」별표 1의 제14호 나목에 따른 오피스텔

3. 그 밖에 산업통상자원부장관이 인정하는 경우

⑤ 공공기관에서는 과대 청사의 건립을 방지하기 위해 「정부청사관리규정시행규칙(행정자치부령)」, 「공유재산 및 물품관리법 시행령」, 「이전공공기관 지방이전계획 수립지침(국토교통부 훈령)」 등 관련 규정의 적용여부를 확인하여 시설규모를 정하여야 함

◦ 제로에너지 건축물 인증 기준

제로에너지 건축물 인증기준은 기존의 건축물 에너지효율등급 1++ 이상을 취득한 건축물에 대하여 규정에서 제시하는 에너지 자립율 산정방식에 따라 5단계로 나누어 평가된다.

이때 건축물은 에너지 사용량을 모니터링 할 수 있도록 건축물 에너지 관리시스템 또는 원격검침 전자식 계량기를 설치하여야 한다.

표 7 제로에너지 건축물 인증 등급

ZEB 등급	에너지 자립률
1등급	에너지 자립률 100% 이상
2등급	에너지 자립률 80 이상~100% 미만
3등급	에너지 자립률 60 이상~80% 미만
4등급	에너지 자립률 40~60% 미만
5등급	에너지 자립률 20 이상~40% 미만

- 건축물 에너지효율등급 1++ 이상

표 8 건축물 에너지 효율등급 기준

등급	주거용 건축물	주거용 이외의 건축물
	1차 에너지 소요량 (kWh/㎡ · 년)	1차 에너지 소요량 (kWh/㎡ · 년)
1+++	60 미만	80 미만
1++	60 이상~90 미만	80 이상~140 미만
1+	90 이상~120 미만	140 이상~200 미만
1	120 이상~ 150 미만	200 이상~260 미만
2	150 이상~190 미만	260 이상~ 320 미만
3	190 이상~230 미만	320 이상~ 380 미만

- 자립율 산정 및 기준

$$\text{에너지자립률}(\%) = \frac{1\text{차에너지 생산량}(kWh/\text{㎡년})}{1\text{차에너지 소비량}(kWh/\text{㎡년})} \times 100$$

1차에너지 생산량 = Σ{(신 · 재생에너지 생산량-신 · 재생에너지 생산에 필요한 에너지량)×해당 1차 에너지 환산계수}/평가면적

1차에너지 소비량 = 단위면적당 1차에너지 소요량 + 단위면적당 1차에너지 생산량

- 건축물 에너지관리시스템 또는 원격검침 전자식 계량기 설치 확인

「건축물의 에너지절약 설계기준」 의 (별지 제1호 서식) 2. 에너지성능지표 중 전기설비부문 8.건축물 에너지관리 시스템(BEMS) 또는 건축물에 상시 공급되는 모든 에너지원별 원격검침 전자식 계량기 설치 여부

표 9 건축물의 에너지절약 설계기준 별표 12 건물 에너지 관리시스템(BEMS)의 설치기준

항목		설치 기준
1	데이터 수집 및 표시	대상건물에서 생산 · 저장 · 사용하는 에너지를 에너지원별 (전기/연료/열 등)로 데이터 수집 및 표시
2	정보감시	에너지 손실, 비용 상승, 쾌적성 저하, 설비 고장 등 에너지관리에 영향을 미치는 관련 관제값 중 5종 이상에 대한 기준값 입력 및 가시화
3	데이터 조회	일간, 주간, 월간, 연간 등 정기 및 특정기간을 설정하여 데이터를 조회
4	에너지 소비현황 분석	2종 이상의 에너지 원단위와 3종 이상의 에너지 용도에 대한 에너지 소비현황 및 증감 분석
5	설비의 성능 및 효율 분석	에너지 사용량이 전체의 5% 이상인 모든 열원설비 기기별 성능 및 효율 분석
6	실내외 환경정보 제공	온도, 습도 등 실내외 환경정보 제공 및 활용
7	에너지 소비 예측	에너지 사용량 목표치 설정 및 관리
8	에너지 비용 조회 및 분석	에너지원별 사용량에 따른 에너지 비용 조회
9	제어시스템 연동	1종 이상의 에너지 용도에 사용되는 설비의 자동제어 연동

나. 국내 제로에너지빌딩 시범사업 추진[3)]

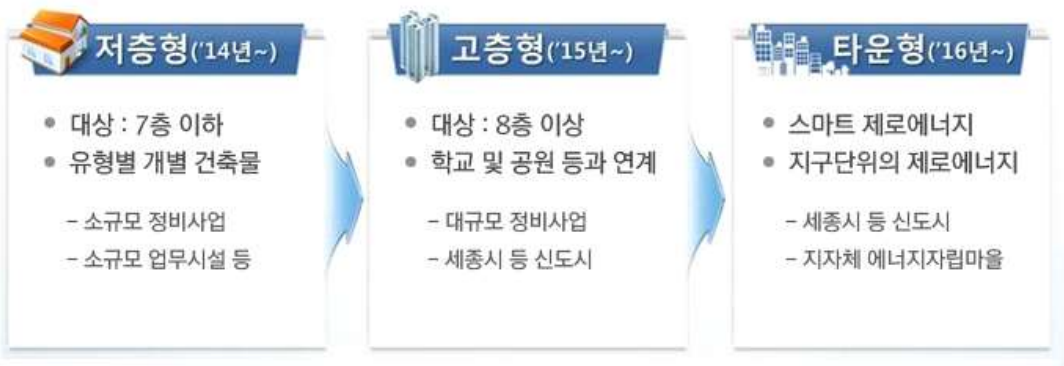
◦ 기후변화 대응을 위한 제로에너지 건축물을 활성화 하기 위하여 정부차원의 공공시범사업 추진 및 제로에너지 실증프로젝트 등을 추진하여 왔다.

◦ (공공 시범사업 추진) 혁신도시 이전 공공기관 10곳 중 7개소의 초에너지 절약형 청사*를 준공 (에너지효율등급 인증 완료)

- 일반 공공건축물 대비 에너지소비량 50% 이하로서, ’15년 준공 기관(7개소)의 운영을 통해 일반건물 대비 연간 약 25억원의 에너지 비용을 절감
- (준공) 한전, LH, 석탄공사 등 7개소 / (시공중) 에너지공단 등 3개소(’17년 준공예정)
- 공공건축물 신축 시 일사조절 장치, 지능형 계량기 등을 설치토록 하고, 녹색건축포털에 공공시설 에너지 소비량도 공개(’15.11~)

◦ (제로에너지 실증) 제로에너지 시범사업*(저층형, 고층형) 지정·건설 및 제로에너지 실증단지**(서울 노원구, 임대주택 121세대) 건설도 추진

- 저층형: ’14년 5개소 지정(KCC 서초사옥, 진천군 주택단지, 아산 중앙도서관 등)
- 고층형: ’15년 2개소 지정(송도 공동주택 및 장위 4구역 주택재개발사업)
- 실증단지: ’15.11착공→’17上 입주, 일반 국민임대주택 대비 에너지 비용 65% 절감
- 또한, 기 추진된 친환경 공공주택사업*을 모니터링하여 에너지 절감 효과를 검증하고, 사업성과도 적극 홍보(‘16.12, LH) : 강남세곡보금자리지구(A7블록) 765세대 중 210세대를 기존 공동주택 대비 에너지소비량을 60% 이상 절감한 그린홈 시범단지로 조성(’14.9 입주)



3) 국토교통부, 정책보고자료_제로에너지 건축 활성화 추진방안, 2016.12

표 10 국토교통부 제로에너지 시범사업

저층형	내용	추진일정
KCC 서초사옥	·유형 : 비주거/업무시설 ·위치 : 서울시 서초구 사평대로 344 ·건축주 : (주)케이씨씨 ·사업내용 : 업무시설 신축 (지하2층/지상7층) ·연면적 : 3,457.22㎡ / 용적률 : 277.5%	· '16.12 : 부지매입 결렬, 공사 재개 · '17.上 : 설계변경 및 제로에너지 예비인증 · '18.下 : 준공
진천군 제로에너지 시범단지	·유형 : 주거/단독주택 ·위치 : 진천군 덕산면 두촌리 산37-1 ·건축주 : 진천군수 ·사업내용 : 주택단지 조성(지상2층) ·연면적 : 6,577.1㎡ / 용적률 : 277.5%	· '16.12 : 관리계획 심의 완료 · '17.上 : 지구단위계획 변경 및 대지조성공사 착공 · '18 : 도지분양 및 착공 · '19 : 준공
행복도시 1-1 생활권	·유형 : 주거/단독주택 ·위치 : 세종시 고운동 일대 ·건축주 : 한국 토지주택공사 ·사업내용: 블록형 단독주택 조성 (지상3층 이하) ·대지면적18,217㎡ / 용적률 80% 이하	· '16.上 : 민간분양 유찰로 리츠사업전환 · '16.12 : 리츠 영업인가, 설계 및 에너지 효율등급 예비인증 완료 · '17.上 : 토지매입 및 사업 인허가, 착공 · '18.下 : 준공 및 임대개시
아산 중앙도서관	·유형 : 비주거/문화시설(도서관) ·위치 : 충남 아산시 용화동 1391 ·건축주 : 아산시장 ·사업내용 : 지하1층, 지상5층 ·연면적 : 9,037.21㎡ / 용적률 :102.32%	· '15.12 : 대체사업 선정 · '16.5 :착공 · '18.3 : 준공 및 도서관 개관
서울 공항고	·유형 : 비주거/교육시설 ·위치 : 서울 강서구 마곡동 731-250 일대 ·건축주 : 서울시 교육청장 ·사업내용 :지하1층/지상4층, 33학급(990명규모) ·대지면적 : 13,390㎡/ 연면적 : 13,276㎡	· '16.6 : 교육부 에너지자립학교 시범사업 선정 · '17.1~8: 설계용역 · '17.下:착공 · '19.3 : 준공. 개교
충남 정산중	·유형 :비주거/교육시설 (기숙형) ·위치 : 충남 청양군 정산면 역촌리 205-2 등 ·건축주 : 충남 교육청장 ·사업내용 : 지하1층 /지상2층, 7학급 (129명 규모) ·대지면적 : 36,500㎡ / 연면적 : 9,920㎡	· '16.6 : 교육부 에너지자립학교 시범사업 선정 · '17.1 : 설계완료 · '17.上 : 착공 · '19.3 : 준공, 개교
고층형	내용	추진일정
송도 6·7공구 A11블럭 공동주택	·유형 : 주거/공동주택 ·위치 : 인천시 연수구 송도동 397-11 ·건축주 : 현대건설 ·사업내용 : 공동주택 조성 (지하2층/지상 34층, 10개동, 886세대) ·연면적 : 152,825㎡ / 용적률 :206.99%(제로에너지 빌딩 인센티브 5%p)	·' 15.6 : 시범사업 선정 · '15.10 : 분양 및 착공 · '16.1 : 현장 개설 및 토공사 · '17.上 : 골조공사 · '19.6 : 준공
장위4구역 주택재개발 정비사업	·유형 : 주거 /주택 재개발 정비사업 ·위치 :서울 성북구 화랑로 37갤 51 ·건축주 :장위4구역 주택재개발 정비사업조합 ·사업내용 : 31동 2,840세대 (지하3층, 지상 31층) ·연면적 : 433,686.99㎡ / 용적률 : 263.36%	· '15.12 : 시범사업 선정 · '16.9 : 관리처분인가 · '17.上 : 금융권 협의 및 이주 · '17.12 : 착공 · '20 : 준공
단지형	내용	추진일정
경기도 신청사	·위치 : 경기도 수원시 영통구 광교신도시 내 공공청사 4블럭 ·건축주 : 경기도지사 ·사업내용 : 도청사 및 도의회 청사 등 (지하4층/지상22층) ·연면적 : 236.140㎡ / 용적률 : 62.76%	· '16.12 : 시범사업 선정 · '17.上:설계완료 · '17.下 : 착공 · '20 : 준공
행복도시 5-1생활권 제로에너지 스마트시티	·위치 : 세종시 합강리 일원 ·건축주 : 행복청, LH ·사업내용 :5-1 생활권(주거용, 상업용, 공공시설 대상) ·대지면적 :2,741,213㎡	· '16.12 : 시범사업 선정 · '17.上 : 지구단위계획 공고 · '18.上 : 지구단위계획 수립 및 선도구역 지정 · '19.上 : 실시설계 및 착수 · '20 : 단계적 토지분양 및 조성공사

다. 주택 에너지성능 확보를 위한 기준 향상

◦ 국내의 공동주택의 에너지성능과 관련한 사항은 국토교통부 고시인 「에너지절약형 친환경주택 건설기준」에 의해 규정하고 있다. 해당규정은 2009년 「친환경주택 건설기준 및 성능」으로 제정되어 운영되다가 제로에너지 건축물의 의무화 등의 정책 등을 반영하여 2016년 「에너지절약형 친환경주택 건설기준」으로 개정되어 운영되고 있다. 이 규정은 현재까지 11번의 제·개정이 이루어졌으며, 최근에는 주택의 에너지성능 향상과 관련한 제·개정이 주를 이루고 있다.

◦ 에너지절약형 친환경주택 건설기준 단계적 강화 (2017.12.25. 시행)

- 2017년 12월 사업계획승인 대상인 신축공동주택(30세대 이상)의 에너지 의무 절감률이 현행 30~40%에서 패시브 하우스 수준인 50~60%로 규정을 향상하였다.
- 국가 온실가스 감축 목표 달성 및 주거비 부담 완화를 위해 ’09년부터 에너지 의무절감률을 단계적*으로 강화해왔으며, ‘17년 목표 달성을 위해 지난해 11월 행정예고(’16. 11. 18.~12. 8.)한 바 있다.

* 녹색건축물 활성화 방안(‘09.11.): ’09(15%) → ’10(20%) → ’12(30%) → ’17(60%) → ’25(100%)

◦ (2017.12.25. 시행) 개정안의 주요 내용은 다음과 같다.

① 친환경 주택의 에너지 의무절감률 강화

-평균전용면적 70㎡ 초과는 60% 이상(현 40%), 평균전용면적 60㎡ 초과 70㎡ 이하는 55% 이상(현 40%), 평균전용면적 60㎡ 이하는 50% 이상(현 30%)으로 에너지 설계기준이 강화된다.

- 이를 통해 벽체, 창, 문 등의 단열이 강화되어 신축 공동주택의 에너지성능이 독일 패시브하우스 수준으로 향상된다.

② 공동주택 에너지절감률 평가방법 개선

- 주택 에너지성능 평가 시 침기율*, 냉방설비 등을 고려하여 기존요소(난방, 급탕, 조명)와 함께 환기·냉방도 평가한다.

* 50Pa의 압력이 작용하는 경우 건물 틈새를 통해 이뤄지는 완전환기횟수

- 산업부에서 운영하던 고효율조명제도가 폐지됨에 따라 엘이디(LED) 등 고효율조명의 사용을 유도하기 위해 조명밀도*가 추가된다.

* 세대 내 거주공간에 설치하는 조명기구 용량의 합을 전용면적으로 나눈 값

- 시방기준은 설계자가 외단열·신재생설비를 선택 적용할 수 있도록 하고, 절감효과에 따른 점수를 합산하여 10점 이상이 되도록 한다.
- 실제 기후에 맞게 에너지 설계기준이 적용될 수 있도록 최신 기상데이터를 반영하여 평가지역을 3개에서 4개로 조정*한다.

* (기존) 중부, 남부, 제주 → (개정) 중부1, 중부2, 남부, 제주

③ 기타

- 에너지 의무절감률 강화에 따라 ‘에너지절약형 친환경주택 건설기준’과 연계되는 ‘건축물 에너지 효율등급’을 상향*한다.

* 전용면적 60㎡ 초과인 경우 1등급 이상에서 1+등급 이상으로 상향하고, 전용면적 60㎡ 이하인 경우 3등급 이상에서 1등급 이상으로 상향한다.

2.2. 해외동향

가. 해외 기술개발 동향[4)]

◦ 미국

- 미국의 자동제어기술 개발은 초기단계이지만 정확한 건물에너지 계측방안과 데이터 분석기술 등 고성능 BEMS 도입 기반은 탄탄하다. 미국 BEMS 시장은 세계시장의 약 50%를 차지할 정도로 시장 수요가 크고 기술력이 높아 급속한 도입 확대가 예상된다.

- 하니웰(Honeywell)은 빌딩자동제어통합시스템 기술인 EBI(Enterprise Building Integration)의 한 구성요소로서 에너지관리기술을 개발하고 있다.

- 존슨컨트롤즈(Johnson Controls)는 확보하고 있는 메타시스 기반의 전통적인 BAS/BEMS 솔루션 에너지 관리에 대한 응용 서비스를 제공하고자 Energy Essential 솔루션을 개발하고 있다. 대규모 기업 통합 솔루션으로 Enterprise Sustainability Management를 기반으로 한 통합 에너지 관리 기능을 제공한다.

◦ 유럽

- EU는 BEMS 활용을 통한 건물에너지 절약과 쾌적도 향상 검증이나 효율적인 BEMS 운영과 관련 다양한 연구를 진행하고 있다. 벨기에, 핀란드, 독일, 네덜란드, 영국, 스웨덴, 프랑스, 스위스를 중심으로 최적화 설계와 제어, 고장진단, 사후처리, 통합화 등 관련 기술을 연구하고 있다. 실제로 고성능 BEMS 를 실제 건축물에 적용할 수 있는 기술수준에 도달했다는 평가를 받고 있다.

- 지멘스(Siemens)는 EMC(Energy Monitoring & Control Platform)를 기반으로 원격에서 AOC(Advantage Operation Center)를 운용하고 있다.

- 오스트리아 인스브루크의 패시브하우스는 유럽의 가장 큰 패시브하우스 단지로 2009년 10월 완공되었다. 35,000m2 면적에 354채의 아파트로 구성되어 있다. 태양광 집진시설, 나무 펠렛 등을 난방원료로 사용하는 등 녹색건축 기술 덕분에 영하 15도의 한파에서도 실내 온도 24도를 유지하는 데 드는 난방비가 월 25,000원에 불과하다.

◦ 일본

- 일본에서는 후쿠시마 원전 유출사고로 전력 부족 사태를 겪고 있어 종합건설사들이 ‘제로에

4) R&D 정보센터,「제로에너지 건축물 신기술 동향분석」, 지식산업정보원, 81p

너지빌딩’ 건축에 나서고 있다. 제로에너지빌딩은 태양광, 지열 등 신재생에너지로 전력을 자체 생산하고, 건물 내 에너지 사용을 최소한으로 줄인 인텔리전트 빌딩이다. 전력회사 송전망을 통해 전기를 공급받기도 하지만 자체 생산한 전력 중 잉여 전력을 판매할 수도 있어 결과적으로 전력회사로부터 조달하는 에너지가 ‘제로’이다.

- 시미즈(淸水) 건설이 2012년 3월 야마나시현에 짓는 업무용 빌딩이 일본 제1호 제로에너지빌딩이 될 전망이다. 자연 환기시스템과 건물 내 필요한 에너지를 최적 배분하여 주는 에너지관리시스템을 적용한 설계기술로 유명하다. 새로 짓는 건물에는 태양광과 바이오매스로 자체 발전설비를 가미하고, 조명기기를 모두 에너지 효율이 좋은 LED 조명기구로 대체할 계획이다.

- 히타치는 2013년부터 도시 개발을 위한 Area Energy Solution 을 제공하기 시작하였다. 지역 내에서의 에너지관리시스템, 축전지시스템, 여유 전력의 상호공급 설비 등을 일괄적으로 제공함으로써 스마트시티 기능을 시현할 것이다. 또한 미쓰이부동산 등이 추진 중인 지바현 ‘가사와노하 스마트시티’ 프로젝트에 솔루션을 제공할 예정이다.

- AEMS(Area Energy Management System)는 오피스나 상업시설, 주택, 공공시설 등에 설치한 HEMS(Home Energy Management System), BEMS, 중앙감시시스템으로부터의 정보를 기초로 전력뿐만 아니라 물, 가스 등의 수급상황을 파악할 수 있게 해주고, 지역 전체의 에너지 정보를 분석함으로써 에너지의 일원적 관리, 수요 예측, 수급정보의 고객으로의 제공 등을 실현한다.

- 파나소닉은 HEMS 시장에 진출하기 위해 2013년 6월 일본의 관동지역과 관서지역의 각각 100세대 회사 사택에서 ‘스마트맨션’ 실증실험을 개시하여 약 2년 간에 걸쳐 기술검증을 실시할 계획이다. 실증실험을 통해 점유구역에서는 분전반의 소비전력을 계측하고, 원격제어가 가능한 에어컨을 설치하여 이용한다. 계측과 제어에는 파나소닉이 단독주택용으로 판매 중인 HEMS 기기 ‘AiSEG’를 이용하며, 이외의 전력정보를 표시하기 위해 태블릿 단말기를 세대별로 도입한다. AiSEG 와는 별도로 각종 센서를 부착하여 온도와 습도, 조도, 적외선을 이용한 인식센서 등도 배치하고, 거주자의 행동과 조합한 센서 데이터를 동사의 클라우드 서버에서 분석하여 집합주택에 최적화된 노하우를 축적하는 것이 목표이다. 공유구역에서는 조명과 엘리베이터의 소비전력을 계측하며, 향후 산업용 추전시스템을 도입할 예정이다.

제3장. 연구 수행 내용 및 성과

3.1 최종 연구개발 목표

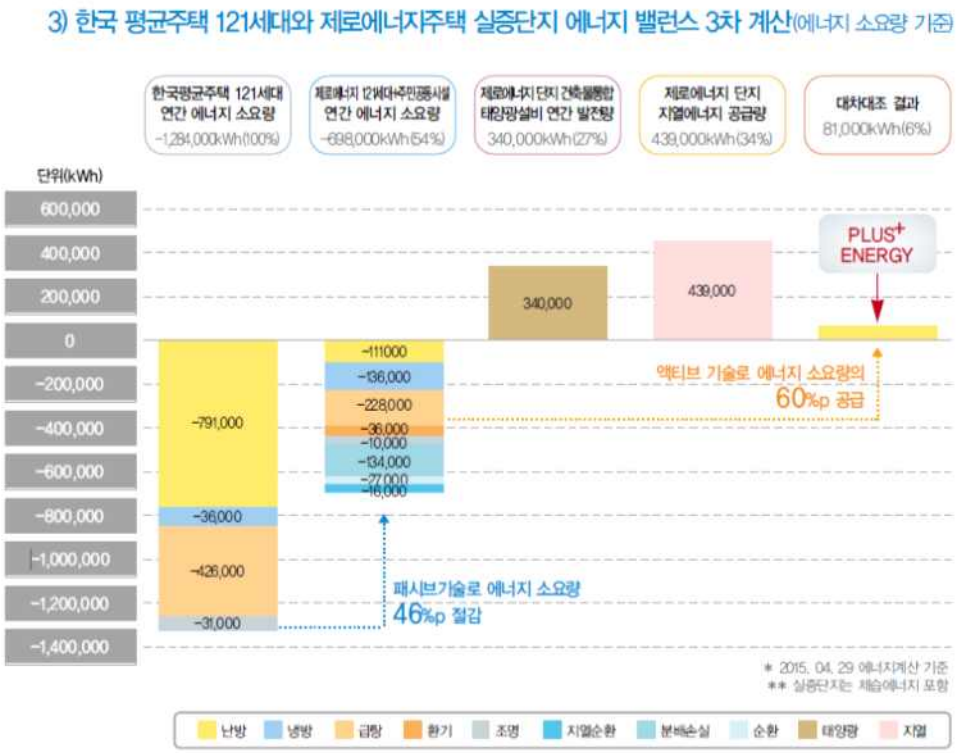
가. 실증단지 최종목표 (Net Zero Primary Energy)

- 본 연구과제에서는 단지 내 주택 및 부대시설(법적필수)의 1차에너지 소요량(냉방, 난방, 환기, 조명, 급탕)대비 단지 내 신재생에너지 생산량 (1차에너지)이 같거나 많은 주택단지를 구현함 (단지 내 주택 및 법적부대시설의 1차에너지 소요량≦ 단지 내 신재생에너지생산량의 1차 에너지)

- 실증단지 성능목표

(※ 해당성능은 실증단지 현장 및 대외상황·자재수급상황 등에 따라 일부 변경 될 수 있음)

구분	성과물 범위	비고
세대수	- 주택 : 121세대 - Mock-up 1세대	
주택유형	- 단독 : 2세대, 합벽주택 : 4세대, - 연립 : 9세대, 아파트 106세대	
건물에너지성능	- 단지 연간 에너지소요량 698 MWh (패시브기술을 적용하여 한국평균주택 121세대 연간에너지소요량 1,284MWh 대비 46% 절감)	- 난방 : 111 MWh - 조명 : 10 MWh - 냉방 : 136 MWh - 지열순환 : 134 MWh - 급탕 : 228 MWh - 분배손실 : 27 MWh - 환기 : 36 MWh - 순환 : 16 MWh
신재생에너지 설치량	- 단지 연간 신재생에너지생산량 779 MWh (신재생에너지기술을 적용하여 한국평균주택 121세대 연간에너지소요량 1,284MWh 대비 60% 생산)	- 태양광설비 연간 발전량 340 MWh - 지열에너지 공급량 439 MWh
대차대조 결과	- 단지 연간 에너지소요량 대비 연간 신재생에너지 생산량이 81MWh (6%) 초과하여 플러스 에너지를 달성할 것으로 예측	



나. 실증단지 최종목표 인증

- 실증단지 “에너지효율등급 1+++등급”
- 실증단지 “녹색건축 인증(최우수)”
- 실증단지 “제로에너지 건축물 인증 (추가)”
- 실증단지 102동 “독일 패시브(PHI) 인증“

다. 실증단지 최종목표 모니터링

- 넷 제로에너지 모니터링은 에너지 경계에서의 연간 들어오는 에너지(Annual Input Energy)와 연간 나가는 에너지(Annual Output Energy)의 총량을 모니터하여, 넷제로일차에너지(Net-Zero Primary Energy) 달성 여부를 검증함.

- 제로에너지검증: 제로에너지 판정에 필요한 계측기에서 들어오는 데이터를 판정하는 알고리즘을 공개하고 실계측치를 넣어 제로에너지 달성을 했는지 확인할 예정

- 모니터링 기간은 2017년 6월부터 2018년 4월까지 10개월간 모니터링을 실시할 예정이며, 실입주자는 2017년 10월 경 입주하기 때문에 겨울철 데이터는 실 운영단계의 모니터링 결과를 얻을 수 있으며, 여름철 데이터는 시운전단계의 모니터링 결과를 분석함.

- 단, 표준 냉난방 설정온도(겨울철 20℃, 여름철 26℃)를 초과하여 사용하는 경우, 온수사용량을 평균사용량 대비 과도하게 사용한 경우 등 거주자의 특성에 따라 과도하게 에너지사용량이 발생한 부분에 대하여, 세대별 온습도 및 온수사용량 모니터링 결과를 근거하여 제외함.

- 넷 제로에너지 검증 및 5대에너지 용도별 모니터링을 위해 실증단지에 적용된 기술은 다음과 같음.

기술	설명
데이터 연계	원격검침시스템, 홈오토메이션 시스템, 지열 시스템, 태양광 시스템, 환기 시스템의 데이터를 표준화하고, 이를 연계하여 데이터를 통합하는 기술
대용량 데이터 관리 기술	1분~15분 간격으로 생성되는 계량 데이터를 저장 저장된 데이터를 시간(1시간/1일/1달/1년 단위),공간 단위의 집계 원시 데이터를 비정형 DB에서 관리하고 집계 데이터를 관계형 DB에서 관리하고, 이 두 DB사이의 정합성을 유지하는 기술
5대 에너지 측정 기술	냉방,난방,급탕,조명,환기 에너지를 분리 계측하여 부하별로 에너지 사용량을 집계하는 기술
신재생 에너지 측정 기술	태양광 발전 전력량 및 지열 시스템의 생산 열량을 측정하는 기술
넷제로 측정 기술	원격 검침 시스템의 데이터를 바탕으로 넷제로를 파악하는 기술

3.2 1세부과제

가. 제로에너지주택 및 단지 융합기술 연구

(1) A-1 제로에너지분야 중장기 마스터플랜 수립

연구개요

■ 연구기관 : 명지대학교 제로에너지 건축센터

■ 연구기간 : 2013.10.14.~2016.03.13.(3차년)

연구내용

■ 제로에너지의 정의와 현황

◦ 제로에너지 정의와 에너지의 종류 선택에 관한 연구

- 제로에너지 건물은 에너지망과의 접속 여부에 따라 독립건물과 넷제로에너지 건물로 분류된다. 제로에너지 건물의 경우 공급망과 분리하여 자급자족하기 어렵기 때문에 보통 제로에너지 주택이라고 하면 넷제로에너지 건물을 의미한다.

- 넷제로에너지 건물의 대표적 분류는 넷제로 사이트에너지, 넷제로 일차에너지, 넷제로 이산화탄소 발생, 넷제로 비용이다. 네 가지의 정의 중 하나를 선택하나 대부분의 경우 넷제로 일차에너지 정의를 사용한다.

◦ 제로에너지 주택관련 해외 정의와 사례 분석

- 유럽연합의 각 나라는 제로에너지에 포함이 되는 건물에너지를 선택하여 EC에 보고하도록 하고 있다. 다음 표는 몇 몇 회원국에서 제로에너지에 포함되는 건물에너지를 어떻게 결정하는가를 보여준다.

표 15. 유럽연합 각 나라에서 선정한 건물에너지

구분	난방	온수	기계환기	보조동력	냉방	조명	전기기기
오스트리아	○	×	○	×	×	×	×
벨기에	○	○	○	미적용	○	○	×
덴마크	○	○	○	○	○	×	×
핀란드	×	×	×	×	×	○	×
프랑스	○	○	○	○	○	○	×
독일	○	○	○	×	○	×	×
네덜란드	○	○	○	○	○	○	×
노르웨이	○	○	○	○	○	○	○
폴란드	○	○	미적용	×	○	○	×
스위스	○	○	미적용	미적용	미적용	×	×
스웨덴	○	○	○	○	○	○	○
영국	○	○	○	미적용	미적용	○	미적용

◦ 국내 제로에너지 관련 로드맵 분석

- 토지주택연구원(LH)의 정부의 정책에 따른 절감계획을 세운 로드맵이다. ISO 13790과 BIN 법에 의해 계산하고 기존의 “친환경주택 성능평가 프로그램”을 이용하여 개선시켰다. 이 연구

에서 정부 시책에 알맞은 난방에너지 절감 계획에 따라 여러 가지 요소와 패시브 기술을 적용시켰으나 요소별 분석에 따른 제안이며, 에너지 측면에서 종합적으로 제시하지 못한 미흡함이 보인다.

표 16. 주택에너지 절감에 따른 각 부분별 실행 로드맵

총에너지절감률		30%	50%	70%	100%
단열성능 [W/㎡K]	벽·지붕·바닥	0.20 ~ 0.25	0.12	0.10	0.08
	유리창	1.20	0.70	0.50	0.30
	문	1.40	1.20	1.00	0.80
기밀성능 [회/h]		0.10	0.05	0.04	0.03
일조확보율 [%]		80%이상 세대 용적률 175%이하	88%이상 세대 용적률 160%이하	95%이상 세대 용적률 150%이하	100%이상 세대 용적률 140%이하
환기열교환효율 [%]		자연환기	80	85	90
열원시스템		보일러효율 87%	열병합시스템	열병합시스템	열병합시스템
신재생에너지		없음	태양광 0.2㎾	태양광 1㎾ 태양열 2㎡	태양광 2㎾ 태양열 6㎡
조명		공용부위 일부적용	세대/공용부위 일부적용	세대 일부 공용부 전부	전면적용
외단열		-	-	일부	전면적용
정부의 주택분야 에너지절감목표 : `13년 30%, `16년 50%, `18년 70%, `25년 100%					

■ 표준주택 도입과 분석

◦ 표준주택의 개념과 본 연구에서 활용

- 국내의 표준주택은『건축물 에너지효율등급 인증기준』(국토교통부고시 제2013-248호)에 따라 더 이상 건물에 적용하지 않고 신청건물의 설계기준을 직접 특정 프로그램에 대입하여 효율등급을 정하고 있다.

- 2025년 제로에너지 주택 의무화를 앞두고 실제로 지어지지 않은 건물을 대상으로 건물에너지 소요량을 산출할 수 없기에, 가상의 대표적인 건물을 설정하고 해당 건물에서 필요한 에너지를 계산한다.

◦ 표준주택의 용도별 면적 및 공간구성 기준

- 본 연구에서는 주택별 단계별 건물에너지 성능을 분석하기 위하여 단독주택, 다세대주택, 공동주택(아파트)의 용도별 면적 기준, 실구성, 세부공간 구성을 조사하여 표준단독주택, 표준다세대주택, 표준공동주택(아파트)를 설정한다.

◦ 표준주택의 용도별 기본 계획

- 표준단독주택, 표준다세대주택, 표준공동주택의 계획기준, 평면계획, 입면계획, 단면계획을 설정한다.

◦ 기후 데이터와 조건

- 본 연구에서는 국내의 18개 도시(중부지역 8개, 남부지역 8개, 제주도 2개)를 선택하여 기상청의 30년 평년값을 이용하여 난방과 냉방일수, 난방도일과 냉방도일을 계산하였다.

■ 단독주택의 에너지 성능 로드맵

◦ 단독주택에 적용할 건물에너지 성능

표 17. 중부지역 열관류율(단위: W/(㎡ · K)) 실행 로드맵

기간	2008	2011	2013	I (2017～2019)	II (2020～2022)	III (2023～2025)
벽체	0.47	0.36	0.27	0.23	0.18	0.15
지붕	0.29	0.2	0.18	0.17	0.16	0.15
바닥	0.52	0.43	0.35	0.28	0.22	0.15
바닥(층간)						0.81
출입문	3.4	2.4	2.1	1.5	1.2	0.85
창호 (창)	3.4	2.4	2.1	1.5	1.2	0.85

◦ 에너지 계산에 적용한 단독주택의 사양

- 단독주택은 다양한 형태가 있으므로 표준주택을 정하기 어려우나 실증단지의 단독주택인 301동의 크기와 건물 외피의 형태를 참고하고 일반적인 시공방법에 따른 외피구성으로 하였다.

표 18. 단독주택 단열 외피 부위별 구성



단열외피	면적 [㎡]	단열외피	면적 [㎡]
외벽 1 (남)	44.95 (창호포함)	출입문	2.1
외벽 2 (동)	38.31 (창호포함)	창호 합	26.31
외벽 3 (서)	38.31 (창호포함)	지붕	44.42
외벽 4 (북)	44.95 (창호, 문 포함)	바닥	44.42
		외벽 합	166.52
		단열외피 합	255.36

◦ 단독주택의 난방에너지 소요량

표 19. 서울 지역의 단계별 단열처리에 따른 난방에너지 소요량 변이 [단위 : L/㎡]

	2008	2011	2013	I	II	III
내단열	16.4	12.2	9.5	5.4	3.9	3.5
외단열	15.2	10.9	8.2	4.1	2.7	2.3
외단열에 열교처리	13.9	9.6	6.9	2.9	1.5	1.1

표 20. 차양이 내부와 외부에 있을 때 냉방에너지 소요량 변이 [단위 : L/㎡]

	2008	2011	2013	I	II	III
차양계수: 0.75	2.0	1.6	1.5	1.4	1.1	0.9
차양계수: 0.35	1.7	1.4	1.2	1.0	0.9	0.8

◦단독주택의 신재생에너지 생산량

표 21. 지붕 경사 설치 시 연간 발전량

	조합 가능	연간 발전량 [kWh/a]	증가비율 [%]
지붕 경사	지붕 경사	12,497.23	31.6
	지붕 경사+BiPV (동: 창호 제외)	17,871.12	88.2
	지붕 경사+BiPV (동: 창호 포함)	17,892.86	88.5
	지붕 경사+BiPV (남: 창호 제외)	16,836.06	77.3
	지붕 경사+BiPV (남: 창호 포함)	17,359.32	82.8
	지붕 경사+BiPV (서: 창호 제외)	18,104.53	90.7
	지붕 경사+BiPV (서: 창호 포함)	18,214.34	91.8
	지붕 경사+BiPV (동+서: 창호 제외)	23,478.42	147.3
	지붕 경사+BiPV (동+서: 창호 포함)	23,609.97	148.7
	지붕 경사+BiPV (동+남: 창호 제외)	22,209.95	133.9
	지붕 경사+BiPV (동+남: 창호 포함)	22,754.95	139.7
	지붕 경사+BiPV (서+남: 창호 제외)	22,443.36	136.4
	지붕 경사+BiPV (서+남: 창호 포함)	23,076.43	143.1
	지붕 경사+BiPV (동+남+서: 창호 제외)	27,817.25	193.0
	지붕 경사+BiPV (동+남+서: 창호 포함)	28,472.06	199.9

■ 공동주택의 에너지 성능 로드맵

◦ 공동주택에 적용할 건물에너지 성능

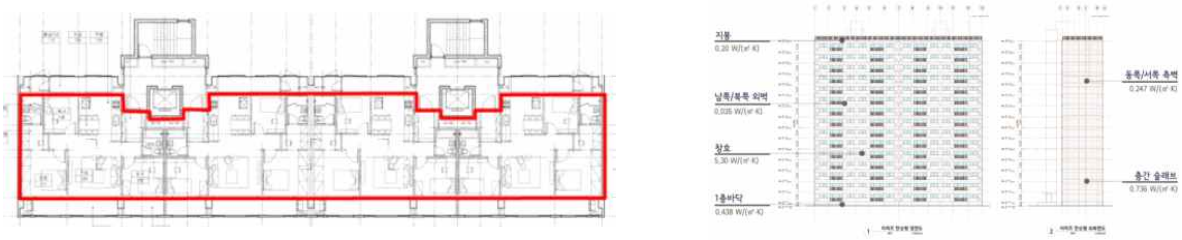
표 22. 중부지역 공동주택의 열관류율 (단위: W/(㎡ · K))

	2008	2011	2013	I (2017～2019)	II (2020～2022)	III (2023～2025)
거실외벽 (간접)	0.64	0.49	0.37	0.28	0.22	0.18
거실외벽 (직접)	0.47	0.36	0.27	0.21	0.18	0.16
지붕 (직접)	0.29	0.20	0.18	0.18	0.17	0.16
바닥(간접,바닥난방)	0.52	0.43	0.35	0.35	0.28	0.22
창호 (DIN 18599)	0.35	0.27	0.21	0.17	0.16	0.15
창호, 단열문 (간접)	3.00	2.10	1.50	1.00	0.90	0.87
창호, 단열문 (직접)	4.30	2.80	2.20	1.80	1.35	1.10

◦ 에너지 계산에 적용한 공동주택의 사양

- 세대 내의 단열존은 주거존과 복도(계단실, 엘리베이터, 발코니 포함)를 분리하여 설정하였음 (그림 참조).

그림 24 한국형 판상형 표준공동주택



◦ 공동주택의 냉난방 에너지 소요량

표 23. 서울지역 공동주택 표준주택의 단계별 난방에너지 소요량(가스보일러 사용)

구분	2009	2011	2013	2015	I	II	III
난방에너지소요량 [kWh/(㎡ · a)]	150.2	109.0	86.1	63.0	34.6	18.7	11.2

표 24. 서울지역 공동주택 냉방에너지 소요량

	2009	2011	2013	2015	I	II	III
냉방에너지소요량 [kWh/(㎡ · a)]	16.0	13.8	12.5	11.2	9.3	8.5	7.7

◦ 공동주택의 5대 에너지 소요량

표 25. 서울 지역의 단계별 급탕에너지 소요량

	2009	2011	2013	I	II	III
급탕에너지소요량 [kWh/(㎡ · a)]	36.2	36.2	36.2	35.0	34.6	34.6

표 26. 서울 지역의 단계별 조명에너지 소요량

	2009	2011	2013	I	II	III
조명에너지소요량 [kWh/(㎡ · a)]	8.7	8.7	8.7	4.3	4.3	4.3

표 27. 서울 지역의 단계별 환기에너지 소요량

	2009	2011	2013	I	II	III
환기에너지소요량 [kWh/(㎡ · a)]	0	0	0	0	6.5	6.5

◦ 공동주택의 신재생에너지 생산량

- 신재생에너지센터의 인증 제품으로 하여 최대 효율이 나오는 태양광전지 패널을 대상으로 표준주택의 지붕면에 설치할 때 이론적으로 연간 최대 발전량을 계산할 수 있다. 2014년 현재 태양광전지 패널의 최대효율은 18.3 %이고 수입품은 20.3 %이다. 지붕면과 측벽면, 대지 빈곳에 패널을 최대 출력이 나오도록 설치하고, 남쪽 벽면이나 발코니 창호에 BiPV는 설치하지 않는다고 가정한다.

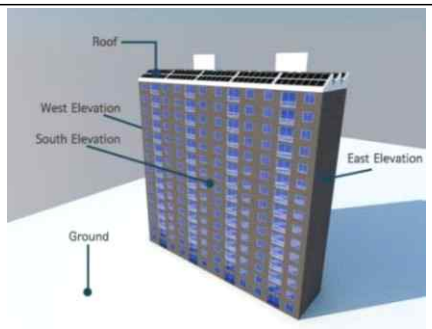
표 28. 공동주택 구역별 태양광 발전량

설치 부위	계산 면적 [㎡]	평균 일간 일사량 [kWh/(㎡ · d)]	일일 발전량 [kWh/d]	연간 발전량 [kWh/a]
지붕	480.24	3.65	320.60	117,019.1
동쪽 측면	525.04	1.97	189.18	69,050.7
서쪽 측면	525.04	2.18	209.34	76,409.1
대지 빈 곳	669.01	3.65	446.62	163,016.3
합	2,199.33	-	1,165.74	425,495.2

◦ 제로에너지 가능한 층수

- 태양광 발전 모듈은 설치 조건에 관계없이 지붕과 벽면에 최대로 설치할 수 있다고 가정하였다. (앞의 계산에서는 엘리베이터 코어 지붕에는 설치하지 않았다고 가정하였으나 여기에서는 모두 설치한다고 가정)

표 29. 서울지역 표준공동주택 층별 생산가능 태양광발전 면적



생산구역		세대 [㎡]	층 전체 [㎡]
남면	전체면적	45.21	180.84
	창호면적	15.44	61.76
	창호제외	29.77	119.08
	발코니	11.56	196.52
동면	전체면적	-	33.57
서면	전체면적	-	33.57
지붕면적	수평면적	-	581.75
	33도 경사면	-	693.66

표 30. 서울지역 표준공동주택 태양광 생산구역 조합별 제로에너지가능 층수 - 태양광 발전

구역 조합		2008	2011	2013	2015	I (2018)	II (2021)	III (2024)
제로에너지 가능 층수 [층]	지붕+남+동서면	4.9	8.3	12.5	29.8	*	*	*
	지붕+동서면	3.1	4.2	5.0	6.5	8.7	12.0	12.6
	지붕	2.7	3.4	4.0	4.9	6.0	7.4	7.6
	지붕+발코니	3.2	4.4	5.4	7.2	10.0	14.5	15.5

(*표는 층수와 관계없이 제로에너지를 만들 수 있음)

◦ 공동주택의 최종 에너지 소요량

표 31. 중부지역(서울) 공동주택 단계별 에너지 절감률 및 온실가스 절감률

	2008	2011	2013	2015	Ⅰ (2017~2019)	Ⅱ (2020~2022)	Ⅲ (2023~2025)
단열 종류	내단열				권장기간 내/외단열	외단열	
난방에너지 요구량 절감률	0%	30%	40%	50%	75% 80%	85%	90%
5대 1차에너지 소요량 절감률 (도시가스)	0%	20%	30%	45%	50% 55%	60%	65%

[부위별 에너지성능] ( ):단열재두께

거실외벽(직접) [W/㎡K]	0.47 (45㎜)	0.36 (65㎜)	0.27 (85㎜)	0.21 (115㎜)	0.18 (190㎜)	0.16 (215㎜)	0.15 (225㎜)
거실외벽(간접) [W/㎡K]	0.64 (35㎜)	0.49 (45㎜)	0.37 (60㎜)	0.28 (85㎜)	0.22 (155㎜)	0.18 (190㎜)	0.15 (225㎜)
최상층지붕(직접) [W/㎡K]	0.29 (80㎜)	0.20 (120㎜)	0.18 (130㎜)	0.18 (130㎜)	0.17 (205㎜)	0.16 (215㎜)	0.15 (225㎜)
최상층지붕(간접) [W/㎡K]	0.41 (45㎜)	0.29 (80㎜)	0.26 (90㎜)	0.26 (90㎜)	0.19 (180㎜)	0.17 (205㎜)	0.15 (225㎜)
최하층바닥(직접) [W/㎡K]	0.35 (55㎜)	0.30 (70㎜)	0.23 (95㎜)	0.23 (95㎜)	0.18 (180㎜)	0.16 (205㎜)	0.15 (225㎜)
최하층바닥(간접) [W/㎡K]	0.52 (35㎜)	0.43 (45㎜)	0.35 (55㎜)	0.35 (55㎜)	0.23 (135㎜)	0.18 (180㎜)	0.15 (225㎜)
측벽 [W/㎡K]	0.35	0.27	0.21	0.17	0.16	0.15	0.15
창호(간접) [W/㎡K]	3.00	2.10	1.50	1.00	0.90	0.87	0.85
현관문(간접) [W/㎡K]	4.30	2.80	2.20	1.80	1.35	1.10	0.85
가스 보일러 효율	87%이상	87%이상	87%이상	91%이상	92.3%이상	92.3%이상	92.3%이상
열회수형환기장치 전열 효율(설계지침필요)	-	-	-	70%이상	80%이상	90%이상	90%이상
절수기기	-	-	-	적용	적용	적용	적용
LED	-	-	-	적용	적용	적용	적용
외피 열교 성능[W/㎡K] (지침필요)	0.20	0.20	0.20	0.15	0.15(내단열) 0.10(외단열)	0.10	0.10 (0.05;열교처리 외단열)
기밀 성능(지침필요)	-	-	-	1.5회	1회	0.8회	0.6회
3중유리 시스템창호(T&T)	-	-	-	-	0	0	0
난방에너지 요구량 [단위:kWh/(㎡·yr)]	127.2	92.4	73.0	55.3	30.7	16.5	9.9

[에너지소요량 기준]

5대 에너지 소요량 [단위:kWh/(㎡·yr)]	난방	150.2	109.0	86.1	63.0	34.6	18.7	11.2
	냉방	16.0	13.8	12.5	11.2	9.5	8.5	7.7
	급탕	36.2	36.2	36.2	35.0	34.6	34.6	34.6
	환기	0.0	0.0	0.0	0.0	6.5	6.5	6.5
	조명	8.7	8.7	8.7	4.3	4.3	4.3	4.3
	합	211.1	167.7	143.5	113.5	89.5	72.6	64.3
신재생에너지 공급의무비율		-	-	-	-	21%	30%	40%
신재생에너지 의무공급량 [단위:kWh/(㎡·yr)]		-	-	-	-	18.80	21.78	25.72
지붕면적 대비 태양광설치면적 (비율)		-	-	-	-	409.2㎡ (59.0%)	480.3㎡ (69.2%)	572.1㎡ (82.5%)

[1차에너지 기준]

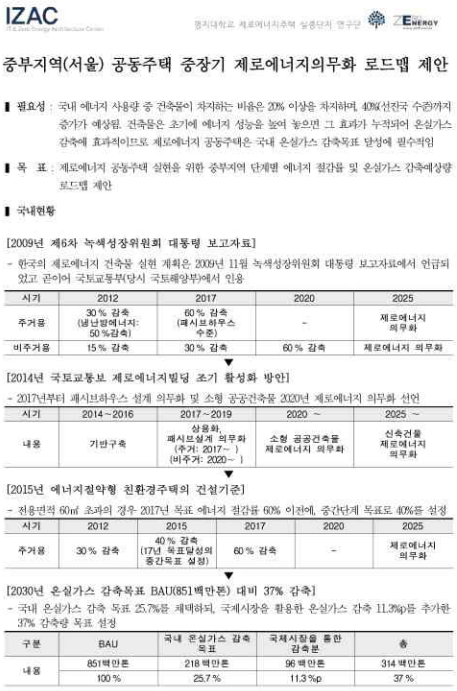
5대 1차에너지 소요량 [단위:kWh/(㎡·yr)]	난방	165.2	119.9	94.7	69.3	38.1	20.5	12.3
	냉방	44.0	38.0	34.4	30.8	26.1	23.4	21.2
	급탕	39.8	39.8	39.8	38.5	38.1	38.1	38.1
	환기	0.0	0.0	0.0	0.0	17.9	17.9	17.9
	조명	24.0	24.0	24.0	11.8	11.8	11.8	11.8
	합	273.0	221.7	192.9	150.4	132.0	111.7	101.3
신재생에너지 공급량(1차E) [단위:kWh/(㎡·yr)]		-	-	-	-	27.7	33.5	40.5
1차에너지 대차대조량 [단위:kWh/(㎡·yr)]		273.0	221.7	192.9	150.4	104.3	78.1	60.7

건축물 에너지효율등급		5	3	2	1	1+	1++	1+++
온실가스감축량 [tonCO2]		-	-	205,039	501,404	834,731	1,018,263	1,140,051
비용 상승률[%]	패시브	-	-	-	7.03%	12.58%	16.5%	18.4%
	액티브				0.00%	2.62%	3.07%	3.66%

◦ 국가 제로에너지 의무화 로드맵을 위한 정책제안 및 반영

- ‘25년 제로에너지주택 의무화 목표의 구체적인 로드맵 수립을 위해 단계별 로드맵을 수립함

- ‘제로에너지 분야 중장기 마스터플랜 수립’의 최종보고서 내용을 기준으로 제로에너지 주택 성능 건축물 부위별 열관류율을 16년 2월 4일 국토교통부 녹색건축과, 주택건설공급과 등에 정책제안을 제출함



IZAC

중부지역(서울) 공동주택 중장기 제로에너지의무화 로드맵 제안

▌필요성 : 국내 에너지 사용량 중 건축물이 차지하는 비율은 20% 이상을 차지하며, 40%(선진국 수준)까지 증가가 예상됨. 건축물은 초기에 에너지 성능을 높여 놓으면 그 효과가 누적되어 온실가스 감축에 효과적이므로 제로에너지 공동주택은 국내 온실가스 감축목표 달성에 필수적임

▌목 표 : 제로에너지 공동주택 실현을 위한 중부지역 단계별 에너지 절감률 및 온실가스 감축예상량 로드맵 제안

▌국내현황

[2009년 제6차 녹색성장위원회 대통령 보고자료]

- 한국의 제로에너지 건축물 실현 계획은 2009년 11월 녹색성장위원회 대통령 보고자료에서 언급되었고 곧이어 국토교통부(당시 국토해양부)에서 인용

시기	2012	2017	2020	2025
주거용	30 % 감축 (냉난방에너지: 50 %감축)	60 % 감축 (패시브하우스 수준)	-	제로에너지 의무화
비주거용	15 % 감축	30 % 감축	60 % 감축	제로에너지 의무화

▼

[2014년 국토교통부 제로에너지빌딩 조기 활성화 방안]

- 2017년부터 패시브하우스 설계 의무화 및 소형 공공건축물 2020년 제로에너지 의무화 선언

시기	2014~2016	2017~2019	2020 ~	2025 ~
내용	기반구축	삼물화, 패시브설계 의무화 (주거: 2017~) (비주거: 2020~)	소형 공공건축물 제로에너지 의무화	신축건물 제로에너지 의무화

▼

[2015년 에너지절약형 친환경주택의 건설기준]

- 전용면적 60㎡ 초과의 경우 2017년 목표 에너지 절감률 60% 이전에, 중간단계 목표로 40%를 설정

시기	2012	2015	2017	2020	2025
주거용	30 % 감축	40 % 감축 (17년 목표달성의 중간목표 설정)	60 % 감축	-	제로에너지 의무화

▼

[2030년 온실가스 감축목표 BAU(851백만톤) 대비 37% 감축]

- 국내 온실가스 감축 목표 25.7%를 체택하되, 국제시장을 활용한 온실가스 감축 11.3%p를 추가한 37% 감축량 목표 설정

구분	BAU	국내 온실가스 감축 목표	국제시장을 통한 감축분	총
내용	851백만톤	218 백만톤	96 백만톤	314 백만톤
	100 %	25.7 %	11.3 %p	37 %

- 1 -



IZAC

표 2. 중부지역(서울) 공동주택 단계별 에너지 절감률 및 온실가스 절감률

단열 종류		2008	2011	2013	2015	I (2017~2019) 권장기간 내단열적단열	II (2020~2022) 외단열	III (2023~2025) 외단열
난방에너지 요구량 절감률		0%	30%	40%	50%	75%	85%	90%
5대 1차에너지 소요량 절감률 (도시가스)		0%	20%	30%	45%	80% 50% 55%	60%	65%
[부위별 에너지성능]								( )단열재두께
거실외벽(직접) [W/m²K]		0.47 (45 mm)	0.36 (65 mm)	0.27 (85 mm)	0.21 (115 mm)	0.18 (150 mm)	0.16 (215 mm)	0.15 (225 mm)
거실외벽(간접) [W/m²K]		0.54 (35 mm)	0.49 (45 mm)	0.37 (60 mm)	0.28 (85 mm)	0.22 (155 mm)	0.18 (190 mm)	0.15 (225 mm)
최상층 지붕(직접) [W/m²K]		0.29 (80 mm)	0.20 (120 mm)	0.18 (130 mm)	0.18 (130 mm)	0.17 (205 mm)	0.16 (215 mm)	0.15 (225 mm)
최상층 지붕(간접) [W/m²K]		0.41 (45 mm)	0.29 (80 mm)	0.26 (90 mm)	0.26 (90 mm)	0.19 (180 mm)	0.17 (205 mm)	0.15 (225 mm)
최하층 바닥(직접) [W/m²K]		0.35 (55 mm)	0.30 (70 mm)	0.25 (95 mm)	0.23 (95 mm)	0.18 (180 mm)	0.16 (205 mm)	0.15 (225 mm)
최하층 바닥(간접) [W/m²K]		0.52 (35 mm)	0.43 (45 mm)	0.35 (55 mm)	0.35 (55 mm)	0.23 (135 mm)	0.18 (180 mm)	0.15 (225 mm)
측벽 [W/m²K]		0.35	0.27	0.21	0.17	0.16	0.15	0.15
창호(간접) [W/m²K]		3.00	2.10	1.50	1.00	0.90	0.87	0.85
현관문(간접) [W/m²K]		4.30	2.80	2.20	1.80	1.35	1.10	0.85
가스 보일러 효율		87 % 이상	87 % 이상	87 % 이상	91 % 이상	92.3 % 이상	92.3 % 이상	92.3 % 이상
열회수형환기장치 전열 효율 (설계지침필요)		-	-	-	70 % 이상	80 % 이상	90 % 이상	90 % 이상
절수기기		-	-	-	적용	적용	적용	적용
LED		-	-	-	적용	적용	적용	적용
외피 열교 성능[W/m²K] (지침필요)		0.20	0.20	0.20	0.15	0.15(내단열) 0.10(외단열)	0.10	0.10 (0.025열교허용 외 외단열)
기밀 성능(지침필요)		-	-	-	1.5 회	1 회	0.6 회	0.6 회
3중유리 시스템창호(T&T)		-	-	-	-	O	O	O
난방에너지 요구량 [단위:kWh/(㎡·yr)]		127.2	92.4	73.0	55.3	30.7	16.5	9.9
[에너지소요량 기준]								
5대 에너지 소요량 [단위:kWh/(㎡·yr)]	난방	150.2	109.0	86.1	63.0	34.6	18.7	11.2
	냉방	16.0	13.8	12.5	11.2	9.5	8.5	7.7
	급탕	36.2	36.2	36.2	35.0	34.6	34.6	34.6
	환기	0.0	0.0	0.0	0.0	6.5	6.5	6.5
	조명	8.7	8.7	8.7	4.3	4.3	4.3	4.3
	합	211.1	167.7	143.5	113.5	89.5	72.6	64.3
신재생에너지 공급의무이율		-	-	-	-	21 %	30 %	40 %
신재생에너지 의무공급량 [단위:kWh/(㎡·yr)]		-	-	-	-	18.80	21.78	25.72
지붕면적 대비 태양광설치면적 (비율)		-	-	-	-	409.2㎡ (59.0%)	480.3㎡ (69.2%)	572.1㎡ (82.5%)
[1차에너지 기준]								
5대 1차에너지 소요량 [단위:kWh/(㎡·yr)]	난방	165.2	119.9	94.7	69.3	38.1	20.5	12.3
	냉방	44.0	38.0	34.4	30.8	26.1	23.4	21.2
	급탕	39.8	39.8	39.8	38.5	38.1	38.1	38.1
	환기	0.0	0.0	0.0	0.0	17.9	17.9	17.9
	조명	24.0	24.0	24.0	11.8	11.8	11.8	11.8
	합	273.0	221.7	192.9	150.4	132.0	111.7	101.3
신재생에너지 공급량(1차) [단위:kWh/(㎡·yr)]		-	-	-	-	27.7	33.5	40.5
1차에너지 대지대조량 [단위:kWh/(㎡·yr)]		273.0	221.7	192.9	150.4	104.3	78.1	60.7
건축물 에너지효율등급		5	3	2	1	1+	1++	1+++
온실가스감축량 [tonCO2]		-	-	205,009	501,404	894,751	1,018,263	1,140,051
비용 상승률[%]	패시브	-	-	-	7.09%	12.58%	16.5%	18.4%
	액티브				0.00%	2.62%	3.07%	3.68%

- 3 -

그림 25 중부지역(서울) 공동주택 제로에너지의무화 로드맵 제안

- 2016년 11월 17일 국토교통부 주택건설공급과는 기후변화에 대응하고 저탄소 녹색성장을 위해 ‘에너지절약형 친환경주택의 건설기준’의 단계적 강화 개정내용을 발표함
- 이번 개정을 통해 에너지 의무절감률 상향 조정과 함께 난방, 급탕, 조명의 최종에너지로 평가하던 방식을 1차에너지로 평가방식을 변경하여 생산·운반 시 손실되는 에너지를 반영하고, 환기에너지 평가를 추가할 계획을 발표하였음
- 정책제안으로 제안한 내용 중 벽체, 창, 문, 최상층 거실지붕 및 최하층 거실바닥 등의 단열을 강화하여 에너지성능이 독일 패시브하우스 수준으로 향상되었음
- 또한 환기에너지 추가를 위해 제시한 침기율과 열회수형환기장치 제안 또한 반영되어 환기장치 성능도 제시되었음
- 정책제안을 통해 제시한 건축물 부위별 열관류율과 액티브 설계요소 적용을 통해 제시한 건축물 에너지효율등급도 반영됨. 전용면적 60㎡ 초과인 경우 1등급 이상이였던 기준이 정책제안 내용이 반영된 1+등급 이상으로 상향되었음

· 정책제안이 반영된 친환경주택 설계기준 개정내용은 다음과 같음

(단위 : 열관류율, W/㎡K)

구 분			현 행			개 선				제로에너지주택 성능 (중부1기준)
			중부	남부	제주	중부1	중부2	남부	제주	
벽체단열	외기에 직접면함		0.21	0.28	0.46	0.15	0.17	0.22	0.29	0.15
	외기에 간접면함		0.28	0.43	0.58	0.21	0.24	0.31	0.41	0.21
최상층에 있는 거실의 반자 · 지붕	외기에 직접 면하는 경우		0.18	0.22	0.28	0.15	0.15	0.18	0.25	0.15
	외기에 간접 면하는 경우		0.26	0.31	0.40	0.21	0.21	0.26	0.35	0.21
최하층에 있는 거실의 바닥	외기에 직접 면하는 경우	바닥난방인 경우	0.23	0.28	0.33	0.15	0.17	0.22	0.29	0.15
		바닥난방이 아닌 경우	0.29	0.33	0.39					
	외기에 간접 면하는 경우	바닥난방인 경우	0.35	0.40	0.47	0.21	0.24	0.31	0.41	0.21
		바닥난방이 아닌 경우	0.41	0.47	0.55					
창 (발코니 내측창포함)	외기에 직접면함		1.0	1.2	1.6	0.8	1.0	1.2	1.6	0.8
	외기에 간접면함		1.9	2.1	2.5	1.0	1.25	1.5	2.0	1.0
세대 내 강재문	외기에 직접면함		1.4			1.4(현행유지)				0.8
	외기에 간접면함		1.8			1.8(현행유지)				1.0
보일러효율(%)			91%			91%(현행유지)				92.3%
조명밀도(W/㎡)			13 (평가 미반영)			10				7
신재생에너지 설비			제7조제1항 성능평가에만 반영			난방 · 급탕 · 조명 신재생비율에 따라 에너지절감 인정				3kWp (태양광)
열교차단공법			-			외단열 등 공법 단열성능에 따라 인정				외단열 의무
환기장치			-			폐열회수 환기장치 설치비율에 따라 인정				효율강화 (70%→80%)

◦ 중장기 마스터플랜의 수립결과 현재시점으로 현행화

- 패시브 공동주택 계획을 위한 설계중점항목 및 관련 기준 연구, 이명주, 대한건축학회, 2018.06 게재예정

Table 33. Applied yearly standards on apartment housing(Middle area; Seoul)

Purpose Of Design	Elementary Technologies		2008	2011	2013	2016	2017	Suggestion I
Heat Loss Protection from Conductive Heat	Insulation Methode		Inside Insulation					Outside Insulation
	Conductivity		Insulation Conductivity: 0.036					
	Heat Insulation of Building Envelope (W/(㎡·K))	Wall (Direct)	0.47	0.36	0.27	0.21	0.15	0.15
		Wall (Indirect)	0.64	0.49	0.37	0.28	0.21	0.21
		Roof (Direct)	0.29	0.20	0.18	0.18	0.15	0.15
		Roof (Indirect)	0.41	0.29	0.26	0.26	0.21	0.21
		Floor (Direct)	0.35	0.30	0.23	0.23	0.15	0.15
		Floor (Indirect)	0.52	0.43	0.35	0.35	0.21	0.15
		Floor (Floor Heating)	-	-	-	-	0.81	0.81
		Side Wall	0.27 (0.35)	0.27	0.21	0.17	0.15	0.15
	Windows and Doors Insulation (Thermal Transmittance) (W/(㎡·K))	Glass (Direct)	3.00	2.10	1.50	1.00	0.90	0.80
		Frame (Direct)	-	-	-	-		
		Glass (Indirect)	-	-	-	-	1.3	1.3
		Frame (Indirect)	-	-	-	-		
		Door (Direct)	-	-	-	-	1.4	0.80
		Door (Indirect)	4.30	2.80	2.20	1.80	1.80	1.80
		Fire Door (Direct)	-	-	-	-	1.4	1.4
	Thermal Bridge (W/(㎡·K))	Heat Bridge	-	-	-	-	0.15 (Inside Insulation)	0.10 (Outside Insulation)
Heat Loss Protection from Air Infiltration	Air Tight	Air Tightness	-	-	-	-	1.5	1.2
Ventilation Heat Recovery System	Waste Heat Recovery Ventilator	Efficiency	-	-	-	-	70%	80%
Control the Solar Energy	Awning (Cooling Load Reduction)	Outside Blind	-	-	-	-	-	0
Heating Energy Demand (Unit: kWh/(㎡·year))			127.2	92.4	73.0	53.8	32.1	19.4
Reduction Ratio (%)			-	27	42	58	75	85

(2) A-2 제로에너지주택 기술가이드라인 개발

연구개요

■ 연구기관 : 명지대학교 제로에너지 건축센터

■ 연구기간 : 2013.10.14.~2017.01.13.(4차년)

■ 연구목표 :

◦ 제로에너지 중장기 마스터플랜에 부합하는 표준주택(단독・공동주택)의 제로에너지 설계 및 시공방법 제시

◦ 제로에너지 주택기술(설계・시공) 가이드라인 보급을 통한 국내 전문가 교육 및 보급확대

연구내용

■ 서론

◦ 제로에너지 주택은 거주자에게 쾌적한 실내환경을 제공하면서, 온실가스 배출저감에 기여하는 미래형 주택으로, 국토교통부는 2025년부터 신축주택의 제로에너지 성능 의무화할 것을 목표로 설정하고 있음.

◦ 제로에너지주택 의무화를 위해서는 제로에너지주택을 설계할 수 있는 인력을 양성하는 것이 필수적임. 따라서 본 연구에서는 노원구 제로에너지 주택 실증단지 설계 및 구축성과를 기반으로 주요 설계기술을 공유하여 제로에너지주택에 대한 건축 관련 종사자의 이해를 돕고자 함.

■ 본론

◦ 국내외 건물에너지 관련 가이드라인 분석

- 기후변화에 대응하여 친환경 및 지속가능이라는 주제아래 건축물 에너지효율화를 위해 국내외에서 다양한 가이드라인이 개발 및 보급되고 있다. 이러한 가이드라인의 분석을 통해 본 연구의 가이드라인 개발방향을 설정하기 위해 임영환(2010), 김선숙(2009), 이유진 외 2인(2010)의 국내외 친환경 및 지속가능 관련 가이드라인 분석연구[5]를 참고로 가이드라인 개요, 키워드, 구성범위, 구성체계, 구성요소 등 분석요소를 도출하여 다음과 같이 국내외 20개 관련가이드라인을 분석하였다.

5) 임영환, 영국의 지속가능한 건축 가이드라인의 특성연구, 대한건축학회 논문집 계획계 제29권 제6호, 대한건축학회, 2013년 6월,김선숙, 친환경 건축물 가이드라인의 개발특성 및 구성요소 분석, 대한건축학회 논문집 계획계 제25권 제5호, 대한건축학회, 2009년 5월,이유진, 이태경, 이상홍, 진환경 공공건축물 가이드라인에 대한 비교분석연구, 대한건축학회 계획계 제26권 제12호, 대한건축학회, 2010년 12월

표36. 국내외 가이드라인 분석개요

구분			국내														해외					
			정부				지자체								민간		미국		영국	독일	호주	뉴질랜드
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
활용대상	용도	주거	▪		▪	▪									▪	▪			▪		▪	▪
		업무		▪	▪												▪					
		공공										▪					▪	▪		▪		
		구분없음					▪	▪	▪	▪	▪		▪	▪								
	프로젝트유형	신축						▪			▪						▪		▪	▪	▪	▪
		리모델링															▪				▪	
		건물운영																▪	▪			
		구분없음	▪	▪	▪	▪	▪		▪	▪		▪	▪	▪	▪	▪						
구성범위	설계	대지			▪	▪		▪	▪			▪	▪	▪			▪		▪	▪	▪	▪
		패시브	▪	▪	▪	▪	▪	▪	▪	▪	▪	▪	▪		▪	▪	▪	▪	▪	▪	▪	▪
		신 · 재생				▪	▪	▪		▪	▪	▪	▪	▪				▪	▪	▪	▪	▪
		조경			▪	▪		▪	▪	▪	▪	▪	▪	▪					▪	▪	▪	▪
		재료				▪										▪	▪	▪		▪	▪	▪
	시공	대지																				
		패시브			▪	▪										▪	▪			▪		
		신 · 재생																				
		조경											▪									
		재료																				
구성체계	요소기술부문			①	①	①		①	①		①		①					①	①	①	①	①
	세부요소기술				②	②	①	②			②	①		①	①		②	②			②	②
	건물구성요소		①	②						②												
	건축단계															①	①					
	사용자																					
	건축규모									①												
	에너지 성능수준					①																
구성요소	개요	친환경 건축물 필요성 · 개요	▪		▪	▪			▪							▪	▪	▪	▪	▪	▪	▪
	요소기술정보	원리 및 수행방법		▪	▪	▪		▪	▪			▪	▪	▪		▪	▪	▪	▪	▪	▪	▪
		설계시공 디테일	▪		▪	▪							▪				▪				▪	▪
		적용 시 이점		▪	▪	▪			▪		▪	▪		▪		▪			▪			
		비용, 경제성		▪			▪			▪	▪								▪			
		법규 및 기준		▪	▪		▪	▪	▪	▪	▪	▪	▪		▪		▪			▪		
	부가정보	건물사례			▪				▪						▪	▪			▪		▪	▪
		참조자료			▪		▪	▪	▪	▪	▪	▪	▪		▪		▪	▪	▪		▪	
		체크리스트			▪					▪	▪		▪							▪	▪	▪
		관련서식								▪	▪		▪							▪		▪

*구성체계 ①최상위 분류기준, ②차상위 분류기준

- 제로에너지 주택 실증단지 구축연구는 기 개발된 관련기술을 융합하여 제로에너지주택을 설계 및 시공하는 연구로서, 기존기술에 대한 사전정보를 파악하는 것이 중요하다. 따라서 본 연구에서는 도출하고자 하는 가이드라인은 제로에너지주택실증단지의 구축과정에 대한 정보를 제공할 뿐 아니라 기존 건축물 에너지절감을 위한 기술에 대하여 보다 쉽게 이해하고 적용할

수 있는 정보제공을 위해 자료 수집을 위한 문헌분석을 실시하였다.

이때 분석 대상 문헌은 국내에서는 제로에너지주택 실증단지에서 구현하고자 하는 넷제로의 개념이 보편화 되어있지 않아 관련 문헌자료가 미미한 점을 감안하여 저에너지, 친환경, 지속가능, 에너지절약형 건축물과 관련된 다음 자료를 대상으로 설정하였다.

표37. 국내외 에너지절약형 건축물 적용기술 관련 문헌자료 활용 여부

대분류	중분류	소분류	문헌자료								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
개요	제로에너지주택이란	제로에너지주택의 개념				▪	▪	▪			
	초에너지절약건축설계	고효율 건축디자인+고효율 설비계획						▪			
	복합에너지시스템설계	복합에너지 시스템의 개념									
초에너지 절약건축 설계기술	고효율 건축디자인계획	기후분석 및 배치계획	▪			▪		▪		▪	▪
		주택 에너지사용 특성 파악						▪			
		매스 및 평면계획				▪		▪	▪	▪	▪
		단열외피계획	▪			▪	▪	▪	▪	▪	▪
		태양에너지 활용계획	▪			▪		▪	▪	▪	▪
		열교방지계획	▪			▪		▪	▪	▪	
		기밀외피계획	▪			▪	▪	▪	▪	▪	▪
		환기계획	▪			▪		▪	▪	▪	
	고효율 설비계획	냉난방시스템 계획	▪		▪	▪		▪	▪		▪
		급탕시스템 계획	▪		▪	▪		▪	▪		▪
		기계환기계획	▪		▪			▪	▪		
		조명계획			▪	▪		▪	▪		▪
		생활에너지 효율화계획						▪			▪
복합에너지시스템 설계기술	사전검토	에너지요구량 검토		▪				▪			
		주변환경검토		▪				▪			
		지원제도 검토		▪							
	복합에너지시스템 종류	태양광		▪		▪	▪	▪			▪
		태양열		▪		▪	▪	▪			▪
		지열		▪		▪		▪			
		연료전지				▪		▪			
		열병합						▪			

◦ 국내 건물에너지 관련 규정 분석

- 다양한 용도의 건물 중 주택의 경우 오래 전부터 국내에서 지적되고 있는 주거복지·쾌적한 생활환경 등의 요구사항들이, 시대적 화두로 떠오른 저에너지주택 또는 제로에너지건물의 쾌적한 실내환경과 맞물려 제로에너지 건물 보급 타당성에 힘을 실어주고 있다.

현재 주택 에너지관련 규정은 크게 「녹색건축물 조성지원법」아래 「건축물 에너지절약설계기준」과 「주택법」아래 「친환경주택의 건설기준 및 성능」등이 있다.

현재 두 규정은 그 목표성능이 제로에너지주택에 미치지 못하나, 제로에너지주택 의무화 로드

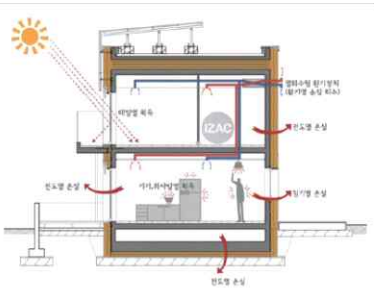
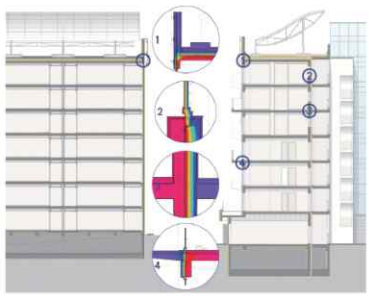
맵 달성을 위해 지속적으로 상향조정되고 있다.
주택의 에너지성능관련 규정이 변경됨에 따라 그 변경사항을 파악하고 2차까지 수행한 제로에너지주택 기술가이드라인(안)의 적합성 재검토, 관련규정 이행과 관련한 지침(외단열적용 공동주택 단열설계지침) 등을 제안하였다.
「건축물 에너지절약 설계기준」은 주택 뿐 아니라 타 용도의 모든 건축물에 적용되는 규정으로, 그 적용대상은 주택이 아닌 대형 및 중형 건축물에 집중하고 있다. 건축, 기계, 전기, 신재생의 분야로 나누어 의무 및 권장사항을 규정하고, 건물 규모와 용도에 따라 허가과정에서 에너지절약계획서 및 설계 검토서를 제출하도록 규정하고 있다.
이때 건축, 기계, 전기, 신재생의 분야로 나누어 규정하는 것은, 건축물 에너지요구량 및 소요량을 최소화하고 부족한 에너지는 신재생에너지를 통해 공급하여 생산과 소비의 균형을 맞추는 넷-제로에너지 건축물의 계획분야와 유사하다는 장점이 있다.
그러나 건축물의 외단열, 열교, 기밀, 창호설계 등에 관해서는 명확한 지침을 가지지 못한 것을 알 수 있었다. 특히 외단열 권장을 위해서는 부위별 설계디테일과 유의사항 등을 정리한 지침 제공을 통해 설계기술 보급이 필요할 것으로 보인다.
설비부문은 기계와 전기로 나누어 규정하고 있는데 주택이 아닌 중·대형 건축물에 적용되는 규정이 다소 포함되어있다.
그러나 열원, 공조, 반송, 환기 및 제어, 위생, 수변전, 간선 및 동력, 조명설비, 등 분야를 나누어 누락되는 사항 없이 규정한다는 장점이 있었다.
반면 기존 친환경주택 건설기준 및 성능은 2장에서 살펴보았듯, 에너지분야 뿐 아니라 친환경분야를 함께 규정하고 있어 에너지분야에 대한 집중도가 낮고, 규정하는 에너지분야 역시 단열부분에 중점을 두고 있었다. 그러나 2016년 개정을 통해 「친환경주택 건설기준 및 성능」 이라는 고시 명을 「에너지절약형 친환경주택의 기준」으로 개정하여 에너지절약부문의 규정을 강화 하였다.
「에너지절약형 친환경주택의 기준」은 기존 친환경주택 건설기준 및 성능에서 규정하던 단열규정 및 일부 고효율 설비규정에 건축물의 에너지절약 설계기준의 건축, 기계, 전기부분의 의무 설계기준을 그대로 차용하는 방식으로 개정되었다.
기존「친환경주택 건설기준 및 성능」의 규정과 「건축물 에너지절약 설계기준」에서 차용한 일부 조항의 위계정리가 명확히 이루어지지 않은 경향이 있으나, 추후 제로에너지 주택의 보급이라는 목표를 고려한다면 개정될 에너지절약형 친환경주택의 체계 역시 건축물 에너지절약 설계기준과 유사하게 구성되어야 할 것이다.
현재 에너지절약형 친환경주택 역시 외단열, 열교, 기밀에 관한 사항이 누락되어있고 설비에서는 냉방, 급탕, 환기설비에 관한 조항이 없는 상황이다. 또한 신재생에너지에 관한 규정 역시 “단지 내에는 태양열, 태양광, 풍력, 연료전지 및 지열시스템 설치를 권장한다”고 단순 기재되어있어, 제로에너지주택 기술가이드라인에서는 이러한 사항들을 포함하도록 계획할 예정이다.
이러한 관점에서 볼 때 제로에너지의 개념, 에너지절약 설계기술, 고효율설비, 복합에너지 시스템 적용을 골자로 한 제로에너지주택 기술가이드라인의 구성은 「건축물 에너지절약 설계기준」과 「에너지절약형 친환경주택 건설기준」과의 구성체계가 상이하지 않음을 알 수 있다.

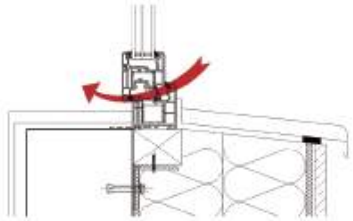
표 38 국내 주택 에너지성능 관련 규정 및 가이드라인 구성 비교
(공공건물 등에 관련한 조항은 비교대상에서 제외)

	건축물 에너지절약 설계기준	에너지절약형 친환경주택의 건설기준	제로에너지주택 기술가이드라인	
개요	-	-	제로에너지주택의 개념 제로에너지주택의 목표설정 제로에너지주택의 에너지효율 목표설정	
성능 예측	-	친환경주택 평가기준 및 친환경주택 성능평가 소프트웨어	에너지시뮬레이션 열교시뮬레이션	
건축	제6조 (건축부문의 의무사항) 1. 단열조치 일반사항 2. 에너지성능지표 건축부문 1번 항목을 0.6점 이상 획득 3. 바닥난방에서 단열재 설치 4. 기밀 및 결로방지 조치 5. (공공건물 관련조항)	제7조 (설계조건) ① 평균전용면적이 60㎡를 초과시 40%이상, 평균전용면적이 60㎡ 이하는 30% 이상 절감. 창의 기밀성능은 KS F2292 창호의 기밀성 시험방법에 의해 그 성능이 1~5등급(통기량 5㎥/h · ㎡ 미만)의 제품 사용 ② 다음 모든 설계조건 충족 1.창의 단열기준 2.벽체 등 단열기준 3.열원설비 4.고단열 고기밀 강재문 5.창면적비 6.발코니 외측창 단열 7.외기 직접 창의 기밀성능 ③ 아래 의무사항 모두 이행 1.건축부문 설계기준 2.기계부문 설계기준 3.전기부문 설계기준 제9조 (에너지사용량 정보확인 시스템 설치)	사전 조사	대지조사 기후조사 법규조사 에너지사용특성
	제7조 (건축부분 권장사항) 1. 배치계획 2. 평면계획 3. 단열계획 4. 기밀계획 5. 자연채광계획 6. 환기계획		초에너지절약 설계기술	배치계획 매스계획 공간계획 전도열손실 최소화계획 환기열손실 최소화계획 태양에너지 조절계획
기계	제8조 (기계부분 의무사항) 1. 설계용 외기조건 2. 열원 및 반송설비 3. (공공건물 관련조항) 4. (공공건물 관련조항)		설비계획 검토사항	부하산정협의 제로에너지주택 설비특징
	제9조 (기계부분 권장사항) 1. 설계용 실내온도 조건 2. 열원설비 3. 공조설비 4. 반송설비 5. 환기 및 제어설비 6. 위생설비 등		기계설비	열원설비 -통합배관 -저온바닥난방 환기설비
전기	제10조 (전기부문 의무사항) 1. 수변전 설비 2. 간선 및 동력설비 3. 조명설비 4. 대기전력 자동 차단장치 5. (공공건물 관련조항)		전기설비	전기공급설비 -조명설비 -모니터링 설비
	제11조 (전기부문 권장사항) 1. 수변전 설비 2. 동력설비 3. 조명설비 4. 제어설비 5. 대기전력저감			
신재생	제12조 (신재생에너지설비) 에너지절약계획서 제출대상 건축물에 신 · 재생에너지설비를 설치하는 경우 「신 · 재생에너지 설비의 지원 등에 관한 규정」 준수	신재생에너지 설치	신재생에너지시스템	신재생에너지시스템계획 고려사항 복합에너지시스템 계획 프로세스

■ 결론

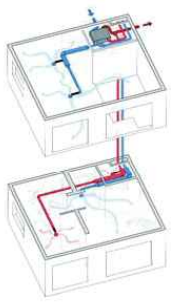
◦ 제로에너지주택 어떻게 설계하나요? : 가이드라인 도서발간

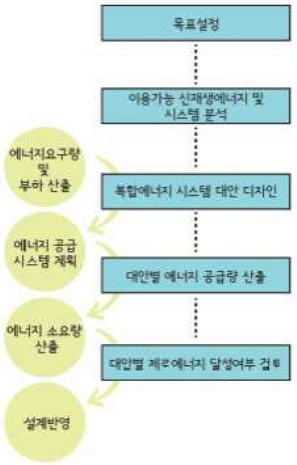
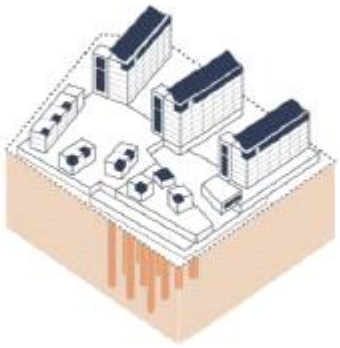
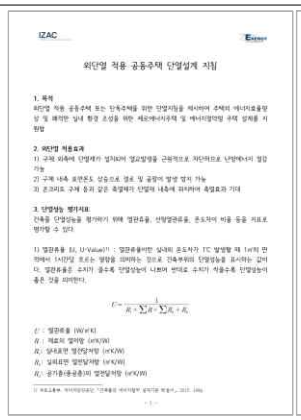
<table>
<tr><th>구분</th><th>내용</th></tr>
<tr><td colspan="2">1. 들어가며 : 제로에너지 주택이란</td></tr>
<tr><td>1.1 제로에너지 주택 개념
1.2 넷제로 1차에너지 주택 개념
1.3 제로에너지 주택 구현 프로세스
1.4 제로에너지 주택 구현을 위한 주요기술</td><td>◦ 제로에너지 건물에 대한 국내외 정의 및 평가기준
◦ 국토교통부 「건축물 에너지효율등급 및 제로에너지 건축물 인증기준」을 바탕으로 에너지 효율등급 및 자립율을 기준으로 한 제로에너지 등급 설명 및 넷 제로 1차에너지 주택의 개념
[표 1] 넷 제로에너지의 4가지 종류 및 개념
<table><tr><th>구분 번호</th><th>넷 제로에너지 종류</th><th>넷 제로에너지 개념</th></tr><tr><td>1</td><td>넷 제로 최종에너지 (Net Zero Site Energy)</td><td>제로에너지 경계를 통해 소비 때문에 들어오는 에너지와 생산하여 외부로 내보내는 에너지를 연간 대차대조하여 제로</td></tr><tr><td>2</td><td>넷 제로 1차에너지 (Net Zero Source Energy)</td><td>제로에너지 경계를 통해 들어오고 나가는 에너지의 1차에너지 환산량을 연간 대차대조하여 제로</td></tr><tr><td>3</td><td>넷 제로 이산화탄소 (Net Zero Energy Emissions)</td><td>제로에너지 경계를 통해 들어오고 나가는 에너지의 이산화탄소 환산량을 연간 대차대조하여 제로</td></tr><tr><td>4</td><td>넷 제로 에너지 비용 (Net Zero Energy Costs)</td><td>제로에너지 경계를 통해 들어오는 에너지 사용으로 인해 지불하는 비용과 신재생에너지를 통해 생산된 에너지를 판매하여 얻은 비용을 연간 대차대조하여 제로</td></tr></table>◦ 제로에너지 주택 구현을 위한 ① 패시브 설계기술, ②액티브(고효율 설비)기술, ③ 신재생에너지 기술, ④ 모니터링 기술의 개괄설명
◦ 제로에너지주택 구현의 전과정 (① 설계단계, 시공단계, ③모니터링 및 에너지 사용량 검증단계)의 기술적용 개괄설명
  </td></tr>
<tr><td colspan="2">2. 패시브설계 요소기술 적용계획</td></tr>
<tr><td>2.1 사전조사
2.2 형태계획
2.3 전도열 손실 방지 계획
2.4 침기열 손실 방지 계획
2.5 태양에너지 조절계획</td><td>◦ 패시브주택의 정의와 주요 패시브설계 요소기술의 설명
◦ 대지조사, 기후조사, 용도프로필 조사의 필요성
◦ 형태(배치, 평입단면, 매스계획) 유의사항
◦ 전도열 손실 방지계획 : 단열영역, 단열성능 및 적용방법, 부위별 단열재, 화재확산 방지, 열교방지계획 등 안내
  
◦ 침기열 손실 방지계획 : 기밀면 설정, 부위별 기밀성능 확보 방법, 기밀테스트 필요성 안내</td></tr>
</table>

구분	내용
	 [프레임과 프레임 사이 틈새바람 발생 가능]  [개폐창과 고정프레임 사이 가스캣 훼손으로 인한 누기] ◦ 태양에너지 조절계획 : 태양에너지 획득을 위한 남측창호계획, 태양에너지 차단을 위한 차양계획 등 설명  [노원 제로에너지 주택 홍보관(목업주택) 외부블라인드 설치]
3. 액티브(고효율설비) 요소기술 및 모니터링 계획	
3.1 설비부하 산정협의 3.2 열원설비 3.3 환기설비 3.4 전기설계 및 모니터링 계획	◦ 설비부하 산정을 위한 건축설계단계와 설비설계단계 전문가협의 중요성 ◦ 열원설비 조합(지열, 태양열, 가스보일러, 지역난방, EHP 등) 대안 검토 [표 21] 제로에너지 주택 난방, 급탕, 냉방설비조합(예시)

대안	난방·급탕		냉방	
	설비	공급방식	설비	공급방식
1.	지열시스템	중앙	-	-
	지열시스템	중앙	지열시스템	중앙
	지열시스템	중앙	EHP	개별
2.	태양열	중앙	-	-
	태양열	중앙	EHP	개별
3.	가스보일러	개별	-	-
	가스보일러	개별	EHP	개별
4.	지역난방	중앙	-	-
	지역난방	중앙	EHP	개별

	◦ 분배설비 계획 시 배관길이 최소화, 덕트 및 배관 단열방법 안내 ◦ 환기설비 적용: 중앙형 열회수형 환기장치, 개별형 열회수형 환기장치 적용을 위한 장비성능, 부속자재, 덕트계획 등에 대한 전반적인 안내

구분		내용
		  [열회수형 환기장치(중앙형)] [열회수형 환기장치 덕트(중앙형)]   [제로에너지 주택 홍보관 열회수형 환기장치(개별형)] ◦ 5대에너지 분리계측을 위한 에너지사용 및 생산 모니터링 정보와 제공정보 종류 [표 24] 모니터링 수집정보와 관리자용, 입주자용 주요 제공 정보 정보수집: • 건물의 난방, 냉방, 급탕, 환기, 조명분야 및 생활에너지(전력) 사용량 데이터 수집 • 원격검침 • 실내쾌적성 정보 • 설비운영현황 데이터처리: • 위치별, 분류별 사용량 통계 • 설비별, Zone별 사용량 통계 관리자용 주요정보 제공: • 세대 및 단지 에너지사용현황 • 사용량 이상세대 확인 • 설비운영 이상여부 • 제로에너지 달성여부 입주자용 주요정보제공: • 난방, 냉방, 급탕, 환기, 조명분야 사용량 • 실내 온습도 및 이산화탄소 농도 • 제로에너지 달성여부 • 주택 운영관리 매뉴얼 및 공지사항  [제로에너지 주택 홍보관(목업주택) 모니터링 시스템 웹페이지]  [제로에너지 주택 홍보관 (목업주택) 모니터링 시스템 모바일 앱]
4. 신재생에너지 시스템 계획		
	4.1 설비시스템과의 연계계획 4.2 신재생에너지 적용계획 4.3 에너지 공급계획 4.4 제로에너지 단지 운영계획	◦ 신재생에너지 시스템 계획을 위한 프로세스 ◦ 고효율 설비와의 연계가능 조합 검토 ◦ 태양광 발전 시스템 계획을 위한 방위 및 경사각, 계통연계방식 등의 계획방법 제시 ◦ 지열시스템 계획의 프로세스 및 시스템 일체 계획 시 검토·유

구분	내용
	의사항 안내   ◦ 한국전력공사 분산전원의 연계방식안내 ◦ 제로에너지주택 단지의 장기수선 충당금 책정 시 고려할 사항 및 운영매뉴얼 마련 필요성 안내
[참고자료 1] 외단열 적용 공동주택 단열설계 지침	 
[참고자료 2] 제로에너지 주택 실증단지 적용자재 성능기준	 

연구성과

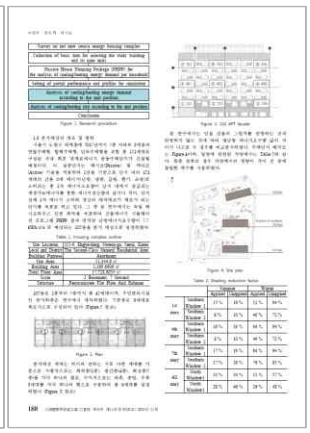
■ 도서발간 1건



■ 논문게재 2건

◦ 패시브 공동주택 세대위치별 에너지요구량에 따른 냉난방에너지 비용연구, 대한건축학회, 2015.11.

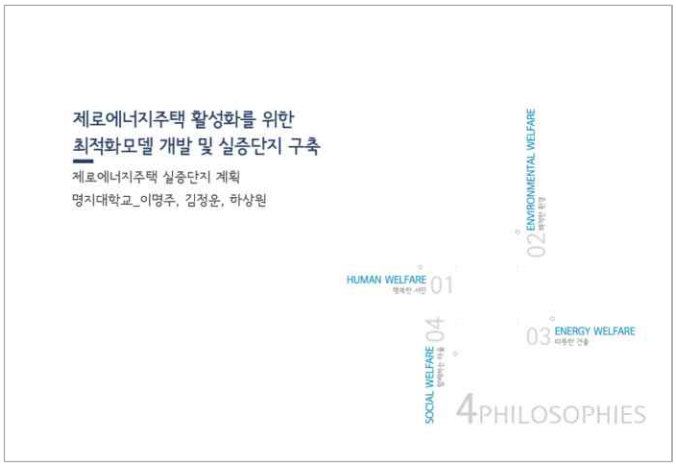
◦ 제로에너지 건축물 계획을 위한 국내외 에너지성능관련 제도의 평가도구 비교분석 및 개선방안 연구, 대한건축학회

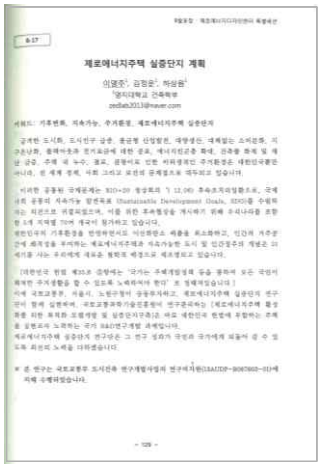





■ 국내 학술발표 1건

◦ 제로에너지주택 실증단지 계획, 한국기후변화학회 2014 하반기 학술대회, 20014.11.07

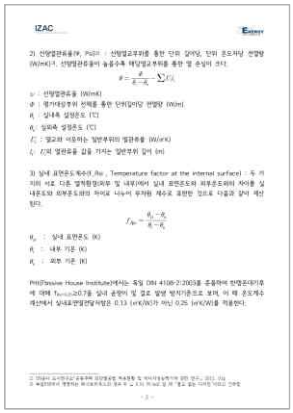



제로에너지주택 실증단지 계획

■ 지침개발 1건

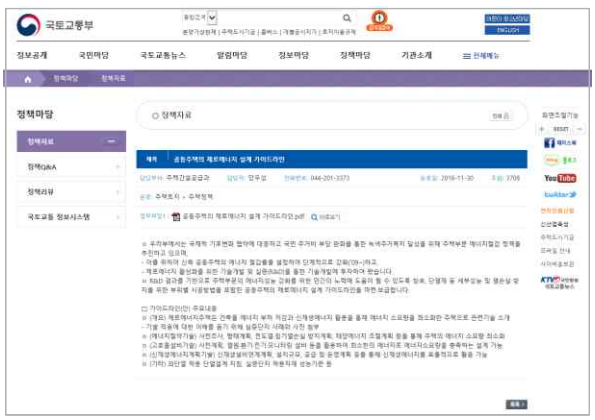
◦ 외단열 적용 공동주택 단열설계 지침


외단열 적용 공동주택 단열설계 지침



■ 정책채택 1건

◦ 공동주택 제로에너지 설계가이드라인 개발 및 국토교통부 정책마당 정책자료 게시 완료



■ 특허 1건

◦ 열교 차단형 외부통로 연결 구조체 및 그 시공방법 특허 번호 제10-1661998호, 등록일 2016.09.27.



특허증
CERTIFICATE OF PATENT

특허 Patent Number 제 10-1661998 호

출원번호 Application Number 제 10-2015-0033494 호

출원일 Filing Date 2015년 03월 11일

등록일 Registration Date 2016년 09월 27일

발명의 명칭 Title of the Invention
열교 차단형 외부통로 연결 구조체 및 그 시공방법

특허권자 Patentee
등록사항란에 기재

발명자 Inventor
등록사항란에 기재

위의 발명은 「특허법」에 따라 특허등록원부에 등록되었음을 증명합니다.
This is to certify that, in accordance with the Patent Act, a patent for the invention has been registered at the Korean Intellectual Property Office.

2016년 09월 27일

특허청장
COMMISSIONER,
KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE

최 동 규



특허등록원부

특 허 번 호 제 1661998 호

[권 리 란]

표시번호	등 록 사 항
1	출원번호 출원일 심사청구일 발명의 명칭 특허권자

[특허료란]

[특허권자란]

순위번호	등 록 사 항

이 등본(초본)은 등록원부와 틀림이 없음을 증명합니다.

특 허 청

(3) A-3 제로에너지주택 단지 복합에너지 최적화 시스템 도출

연구개요

■ 연구기관 : 명지대학교 제로에너지 건축센터

■ 연구기간 : 2013.10.14.~2015.04.13.(2차년)

■ 연구목표 :

◦ 제로에너지주택 실증단지에 최적화된 복합에너지시스템 도출

◦ 제로에너지 건축물 및 주택단지에 적용할 수 있는 다양한 구성의 복합에너지시스템의 대안과 그 특성 분석

◦ 제로에너지 건축물 및 주택단지에 보편적으로 활용할 수 있는 복합에너지시스템의 적용방안과 복합에너지시스템 계획 과정 및 방법 제시

연구내용

■ 서론

◦ 건물 부문은 2010년 기준으로 국내 최종 에너지소비의 23.9 %, 온실가스 배출량의 19.6 %로 높은 비중을 차지하고 있으며, 삶의 질 향상 및 건축물 증가, 서비스업의 급격한 성장 등으로 인해 지속적인 에너지소비의 증가가 예상된다. 최근 건설 분야에서는 에너지절약과 환경문제를 해결하기 위해 건축 환경 및 건물 에너지 설비기술에 대한 연구개발을 지속적으로 수행하고 있다. 제로에너지건물을 미래 도시에 보급하기 위해서는 화석에너지원을 소비하는 기존 건물 에너지시스템에서 벗어나 친환경적인 신재생에너지 시스템의 적용이 필요하다.

◦ 이에 본 연구에서는 제로에너지주택 실증단지 착공 전 적용 가능한 복합에너지시스템 대안 특성 및 복합에너지시스템 계획 프로세스를 정리하여, 제로에너지 주택단지에 보편적으로 활용할 수 있는 복합에너지시스템의 계획 과정 및 방법을 제시하고자 한다. 또한 단지 내 적용 가능할 것으로 판단되는 대안별 특성 및 에너지활용가능성을 검토하고, 제로에너지주택 실증단지 구축을 위한 복합에너지시스템을 도출하고자 한다.

◦ 본 연구는 제로에너지주택 실증단지 내 주택 및 부대시설(법적 필수)의 건물에너지 사용량에서 단지 내 복합에너지 생산량을 뺀 값이 0보다 작거나 같은 주택단지 구현을 목표로 하고 있다. 제로에너지주택 실증단지의 제로에너지 구현 범위는 난방, 냉방, 급탕, 조명, 환기 다섯 가지의 분야에 한정한다.

■ 본론

◦ 제로에너지 주택 실증단지에 적용 가능한 에너지원 검토

- 제로에너지주택 실증단지 복합 에너지 시스템 계획을 위해 우선적으로 고려해야 할 에너지원은 신・재생에너지이다.

국내에서는 「신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법」 제2조의 규정에 의거하여 재생에너지 (태양광, 태양열, 바이오, 풍력, 수력, 해양, 폐기물, 지열)과 신에너지 (연료전지, 수소, 석탄액화 가스화 및 중질잔사 가스화) 의 11개 분야로 구분하고 있다.

- 국내 사례에서 가장 많은 비율을 차지한 재생에너지는 지열 시스템으로 15건 중 15건 이었고, 그 다음으로 태양광시스템으로 11건을 차지했다. 국내 사례에서는 태양광/열 시스템과 지열 시스템이 독립적으로 설치되기 보다는 복합적으로 활용되는 모습을 볼 수 있었다. 기타 재생에너지로는 풍력 5건, 바이오매스 1건이 활용되었고, 수력 및 해양에너지 시스템은 별도로 적용되지 않는 모습을 보였다. 신에너지에서는 연료전지/수소 에너지가 4건 활용되었다. 폐기물에너지와 석탄가스・액화 에너지는 적용되지 않았다. 열병합발전도 1건 적용되었다.

- 국외 사례의 재생에너지는 7건 중 태양광/열 에너지 시스템이 6건, 5건으로 가장 많았고, 지열이 3건이었다. 그 외에는 바이오매스 2건, 풍력 1건으로 국내 사례에 비해 재생에너지를 접목시킨 사례는 적은 편이었다. 국외 사례 역시 국내와 마찬가지로 지열 시스템은 태양광/열 시스템과 복합 사용되었으며, 수력 및 해양에너지 시스템은 활용되지 않았다. 신에너지는 국내에서 사용되지 않았던 폐기물 에너지를 활용한 사례가 1건 있었으며, 열병합발전을 활용한 사례도 각 1건 있었다.

- 태양광/열 시스템과 지열 시스템의 조합뿐만 아니라, 각각의 신재생에너지는 개별적으로 사용했을 때 자연 환경에 따른 제한과 발전 특성을 가지고 있다. 자료를 통해 알 수 있듯이 신・재생에너지를 단일 도입하여 사용하기보다는 2개 이상의 시스템을 조합하여 복합 에너지 시스템으로 활용하는 것이 효과적이다.

표 43 국내외 건물 복합에너지시스템 적용 사례 비교

구분	재생에너지(6)						신에너지(2)		기타(2)		적용 개수
	태양광	태양열	풍력	수력	지열	바이오 매스	연료 전지	폐기물 에너지	열병합 발전	지역 난방	
강남 세곡 보금자리지구	○		○		○						3
제로카본 그린홈	○	○			○	○			○		5
코오롱 에너지플러스	○	○	○		○		○				5
대전 죽동 E-Plus House 제로에너지 마을	○				○						2
미루마을					○						1
HIP(High Insulated Panels) Green Home	○				○						1
대우 제너하임	○	○			○		○				4
그린홈플러스	○	○			○						3
삼성 Green Tomorrow	○	○	○		○						4
그린홈 제로하우스	○	○	○		○		○				5
ZeSH II (제로에너지 솔라하우스)	○	○			○						3
Plus 50 환경공생빌딩		○			○						3
대림산업 건축환경연구센터	○		○		○						3
대림산업 3L House					○		○				2

구분	재생에너지(6)						신에너지(2)		기타(2)		적용 개수
	태양광	태양열	풍력	수력	지열	바이오매스	연료전지	폐기물에너지	열병합발전	지역난방	
Zesh I (제로에너지 솔라하우스)		○			○						2
소계	11	9	5	0	15	1	4	0	1	0	
Dockside Green Project	○					○					2
West Village of UC Davis	○							○			2
LCCM (Life Cycle Carbon Minus) 주택	○	○			○						2
Londenareal 프로젝트		○			○						2
Freiburg Vauban 프로젝트	○	○			○	○					3
Eco-Viikki	○	○									1
BedZED	○	○	○						○		3
소계	6	5	1	0	3	2	0	1	1	0	

◦ 복합에너지 시스템 최적화방안 도출 프로세스

- 건물의 기획단계에서부터 제로에너지 건축물로 설계하고 그에 적합한 고효율 기계 설비를 확보하면서 신재생에너지 설치비율을 설정하여 설계단계에서부터 고려대상이 되어야한다. 이를 위해선 신재생에너지 설비 시스템이 건축물의 디자인 저해요소가 되지 않으면서도 효율적인 활용이 될 수 있도록 건축사가 기본 설계단계에서부터 신재생에너지 설치에 따른 내용을 정확히 인식하고 이를 위한 방안 제시 및 설치 시 에너지 절감량 예측, 그리고 유지관리 체크리스트 제작 과정이 필요하다. 제로에너지 건물 복합에너지 시스템을 계획하는 일련의 과정은 다음과 같다.

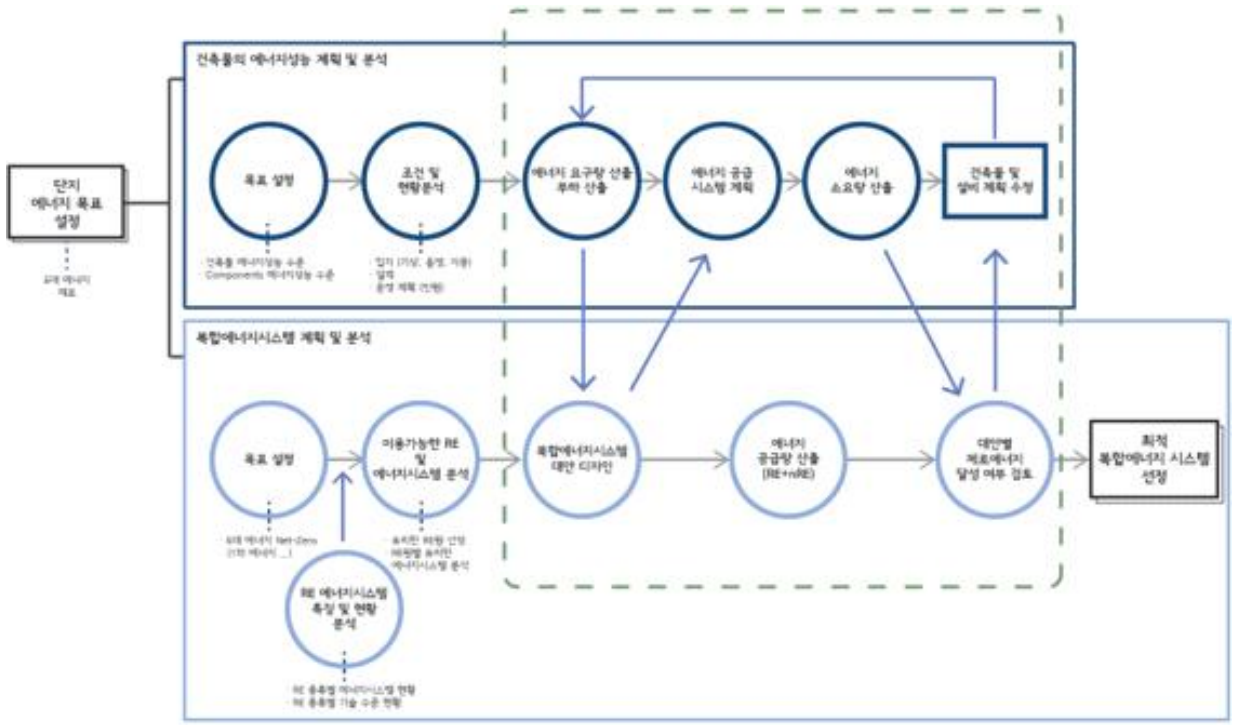


그림 54 복합에너지 시스템 도출 프로세스

제로에너지주택 실증단지의 복합에너지시스템은 연구단에서 설정한 제로에너지 달성 조건을 만족하면서 단지의 주거동 및 주민공동시설에서 필요로 하는 다섯 가지 분야 에너지 소요를 부족함없이 공급할 수 있어야 한다. 101동에서부터 302동까지의 주거동과 102동 1차의 주민공동시설의 난방, 냉방, 급탕, 환기, 조명에 소요되는 에너지를 부족하지 않게 공급하면서 이 에너지소요량을 1차에너지로 환산한 양보다 더 많은 재생가능에너지 원천 열에너지와 전기에너지를 변환·생산해야 하는 것이다. 대차대조하는 변환·생산량도 1차에너지 환산량임은 물론이다. 이를 위해서 본 연구단은 검토할만한 가치가 있는 여러 가지 복합에너지 시스템의 대안을 수립하고, 이 각각의 대안들이 과연 제로에너지 달성 조건을 만족하는지 비교하는 한편 각각의 대안들이 갖는 장단점을 고려하였다. 복합에너지시스템의 대안을 수립하는 과정은 다음과 같다.

(1) 다섯 가지 분야 에너지 공급 체계별 연간 에너지요구량 및 소요량 계산
(2) 단지 태양광 발전 시스템 디자인 및 연간 발전량 시뮬레이션
  (가) 단지 태양광 발전 시스템의 설치면별 기본 조건 파악
  (나) 단지에 설치 가능한 태양광 설치 용량과 연간 발전량 시뮬레이션 및 디자인
(3) 연간 에너지요구량과 발전량 사이의 격차를 감당할 수 있는 에너지시스템 검토
  (가) 복수의 복합에너지시스템 대안 수립
  (나) 제로에너지 달성 가능성 및 기타 고려사항들 종합 분석
  (다) 대안 비교를 통한 최적의 복합에너지시스템 선정

◦ 노원 제로에너지주택 실증단지 에너지 소요량 분석

- 개별 난방·냉방·급탕 방식 적용 시 에너지 소요량

제로에너지주택 실증단지에서 세대별 난방냉방급탕 방식을 취하고자 할 때 선택할 수 있는 가장 유력한 방안은 단지 내에서 자체 생산해낸 태양광 전기를 이용하여 전기 난방, 전기 급탕, 전기 냉방을 하는 것이다. 이 경우 연간 에너지 소요량은 377MWh 로 나타난다.

-통합배관 중앙난방·급탕 방식 적용 시 에너지 소요량

중앙공급방식으로 난방과 급탕, 그리고 경우에 따라 냉방까지 제공하는 데에는 몇 가지 방식이 있는데 그 중 분배손실 에너지요구량이 가장 적은 것은 통합배관을 이용한 중앙난방급탕 방식이다.

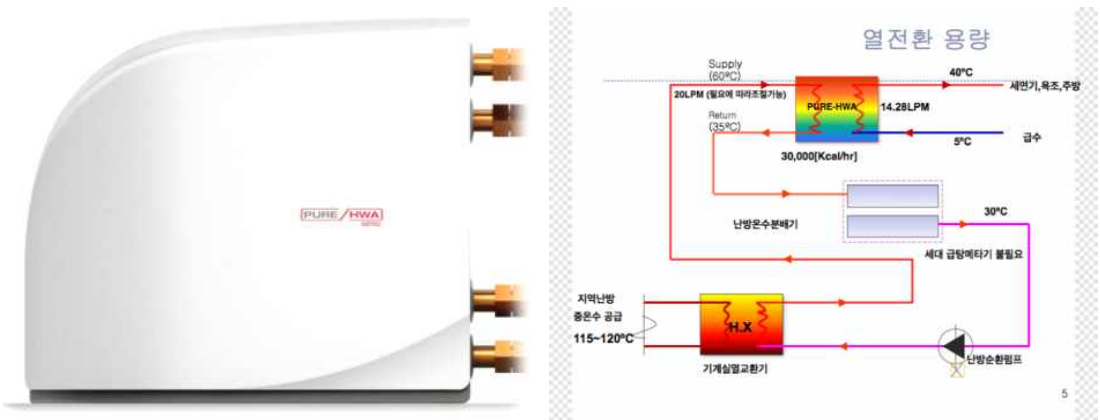


그림 55 난방 급탕 통합배관 시스템 PURE-HWA의 제품 사진(좌)과 개념도(우)

통합배관을 이용한 중앙난방급탕 방식은 중앙으로부터 난방수를 공급받는 하나의 배관을 이용해서 난방과 급탕 서비스를 모두 해결하는 방식이다. 최근 개발된 통합배관 시스템은 하나의 배관으로 55~60℃의 난방수를 공급하여 난방 서비스를 제공하는 동시에 열교환의 방식으로, 40℃ 가량의 급탕수를 직접 세대 내에서 만들어서 급탕 서비스까지 제공할 수 있는 설비이다. 난방 급탕 통합배관 시스템을 이용하여 중앙난방급탕을 하면 전체 연간 에너지소요량은 490 MWh으로 나타났다. 난방, 냉방, 급탕, 환기, 조명 에너지요구량은 개별공급방식일 때와 다르지 않지만 분배손실 에너지요구량이 93 MWh, 공급 순환 계통 동력 에너지요구량이 54 MWh로 개별 냉·난방·급탕 방식의 경우보다 크게 나타나기 때문이다.

- 중앙난방급탕 방식의 에너지 소요량

통합배관 시스템의 성능을 충분히 신뢰하기 어렵다면 2개의 배관을 이용하는 일반적인 방식의 중앙난방급탕 방식을 이용할 수 있다. 이 때에는 난방수용 배관에서도 분배손실이 일어나고 급탕수용 배관에서도 분배손실이 일어나기 때문에 통합배관 시스템보다는 분배손실이 커지게 된다. 난방에너지요구량과 급탕에너지요구량이 통합배관 시스템을 쓸 경우와 동일하다 가정해도 온수를 이용하는 데 소요되는 배관 전체의 길이 및 표면적이 곱절이 되기 때문에 분배손실의 증가는 피할 수 없다. 순환 계통의 동력 또한 더 커진다. 공급량이 동일하다고 가정해도 별개의 배관에서 순환이 일어나야하고, 각 배관별로 보면 사용량이 통합배관보다 적기 때문에 일정한 온도로 온수를 공급하기 위해서는 순환량이 더 늘어날 수밖에 없다. 다만 이때에는 에너지절약형 건축물 및 제로에너지 건축물의 특성에 맞는 35℃ 내외의 난방수로 저온 난방이 가능하므로 난방수용 배관 쪽의 분배손실은 낮은 수준으로 유지할 수 있다.

중앙난방·급탕 시 연간 에너지 소요량은 523MWh이다. 특히 분배손실이 111MWh, 순환계통 동력이 69MWh로 통합배관을 이용한 중앙 난방·급탕 공급방식보다 큰 폭으로 증가한 것을 알 수 있다.

-지역난방 중앙난방·급탕 방식의 에너지소요량

중앙공급방식에는 지역난방 서비스를 받는 방식도 포함된다. 이때에는 각 지역 지역난방 서비스 업체의 지역 순환 배관으로부터 단지 내로 유입되는 분기관을 통해 난방수와 급탕수를 공급받게 되는데 이 분기관의 시작점부터 분배손실을 계산해야 하기 때문에 분배손실과 순환 계통 동력의 에너지소요량이 상당히 커지게 된다. 연구 시점에서 분기관의 구경 및 길이를 정확하게 산정하기 어려운 관계로 대략 100 MWh 정도의 추가 분배손실이 생긴다고 가정하여 과정에 반영하였다. 이에 상응하게끔 분배손실 에너지요구량을 211 MWh 가량으로 산정하고, 순환 계통 동력 에너지요구량을 69 MWh로 중앙난방급탕 방식과 같게 설정하였다. 위와 같은 방식으로 계산한 결과 에너지 소요량은 623MWh로 나타났다. 실제 지역난방시의 배관설계가 반영되면 이 값은 적지 않게 증가할 것으로 예상된다. 다만 제로에너지 계산 과정에서 지역난방 인입과정에서 발생하는 열 손실을 반영하는 방안에 대해서는 추가적인 논의가 필요할 것으로 보인다.

표 44 노원 제로에너지주택 실증단지 건축물 5대 에너지 소요량

구분		개별냉난방급탕	통합배관 중앙난방급탕/개별난방+중앙급탕	중앙난방급탕	중앙 냉방 · 난방 · 급탕 시	지역난방 중앙난방급탕시
아파트및주민공동시설	난방	68 MWh	68 MWh	68 MWh	68 MWh	68 MWh
	냉방	49 MWh	49 MWh	49 MWh	49 MWh	49 MWh
	급탕	186 MWh	186 MWh	186 MWh	186 MWh	186 MWh
	계	303 MWh	303 MWh	303 MWh	303 MWh	303 MWh
	분배손실	32 MWh	93 MWh	111 MWh	129 MWh	211 MWh
	순환	2 MWh	54 MWh	69 MWh	83 MWh	69 MWh
	계	34 MWh	147 MWh	180 MWh	212 MWh	280 MWh
	환기	28 MWh	28 MWh	28 MWh	28 MWh	28 MWh
	조명	12 MWh	12 MWh	12 MWh	12 MWh	12 MWh
	계	40 MWh	40 MWh	40 MWh	40 MWh	40 MWh
총계		377 MWh	490 MWh	523 MWh	555 MWh	623 MWh

- 태양광 발전량 (계획설계 기준)

표 45 노원 제로에너지주택 실증단지 태양광 발전량

구분	72셀 모듈 (1m x 2m) 갯수	60셀 모듈 (1m x 1.65m) 갯수	설치 용량 (kWp)	연간 발전량 (kWh) [PVsyst]
101동	153	92	75	73,000
102동	187	92	87	86,000
103동	171	92	81	79,000
101동 EV 코어 및 계단실	0	82	22.14	13,000
102동 EV 코어 및 계단실	0	40	10.8	6,000
103동 EV 코어 및 계단실	0	40	10.8	6,000
201동	16	24	12	7,000
202동	16	24	12	8,000
203동	30	28	17	11,000
203동 코어	24	61	24	14,000
301동	8	18	8	5,000
302동	8	18	8	4,000
합계	706	682	417	348,000

◦ 복합에너지 시스템 대안 비교

본 연구에서는 10가지 현실 가능한 복합에너지시스템 대안을 수립한 뒤 이를 분석하였다. 복합에너지시스템의 여러 가지 대안 수립은 기술적으로 가능하고, 경제적으로 검토할 가치가 있다고 판단되는 여러 가지 에너지 변환・생산 시스템들을 태양광 발전 시스템과 결합하여 보는 방식으로 진행하였다.

복합에너지시스템 대안들은 에너지소요량을 구한 뒤 최종에너지 제로를 달성여부와 1차 에너지 제로가 달성여부를 비교하였다.

복합에너지시스템 [대안1]은 태양광발전시스템을 이용하는 것이다. 대차대조 결과, 1차 에너지는 제로를 달성(+82 MWh)할 수 있지만 최종에너지는 제로에 미달(-32 MWh 마이너스)한다. [대안1]은 중앙공급 배관 설비를 하지 않기 때문에 시공비가 저렴하다는 장점이 있다. 그러나 축열실 전기온수기 특성 때문에 급탕 서비스의 질이 다소 떨어질 수가 있다.

복합에너지시스템 [대안2]는 세대별 태양광발전시스템과 도시가스보일러를 이용하는 것이다. 대차대조 결과, 1차 에너지는 제로를 달성(+121 MWh)할 수 있지만, 최종에너지 제로에 미달(-53 MWh)한다. [대안2]는 현실적이며 경제적인 대안이

지만 화석연료 사용에 기초하여 시스템을 구성하기 때문에 미래지향적인 복합에너지시스템 대안으로 한계가 있다.

복합에너지시스템 [대안3]은 태양광발전시스템과 지열히트펌프를 이용하는 것이다. 대차대조 결과, 1차 에너지는 제로를 달성(+43 MWh)할 수 있고 최종에너지도 제로(+135 MWh)를 달성할 수 있다. [대안3]은 모두 재생가능에너지원이기 때문에 제로에너지 건축물이나 단지를 조성하고자 할 때 매우 유력한 복합에너지시스템 대안이다. 그러나 지열로 난방, 냉방, 급탕을 하기 때문에 분배・손실이 큰 중앙공급방식을 택할 수밖에 없다는 단점이 있다.

복합에너지시스템 [대안4]는 태양광발전시스템, 지열히트펌프 그리고 소형가스열병합발전시스템을 이용하는 것이다. 대차대조 결과, 1차 에너지는 제로를 달성(+16 MWh)할 수 있지만, 최종에너지 제로에 미달(-229 MWh)한다. [대안4]는 전기와 열을 동시에 생산하며, 배열을 효과적으로 이용함으로써 종합에너지 이용효율이 향상되는 것이 장점이다. 그러나 투자비가 비교적 크고, 화석연료를 주로 사용함으로써 향후 연료비의 불확실성에 대한 단점이 있다.

복합에너지시스템 [대안5]는 태양광발전시스템, 지열히트펌프 그리고 수소연료전지를 이용한 것이다. 대차대조 결과, 1차 에너지는 제로에 미달(-18 MWh)하고 최종에너지도 제로에 미달(-407 MWh)한다. [대안5]는 화석연료인 가스를 이용하지만 열과 전기를 모두 생산하여 효율을 높인 설비라는 것이 장점이다. 그러나 수소연료전지 역시 불안정한 면이 있고, 높은 초기비용 및 유지 관리비가 단점이다.

복합에너지시스템 [대안6]은 태양광발전시스템, 지열히트펌프 그리고 개별 냉방시스템을 이용하는 것이다. 대차대조 결과, 1차 에너지는 제로를 달성(+128 MWh)할 수 있고 최종에너지도 제로를 달성(+33 MWh)할 수 있다. [대안6]은 난방수와 급탕수는 통합배관 시스템을 이용하여 하나의 배관으로 공급하여 분배・손실을 최소화하는 것이 장점이다. 그러나 지열히트펌프 시스템이 지중에서 열을 얻기만 하고 열을 버리는 냉방이 배제되어 장기적으로 지중온도가 낮아질 우려가 크고, 지열 냉방 대신 개별 냉방을 하는 데에 따른 경제적 유인이 거의 없다는 것이 단점

이다.

복합에너지시스템 [대안7]은 태양광발전시스템과 현대화된 바이오매스보일러를 이용하는 것이다. 대차대조 결과, 1차 에너지는 제로를 달성(+804 MWh)할 수 있고 최종에너지도 제로를 달성(+185 MWh)할 수 있다. [대안7]은 다른 어떤 복합에너지시스템 대안보다도 제로에너지를 달성하는 데에 유리하고 바이오매스 연료의 저렴하고 낮은 가격이 장점이다. 그러나 도심지에서 운용할 때 연기나 그을음, 분진 등이 발생하여 민원이 생길 수 있는 단점이 있다.

복합에너지시스템 [대안8]은 태양광발전시스템과 가스열병합발전시스템을 이용하는 것이다. 대차대조 결과, 1차 에너지는 제로에 미달(-22 MWh)하고, 최종에너지도 제로에 미달(-429 MWh)한다. [대안8]은 열과 전기를 동시에 생산하여 화석연료를 효과적으로 이용하는 장점이 있다. 그러나 많은 양의 화석연료(가스)를 소비하기 때문에 비용 부담으로 이어질 단점이 있다.

복합에너지시스템 [대안9]는 태양광발전시스템과 수소연료전지시스템을 이용하는 것이다. 대차대조 결과, 1차 에너지 제로에 미달(-93 MWh)하고, 최종에너지 제로에도 미달(-531 MWh)한다. [대안9]는 열과 전기를 동시에 생산하는 장점이 있다. 그러나 초기 설치비용과 유지관리비가 높다는 단점이 있다. 또한 비용이 설치부터 운전 과정까지 지속적으로 요구되기 때문에 검토할만한 가치가 낮다.

복합에너지시스템 [대안10]은 태양광발전시스템과 지역난방시스템을 이용하는 것이다. 대차대조 결과, 1차 에너지 제로는 달성(+3 MWh)할 수 있지만, 최종에너지 제로는 미달(-394 MWh)한다. [대안10]은 가스열병합발전소를 기반으로 공급되는 지역난방 역시 화석연료로 발전을 하면서 발생하는 열을 이용함으로써 효율을 높인다는 장점이 있다. 그러나 공급과정에서 손실되는 열이 직접 이용하는 열만큼 크다는 단점이 있다.

표 46 제로에너지주택 실증단지 복합에너지시스템 대안 별 비교

구분	대안	1차 에너지 제로	최종에너지 제로
1	태양광발전시스템	0	X
2	태양광발전시스템+도시가스보일러	0	X
3	태양광발전시스템+지열히트펌프	0	0
4	태양광발전시스템+지열히트펌프+열병합발전시스템	0	X
5	태양광발전시스템+지열히트펌프+수소연료전지	X	X
6	태양광발전시스템+지열히트펌프+개별냉방시스템	0	0
7	태양광발전시스템+바이오매스보일러	0	0
8	태양광발전시스템+열병합발전시스템	X	X
9	태양광발전시스템+수소연료전지	X	X
10	태양광발전시스템+지역발전시스템	0	X

제로에너지주택 실증단지 10가지 대안을 비교・분석한 결과, [대안3], [대안6] 그리고 [대안7]이 1차 에너지 제로와 최종 에너지 제로가 가능할 것으로 예상된다. [대안6]은 난방과 냉방 그리고 급탕 모두를 지열히트펌프시스템으로 하는 [대안3]에 비해 비용과 운용 면에서 장점이 없기 때문에 굳이 채택할 이유가 없다.

[대안3]과 [대안7] 두 가지 복합에너지시스템에 대한 상대적인 비교를 통해 제로에너지주택 실증단지에 최적화된 시스템을 도출해야 할 것이다. 기술 성숙도, 효율성, 초기비용, 안정성 그

리고 환경성에 따른 다섯 가지 항목으로 비교하였다.

기술 성숙도 : 국내・외 복합에너지시스템 적용 사례를 비교해보면, 총 22건 중 지열히트펌프는 국내(15건)와 국외(3건)를 합하여 총 18건이고 바이오매스는 국내(1건)와 국외(2건)를 합하여 총 3건으로 [대안3]에 적용되는 지열히트펌프가 15건 많게 나타났다.

효율성 : [대안3]의 1차 에너지는 +43 MWh이고 [대안7]의 1차 에너지는 +804 MWh로 [대안7]의 1차 에너지가 761 MWh 크며, 최종에너지는 [대안3]은 +135 MWh, [대안7]은 +185 MWh로 [대안7]이 50 MWh 정도 여유가 있지만 두 대안이 큰 차이는 없다.

초기비용 : 동일한 조건인 태양광발전시스템을 고정비용으로 두고, 지열히트펌프(12.5억)와 바이오매스(펠렛)보일러(7.6억) 공사비용을 비교해보면 지열히트펌프가 바이오매스(펠렛)보일러보다 초기 공사비용에서 약 3.9억 차이가 발생한다.

안정성 : 지열히트펌프는 전기(계통연계 가능)를 이용하여 에너지를 생산한다. 바이오매스(펠렛)보일러는 지속적인 바이오매스(펠렛) 공급에 대한 관리가 필요하지만 국내에서는 아직 원료 공급에 대한 확신이 부족하다.

환경성 : 지열히트펌프의 경우, 난방이나 냉방에너지 공급 불균형이 발생하게 되면 지중온도 차이가 발생할 수 있다. 바이오매스(펠렛)보일러의 경우, 도심지에서 운용할 때 연기나 그을음, 분진 등이 발생하여 민원이 생길 수 있는 단점이 있다.

표 47 제로에너지주택 실증단지 복합에너지시스템 [대안3]과 [대안7] 비교

구분	태양광발전시스템+지열히트펌프	태양광발전시스템+바이오매스보일러
기술성숙도	○	×
효율성	△	△
초기비용	×	○
안정성	○	×
환경성	○	×

이를 종합하여 볼 때 도심지에 위치한 제로에너지주택 실증단지의 복합에너지시스템으로는 태양광발전시스템과 지열히트펌프시스템이 결합된 안이 최적화된 시스템이라고 결론내릴 수 있다.

■ 결론

◦ 최종 제로에너지주택 실증단지 복합에너지 시스템 구성

◦ 제로에너지주택 실증단지 에너지밸런스

- 노원 제로에너지 주택단지는 PHPP 및 기타 프로그램을 이용하여 주택의 에너지 요구량, 소요량 등을 분석함.

	에너지 요구량					에너지 소요량					에너지 생산량	
	난방	냉방	급탕	환기	조명	난방	냉방	급탕	환기	조명	지열	태양광
101동	13860.1	24654.2	48360.2	7326.0	13273.2	8663.4	4980.2	30386.6	8329.7	13671.4		
102동	35384.3	30780.0	77840.3	11808.2	16960.2	22117.2	6217.6	48910.1	13425.9	17469.0		
103동	24782.2	27947.1	56634.5	8576.4	12180.0	15490.3	5645.3	35585.6	9751.4	12545.4		
201동	4218.5	1908.1	3971.9	445.2	833.4	2636.8	786.1	2495.7	485.3	858.4		
202동	4262.6	1882.1	3971.9	445.2	833.4	2664.4	775.4	2495.7	485.3	858.4		
203동	15765.9	6166.0	15339.8	1718.1	3318.3	9854.6	2540.4	9638.6	1872.7	3417.8		
301동	2592.1	824.2	1985.9	222.6	416.7	1620.2	339.6	1247.8	242.6	429.2		
302동	2800.4	1044.9	1985.9	222.6	416.7	1750.4	430.5	1247.8	242.6	429.2		
합계	103666.1	95206.6	210090.4	30764.3	48231.9	64797.4	21715.0	132008.0	34835.5	49678.9		

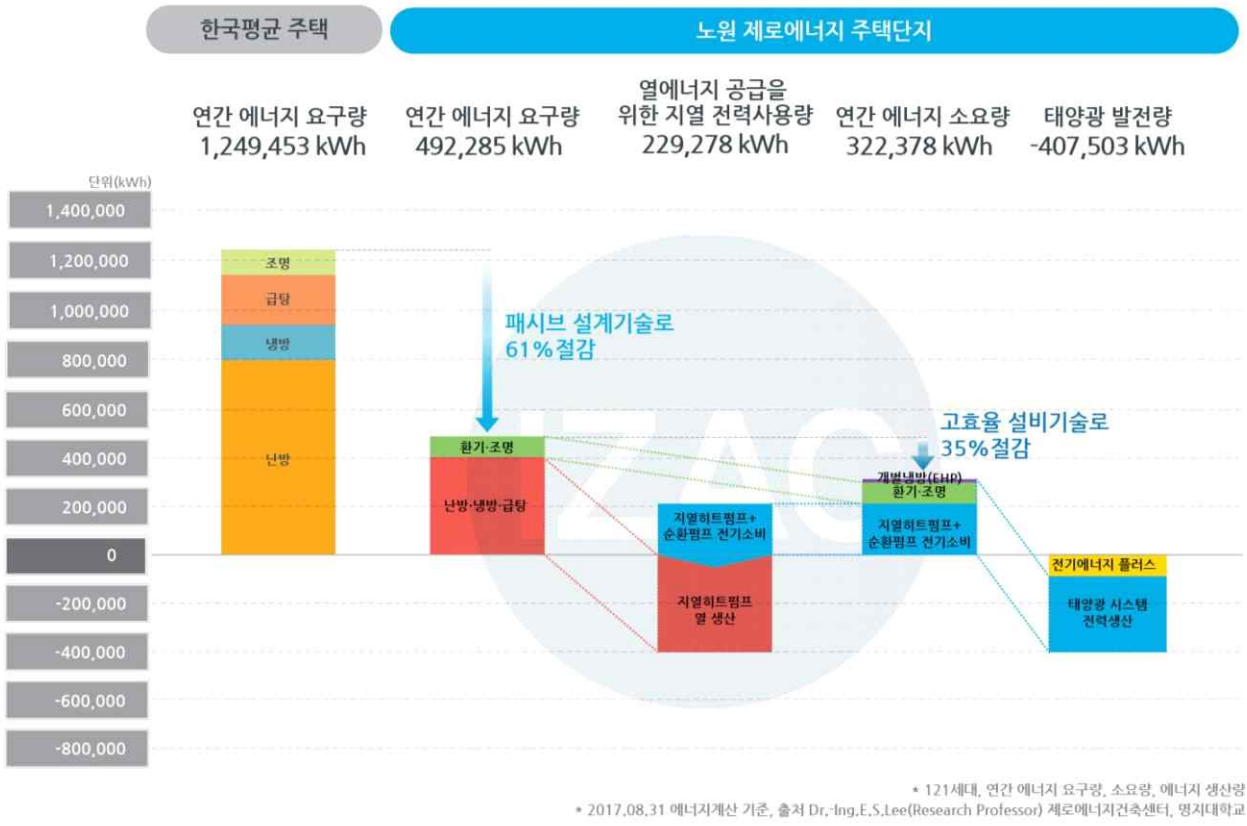


그림 56 한국 평균주택단지와 노원 제로에너지 주택단지의 에너지밸런스 계산

연구성과

■ 논문게재 1건 (2차년도)



http://dx.doi.org/10.9718/JAIK_PD.2015.31.5.15

용적률이 패시브 공동주택 난방 에너지요구량에 미치는 영향 분석

Analysis of the Impact of Floor Area Ratio on Heating Energy Demand by Passive Housing Complex

이 명 주* 김 원 석** 김 현 아***
Lee, Myoung-Ju Kim, Won-Seok Kim, Hyun-Ah

Abstract

This study compared and analyzed the difference in heating energy demand in relation to the raise of floor area ratio based on the case of passive housing complex based on the intention of examining whether relaxing floor area ratio as an incentive acknowledged when acquiring certification is a substantial system for realizing passive housing or zero energy housing complex and making related suggestions. The energy performance analysis on each building showed that the heating energy demand decreased, however, for buildings influenced by the increase of floors in the building before them, the energy demand increased as the solar heat gain decreased while the heat loss through conduction and ventilation and internal heating did not show difference. The combination analysis of 30 buildings showed that the total heating energy demand by the complex increased in proportion to the floor area ratio while the annual heating energy demand per unit area decreased. Since the difference in heating energy demand is directly related with the total energy consumption, it is necessary to consider the housing complex's energy performance in arranging and composing main buildings from the planning stage. Furthermore, it is necessary to make an additional suggestion for the energy efficiency rating based on the characteristics of the household as the heat loss and gain patterns appear variously according to such characteristics.

키워드 : 패시브주택, 용적률, 에너지성능, 공동주택단지
Keywords : Passive Housing, Floor Area Ratio, Energy Performance, Housing Complex

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

정부는 에너지이용 효율 및 신·재생에너지 사용비율은 높이고 온실가스 배출을 최소화하는 건축물을 녹색건축물로 정의하고 녹색건축물 인증제 등 녹색건축물 확대를 위한 정책을 수립·시행하고 있다. 또한 새로운 경제패러다임인 창조경제의 핵심 분야로 기후변화 대응을 위한 에너지 신산업을 육성하고 있다.

그 중 건축분야의 대표적인 신산업이가 녹색건축물인 패시브·제로에너지 건축물이 있지만 투자비가 높고 회수기간이 길어 상용화에 어려움을 겪고 있다. 그에 따른 문제점을 보완하기 위해 건축물의 효율적인 에너지 관리와 녹색건축물 활성화 방안으로 초기 투자비용 부담 완화를 위한 인센티브를 지원하고 있다.

현재 건축물에너지효율등급 인증제도의 인센티브는 에너지 이용 합리화 사업에 의한 지원 등과 제공, 건축물의 에너지절약설계기준에 의한 건축기준 완화, 기타 의무화 등으로 운영되고 있다 (Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2009).

기준에 적합한 건축물에 대하여 조경설치면적을 100분의 85까지 완화할 수 있으며, 건축물 용적률 및 높이를 100분의 115 범위에서 완화하여 적용할 수 있고, 소목적·법인적·재산적·등록적 등 녹색건축물 조성을 위한 사업 등에 대하여 보조금 지급 등 필요한 사항을 지원하고 있다.

그러나 용적률 증가 시, 공동주택 일조환경 뿐만 아니라 에너지 사용량의 영향을 받게 되며 건물이 밀집될수록 음영 비율이 커지므로 유효 일사량이 감소되어, 오히려 건물의 난방부하는 커지는 경향을 보이게 된다 (Kim, 2014).

겨울부의 경우 고층부보다 더 많은 영향을 받는다는 사항은 동일에서 인증하는 패시브주택에서도 잘 나타나고 있는데, 일사량 영향 유무 즉, 일사량 확보와 차단에 따라 에너지성능 차이가 발생하는 것을 PHPP7(Passive House Planning Package7) 에너지시뮬레이션 결과로 나타나고 있다. 이에 반해 공동주택이 국내 건축물에너지효율등급 인증을 취득하고자 할 경우, 개별세대 에너지사용량이 아닌 세대가 위치한 단지의 동일면적 주택들의 평균 에너지사용량을 표시하고 있다는 점에서 음영을 상향과 국내 에너지 관련 인증과의 상관관계에 대한 정보가 필요한 시점이라고 판단된다 (Choi et al., 2014).

따라서 본 연구에서는 건축물에너지효율등급 인증 시 인정받는 인센티브로서 공동주택단지 용적률 완화가 단지, 동별, 층별 난방 에너지요구량에 미치는 영향을 분석하고 인센티브를 주는 건축물에너지효율등급 인증이 패시브주택 및 제로에너지주택을 실현하는데 있어 실질적인 제도인지를 점검하고 개선 방향을 제안하는데 목적이 있다.

1.2 연구의 범위 및 방법

현재 2015년 완공 예정으로 계획 중인 서울시 노원구 제로에너지 공동주택단지를 판상형 아파트 구역과 탑플주택 · 연립주택 구역으로 구분하였고, 본 연구에서는 판상형 아파트 구역을 대상으로 용적률 증가에 따른 난방에너지요구량을 분석하였다.

판상형 아파트 구역을 연구대상으로 선정한 이유는 국내에서 판상형 아파트가 중층형 공동주택 주종으로 가장 보편화된 유형이며, 기 설계된 실시설계도면을 통해 에너지 시뮬레이션을 할 수 있는 상세자료 확보가 가능하기 때문이다.

용적률 증가는 설계된 동일한 형태와 구성에서 건축법에 따라 복지 내 각 주동 인동간격을 바탕으로 증수증가가 가능한 범위까지 단으로 한정하였고, 에너지성능은 용적률 변화에 의한 단지, 주동별 그리고 층별 난방 에너지요구량 변화를 비교 · 분석하였다.

용적률 증가를 통한 연간 난방 에너지요구량 변화를 비교 · 분석하기 위해 본 연구에서 사용한 에너지 시뮬레이션 프로그램은 ISO 13790에 기반인 독일 PHI(Passive House Institute)에서 제시한 PHPP7(Passive House Planning Package7)이다.

2. 분석 대상 공동주택단지 개요

2.1 공동주택단지 건축개요

제로에너지 공동주택단지 배치도에서 판상형 3개동 아파트 구역을 대상으로 연구를 진행하였으며, 2개동 판상형 아파트가 계획된 대상 공동주택단지 개요는 Table 1과 같다.

공동주택이 위치한 동쪽으로는 도시공원, 서쪽으로는 아파트, 북쪽으로는 대형교회 그리고 남쪽으로는 30m 간선도로가 위치하고 있어 대상부지는 동쪽과 남쪽으로부터 의양열특성이 매우 좋아한 조건을 갖고 있다. 주변 환경조건부터 적 · 간접적으로 음영이 생기는 환경이 아니라는 점은 본 연구를 진행하는데 있어 최적의 조건이라고 할 수 있다.

Table 1. Housing complex outline (Mid-rise Apartment)

Site Location	251-9, Hagye-dong, Nowon-gu, Seoul, Korea	
Site Area	6,107.35 ㎡	
Site Coverage Ratio	28.96% (Regulation 60%)	
Floor Area Ratio	142.36% (Regulation 190%)	
Building	Area	Floors
Apt 101	2,309.52 ㎡	7F
Apt 102	3,163.98 ㎡	7F
Apt 103	2,730.52 ㎡	7F



Figure 1. Site plan (Mid-rise Apartment)

2.2 공동주택 에너지 성능

1) 공동주택 시뮬레이션 조건

분석 대상 공동주택단지는 기획 단계에서부터 건물 자체에서 에너지를 절약할 수 있도록 설계 되었다.

대상 공동주택단지 시뮬레이션 조건은 기초데이터와 유리율이 변하도 고정되어 있는 고정 시뮬레이션 조건 그리고 용적률에 따라 변동되는 변동 시뮬레이션 조건으로 구분하였다.

기초데이터는 Table 2와 같으며, 대상 부지가 위치한 서울지역의 기상데이터를 기반으로 Meteonorm 6.2에 의하여 산출된 PHPP7을 기초자료를 기준으로 하였다.

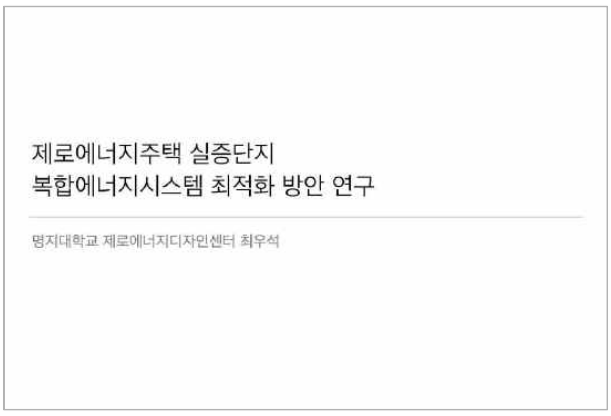
Table 2. Climate data

Category	Content
Heating Degree Hour (kKh/yr)	65
Heating Days (d/yr)	166
Northern Solar Radiation (kWh/m²a)	110
Eastern Solar Radiation (kWh/m²a)	235
Southern Solar Radiation (kWh/m²a)	444
Western Solar Radiation (kWh/m²a)	246
Horizontal Solar Radiation (kWh/m²a)	393

고정 시뮬레이션 조건으로는 단위세대 면적, 거실실 실내온도, 각 부위 열관류율, 유리 g값, 기밀성능 그리고 열회수기 효율이며 각 항 조건은 Table 3과 같다.

* 명지대학교 건축학과 부교수
(Corresponding author : zedlab2013@gmail.com)
** 명지대학교 대학원 박사과정
*** 명지대학교 대학원 석한사통합과정
본 연구는 국토교통부 도시건축 연구개발사업의 연구비지원(13AUDP-B067828-01)에 의해 수행되었습니다.

■ 학술대회 발표 1건 (2차년도 추가)



제로에너지주택 실증단지
복합에너지시스템 최적화 방안 연구

명지대학교 제로에너지디자인센터 최우석



(4) A-4 제로에너지주택 적용 건축자재 분석

연구개요

■ 연구기관 : 명지대 학교 제로에너지 건축센터

■ 연구기간 : 2013.10.14.~2017.01.13.(4차년)

■ 연구목표 :

◦ 에너지성능 관련 건축자재의 분류 체계와 특성 분석

◦ 국제적 범위에서 에너지성능 관련 건축자재들의 종류별 제품 및 기술 현황 조사

◦ 제로에너지 건축을 위한 에너지성능 관련 건축자재의 선정 프로세스 개발
(선정 프로세스에는 자재 공모, 자료 수집, 평가항목 및 비중, 항목별 성능 범위, 평가절차, 평가표, 최종 선정 등의 과정이 포함)

◦ 에너지성능 관련 건축자재 핸드북 제작

연구내용

■ 서론

◦ 에너지절약을 위한 에너지절약을 위한 건축자재의 범주 및 종류를 설정하고, 제로에너지성능 달성을 위한 자재별 평가 항목 및 성능기준을 제시

◦ 국내 제로에너지성능 달성을 위한 자 재별 평가항목 및 성능기준 제안을 통해 국산화 개발 필요한 품목 제시 및 성능향상을 유도, 수요자의 신뢰 도 향상을 통한 보급 확대, 그리고 해외시장에서 국산 에너지효율기자재 의 경쟁력 확보

◦ 제로에너지성능 달성 가능한 자재분 석 연구결과를 실무자가 사용 가능하 도록 자재핸드북으로 제작 및 발간하 여 제로에너지성능 달성을 위한 평가 항목 및 성능기준을 제안하고, 노원 제로에너지주택 실증단지가 적용한 자재를 홍보하여 자재・건설 산업의 활성화를 유도

■ 본론

◦ 에너지성능 관련 건축자재의 범주와 종류 분석

- 에너지성능 관련 건축자재들은 ‘패시브 에너지성능 자재’와 ‘액티브 에너지성능 자재’로 구분할 수 있다. 패시브 에너지성능 자재들은 자연적으로 유입되거나 발생하는 에너지를 최대한 이용하여 건축물 자체의 에너지성능을 높이는 자재들이 이에 해당한다. 액티브 에너지성능 자재들은 재생가능 에너지를 적극적으로 얻어내고 이용할 수 있게 하는 설비들로 태양광 발전설비, 바이오매스 에너지 등이 이에 해당한다.
- 패시브 에너지성능 자재는 다시 외피 불투명 부위 자재와 외피 투명부위 자재 그리고 건물서비스 장치로 나눌 수 있고 아래 표와 같다.

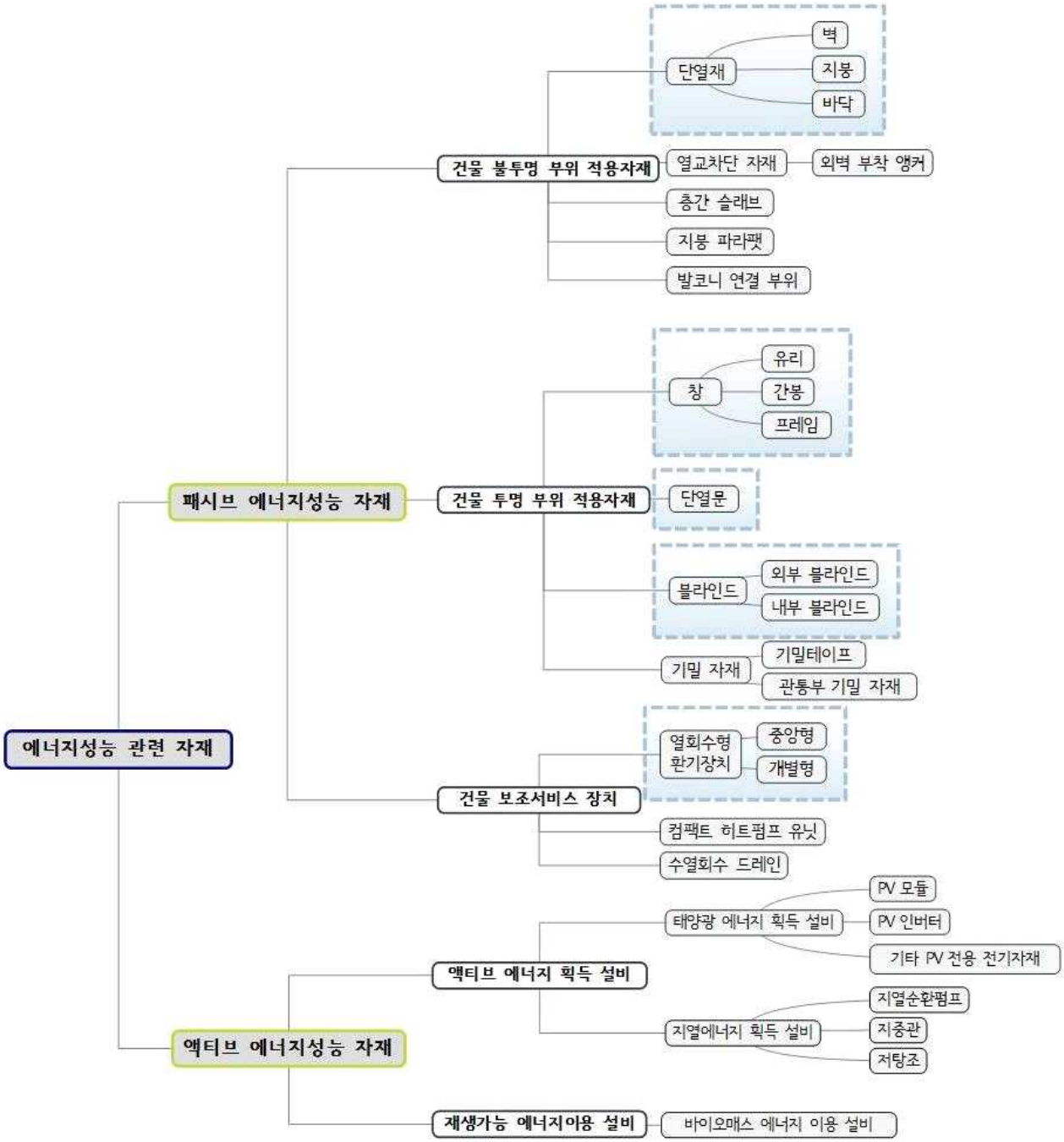
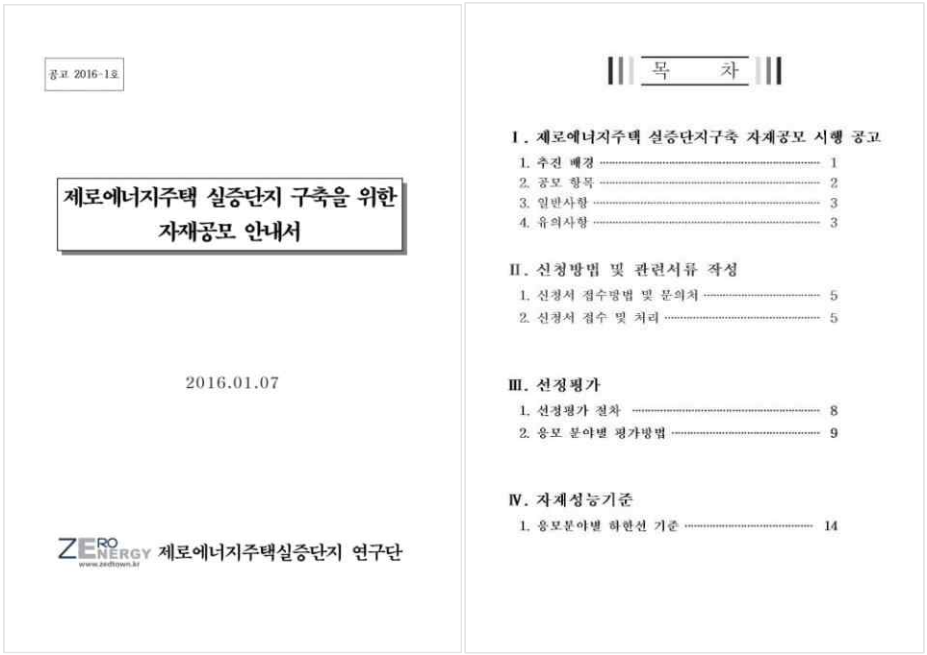


그림 61 에너지성능 관련 자재 범주

◦ 에너지성능관련 자재공모 및 선정을 프로세스 개발 : 실증단지를 중심으로

- 제로에너지 주택을 계획 및 설계하고자 하는 실무자가 에너지성능에 영향을 미치는 건축자재를 선정하는 업무의 효율성을 높이기 위해 제로에너지주택의 에너지성능과 관련한 건축자재를 선정하는 프로세스와 일부 성능기준을 제시하였다. 우선, 실증단지를 대상으로 한 에너지성능관련 건축자재의 범주 및 종류를 설정한 후, 종류별 정량·정성 평가 항목과 항목별 성능 권장 값을 설정하고 그에 따른 평가 점수 배점방법을 설정하였다.



공고 2016-1호

제로에너지주택 실증단지 구축을 위한
자재공모 안내서

2016.01.07

ZERO ENERGY www.zedhown.kr 제로에너지주택실증단지 연구단

목 차

Ⅰ. 제로에너지주택 실증단지구축 자재공모 시행 공고
1. 추진 배경 ····· 1
2. 공모 항목 ····· 2
3. 일반사항 ····· 3
4. 유의사항 ····· 3

Ⅱ. 신청방법 및 관련서류 작성
1. 신청서 접수방법 및 문의처 ····· 5
2. 신청서 접수 및 처리 ····· 5

Ⅲ. 선정평가
1. 선정평가 절차 ····· 8
2. 공모 분야별 평가방법 ····· 9

Ⅳ. 자재성능기준
1. 공모분야별 하한선 기준 ····· 14

- **자재공모의 목적** : 실증단지 제로에너지 성능 달성을 위한 자재를 발굴하고, 공모를 통해 에너지절약형 주택(패시브주택) 실현을 위한 자재별 성능기준을 공개하여 가능성있는 국산 자재 기술개발 및 성능향상을 독려하고자 한다.

- **자재공모 분야**

분야	구분 · 내용
시스템창호	· 형식 : Tilt&Turn, Fix창 · 프레임 : PVC 프레임 · 유리 : 삼중 양면 로이코팅유리 · 수량 : 612 (치수별 상이) · 하한선 기준 : 45점 미만 시 1차 에너지 성능평가에서 탈락
현관 단열문	· 하한선 기준 : 55점 미만 시 1차 에너지 성능평가에서 탈락
열회수형환기장치 개별형	· 하한선 기준 : 40점 미만 시 1차 에너지 성능평가에서 탈락 · 4가지 평가항목 중 3가지 항목 기준을 만족해야 함
외부블라인드	· 하한선 기준 : 50점 미만 시 1차 에너지 성능평가에서 탈락

- **자재선정방법 및 절차** : 1차 공개경쟁입찰을 통한 에너지성능 평가(연구단 총괄)로 선정된 다수의 업체가 2차 지명경쟁입찰을 통해 가격 및 업체신용도 평가(연구단 시공사)를 거쳐 자재선정기준을 만족하는 자재선정방법 결정

(1) 1차 공개경쟁입찰 : 연구단 총괄은 항목별 자재 성능 하한선 및 가격 상한가(창호) 제시를 통해 에너지성능기준(정량평가)을 만족하는 우선협상 대상 1~3순위 업체 선정

(2) 2차 지명경쟁입찰 : 연구단 시공사는 자체입찰시스템을 통해 가격과 신용도, AS 등 정성평가를 통해 최종 협상 대상 업체 선정

(3) 평가점수 산정 : 1차 선정평가는 에너지성능에 따른 정량평가로 총점 100점 기준임
각 자재 항목별 하한선 적용하여 미달일 경우 1차 평가에서 탈락
각 자재 항목별 하한선 이상일 경우, 다수업체를 우선협상대상 업체로 선정

공모 절차	일정	내 용	추진주체
자재공모계획 수립	~ ‘15.12.31	공모방식, 일정, 성능기준 등 에너지성능 관련자재 선정을 위한 연구단 내부회의를 통해 공모계획 수립	연구단
▼			
예비 공개경쟁입찰	‘16.01.07 ~01.20	실증단지 구축 자재공모 공고 (명지대학교 산학협력단, 노원구 홈페이지) - 품목: 창, 단열문, 열회수형 환기장치, 외부전동블라인드	연구단 총괄
▼			
신청서 접수 및 서류심사	‘16.01.07 ~01.26	제출서류 적정성 검토	연구단 총괄
▼			
1차 자문회의	‘16.01.27	정량평가(에너지 성능 하한선기준)를 만족하는 시스템 창호 품목에 참여 한 업체의 PHI 인증 가능성 여부 협의	자문위원회
▼			
2차 자문회의	‘16.01.29	시스템 창호 품목에 참여한 업체를 초청하여 인증획득을 위한 협조 및 성능 향상 가능성 문의	자문위원회
▼			
예비 공개경쟁입찰 (2차)	‘16.02.15 ~02.22	실증단지 구축 자재공모 재공모(2차) (명지대학교 산학협력단, 노원구 홈페이지) - 품목: 단열문, 열회수형 환기장치 개별형	연구단 총괄
▼			
신청서 접수 및 서류심사	16.02.15 ~02.22	제출서류 적정성 검토	연구단 총괄
▼			
예비 공개경쟁입찰 (3차)	‘16.03.02 ~03.07	실증단지 구축 자재공모 재공모(3차) (명지대학교 산학협력단, 노원구 홈페이지) - 품목: 열회수형 환기장치 개별형	연구단 총괄
▼			
선정 평가 실시	16.03	정량평가(에너지 성능 하한선기준)를 만족하는 다수 적격 대상 업체 선정	자문위원회
▼			
공개경쟁입찰 적격대상 결과 통보	‘16.03	재공모를 통한 적격 대상 업체 결과를 시공사에 결과 통보	연구단 총괄→ 연구단 시공사
▼			
최종 지명경쟁입찰	‘16.03	시공사가 자체 입찰시스템을 통한 지명경쟁입찰을 통해 (가격 및 신용도 등) 최종 대상 업체 선정	연구단 시공사
▼			
최종대상 선정결과 통보	‘16.03	최종 대상 업체 선정결과를 연구단, 노원구, 진흥원에 통보 시공사 입찰부서에서 가격협상 및 관련 사항(납품 등) 협의	연구단 시공사 → 연구단, 노원구, 진흥원
▼			
계약체결	‘16.03	연구단 시공사와 최종 선정 업체 간 계약 체결	연구단 시공사 ↔선정업체
▼			
계약체결 결과보고	‘16.03	연구단 시공사와 최종 선정 업체 계약 체결 결과보고	연구단 시공사 → 연구단 총괄

- 최종평가 결과

자재공모 품목	우선 협상 대상 업체	주요 내용
① 시스템 창호	㈜ 엘지하우시스	-에너지 성능 평가 결과, 두 업체 제품 모두 하한선 기준을 만족하였고, 두 차례의 자문회의를 통해 독일 PHI 인증대상 건물을 위한 창호 기밀성능 사전검증 및 인증을 위한 협조에 동의를 하였음 -기밀성능 검증을 통한 두 업체 제품 모두를 실증단지에 분리발주하여 적용 가능한지 KCC 건설과 협의 예정
	더웰테크 주식회사 (KCC 대리점)	
② 현관 단열문	㈜ 일성코리아	-에너지 성능 하한선 기준 만족 -최종 지명경쟁입찰을 위해 KCC 건설에 결과 통보예정
	㈜ 그리니아	
③ 열회수형 환기장치(개별형)	㈜ 힘펠	-에너지 성능 하한선 기준 만족 -최종 지명경쟁입찰을 위해 KCC 건설에 결과 통보예정
	㈜ 대한피엔씨	
④ 외부전동블라인드	바레마코리아 유한회사	-에너지 성능 하한선 기준 만족 -최종 지명경쟁입찰을 위해 KCC 건설에 결과 통보함
	㈜ 블라인드팩토리	

◦ 국내외 에너지성능 관련 건축자재 기술현황

- 단열자재의 경우, 2025년 제로에너지 의무화 달성을 위해서는 열교로 인한 열손실량의 최소화로 단열효과 및 에너지 효율성을 극대화 할 수 있는 외단열 시스템의 도입이 필수적인 공법이나, 국내 외단열 시스템에서는 드라이비트공법과 같이 EPS가 주로 사용되고 있음. 최근 강화된 건축물 외벽 마감재료의 준불연성능 이상의 자재를 의무화함에 따라 글라스울 또는 미네랄울을 적용한 다양한 외단열시스템의 기술 개발이 필요한 실정임. 또한 접착제부터, 단열재, 바탕재, 메쉬, 마감재까지 외단열시스템 전체를 통합적으로 시험하는 규격의 마련이 필요하고, 품질관리를 위한 규정이 필요함.

- 창세트(유리+프레임)는 한국에너지공단에서 고효율기자재 1등급 (열관류율 1.0 W/(㎡K) 으로 인증받은 창세트 중 패시브하 우스 성능(0.8 W/(㎡K) 에 준하는 국내 기술개발 창호가 많아 등급기준의 변경을 통한 에너지 절감 가능성을 제고할 필요 가 있음. 또한 유리와 프레임이 결합 된 창세트를 일정한 규격으로 시험성적서를 받아야 하는 현재 규정에서는 각각의 성능을 알 수가 없어 유리의 성능이 높아도 프레임의 성능이 떨어져서 창세트 전체의 성능이 떨어지게 되는 상황을 판단할 수 없음. 정확한 에너지 계산 및 제품의 에너지효율에 대한 신뢰성 확보를 위해 국내 창 인증을 위한 성능시험 항목이 구체화 될 필요가 있음. 개폐방식의 경우, 우수한 기밀성능과 자연환기에 적합하고 좁은 창틀폭으로 외단열층 내에 설치 가능한 틸트앤턴 방식을 권장하나, 창호업계에서는 창틀폭이 넓어 외단열층 내에 설치하기 힘든 슬라이딩 개폐방식의 기술개발과 보급에 중점을 두고 있음

- 단열문의 국내 기술 수준은 단열성능이 약 1.0 W/(㎡K)로 조사되었고 패시브 기준에 적합한 0.8 W/(㎡K)의 단열성능을 가진 현관문을 개발목표로 하고 있으나 개발 업체가 많지 않음.

또한 단열문의 단열성능을 최대화 하면서 내화성 능 및 가스 유해성능 조건을 만족시키는 내부 구성재로 진공 단열재 등의 조합을 시도하고 있으나, 강철제 방화문으로 구성된 현관문의 특성상 열교를 피할 수 없고, 0.8 W/(㎡ K)이하로 단열성능을 개선하기는 쉽지 않을 것으로 판단됨

- 기밀테이프, 발코니 열교차단재, 열교차단 단열앵커, 열회수형 환기장치 중앙형 등의 국내 에너지절약형 자재 기술들은 국산화 되지 않은 자재들로 아직 국내시장형성이 미흡하여 외산 제품을 적용할 수밖에 없는 실정임.

◦ 국내외 에너지성능 관련 건축자재 인증제도 분석

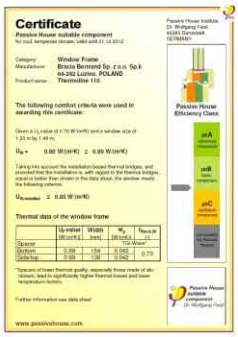
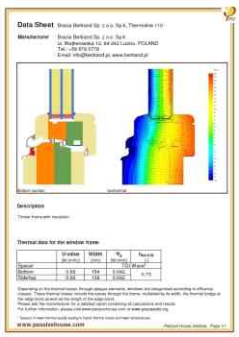
- 국내외 단열재 성능기준 및 인증기준

표 55 국내 강화된 외벽 단열기준과 국외(EnEV 독일) 기준 비교

신축 공동주택 외벽 지역별 분류	EnEV 2014(독일) (2016.1.1. 시행)	건축물 에너지절약 설계기준 (2016.7.1. 시행)	에너지절약형 친환경 주택의 건설기준 (2016.1.1. 시행)
중부지방	0.28 W/㎡K 이하	0.21 W/㎡K 이하	0.21 W/㎡K 이하
남부지방		0.26 W/㎡K 이하	0.28 W/㎡K 이하
제주지방		0.30 W/㎡K 이하	0.46 W/㎡K 이하

- 국내외 창세트 성능기준 및 인증기준

독일의 인증서는 기본적으로 국내 인증서과 비교하여 세부적인 정보를 많이 포함하고 있는 것을 알 수 있다. 유리와 프레임의 규격, 유리와 프레임 각각의 열관류율, 설치된 상태에서 열관류율, 열교열 손실계수, 프레임 가장자리 온도계수 등 한국의 인증서에 포함되지 않은 내용을 포함하고 있다. 또한 창호 단면의 상세 디테일 및 열교시뮬레이션 결과를 수록하여 세부적인 구성과 열의 흐름을 확인할 수 있다.

	국내 효율관리기자재 인증용 시험성적서	독일 창호 인증서 및 데이터 시트	
인증서			
내용	- 업체명, 주소 - 모델명 - 열관류율(등급) - 기밀성 통기량 (등급) - 에너지 소비효율 등급 - 시험체 크기 - 프레임 재질 및 폭 - 창의 개폐형식 - 유리(유리두께, 공기층 두께,	-제조사 및 제품명 -유리의 열관류율값 및 규격 -창세트의 열관류율 값 -벽체에 설치된 창호의 열관류율값 -창호의 단면도 -창호의 효율 등급 분류 (phA, phB, phC) -빗장과 기둥, 간봉으로 구분	-제조사의 주소 및 연락처, 홈페이지 -단면상세도 및 열교시뮬레이션 결과 -구성 자재의 종류 -빗장과 기둥, 스페이서로 구분된 창프레임의 열적 데이터

	국내 효율관리기자재 인증용 시험성적서	독일 창호 인증서 및 데이터 시트	
	충진가스 종류) - 스페이서 재질	된 프레임의 열적 데이터 : 각 프레임 열관류율 : 각 프레임 두께(㎜) : 각 부위 열교손실계수(Ψg) : 표면 열저항이 0.2일 때 프레임 가장자리 온도계수 (Frsi=0.20) : 사용된 간봉 제품명	

- 국내외 외부블라인드 성능에 대한 기준 및 인증기준 분석

국내에서 블라인드관련 규정으로는 현재 “건축물의 에너지절약 설계기준(국토교통부 고시 제2014-520호)” 에서 제시하고 있는 항목이 제도적 차원에서의 규정이라고 볼 수 있다. 위 기준에서는 건축물의 차양 설치에 관련하여, “창에 직접 도달하는 일사를 조절할 수 있도록 제5조 제9호 가목에 따른 차양장치를 설치한다. (건축물 에너지절약 설계기준,국토교통부 고시 제2014-520호)” 라고 명기하고 있고, 같은 법규에서 차양장치에 대해, “ 차양장치라 함은 태양 일사의 실내 유입을 차단하기 위한 장치로서 외부 차양과 내부 차양 그리고 유리간 사이 차양으로 구분된다. 가동 유무에 따라 고정식과 가변식으로 나눌 수 있으며, 가변식은 수동식과 전동식, 센서 또는 프로그램에 의하여 가변 작동될 수 있는 것을 말한다. 단, 외부 차양장치는 하절기 방위별 실내 유입 일사량이 최대로 되는 시각에 외부 직달 일사량의 70% 이상을 차단할 수 있는 것에 한한다.” 라고 규정하고 있다.

한국 산업표준 KS에서는 “차양의 일사 차폐계수 간이 시험 방법 KS F 2824 : 2001 ” 에서 기술적으로 차양의 성능을 측정하는 시험법을 제시하고 있다. 그 밖에 블라인드 슬랫(알루미늄) 시험은 KS B0802:2003, KS M ISO 15184:2002, KS M ISO 2808:2007로 시험하고 있다.

유럽 국가에서는 현재 “IFT ROSENHEIM “ 이라는 공인인증기관에서 루마니아, 크로아티아, 우크라이나, 폴란드, 이탈리아, 그리스 등지에 지사를 두고 유럽 차양 및 기타 건축자재에 대해서 자체적인 인증서를 발급하고 있다. 이 인증서에 포함되는 차양의 성능 기준규격으로는 prEN 1932(외부 블라인드와 셔터-풍하중 저항),EN 13120(내부 블라인드), EN 13561(외부 블라인드와 어닝), EN 13527(셔터와 블라인드), EN 13659(셔터와 외부 베네시안 블라인드) 이상 5가지의 규격을 사용하여 시험하여 인증을 하고 있다.

-국내외 열회수형 환기장치 성능기준 및 인증기준

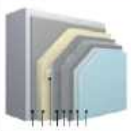
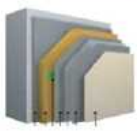
국내 열회수형 환기장는 KS B 6879:2015 열회수형 환기장치의 기준을 따르고 있다. 이 표준은 실내·외 두 공간 사이에서 열교환을 위해 설치된 공기식 열회수형 환기장치로서 정격 전압이 600V 이하이며, 정격 풍량이 3,000㎥/h 이하인 것에 대하여 규정하고 있다.

표 57 열회수형 환기장치 해외 표준과 비교

항목				KS	ASHRAE	ARI(미국표준)		EN(유럽표준)
표준내용				열회수형 환기 장치 성능 표준	공기 대 공기 전열 교환기의 시험방법에 관한 표준	공기 대 공기의 에너지 회수 환기 장치의 정격에 관계하는 표준		공기 대 공기의 열회수 장치의 시험 방법에 관계하는 표준
적용범위				풍량 2,000㎥/h 이하의 제품을 규정	열교환기 단체의 성능 시험 방법을 규정	열교환기 단체의 성능 시험 방법을 규정		열교환기 단체의 성능 시험 방법을 규정
시험방법								
풍량				흡입 노즐 방식	규정 없음	규정 없음		덕트방식(피토관)
정압 손실				열전달 엘리먼트 전후의 정압차	열전달 엘리먼트 전후의 정압차	열전달 엘리먼트 전후의 정압차		열전달 엘리먼트 전후의 정압차
유효 환기량				이산화탄소 농도 및 비활성 가스농도	이산화탄소 농도 및 비활성 가스농도	비활성 가스농도 (N20, SF6,C02 등)		비활성 가스 농도
열교환 효율				2실 방식 또는 덕트방식	덕트방식	덕트방식		덕트방식
						1997년판	구	-
공기조건	냉방	실내	DB ℃	27±0.5	최소 온도차 14℃ 최소 습도차 0.007kg/kg(DA) 급기중에 누적이 일어나지 않는 경우	23.9	21.8	-
		실내	WB ℃	19.5±0.3		17.2	16.1	-
		실외	DB ℃	35±0.5		35	35	-
		실외	WB ℃	24±0.3		25.6	25.6	
	난방	실내	DB ℃	20±0.5	최소 온도차 30℃ 최소습도차 0.003kg/kg(DA) 배기중에 누적이 일어나지 않는 경우	21.1	35	25
		실내	WB ℃	15±0.3		14.4	19.4	18
		실외	DB ℃	7±0.5		1.7	4.4	5
		실외	WB ℃	6±0.3		0.6	3.9	3
성능판정기준								
풍량				임의서 표시값의 ±10% 이상	판정기준 없음	정격 조건의 95% 이상		판정 기준 없음
정압손실				임의서 표시값의 ±10% 이상	판정기준 없음	정격 조건의 110% 이상		판정 기준 없음
유효 환기쟝				정격 풍량의 90% 이상	판정기준 없음	정격 조건의 95% 이상		판정 기준 없음
열 교환 효율				임의서 표시값의 90% 이상	판정기준 없음	정격 조건의 95% 이상		판정 기준 없음
에너지 효율				임의서 표시값의 90% 이상	판정기준 없음	판정 기준 없음		판정 기준 없음

■ 결론

◦ 제로에너지 건축물 및 주택단지 에너지성능 관련 건축자재 핸드북 발간

<table>
<tr><th>구분</th><th>내용</th></tr>
<tr><td colspan="2">1. 들어가며 : 에너지절약 건축자재, 왜 필요한가?</td></tr>
<tr><td>1.1 국내·외 에너지절약형 건축자재의 기술 현황
1.2 에너지절약형 건축자재의 범주
1.3 노원 에너지제로 주택단지 건축자재 선정 프로세스</td><td>◦ 제로에너지주택에 적용되는 기술분야 검토와 기술적용 시 동반되는 주요 자재 검토
◦ 제로에너지주택 계획과정에서 실무자의 자재선정업무를 지원하기 위한 자재선정기준 및 프로세스 제시의 필요성
◦ 국내외 에너지 절약형 건축자재 중 단열재, 창세트(유리 + 프레임), 현관 단열문, 열회수형 환기장치, 외부블라인드의 기술현황 분석
◦ 에너지계산을 통해 목표한 건물 에너지 성능에 맞는 구체적인 자재의 성능 기준을 만족하는 자재 선정 프로세스 필요성 강조</td></tr>
<tr><td colspan="2">2. 전도열손실방지 자재</td></tr>
<tr><td>2.1 단열재
2.2 창세트(유리+프레임)
2.3 현관 단열문
2.4 열교차단 건축자재</td><td>◦ 단열재의 정의, 열전도율과 열관류율의 정의, 단열재의 종류 및 특징
◦ 단열재 국내외 성능기준 및 단열자재 및 외단열시스템 관련기준 비교, 단열재 성능기준 제안
[표 23] 외단열시스템 개발현황
<table>
<tr><th></th><th>EPS 습식부착</th><th>미네랄울, 글라스울 습식부착</th><th>미네랄울, 글라스울 반건식부착</th><th>건식부착</th></tr>
<tr><td>공법 사진</td><td>  </td><td>  </td><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>특징</td><td>• 가장 일반적 적용
• 습식공법</td><td>• 불연단열재
• 습식공법</td><td>• 불연단열재
• 반건식 공법
• 법적 적용 구조</td><td>• 건식공법
• 통기층 보유
• 환기 가능</td></tr>
<tr><td>Sto사(독일)</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td></tr>
<tr><td>Dryvit사(미국)</td><td>○</td><td>–</td><td>○(EPS)</td><td>○</td></tr>
<tr><td>Nittobo사(일본)</td><td>–</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td></tr>
<tr><td>Ashahi사(일본)</td><td>–</td><td>–</td><td>–</td><td>○</td></tr>
</table>
◦ 성능기준을 만족하는 국외 외단열 제품 소개
◦ 외단열 시스템의 설계 및 시공가이드라인
[표 25] 탄산칼슘계 복합단열판의 시공방법 및 부착성능
<table>
<tr><th>갱폼 동시타설부착</th><th>경단형 후 부착</th><th>전면밀착 후 부착</th><th>전면밀착+화스너 이용 부착</th></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>–갱폼에 탄산칼슘계 단열재 설치 후 콘크리트 타설
–4주후 0.44 N/㎟</td><td>–접착몰탈을 단열재 테두리에 도포하고 중간 부위에 6~8점 도포 (접착면적이 압착 후 50~60% 이상)
–4주후 0.4 N/㎟</td><td>–접착몰탈을 단열재 전면에 균일하게 도포 (접착면적이 70%이상)
–4주후 0.65 N/㎟</td><td>–전면 밀착방식의 후붙임이면 패스너는 필요 없음
–경단형 부착의 경우 불균일한 하지일 경우 단열패스너를 보강</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

구분	내용
	◦ 창세트 국내외 성능기준 ◦ 창세트의 성능기준 제안 ◦ 성능기준을 만족하는 국내 창세트 제품 소개



제품 개요		
창세트(유리+프레임) 제품성능	열관류율(U_w)	0.872W/㎡K
	기밀성능	10pa압력시 통기량 0.09 ㎥/hr㎡
프레임 재질	PVC	
개폐방식	Tilt & Turn	
유리사양	로이삼중유리 47 mm (일반유리 5 mm+아르곤가스 16 mm+ Low-E유리 5 mm+ 아르곤 16 mm+Low-E 5 mm)	
간봉 재질	단열 간봉	
기밀 구조	가스켓 3중 기밀구조, 하드 웨어 일체구조(스트라이커+잠금장치 13개소)	
특장점	원활한 배수구조 확보 (결로배수 가스켓 적용 및 장력 경사구조)	

에너지 성능						
평가범주	성능지표	표시	단위	성능값	하한선 기준	비고
유리 단열성능	유리의 열관류율	U_g	W/㎡K	0.605	≤ 0.90	
유리 태양에너지투과성능	태양에너지투과율	g-value		0.49	≥ 0.35	
유리의 에너지 밸런스	등등열관류율 (U_w)	U_g-1.6*g		-0.178	≤ 0.00	
프레임의 단열성능	프레임의 열관류율	U_f (T&T side)	W/㎡K	1.493	≤ 1.60	
프레임의 태양에너지투과성능	개폐 창호 아래부위 창틀 두께	$Width_{bottom}$	mm	129.8	≤ 130	
	개폐 창호 측면/윗부위 창틀 두께	$Width_{side/top}$	mm	129.8	≤ 130	
간봉의 결로부위 열손실방지 성능	간봉의 열교 열손실계수	Ψ_{spacer}	W/mK	0.037	≤ 0.05	
창호의 기밀 성능	100Pa 압력시 통기량(면제면적)	Q_{100}	㎥/(hr㎡)		≤ 3.00	50pa 압력 시 0.28㎥/hr㎡
결로 및 곰팡이 방지 성능	프레임 표면온도계수	$f_{Rsi,f}$			≥ 0.70	
	유리가장자리 표면온도계수	$f_{Rsi,g}$			≥ 0.70	

제품 개요		
창세트(유리+프레임) 제품성능	열관류율(U_w)	0.932 W/㎡K
	기밀성능	10pa압력시 통기량 0.28 ㎥/hr㎡
프레임 재질	PVC	
개폐방식	Tilt & Turn	
유리사양	수퍼로이 삼중유리 40 mm (Super-plus 1.0 Low-E유리 4mm + 아르곤가스 14mm + 일반유리 4mm + 아르곤 14mm + Super-plus 1.0 Low-E유리 4mm)	
간봉 재질	TPS 간봉 (단열간봉)	
기밀 구조	가스켓 3중 기밀구조	
특장점	수퍼로이 유리는 실내온기를 지키는 온코팅층 두께를 높여 단열성능을 일반유리 대비 2.3배, 로이유리 대비 1.2배 높이면서 투명코팅기법으로 제품까지 고려한 유리	

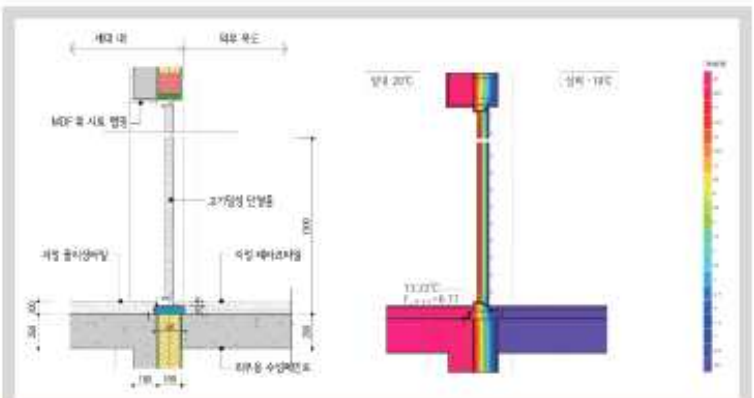
에너지 성능						
평가범주	성능지표	표시	단위	성능값	하한선 기준	비고
유리 단열성능	유리의 열관류율	U_g	W/㎡K	0.61	≤ 0.90	
유리 태양에너지투과성능	태양에너지투과율	g-value		0.31	≥ 0.35	
유리의 에너지 밸런스	등등열관류율 (U_w)	U_g-1.6*g		0.11	≤ 0.00	
프레임의 단열성능	프레임의 열관류율	U_f (T&T side)	W/㎡K	1.54	≤ 1.60	
프레임의 태양에너지투과성능	개폐 창호 아래부위 창틀 두께	$Width_{bottom}$	mm	128	≤ 130	
	개폐 창호 측면/윗부위 창틀 두께	$Width_{side/top}$	mm	128	≤ 130	
간봉의 결로부위 열손실방지 성능	간봉의 열교 열손실계수	Ψ_{spacer}	W/mK	0.037	≤ 0.05	
창호의 기밀 성능	100Pa 압력시 통기량(면제면적)	Q_{100}	㎥/(hr㎡)		≤ 3.00	50pa 압력 시 0.49㎥/hr㎡
결로 및 곰팡이 방지 성능	프레임 표면온도계수	$f_{Rsi,f}$		0.98	≥ 0.70	
	유리가장자리 표면온도계수	$f_{Rsi,g}$		0.74	≥ 0.70	

◦ 창세트의 설계 및 시공가이드라인



[그림 62] 창호 설치시 열교차단재 설치

◦ 단열문의 국내외 성능기준
◦ 단열문의 성능기준 제안
◦ 성능기준을 만족하는 국내 단열문 제품 소개
◦ 단열문의 설계 및 시공가이드라인

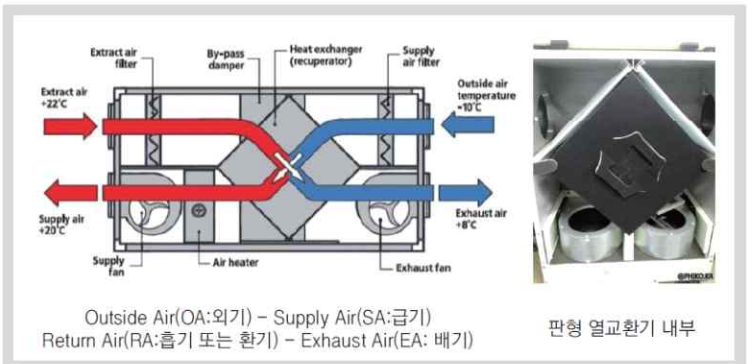


[그림 75] 단열문의 열교방지 디테일 및 열교시뮬레이션

◦ 발코니 부위 열교차단 자재 설명
◦ 지붕 파라펫 부위 열교차단자재 설명
◦ 창호 브라켓 및 하인방 부위 열교차단
◦ 열교차단형 앵커

구분	내용
3. 침기열 손실방지 자재	
3.1 기밀성능 확보 자재	◦ 기밀성능의 정의 및 기밀자재 적용이 필요한 주요 침기부위 ◦ 기밀테이프와 관통부(배관) 기밀자재
4. 환기열 손실회수 자재	
4.1 열회수형 환기장치	◦ 열회수형 환기장치 적용 필요성 및 기본원리 ◦ 환기설비 부속장치 ◦ 국내외 환기장치 성능기준 및 제로에너지주택의 열회수형 환기장치 성능기준 제안
5. 태양에너지 획득 조절 자재	
5.1 외부차양	◦ 외부차양의 적용 필요성 및 차양의 종류 ◦ 국내외 외부차양 관련 성능기준 ◦ 외부차양의 설계 및 시공방법

부속자재	배관기밀자재 Roflex 시리즈	전기기밀자재 Kaflex Mono
제품사진		
적용사진		
제품설명	벽체와 배관주변의 틈새를 막음으로써 기밀성능을 향상시켜 단열성능을 유지	외벽으로 관통 된 CD관을 막기 위한 자재



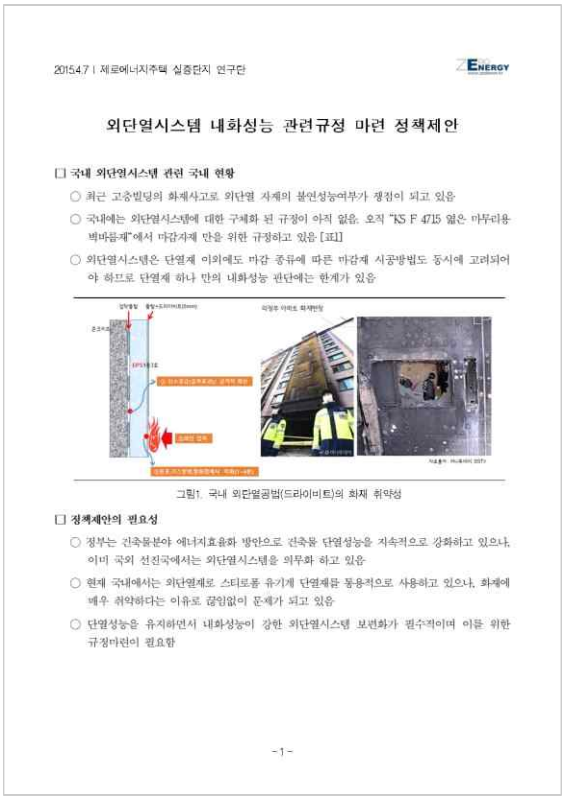
[그림 129] 열회수형 환기장치의 작동원리



[그림 134] 제로에너지주택 홍보관 남쪽 외부전동블라인드(EVB: External Venetian Blind) 적용 사진 외부(좌), 내부(우)

연구성과

■ 정책제안 1건 (2차년도)



2015.4.7 | 제로에너지주택 실증단지 연구단

외단열시스템 내화성능 관련규정 마련 정책제안

□ 국내 외단열시스템 관련 국내 현황

○ 최근 고층빌딩의 화재사고로 외단열 자체의 불연성능여부가 쟁점이 되고 있음

○ 국내에는 외단열시스템에 대한 구체화 된 규정이 아직 없음. 오직 "KS F 4715 얇은 마무리용 벽마름재"에서 마감자재 만을 위한 규정하고 있음 [표1]

○ 외단열시스템은 단열재 이외에도 마감 종류에 따른 마감재 시공방법도 동시에 고려되어야 하므로 단열재 하나 만의 내화성능 판단에는 한계가 있음

그림1. 국내 외단열공법(드라이비트)의 화재 취약성

□ 정책제안의 필요성

○ 정부는 건축물분야 에너지효율화 방안으로 건축물 단열성능을 지속적으로 강화하고 있으나, 이미 국외 선진국에서는 외단열시스템을 의무화 하고 있음

○ 현재 국내에서는 외단열재로 스티로폼 유기계 단열재를 통용적으로 사용하고 있으나, 화재에 매우 취약하다는 이유로 끊임없이 문제가 되고 있음

○ 단열성능을 유지하면서 내화성능이 강한 외단열시스템 보편화가 필수적이며 이를 위한 규정마련이 필요함

□ 목 표

○ 정부의 건축물 에너지 절감 방안으로, 2017년 패시브주택 의무화, 2025년 제로에너지주택의 의무화를 위한 외단열시스템 규정 표준화가 필요하다고 판단함

□ 정책제안 항목

1. 외단열 파사드시스템 별 성능평가방법 모색과 내화성능의 의무화 법적 규정방안 마련 필요 (분야II)

○ 드라이비트 같은 EIFS공법(외단열일체형미장마감공법)으로 시공된 외벽에 인화되어 발생된 화재 (사례: 의정부 화재)

○ 마감재와 외단열재 사이의 공간을 타고 불이 급속하게 번져나간 화재 (사례: 해운대 고층 아파트)

○ 실내에서 발생한 화재가 개구부(유리창)를 통해 밖으로 나가면서 상인방에 인화하면서 번지는 화재

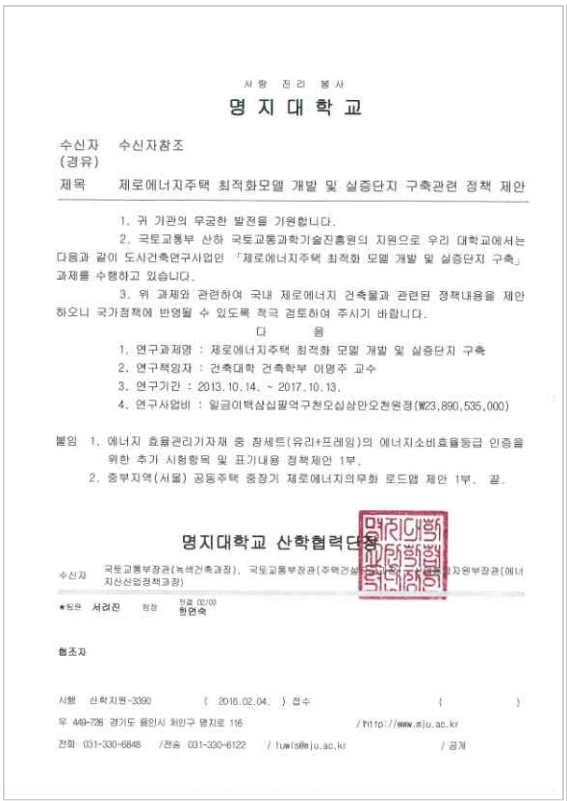
정책제안: 외단열재만의 내화성능 의무화 방안이 아닌, 외단열재와 외장재와의 상관관계를 복합적으로 분석하여 [외단열 파사드시스템] 별로 성능평가방법 모색과 등급별 내화성능 의무화 법적 규정방안 마련이 필요함

2. 드라이비트 같은 EIFS공법(외단열일체형미장마감공법)의 경우, 성능시험을 통과한 제품에 한해 사공을 허용하고, 제시된 방법으로 시공이 되는지 확인 받도록 하는 관리규정 필요 (분야II)

○ "건축물의 외벽에는 법 제52조 제2항 후단에 따라 불연재료 또는 준불연재료를 마감재료(도장 등 코팅재료를 포함한다. 이하 이 항에서 같다)로 사용하여야 한다" 로 되어 있으나, 도장 및 코팅재료 EIFS(외단열일체형 미장마감공법)공법에 대한 시공 및 품질관리에 대한 법적 규정" 이 필요함

○ 이러한 외단열일체형미장마감시스템의 방화 성능 확보를 위하여, 단열재+바탕재+메쉬+마감재까지 복합구성재를 통합하여 성능을 평가하고, 복합자재를 구성하는 전체시스템까지 시험을 통과한 제품에 시공을 허용하고, 승인받은 제품은 접착제부터 마감재까지 이루어지는 모든 단계의 제품설명서를 넣어서 판매를 하고, 제시된 방법과 순서대로 시공이 되는지를 확인하도록 하여야 한다.

정책제안 1건 (3차년도)



사 항 전 리 봉 사

명 지 대 학 교

수신자 (경유) 수신자참조

제목 제로에너지주택 최적화모델 개발 및 실증단지 구축관련 정책 제안

1. 귀 기관의 무궁한 발전을 기원합니다.

2. 국토교통부 산하 국토교통과학기술진흥원의 지원으로 우리 대학교에서는 다음과 같이 도시건축연구사업인 「제로에너지주택 최적화 모델 개발 및 실증단지 구축」 과제를 수행하고 있습니다.

3. 위 과제와 관련하여 국내 제로에너지 건축물과 관련된 정책내용을 제안하오니 국가정책에 반영될 수 있도록 적극 검토하여 주시기 바랍니다.

다 음

1. 연구과제명 : 제로에너지주택 최적화 모델 개발 및 실증단지 구축
2. 연구책임자 : 건축대학 건축학부 이명주 교수
3. 연구기간 : 2013.10.14. ~ 2017.10.13.
4. 연구사업비 : 일금이백삼십팔억구천오십삼만오천원정(₩23,890,535,000)

붙임 1. 에너지 효율관리기자재 중 창세트(유리+프레임)의 에너지소비효율등급 인증을 위한 추가 시험항목 및 표기내용 정책제안 1부.
2. 중부지역(서울) 공동주택 중장기 제로에너지의무화 로드맵 제안 1부. 끝.

명지대학교 산학협력단장

수신자 국토교통부장관(녹색건축과장), 국토교통부장관(주택건설[illegible]지원부장관(에너지산업정책과장)

★담당 서려진 팀장 정연숙 전결 02/03

협조자

시행 산학지원-3390 (2016.02.04.) 접수 ( )

우 449-728 경기도 용인시 처인구 명지로 116 / http://www.mju.ac.kr

전화 031-330-6846 /전송 031-330-6122 / fuwl5@mju.ac.kr / 공개

IZAC 명지대학교 제로에너지주택 실증단지 연구단

에너지 효율관리기자재 중 창세트(유리+프레임)의 에너지소비효율등급 인증을 위한 추가 시험항목 및 표기내용 정책제안

■목 표 : 국토교통부의 제로에너지빌딩 조기 활성화 방안에 따른 2017년 패시브 설계 의무화, 2025년 신축건물 제로에너지 의무화의 목표달성을 위해, 국내 에너지 효율관리기자재 중 창세트(유리+프레임)의 에너지소비효율등급 인증을 위한 시험항목 추가 및 표기내용 구체화로 유리와 프레임의 각각의 에너지 성능 향상 유도, 수요자의 신뢰도 향상을 통한 보급 확대 및 나아가 해외시장에서 국내 에너지효율기자재의 경쟁력 확보를 목표로 함

■국내현황

국내에서 에너지 효율관리기자재 중 유리창과 프레임은 산업통상자원부의 「에너지이용합리화법」 제 15조 (효율관리기자재의 지정 등)에 근거한 「효율관리기자재 운용규정」 제4조에서 KS F 3117 규정에 의한 창 세트(유리+프레임)로 명시하고 있고, 2012년 7월부터 에너지소비효율등급의 적용대상이 되는 규격임. 시험방법은 KS F 2278 (창호의 단열성 시험방법) 또는 ISO 15099에 의해서 계산한 열관류율(W/m²K) 및 KS F 2292 (창호의 기밀성 시험방법)에 의한 기밀성 등급을 기준으로 아래 표 1 과 같이 다섯 등급을 나누고 있음.

표1. 에너지소비효율등급기준

R=열관류율 (W/m²K)

등급	R	기밀성
1	R ≤ 1.0	1등급
2	1.0 < R ≤ 1.4	1등급
3	1.4 < R ≤ 2.1	2등급
4	2.1 < R ≤ 2.8	등지 않음
5	2.8 < R ≤ 3.4	등지 않음

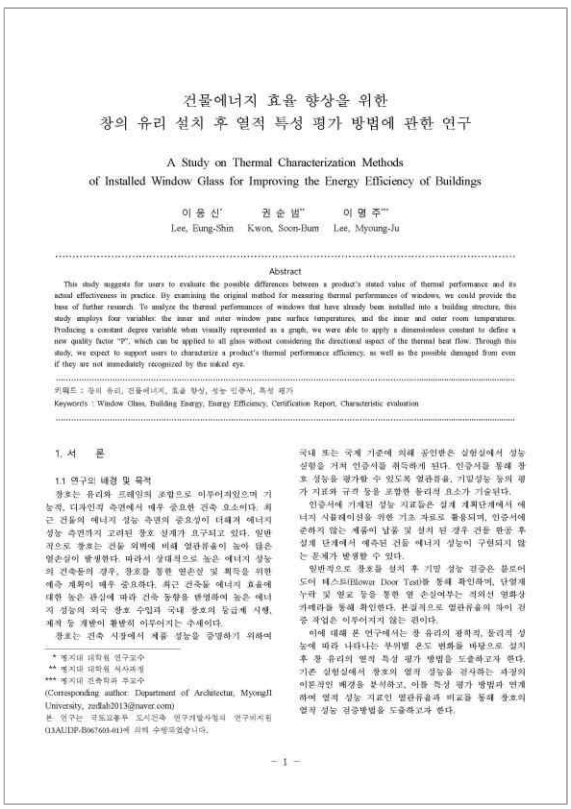


표2. 국내 효율관리기자재 창세트의 시험성적서 기재항목 (효율관리기자재 운용규정 제 10조)

구 분	기 재 항 목	단 위	소수점자리
25. 창 세트	가. 열관류율	((W/m² · K))	(셋째)
	나. 기밀성(통기량, 등급)	(㎥/h · ㎡, 등급)	(둘째, 정수)
	다. 프레임재질	–	–
	라. 유리(유리 두께, 공기층 두께)	(㎜)	(정수)
	마. 충진가스종류	–	–
	바. 스페이서(간봉) 재질	–	–
	사. 소비효율등급	–	–

- 1 -

■ 논문게재 1건 (3차년도)



건물에너지 효율 향상을 위한
창의 유리 설치 후 열적 특성 평가 방법에 관한 연구

A Study on Thermal Characterization Methods
of Installed Window Glass for Improving the Energy Efficiency of Buildings

이 응 신* 권 순 범** 이 명 주***
Lee, Eung-Shin Kwon, Soon-Bum Lee, Myoung-Ju

Abstract

This study suggests for users to evaluate the possible differences between a product's stated value of thermal performance and its actual effectiveness in practice. By examining the original method for measuring thermal performances of windows, we could provide the base of further research. To analyze the thermal performances of windows that have already been installed into a building structure, this study employs four variables: the inner and outer window pane surface temperatures, and the inner and outer room temperatures. Producing a constant degree variable when visually represented as a graph, we were able to apply a dimensionless constant to define a new quality factor "P", which can be applied to all glass without considering the directional aspect of the thermal heat flow. Through this study, we expect to support users to characterize a product's thermal performance efficiency, as well as the possible damaged from even if they are not immediately recognized by the naked eye.

키워드 : 창의 유리, 건물에너지, 효율 향상, 성능 인증서, 특성 평가
Keywords : Window Glass, Building Energy, Energy Efficiency, Certification Report, Characteristic evaluation

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

창호는 유리와 프레임의 조합으로 이루어져있으며 기능적, 디자인적 측면에서 매우 중요한 건축 요소이다. 최근 건물의 에너지 성능 측면의 중요성이 더해져 에너지 성능 측면까지 고려된 창호 설계가 요구되고 있다. 일반적으로 창호는 건물 외피에 비해 열관류율이 높아 많은 열손실이 발생한다. 따라서 상대적으로 높은 에너지 성능의 건축물의 경우, 창호를 통한 열손실 및 획득을 위한 계측 계획이 매우 중요하다. 최근 건축물 에너지 효율에 대한 높은 관심에 따라 건축 동향을 반영하여 높은 에너지 성능의 적극 창호 수입과 국내 창호의 등급제 시행, 에너 등 개발이 활발히 이루어지는 추세이다.

창호는 건축 시장에서 제품 성능을 증명하기 위하여 국내 또는 국제 기준에 의해 공인받은 실험실에서 성능 실험을 거쳐 인증서를 취득하게 된다. 인증서를 통해 창호 성능을 평가할 수 있도록 열관류율, 기밀성능 등의 평가 지표와 규격 등을 조합한 물리적 요소가 기술된다.

인증서에 기재된 성능 지표들은 설계 계획단계에서 에너지 시뮬레이션을 위한 기초 자료로 활용되며, 인증서에 준하지 않는 제품이 납품 및 설치 된 경우 건물 완공 후 설계 단계에서 예측된 건물 에너지 성능이 구현되지 않는 문제가 발생할 수 있다.

일반적으로 창호를 설치 후 기밀 성능 검증은 블로어 도어 테스트(Blower Door Test)를 통해 확인하며, 단열재 누락 및 열교 등을 통한 열 손실여부는 적외선 열화상 카메라를 통해 확인한다. 본질적으로 열관류율의 차이 검증 자업은 이루어지지 않는 편이다.

이에 대해 본 연구에서는 창 유리의 광학적, 물리적 성능에 따라 나타나는 부위별 온도 변화를 바탕으로 설치 후 창 유리의 열적 특성 평가 방법을 도출하고자 한다. 기존 실험실에서 창호의 열적 성능을 검사하는 제정의 이론적인 배경을 분석하고, 이를 특성 평가 방법과 연계하여 열적 성능 지표인 열관류율과 비교를 통해 창호의 열적 성능 검증방법을 도출하고자 한다.

* 명지대 대학원 연구교수
** 명지대 대학원 석사과정
*** 명지대 건축학과 부교수
(Corresponding author: Department of Architectur, MyongJi University, zeffah2013@naver.com)
본 연구는 국토교통부 도시건축 연구개발사업의 연구비지원(13AUDP-B067603-01)에 의해 수행되었습니다.



1.2 연구의 범위 및 범위

본 연구에서는 창호의 공인 실험실 기준과 실험 방법의 국내기준(KS F 2277:2002)과 국제기준(ISO 10077-1, 10077-2)을 통해 분석하였다. 또한 인증서 성능값 측정 방법을 분석하고, 사용된 공식을 기반으로 현장에 설치된 창 유리의 열적 특성 평가 방법을 도출하였다.

본 연구의 대상으로 서울시 노원구의 제로에너지주택 홍보관을 선정하였다. 제로에너지주택 홍보관은 태양에너지를 유입하여 겨울철 난방에너지 저감 효과를 얻기 위해 남측 면에 4개의 고기밀, 고단열 3중유리 시스템 창호가 설치되어 있다. 1층에 창호 제작업체 K사 1, 2형, 2층에 E사, H사 제품들이 하나씩 설치되어있다.

Figure 1. Installed windows in zero energy mock-up house

K1, K2, H 창호의 세부적인 제원은 삼중유리 아연 도이로딩, 아르곤 충진 제품이다. E 창호는 진공유리 아연 도이코팅 유리로 구성되었다. 제품들은 모두 국내 제조사의 창호 중 최고 수준의 성능을 보이고 있다. 모든 창호의 프레임은 PVC 이며 창호의 설치 부위를 통한 열교를 최소화하기 위해 콘크리트 외벽의 외단열 안에 위치하고 있다. 이 중 동일한 규격과 설치 위치(남면)인 K2 와 E 둠 연구의 비교 대상으로 선정하였다.

	U_w	0.95 W/(m²K)
	U_g	0.704 W/(m²K)
	Air Tightness	0.10
width : 2700 height : 2100	Components	
	SCL+12Ar+SLE+12Ar+SLE	

Table 1. K2 : K-MBR70 47LE/AR window specification

	U_w	0.891 W/(m²K)
	U_g	0.6 W/(m²K)
	Air Tightness	0.46 ~ 1.18
width : 2700 height : 2100	Components	
	5LE+10Ar+5CL+10Ar+5LE	

Table 2. E : PW70 TT window specification

본 연구에서는 기존의 열관류율의 도출과정을 분석하고, E사의 기존 상용 열관류율 측정 장치의 원리와 분석하여 동일한 방법으로 대상 건물 창호 유리에서 측정한 값으로도 열관류율을 계산해보았다.

2015년 1월과 2월의 겨울철, 6월과 7월 사이의 여름철 부위별 온도 데이터 측정을 실행하였다. 남측 창호의 내·외부 유리 표면과 프레임에 열전대를 설치하여 1분 간격의 온도 데이터를 3 ~ 6 일간 연속으로 저장 및 분석하였다. 연구를 통해 설치된 창호 유리의 열관류율을 기존의 방법보다 간단하게 알아보기 위하여 겨울철과 여름철 창호 내·외부의 측정한 온도들을 조합하는 과정, 그리고 도출된 값의 유효성을 검증하였다. 또한 실험의 다양성을 보완하기 위해 5월 말 일주일간 실험을 추가적으로 진행하였다.

1.3 연구 동향

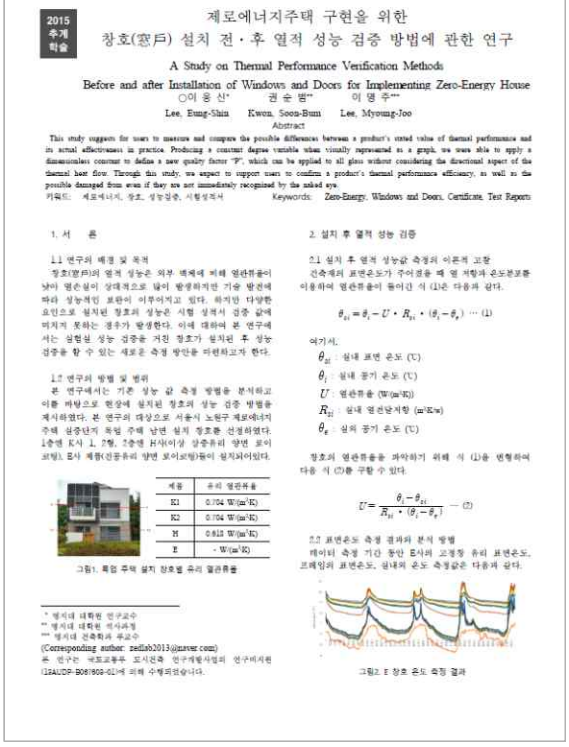
창의 열적 성능, 특성에 대한 연구는 지속적으로 진행되는 추세이다. 연구의 주제는 창의 성능과 건물 에너지의 영향, 그리고 성능 변화에 따른 경제성 평가가 주로 이루어진다.

창호 단열성능의 분석 및 평가에는 위해 THERM 5.2와 WINDOW 5.2 를 사용하였다. 이는 실내·외 온도와 표면 열전달율을 입력하여 계산하는 알고리즘을 사용하고 있다. 실지형 예정인 제품이 선정된 후 건축가는 이와 같은 시뮬레이션 프로그램을 활용하여 설치에 앞서 열적 특성 및 성능에 따른 계산을 실행해 볼 수 있다. 이를 통해 해 측값은 산출할 수 있다(Joo, 2005, Kim, 2005).

앞선 연구에서 나타나 창호의 단열성능에 따른 경제성 연구가 이어졌는데, 경제성 평가는 원래 가치로의 환산을 통해 이루어지지며 수리 교체 비용까지 고려되어야 하는 창호의 열적 성능과 경제적 측면에서 중요한 부분이 있다(Song, 2009).

이동식 창호 열적 성능 측정 장비(Mobile Window Thermal Test, or MoWiTt facility)를 통해 창호의 열적 성능 및 특성을 분석할 수 있다. MoWiTt 를 이용하여 실제 건축 공사 현장 내에 설치되는 실험용 전체이너 박스로써, 측정 대상의 창호와 해당 환경의 여건에 적용하여 검사할 수 있는 장점이 있다(Klems, 1988).

■ 국내 학술발표 1건 (3차년도 추가)



2015 추계 학술

제로에너지주택 구현을 위한
창호(窓戶) 설치 전·후 열적 성능 검증 방법에 관한 연구

A Study on Thermal Performance Verification Methods
Before and after Installation of Windows and Doors for Implementing Zero-Energy House

○이 응 신* 권 순 범** 이 명 주***
Lee, Eung-Shin Kwon, Soon-Bum Lee, Myoung-Joo

Abstract

This study suggests for users to measure and compare the possible differences between a product's stated value of thermal performance and its actual effectiveness in practice. Producing a constant degree variable when visually represented as a graph, we were able to apply a dimensionless constant to define a new quality factor "P", which can be applied to all glass without considering the directional aspect of the thermal heat flow. Through this study, we expect to support users to confirm a product's thermal performance efficiency, as well as the possible damaged from even if they are not immediately recognized by the naked eye.

키워드: 제로에너지, 창호, 성능검증, 시험성적서 Keywords: Zero-Energy, Windows and Doors, Certificate, Test Report

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

창호(窓戶)의 열적 성능은 외부 환경에 의해 열관류율이 낮아 열손실이 상대적으로 많이 발생하지만 기술 발전에 따라 성능적인 효과이 이루어지고 있다. 하지만 다양한 요인으로 설치된 창호의 성능은 시험 설적이 검증 같에 미치지 못하는 경우가 발생한다. 이에 대하여 본 연구에서는 실험실 성능 검증을 거친 창호가 설치된 후 성능 검증을 할 수 있는 새로운 측정 방안을 마련하고자 한다.

1.2 연구의 방법 및 범위

본 연구에서는 기존 성능 값 측정 방법을 분석하고 이를 바탕으로 현장에 설치된 창호의 성능 검증 방법을 제시하였다. 본 연구의 대상으로 서울시 노원구 제로에너지주택 실증단지 목업 주택 남면 설치 창호를 선정하였다. 1층엔 E사 1, 2형, 2층엔 H사이상 삼중유리 아연 로이코팅), E사 제품(진공유리 아연 로이로팅)들이 설치되어있다.

제품	유리 열관류율
K1	0.704 W/(m²K)
K2	0.704 W/(m²K)
H	0.815 W/(m²K)
E	- W/(m²K)

그림1. 목업 주택 설치 창호별 유리 열관류율

2. 설치 후 열적 성능 검증

2.1 설치 후 열적 성능값 측정의 이론적 고찰

건축재의 표면온도가 주어졌을 때 열 저항과 온도분포를 이용하여 열관류율이 들어간 식 (1)은 다음과 같다.

$$\theta_{si} = \theta_i - U \cdot R_{si} \cdot (\theta_i - \theta_e) \cdots (1)$$

여기서,
θ_{si} : 실내 표면 온도 (℃)
θ_i : 실내 공기 온도 (℃)
U : 열관류율 (W/(m²K))
R_{si} : 실내 열전달저항 (m²K/w)
θ_e : 실외 공기 온도 (℃)

창호의 열관류율을 파악하기 위해 식 (1)을 변형하여 다음 식 (2)를 구할 수 있다.

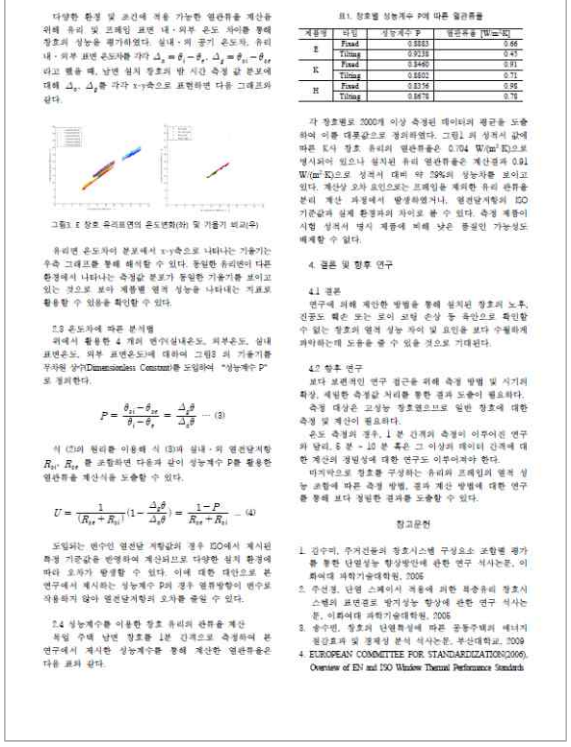
$$U = \frac{\theta_i - \theta_{si}}{R_{si} \cdot (\theta_i - \theta_e)} \cdots (2)$$

2.2 표면온도 측정 결과와 분석 방법

데이터 측정 기간 동안 E사의 고정창 유리 표면온도, 프레임의 표면온도, 실내외 온도 측정값은 다음과 같다.

그림2 E 창호 온도 측정 결과

* 명지대 대학원 연구교수
** 명지대 대학원 석사과정
*** 명지대 건축학과 부교수
(Corresponding author: zeffah2013@naver.com)
본 연구는 국토교통부 도시건축 연구개발사업의 연구비지원(13AUDP-B067603-01)에 의해 수행되었습니다.



다양한 환경 및 조건에 적용 가능한 열관류율 계산을 위해 유리 및 프레임 표면 내·외부 온도 차이를 창호의 성능을 평가하였다. 실내·외 공기 온도차, 유리 내·외부 표면 온도차를 각각 $\Delta_a = \theta_i - \theta_e$, $\Delta_g = \theta_{gi} - \theta_{ge}$ 라고 했을 때, 남면 실지 창호의 밤 시간 측정 값 분포에 대해 Δ_a, Δ_g를 각각 x-y축으로 표현하면 다음 그래프와 같다.

그림3. E 창호 주파프면의 온도변화(와) 및 기울기 비파(우)

유리면 온도차이 분포에서 x-y축으로 나타나는 기울기는 우측 그래프를 통해 해석할 수 있다. 동일한 유리면이 다른 환경에서 나타나는 측정값 분포가 동일한 기울기를 보이고 있는 것으로 보아 제품별 열적 성능을 나타내는 지표로 활용할 수 있음을 확인할 수 있다.

2.3 온도차에 따른 분석법

위에서 활용한 4 개의 변수(실내온도, 외부온도, 실내 표면온도, 외부 표면온도)에 대하여 그림3 의 기울기를 무차원 상수(Dimensionless Constant)를 도입하여 "성능계수 P"로 정의한다.

$$P = \frac{\theta_{si} - \theta_{se}}{\theta_i - \theta_e} = \frac{\Delta_g}{\Delta_a} \cdots (3)$$

식 (2)의 원리를 이용해 식 (3)과 실내·외 열전달저항 R_{si}, R_{se} 를 고려하면 다음과 같이 성능계수 P를 활용한 열관류율 계산식을 도출할 수 있다.

$$U = \frac{1}{(R_{si} + R_{se})}(1 - \frac{\Delta_g \theta}{\Delta_a \theta}) = \frac{1 - P}{R_{se} + R_{si}} \cdots (4)$$

도입되는 변수인 열전달 저항값의 경우 ISO에서 제시된 특정 기준값을 반영하여 계산되므로 다양한 실지 환경에 따라 오차가 발생할 수 있다. 이에 대한 대안으로 본 연구에서 제시하는 성능계수 P의 경우 열관방향이 변수로 작용하지 않아 열전달저항의 오차를 줄일 수 있다.

2.4 성능계수를 이용한 창호 유리의 관류율 계산

목업 주택 남면 창호를 1분 간격으로 측정하여 본 연구에서 제시한 성능계수를 통해 계산한 열관류율은 다음 표와 같다.

표1. 창호별 성능계수 P에 따른 열관류율

제품명	유형	성능계수 P	열관류율 [W/(m²K)]
E	Fixed	0.8883	0.66
	Tilting	0.9238	0.47
K	Fixed	0.8440	0.91
	Tilting	0.8802	0.71
H	Fixed	0.8256	0.96
	Tilting	0.8678	0.78

각 창호별로 2000개 이상 측정된 데이터의 평균을 도출하여 이를 대푯값으로 정의하였다. 그림1 의 성적서 값에 따른 K사 창호 유리의 열관류율은 0.704 W/(m²·K)으로 명시되어 있으나 실지된 유리 열관류율은 계산결과 0.91 W/(m²·K)으로 성적서 대비 약 29%의 성능차를 보이고 있다. 계산상 오차 요인으로는 프레임을 제외한 유리 관류율 분리 계산 과정에서 발생하였거나, 열전달저항의 ISO 기준값과 실제 환경과의 차이로 볼 수 있다. 측정 제품이 시험 성적서 명시 제품에 의해 낮은 등급인 가능성도 배제할 수 없다.

4. 결론 및 향후 연구

4.1 결론

연구에 의해 제안한 방법을 통해 설치된 창호의 노후, 건문도 뛰은 또는 로이 코팅 손상 등 육안으로 확인할 수 없는 창호의 열적 성능 차이 및 요인을 보다 수월하게 파악하는데 도움을 줄 수 있을 것으로 기대된다.

4.2 향후 연구

보다 보편적인 연구 결근을 위해 측정 방법 및 시기의 확장, 계절한 측정값 처리를 통한 결과 도출이 필요하다.

측정 대상은 고성능 창호뿐으로 일반 창호에 대한 측정 및 계산이 필요하다.

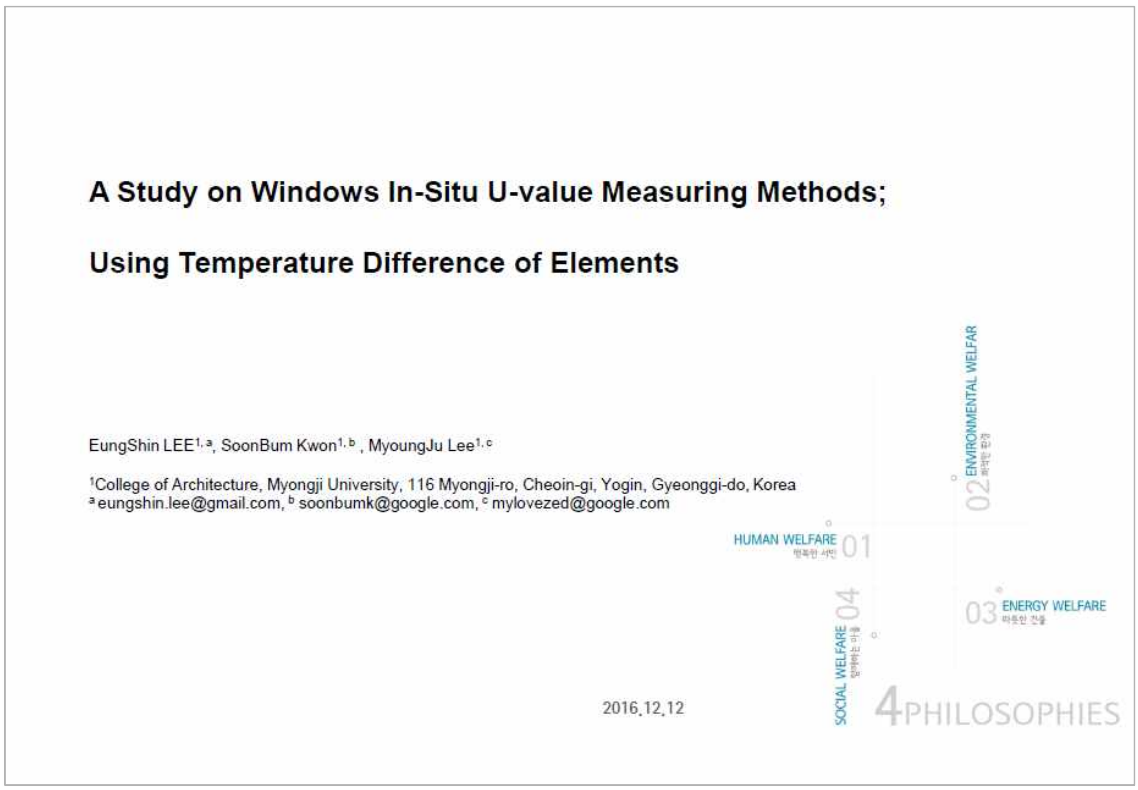
온도 측정의 경우, 1 분 간격의 측정이 이루어진 연구와 달리, 5 분 ~ 10 분 혹은 그 이상의 데이터 간격에 대한 계산의 정밀성에 대한 연구도 이루어져야 한다.

마지막으로 창호를 구성하는 유리와 프레임의 열적 성능 조합에 따른 측정 방법, 결과 계산 방법에 대한 연구를 통해 보다 정밀한 결과를 도출할 수 있다.

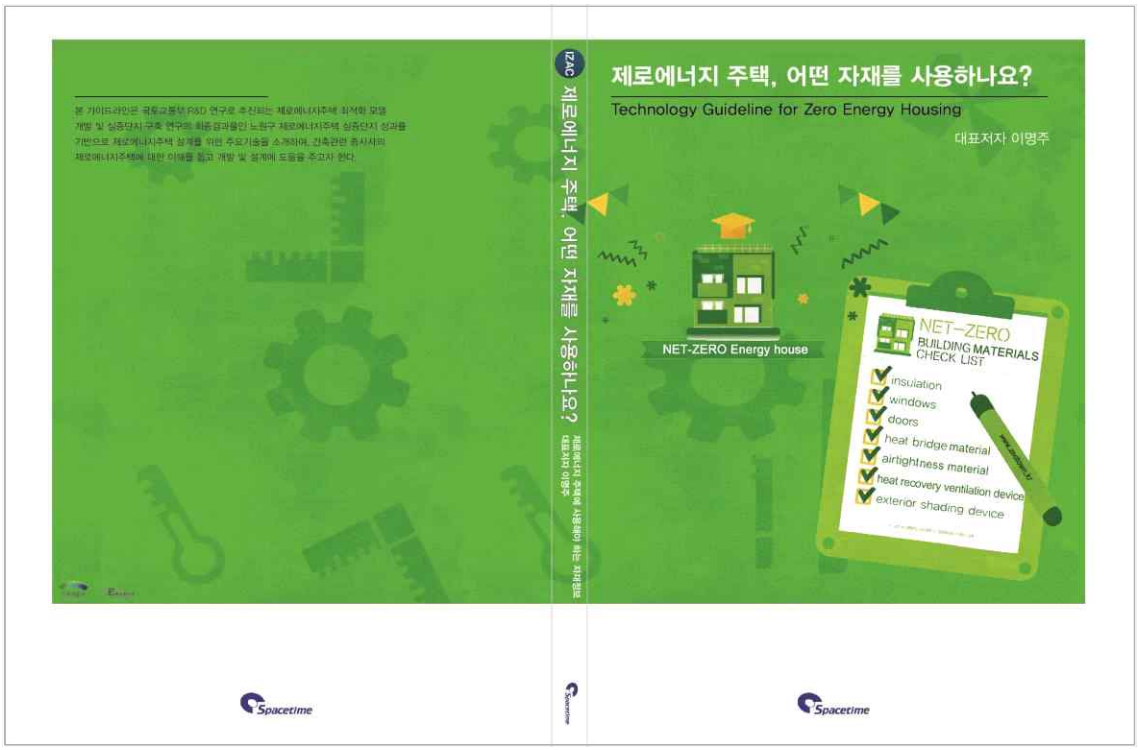
참고문헌

1. 김수미, 주거건물의 창호시스템 구성요소 조합별 평가를 통한 단열성능 향상방안에 관한 연구 석사논문, 이화여대 과학기술대학원, 2005
2. 주선경, 단열 스페이서 적용에 의한 복층유리 창호시스템의 프레임로 방적성능 향상에 관한 연구 석사논문, 이화여대 과학기술대학원, 2005
3. 송수빈, 창호의 단열특성에 따른 공동주택의 에너지 절감효과 및 경제성 분석 석사논문, 부산대학교, 2009
4. EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION(2006), Overview of EN and ISO Window Thermal Performance Standards

■ 해외 학술발표 1건 (4차년도 추가)



■ 도서발간 1건 (4차년도)



(5) A-5 제로에너지 단지 비즈니스모델 개발

연구개요

■ 연구기관 : 명지대학교 부동산학과

■ 연구기간 : 2013.10.14.~2017.10.13.(4년)

■ 연구목표 :

◦ 설문조사를 통해 제로에너지 주택 및 단지가 가진 수요 및 시장성 분석

◦ 국외 제로에너지 주택 및 단지보급에 활용된 금융기법을 조사, 수요와 시장성의 한계를 극복하기 위한 제로에너지 주택 및 단지의 비즈니스 모델 개발

◦ 제로에너지 건축물 시장 활성화를 위한 제로에너지 주택에 대한 시장수요의 특징 및 대응방안 도출

연구내용

■ 서론

◦ 현재 국내의 제로에너지 주택에 대한 지원 정책이 대부분 기존 건물의 리모델링 측면에서만 진행되고 있으며 신축 건축물에 대한 지원 정책은 부족하다. 또한 지원 정책도 패시브가 아닌 신재생 에너지 보급 차원에만 국한되어 있는 상황이다. 따라서 에너지 절감 주택에 대한 종합적 비즈니스 모델이 필요하고 국가 지원을 통한 일회성 지원정책에서, 지속가능한 비즈니스 모델 개발을 통한 시장자립이 필요한 실정이다.

◦ 따라서 이러한 배경 하에 제로에너지단지 비즈니스모델 개발 연구는 제로에너지 단지의 비즈니스모델 개발을 통해 제로에너지 건설사업의 원활화를 도모하고 제로에너지 비즈니스 모델 개발로 제로에너지 건축물 시장 활성화 촉진 및 민간 금융상품으로 발전가능성을 제시하는데 목적이 있다.

◦ 특히 본 연구의 대상인 국민임대주택은 저소득층을 위한 주거시설로 저렴한 임대료로 제공되고 있기 때문에 분양사업에 비해 수익성이 낮아 민간의 참여가 저조하며, 특히 국민임대주택은 수익성이 더욱 낮아 공공의 참여로만 진행되고 있는 상황이기 때문에 일반 분양주택에 비해 차별성이 있다.

◦ 이를 통해 제로에너지 주택에 대한 수요가 충분한지 여부를 판단하고 국내외에서 현재 지원중인 정책과 제도를 조사하여 제로에너지 단지가 갖는 이점 도출과 제로에너지 단지를 보급하기 위한 정책 및 사업 모델을 개발하여 향후 실현가능한 국가 정책 및 제도에 대한 자료로 활용하고자 한다.

■ 본론

◦ 제로에너지 주택의 수요

- 제로에너지주택의 입주의향은 수요조사 결과에 따르면, 에너지손실 절감, 신재생에너지 생산 등의 장점과 함께 에너지 절감을 위한 비용이 추가된다는 단점을 모두 고려할 때, 63.4%의 입주의향을 가지는 것으로 분석되었다. 다만, 제로에너지 주택에 대한 추가지불에 대해 상당

한 응답자는 지불의사를 표현하지 않았으며(매매 37%, 임대 50%), 제로에너지 주택의 지불의사는 임대(50%)보다는 매매(63%)의 경우 더 발생하는 것으로 분석되었다. 이는 향후 주택시장에서 그 가치가 긍정적으로 평가될 가능성을 높게 보고 있기 때문으로 판단된다.

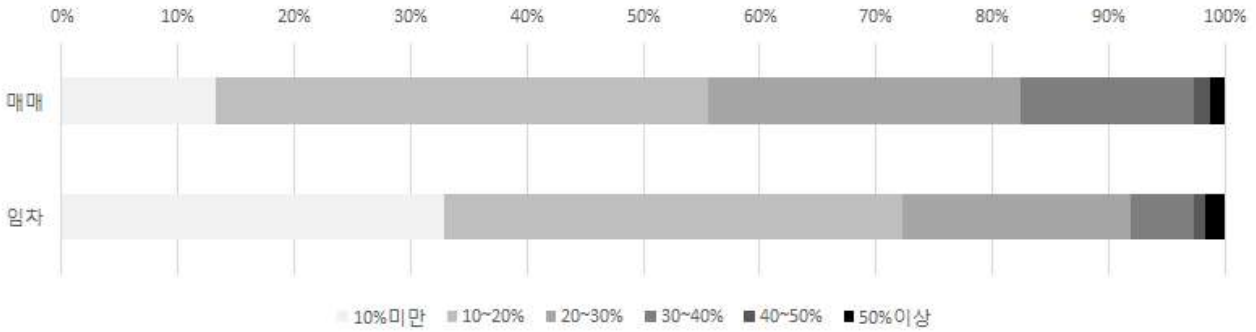


그림 86 제로에너지주택에 대해 추가로 지불가능한 비용 규모

- 지불용의액에 대한 결정요인 분석 결과, 인구 통계학적 및 사회 경제적 변수의 효과는 통계적으로 유의하지 않게 분석되었다. 다시 말하면, 나이가 젊을수록, 또는 높은 교육 및 소득이 수요로 연결되지 않음을 의미한다. 에너지 비용의 부담 정도는 제로에너지 주택의 지불용의액을 높이는데 통계적으로 영향을 미치지만, 살고자 하는 확률에는 영향을 미치지 못하고 있다. 수요 측면에서는 현재 에너지 부담 수준이 높지 않은 것으로 판단된다. 반면에 제로에너지 주택의 수요 혹은 지불용의액은 환경운동에 대한 관심과 제로에너지 주택에 대한 인식 여부가 무엇보다도 중요한 것으로 나타났다. 따라서 제로에너지 주택에 대한 사회적 인식 및 중요성에 대한 홍보 및 교육이 선행된다면, 수요를 높일 수 있을 것이라 판단된다.

표 62 제로에너지 지불용의액의 결정요인 분석결과(확률모형)

변수	회귀계수	표준화계수	Wald $\chi 2$	유의수준
(Intercept)	-0.0853	-	0.02	0.8794
Age	-0.0084	-0.0532	0.73	0.3921
Gender	-0.0123	-0.0033	0	0.9545
Education	-0.0468	-0.0128	0.04	0.8373
Env. Interest	1.252	0.3106	31.77	0.0001
Awareness	0.5652	0.1541	7.52	0.0061
Income	-0.0001	-0.0086	0.02	0.8828
Burden	-0.1478	-0.0338	0.37	0.5453

* 자료수: 484, Max-rescaled R-square: 0.137
* 주: 음영은 통계적으로 유의

◦ 제로에너지주택의 지원정책 검토

- 정책지원의 측면에서 일본의 경우는 액티브적 요소에 집중하고 있다. 이 과정에서 재생에너지 고정가격 매매제도가 크게 기여하였으나, 원전문제가 터진 이후 재정 부담이 급격히 늘어났으며, 이로 인해 일본정부의 정책지원 자체가 사회문제화가 되고 있다. 우리나라는 2012년 고정가격 매수제도를 폐지하고, 신재생에너지 공급인증서(REC, Renewable Energy

Certificate)를 발행하는 신재생에너지공급의무화(RPS, Renewable Portfolio Standard)제도를 시행하고 있다. 태양광발전의 경우에는 대여사업의 형태로 운영하고 있다. 외국에서 많이 활용하는 EMS 등을 이용한 전력 수요관리사업은 건축물의 절약한 소량의 전기를 전력시장에 판매해 새로운 수익을 창출할 수 있는 제도로 해외사례로 보면 제로에너지주택에 향후 활용가능한 제도 중에 하나이다.

표 63 해외의 제로에너지주택 지원정책 유형

유형	내용	해외사례
조세지원	제로에너지주택에 대한 세제지원	·세액공제(미국) ·저탄소 건축물 인증주택에 대한 세제우대 등 특례(일본) ·연간 최대 6,000유로의 임대소득세 감면(프랑스)
보조금 및 건설비지원	에너지관련 건설자금 또는 설치비용 지원, 보조금 지급	·건설자금 30-40%를 지원하고, ㎡ 당 60유로를 추가 지원(오스트리아) ·에너지시설 설치에 대한 장려금 지급(미국) ·주택용 재생에너지 기기 도입 공사비 회수제도, 주택 에코포인트 제도, 신축 및 기존의 주택, 건축물의 제로 에너지화 추진 지원사업, 환경배려형 주택건축물 보급을 위한 지원 사업(일본) ·에너지 성능에 따라 보조금을 투자 금액의 최대 17.5% 이내에서 가구당 최대 2.2천만 원(EUR 14,125)을 지원(독일)
자금지원	에너지관련 저리자금 대출	·국가의 주택신탁기금, 시의회와 민간 은행 대출 자금을 통해 개발, 저소득층에 대한 지원한도 상향 혹은 무이자 대출(미국) ·융자제도(플랫35S, 일본) ·건축주는 KfW의 사업성 평가 결과를 토대로 민간금융사로부터 저리(최대 EUR 75,000, 금리 1%)로 대출 가능(독일)
	직접 자금 지원	·지방 자치 단체 자원과 환경기금(SEPF) 대출(슬로베니아) ·KfW(독일재건은행)을 통해 투자금액의 25% 이내에서 최대 3.2천만 원(EUR 18,750)을 지원(독일)
재생에너지 매수지원 및 전력수요관리	재생에너지 매입 등 지원	·재생에너지 고정가격 매매제도(일본) ·재생에너지 설비에 대한 중앙정부 및 지방정부의 재정지원(독일) ·초기 투자비를 사업완료 후 에너지 비용 절감액으로 에너지 요금 고지서 방식으로 25년간 분할 상환(영국)
간접지원	비영리 기관을 통한 간접지원	·건물의 에너지 및 온실가스 절감사업을 위한 금융컨설팅을 통해 간접지원(미국)

- 이러한 액티브적 요소에 대한 정책지원 이외에 패시브주택을 확대하기 위한 추가적인 지원책이 필요하다. 현재 정부가 추진하고 있는 제로에너지빌딩에 대한 지원 내용(제로에너지빌딩 지원방안, 관계부처 합동 2014. 7. 17)을 보면 이러한 측면에서 추가적인 지원책이 진행되고 있다. 구체적으로는 용적률 완화(15%), 높이기준 완화, 취득세, 재산세(5년간) 15% 감면, 소득세 또는 법인세 공제대상 에너지절약 시설에 패시브시설 포함, 녹색기술 및 녹색인증을 통한 융자, 기술보증, 마케팅 등 이다. 다만 해외의 경우 보조금 및 환급금 지원 등 직접적인 재정지원을 인센티브로 지원하고 있는 반면, 한국은 용적률을 높이거나 기부채납률을 경감하는 간접적인 인센티브 위주로 제공되고 있어 직접적인 인센티브의 확대가 필요하다. 또한 현재 제시되고 있는 방안들은 주로 분양 주택 위주로 구성되고 있고, 임대주택에 대한 고려가 미미하다. 특히 저소득층 주거지역에 대한 차등지원, 장기상환기간, 제로에너지 금융 전담기관 등이 필요하다.

표 64 제로에너지빌딩 지원방안(관계부처 합동 2014. 7. 17)

구분	지원방안	비고
건축기준 완화	·용적률, 높이기준 15% 이내 완화	
세제 감면	·취득세 15%, 재산세 5년간 15% 감면 ·소득세 또는 법인세 공제 대상 에너지절약 시설에 제로에너지빌딩에 적용된 패시브 시설(외단열, 고성능 창호 등) 포함 ·제로에너지빌딩에 대한 녹색기술 및 녹색인증을 통해 융자, 기술보증, 마케팅 등을 지원	
보조금 지원	·신재생에너지 설치 시 보조금 우선 지원(설치비의 50%) ·패시브 공사비 보조(민간 15%, 공공 50%) 방안 검토 ·BEMS 설치보조금 지원 ·주택의 경우 사업성 향상을 위하여 주택기금에서 저리로 지원(이자율 2%로 3년 동안 지원)하는 방안 검토	시범사업 추가지원
분양가 개선	·상용화 단계에서 제로에너지 공동주택에 대하여 추가 공사비를 분양가에 반영할 수 있도록 건축비 가산비용으로 인정	

표 65 국내 에너지 인센티브 유형

유형	내용	관련기관
세금감면	·취득세 감면 5-15%(에너지 성능 기준 차등) ·재산세 감면 3-15%(에너지 성능 기준 차등) ·환경개선부담금 감면(2016년 폐지 예정)	서울시
보조 및 지원	·친환경건축물 인증비용 지원(2014년 폐지)	서울시
	·신재생 설치비 보조(에너지원별 용량별 보조금 차등 지원) (설치비용의 최대 50%(연료전지 70%))까지 지원 ·발전차액지원 제도(2011년 폐지)	한국에너지공단 신재생지원센터
융자	·융자 규모 150억 원, 주택기준 최대 1천만 원, 최소 200만 원 ·2015년 기준 1.75%, 8년 분할상환 (3년 거치 가능)	서울시 (BRP 사업)
	·지원 규모 2,250억 원 300억 원 이내 ·고정금리(2.75%), 변동금리(1.5%), 7년 분할상환(3년 거치 가능)	에너지관리공단 (ESCO 사업)
태양광 시설 대여	·설치면적에 의하며 동당 10kW-30kW내외 ·대여료+전기요금을 기존 전기요금의 80%이하로 납부	한국에너지공단 신재생지원센터

◦ 제로에너지주택의 사업모형 검토

- 또한 정부에서는 제로에너지 사업을 통해 추가되는 비용에 대해 다양한 지원방안을 마련하고 있지만, 사업의 효율성을 담보하기 위해서는 사업모형을 통해 추가적인 자금조달방안이 필요하다. 결국 제로에너지 사업이 성공하기 위해서는 추가비용에 대한 회수가 가능하여야 하며, 국외 사례와 같이 중앙정부나 지방정부의 저리 대출과 더불어 리스사업, 태양광매수제도, 부동산환경펀드 등이 결합되어야 한다. 탄소배출권의 발행과 이의 유동화상품도 중요한 자금조달 방안 중 하나가 될 수 있으며, 일본의 경우는 2010년부터 이러한 배출권 유동화가 이루어지고 있고, 부동산환경펀드도 조성되고 있다. 다만, 그린리스와 부동산환경펀드의 경우 아직 국내에는 활성화 되지 않았으며, 배출권거래제도는 제도 시행 초기로 현재 산업 분야에만 국한되어 있어, 비산업 분야(주택 등)에 적용되기 위해서는 상당한 시간이 요할 것으로 보인다.

현재 우리나라에서 가능한 사업모형은 에너지절약전문기업(ESCO)을 통해 에너지 시설에 대한 자금융자 및 관리와 엑티브 시설에 대한 리스(태양광)를 들 수 있으며, 추가적으로 태양광 발전 매수제도와 같은 EMS 등을 이용한 전력 수요관리사업을 통해 제로에너지 사업을 통해 절약된 전기를 전력시장에 판매해 추가 비용을 회수할 수 있을 것이라 판단된다.

표 66 해외의 에너지절감주택 사업모형 유형

유형	사업 내용	특징	사례
그린리스 사업	·리스사업자는 에너지 저감 진단, 설계 및 시공, 운전, 유지관리, 자금조달 등의 서비스를 제공하고, 에너지 저감효과를 보증하는 계약을 통해 사용자에 대한 초기투자 및 이익을 보증하는 사업구조	·입주자는 초기투자비를 절감하고, 대신 리스료를 고정으로 회수기간 중 지속적으로 부담하는 구조	일본의 아마가사키 D.C 그랑스퀘어
배출권거래 제도 이용	· '그린열증서'(グリーン熱証書)를 발행하여 이 거래제도를 활용함. 절감한 온실가스 등의 환경 부가가치를 에너지그린 주식회사에 판매하는 사업구조	·단지관리조합은 이렇게 판매한 환경 부가가치 대금을 아파트수리비적립금으로 활용 ·환경성 자원에너지청의 신에너지 등 사업자 지원대책사업으로 공사비 지급	일본의 D' 그라포트 레이크타운
태양광발전 매수제도	·재생에너지를 전력회사에 매각하고 이를 다시 전기요금 할인에 활용하는 사업모형	·주택에 사용하는 에너지를 최소화하는 MEMS(Mansion Energy Management System)와 같은 관리시스템을 동시에 도입	일본의 브라우드가 마쿠라이와 세 아파트
부동산 환경(그린리스)펀드	·소유주는 설비투자 및 에너지 절감 시설 도입, 빌딩 전체 전력사용량과 공용부 전력 비용 삭감 ·임차인입장에서는 기존의 광열비 부담 내에서 에너지 절감 설비 개수, 임차인 전용부의 전력 비용 삭감	·그린부동산으로서 공실률을 억제 ·부동산 매매가격 상승 효과 기대	일본의 상업용 부동산

◦ 제로에너지 추가비용 회수방안 검토

- 제로에너지 주택은 일반주택에 비해 패시브 및 액티브 시설이 포함되기 때문에 필연적으로 건축공사비가 증가하게 된다. 이에 본 분석에서는 경제성 분석과 동일하게 노원 제로에너지 주택 중 103동을 대상으로 접근하도록 한다. 103동 세대는 전용면적 59.54㎡로 되어 있으며, 경제성 분석에서의 추가공사비는 세대당 4,290만원(721천원/㎡)으로 분석되었다. 이는 2017년 12월 기준 지역별 아파트 평균 분양가와 비교하면 10.7~34.7%가 증가하는 결과이다. 이러한 결과는 향후 주택가격의 상승에 대한 우려가 발생할 것으로 판단되며, 이를 위해서는 제로에너지 주택의 추가 건설비용의 절감방안이 무엇보다도 필요할 것으로 판단된다.

표 67 지역별 분양가 대비 추가공사비 비중(2017년 12월 기준)

지역	전국	서울	인천	경기	부산	대구	광주	대전	울산
평균분양가(천원/㎡)	3,117	6,706	3,318	3,617	3,842	3,561	2,896	2,706	3,162
추가공사비비중	23.1%	10.7%	21.7%	19.9%	18.8%	20.2%	24.9%	26.6%	22.8%
지역	세종	강원	충북	충남	전북	전남	경북	경남	제주
분양가	3,161	2,302	2,077	2,357	2,226	2,400	2,390	2,696	3,578
추가공사비비중	22.8%	31.3%	34.7%	30.6%	32.4%	30.0%	30.2%	26.7%	20.1%

- 추가적으로 본 분석에서는 제로에너지 추가비용 회수방안 검토를 위해 경제성 분석에서 적용한 시나리오 중 가장 타당성이 높은 대안(생산된 전력을 모두 판매하는 대안)을 기준으로 검토하도록 한다. 여기서는 비용측면에서는 제로에너지 추가비용(공사비 및 장기수선충당금), 수입측면에서는 에너지비용절감비용, 태양광전력판매수입, 온실가스감축수입을 바탕으로 30년 운영기간, 재무적 할인율 4.5%(KDI 기준)을 가정하여 분석이 이루어졌다. 분석결과, PI 0.66, FNPV -1,739만원, FIRR 0.76%로 나타났다. PI가 0.66으로 1보다 작다는 것은 30년 동안 회수가 불가능하다는 의미이다. 이와 더불어 FNPV가 -1,739만원이라는 것은 재무적 타당성 확보를 위해서 필요한 세대당 보조금액을 의미한다. 다시 말하면 추가건축비의 40.5% 이상 보조해 주어야 한다고 할 수 있다. 마지막으로 FIRR 0.76%는 현재 가정된 현금흐름에서 최소한 30년 내 회수가 가능하기 위해서는 이자율이 0.76% 이하로 되어야 한다는 의미이다.

표 68 기본모형의 재무적 타당성 결과

구분	값	기준
PI	0.66	PI ≥ 1
FNPV	-1,739만원	FNPV ≥ 0
FIRR	0.76%	FIRR > 재무적할인율

- 이러한 결과를 바탕으로 보면 최소 30년간 비용 및 수입이 동일하도록 하기 위해서는 1,739만원을 직간접적으로 보조해주는 방안, 아니면 이자율을 낮추어 이자비용을 줄여주는 방안을 검토할 수 있다. 직접적으로 금액을 보조하기 위해서는 막대한 재원이 필요하다. 만약 현재 분석된 기준(세대당 1,739만원)으로 볼 때 연 평균 신규 공동주택 평균 336.3천호(국토교통부 주택수요 추정치)일 경우 연평균 5조 8,491억원이 필요한 것으로 나타나 정부가 직접적으로 이를 마련하기는 불가능하다. 따라서 간접적으로 이자율을 낮추는 방안과 동시에 고려할 수 밖에 없다. 분석결과, 추가건축비 보조비율이 높아질수록 이자율도 높아지는 패턴으로 나타나고 있으며, 만약 추가건축비를 20%정도 보조할 경우 이자율은 2.26% 정도로 결정되며, 이때 보조규모는 2조 8,858억원으로 분석된다.

표 69 추가건축비 보조비율과 이자율, 보조규모간의 관계

추가건축비 보조비율	0%	10%	20%	30%	40%
이자율	0.76%	1.45%	2.26%	3.22%	4.43%
보조금액(세대당)	1,739만원	1,310만원	881만원	452만원	23만원
보규규모(336.3천호)	-	14,429억원	28,858억원	43,287억원	57,715억원

- 또한 임대주택의 경우는 임대료를 상승시킴으로서 추가비용의 회수가 가능하다. 본 분석결과에 따르면 세대당 월 8.5만원의 임대료가 상승한다면 30년간 추가비용의 회수가 가능하다. 물론 추가건축비 보조비율 및 이자율에 따라 월임대료는 줄어들 수 있다. 민간임대주택의 경우는 시세로, 행복주택은 시세의 60~80%로 책정할 수 있어 어느 정도 가능성은 있지만 국민임대주택은 국민임대주택의 표준임대보증금 및 표준임대료(국토교통부고시 제2016-1101호, 2016.12.30, 일부개정)에 의해 규정되고 있어 임대료의 상승이 불가능한 문제가 있다. 따라서 국민임대주택의 경우는 지원책과 더불어 제도의 보완도 동시에 필요할 것으로 판단된다.

표 70 추가건축비 보조비율 및 이자율과 월임대료간의 관계

추가건축비 보조비율	0%	10%	20%	30%	40%
월임대료	85,148원	64,143원	43,139원	22,134원	1,129원
이자율	4.5%	3.5%	2.5%	1.5%	0.76%
월임대료	85,148원	61,051원	37,829원	15,616원	-

◦ 제로에너지 공동주택 중장기 로드맵에 따른 경제적 파급효과

- 현재 정부가 계획하고 있는 제로에너지 공동주택 중장기 로드맵이 원활히 진행된다면 다음과 같은 경제적 파급효과가 예상된다. 2017-2025년 3,026.7천 호의 공동주택이 신축됨에 따라 2등급에 비해 경제에 미치는 파급효과는 생산유발 167.7조 원, 부가가치유발효과 49.4조 원, 고용유발효과 53.0만 명으로 예상된다. 이러한 추가 건축비의 연간 경제적 파급효과는 2013년 2등급에 비해 총생산은 연간 0.33-0.81%, 부가가치(GDP)는 연간 0.27-0.65%, 고용자수는 연간 0.23-0.56%의 수준이다. 다만 이러한 경제적 파급효과를 유지하기 위해서는 제로에너지 산업별 수급문제, 제로에너지 자재의 국산화가 필요하다.

표 71 제로에너지 중장기 로드맵에 따른 2017-2025년 추가 경제적 파급효과

연도	공동주택 수	등급	생산유발		부가가치유발		고용유발	
			효과 (조원)	연간경제 점유비중	효과 (조원)	연간경제 점유비중	효과 (명)	연간경제 점유비중
2017년	343.2	1+	11.8	0.33%	3.5	0.27%	3.8	0.23%
2018년	338.2		11.7	0.32%	3.5	0.27%	3.7	0.23%
2019년	334.4		11.5	0.32%	3.4	0.26%	3.7	0.23%
2020년	335.0	1++	15.2	0.42%	4.5	0.35%	4.8	0.30%
2021년	333.0		15.1	0.42%	4.5	0.34%	4.8	0.29%
2022년	334.0		15.2	0.42%	4.5	0.34%	4.8	0.30%
2023년	336.3	1+++	29.1	0.81%	8.5	0.65%	9.1	0.56%
2024년	336.3		29.1	0.81%	8.5	0.65%	9.1	0.56%
2025년	336.3		29.1	0.81%	8.5	0.65%	9.1	0.56%
총계	3,026.7		167.7	4.66%	49.4	3.79%	53.0	3.25%

■ 결론 : 감정평가제도 개선, 금융기법 활용 및 관련정책지원방안

◦ 민간수요 활성화를 위한 제로에너지 건물 가치 측정의 표준화 필요

- 설문조사 결과, 제로에너지 주택의 지불의사는 임대(50%)보다는 매매(63%)의 경우 더 발생하는 것으로 분석되었고, 이는 향후 주택시장에서 그 가치가 긍정적으로 평가될 가능성을 높게 보고 있기 때문이다. 실제 제로에너지 주택 개발로 인한 추가공사비는 세대당 4,290만원으로 이는 2017년 12월 기준 지역별 아파트 평균 분양가와 비교하면 10.7~34.7%가 증가하게 된다.

- 하지만 실제로 증가되는 주택가격과 시장에서 결정되는 주택가격이 불일치 할 경우 갈등에 소지가 될 수 있으며, 제로에너지 건축시장이 원활하지 않을 수 있다. 이에 대비하여 정부는 2016년 12월 온실가스 저감 목표달성에 기여하고 있는 녹색건축물의 감정평가시 건물가치에 에너지 성능을 반영할 수 있는 녹색건축물의 감정평가 실무기준을 신설하였다. 하지만 가치증가분을 증가된 비용을 중심으로 반영할 것인지, 아니면 경제적 편익을 중심으로 반영할 것인지에 따라 최종적인 감정평가액이 크게 달라지는 것으로 나타났다. 따라서 객관적인 가치증가분의 산정 및 반영을 위해서는 각 설비에 부합하게 실무기준을 세분화하고 구체화 할 필요가 있다.
- 원가법과 DCF법으로 시산가액을 산출한 결과, 에너지효율화 설비 및 지열히트펌프 설비 등은 수익가액이 적산가액에 크게 미치지 못하는 것으로 나타났다. 따라서 특수설비를 건물의 일반적인 효용에 해당하는 냉난방설비와 전기설비 등과 같은 기존 방법으로 반영할 것인지, 아니면 에너지 성능의 경제적 편익만큼을 가치증가분으로 반영할 것인지에 따라 제로에너지 주택의 최종적인 감정평가금액은 크게 달라지며, 금액에 대한 다툼은 증가할 것이다. 구체적으로 「공익사업을 위한 토지 등의 취득 및 보상에 관한 법률」에 따르면 지장물(설비)의 보상은 취득가격 범위 내 이전비로 보상토록 규정하고 있으나, 현행 실무기준의 가치증가분의 해석여부에 따라 피수용자와 사업시행자간의 감정평가금액에 대한 분쟁과 소송이 증가될 가능성이 높다. 평가 수요자들의 감정평가금액에 대한 갈등은 보상지역뿐만 아니라, 국유재산법에 의한 정부부처 간의 국유재산의 교환, 매입 및 매각 등의 평가에서도 가치증가분을 어떻게 반영하느냐에 따라 증가될 가능성이 높다. 따라서 현행 녹색건축물의 실무기준을 조속한 시일 내에 보완 하여야 할 것이다.
- 한편 DCF법으로 태양광발전 설비의 수익가격을 도출한 결과, 에너지 판매금액이 일정비율 상승할 것을 전제로 수익가액이 적산가액을 상회하는 것으로 분석되었다. 미국, 일본 등에서는 이미 태양광발전 설비를 리츠자산에 편입하여 운영하고 있으며, 미국 국세청이 발간한 조세과세 조항에서는 태양광발전 설비가 부동산에 포함될 수 있다는 논의가 있을 만큼 별도의 자산가치를 인정받고 있는 추세이다. 리츠자산의 투자는 미래 현금흐름의 NPV와 IRR을 중심으로 의사결정이 이루어지므로, 향후 국내에서도 태양광발전 설비가 리츠자산으로 편입될시 시장 참여자들은 DCF법을 통한 수익가액을 요청할 가능성이 높다. 따라서 DCF법 적용을 위해서는 PGI항목, 에너지증감여부, 보유기간, 할인율에 대한 다양한 연구와 토론을 통하여 실무기준을 마련하여야 할 것이다.

표 72 감정평가방법별 시산가액 비교 (단위: 천원/동)

구분		원가법	DCF법(REC 30년)	
			5.50%	4.50%
패시브	환기장치	77,300	36,000	40,000
	단열공사	339,000		
	창호공사	56,000		
	문공사	33,600		
	열교차단	30,300		
액티브	지열히트펌프	149,000		
	태양광발전	164,000	256,000	286,000
	합계	834,900	292,000	326,000

- 상기의 주요 설비 외에 에너지 성능을 제로에너지 수준으로 달성하기 위해서는 에너지절약기술 등이 반드시 필요하나, 현행 실무기준으로는 원가법으로 이를 반영할 기준과 방법이 없다. 왜냐하면 에너지절약기술은 단열공사, 창호공사, 문공사 등이 해당하는데, 이는 건물 주요 구조부에 보강 공사 등을 한 것으로 별도로 구분하여 적산가액을 산정할 수 없고, 표준단가에 반영하여야 할 항목이기 때문이다. 그러므로 빠른 시일내에 제로에너지주택의 특성에 부합하는 건물 표준단가의 보급도 필요시 된다. 그러나 DCF법을 통해 에너지 절약기술의 경제적 편익을 분석해 본 결과, 그 요소기술의 온실가스 감축 및 에너지 절감 효과는 현재의 기술력으로는 투입비용에 비해 크게 미치지 못하는 것으로 분석되어, 건물 표준단가 작성시 재조달원가가 과도하게 반영되지 않도록 유의하여야 할 것이다.

◦ 제로에너지 국민임대주택 활성화를 위한 사업모형 제안

- 민간분양, 민간임대, 공공임대(행복주택 등)의 경우는 추가건축비를 분양가 혹은 임대료로 전가시킬 경우 어느 정도 회수가 가능할 수 있다. 하지만 국민임대주택의 경우는 임대료를 높이기 어려운 구조로 되어 있기 때문에 추가적인 사업모형이 필요하다. 결국 제로에너지 국민임대주택이 사업적으로 가능하기 위해서는 추가건축비의 보조와 이자율 지원을 통해 임대료 상승을 최대한 억제하는 방향으로 사업이 진행되어야 한다. 사업모형은 기본적으로 다양한 투자자를 통한 위험분산으로 재원조달비용을 낮출 수 있는 리츠방식이 가장 현실적이다.
- 다만 리츠 역시 부동산간접투자상품이기 때문에 어느 정도 수익률을 확보하지 못할 경우 사업의 진행이 어렵다. 따라서 제로에너지 국민임대주택의 사업모형으로 리츠 중 토지임대부 리츠 방식을 제안하고자 한다. 토지임대부 리츠는 기본적으로 토지지원리츠가 토지를 매입하고 토지를 임대주택리츠에 임대하는 것으로 사업의 초기에 들어가는 토지매입비용을 분산해서 받게 되어 전체 리츠의 수익률을 높일 수 있다. 현재 이 방식은 SH공사에서 ㈜ 서울리츠 임대주택 1호로 추진하고 있으며, 30년간 임대주택을 건설운영하고 있다.

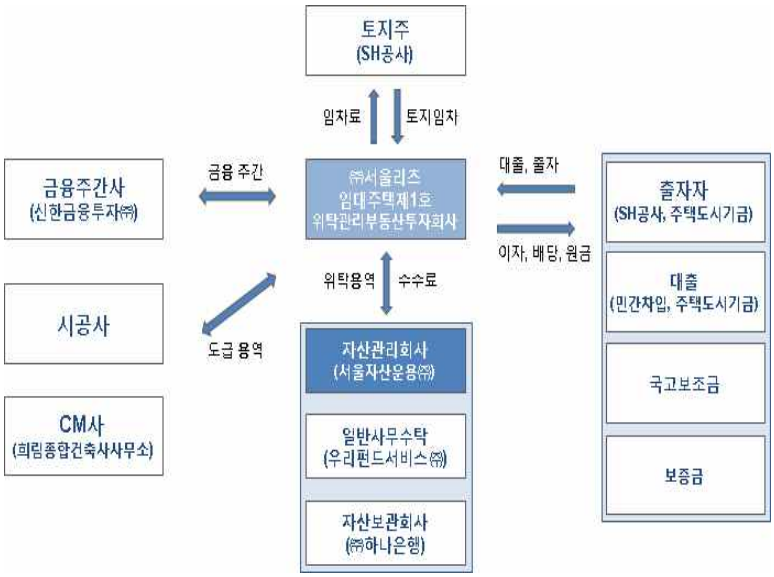


그림 87 장기임대주택리츠 사업구조 예시(서울리츠임대주택제1호)

- 따라서 이 사업구조의 장점을 살려 제로에너지 국민임대주택에도 적용이 가능하다. 특히 제로에너지 국민임대주택에서의 가장 큰 문제점인 임대료 상승 어려움을 리츠를 통한 재원조달 비용(이자율) 하락과 토지임대부를 통해 어느 정도 보완할 수 있을 것이라 판단된다.
- 다만 이 경우에도 2가지 추가적인 지원정책이 고려되어야 한다. 첫째는 기존 공공임대주택리츠처럼 주택도시기금과 같은 공적자금의 출자와 저리융자가 수익성달성이 가능하도록 투입되어야 한다. 둘째는 토지임대부 임대주택으로 제공될 부지를 확보해야 하는 문제가 있다. 따라서 제로에너지주택단지의 택지제공에 따른 인센티브가 없기 때문에 이를 제공할 필요가 있다. 이를 위해 토지소유주 및 임대주택리츠의 재산세, 취득세 등 세제혜택을 부여해 주어야 한다.

◦ 국민임대주택의 제로에너지 시설 도입에 따른 관련 지침 정비

- 패시브 및 엑티브 등 제로에너지 기술의 도입은 건축비 및 운영비의 증가를 동반한다는 한계가 있으나, 분양가격 및 관리비 등 이의 상승분을 반영할 수 있는 일반적인 분양주택과는 달리 국민임대주택의 경우는 공공건설임대주택 표준건축비(국토교통부고시 제2016-339호, 2016.6.8., 전부개정)와 국민임대주택의 표준임대보증금 및 표준임대료(국토교통부고시 제2016-1101호, 2016.12.30, 일부개정)에 의해 규정되고 있어, 현실적으로 이의 회수가 불가능한 실정이다. 따라서 제로에너지 국민임대주택에서의 제로에너지 시설의 도입은 건설의 추가비용의 최소화 방안뿐만 아니라 에너지 시설 관리를 위한 추가 운영비용이 임대료, 관리비 등에 반영될 수 있는 방안도 동시에 필요하다.
- 구체적으로는 제로에너지 국민임대주택의 운영관리 측면에서는 추가비용 회수가 가능하도록 임대보증금 및 임대료 산정에 기준이 되는 공공건설임대주택의 표준건축비의 현실화 혹은 에너지설비에 대한 가산비용적용이 필요하다. 국민임대주택의 건설비는 공공건설임대주택 표준건축비(국토교통부고시 제2016-339호, 2016.6.8, 전부개정)에 의해 규정되어 있으나, 2016년 기준 공공건설임대주택 표준건축비는 1,010.5~1,116.7천원/㎡으로 과밀부담금 부과를 위한 2018

년도 표준건축비 1,859천원/㎡(국토교통부고시 제2017-898호, 2017.12.28., 제정) 및 분양가상한제 적용주택의 기본형건축비 1,540.5~1,702천원/㎡(국토교통부고시 제2017-621호, 2017.9.15, 일부개정)에 비해 상당히 낮게 책정되어 있기 때문이다.

- 이와 더불어 제로에너지 국민임대주택의 원활한 유지관리를 위해서는 제로에너지 시설을 위한 관리비 항목 신설 및 특별수선충당금 적립요율의 상향 조정이 필요하다. 마지막으로 제로에너지 주택사업의 활성화를 위해 추가되는 에너지설비에 대해서는 에너지절약전문기업(ESCO)이나 리스 사업의 형태를 적용할 수 있으나, 이러한 경우 에너지절약전문기업 혹은 리스사에 사용료(수수료)를 납부하여야 한다. 이를 위해서는 국민임대주택의 임대료 및 관리비에 별도 항목으로 반영할 수 있도록 하는 방안이 필요할 것으로 판단된다.

◦ 제로에너지 산업수급 불균형 완화를 통한 재료비 하락

- 제로에너지 산업수급 불균형은 제로에너지 주택에 투입될 자재의 재료비가 상승할 가능성이 높기 때문이다. 현재 건축물 에너지 효율등급의 강화 로드맵은 향후 에너지 효율주택을 위한 필요 자재에 대한 생산과 공급의 불일치 현상, 즉 산업의 수급 불균형이 발생될 것으로 판단된다. 이는 제로에너지 로드맵을 충족하기 위해 2017-2025년까지 예상되는 패시브 및 액티브(신재생에너지)의 연간 투입액은 3.8 및 3.4조 원으로 2013년 현재 패시브 산업의 총생산액 2.2조 원과 신재생에너지 총생산액 1.9조 원의 각각 1.73배 및 1.78배에 해당하기 때문이다.
- 이러한 산업수급 불균형이 단기적으로 어려울 경우 대안적으로 점진적인 건축물 에너지 효율등급의 적용이 필요하다. 만약 2017-2025년 3,026.7천 호의 공동주택을 모두 1++ 등급으로 건축할 경우, 2013년 기준 패시브 및 액티브 공급규모의 1.73배(패시브)와 1.16배(액티브)가 요구되며, 1+ 등급의 경우는 패시브 1.23배 및 액티브 1.00배, 1등급의 경우는 패시브 0.55배 및 액티브 0.84배로 점차 수급문제 불균형이 완화되는 것으로 분석되기 때문이다.

표 73 국민임대주택 임대료 체계(국토교통부고시 제2016-1101호, 2016.12.30, 일부개정)

구분	내용
표준임대보증금	·표준임대보증금 = 당해주택가격 × 20/100 × 규모계수 × 지역계수
임대료	·표준임대료는 당해 주택에 대한 감가상각비, 연간 수선유지비, 화재보험료(재해보험료), 국민주택기금이자, 사업주체의 자체자금에 대한 이자 중 일정비율에 해당하는 금액(이하 “자기자금이자”라 한다)을 합한 금액 계산
관리비	·임대사업자는 관리비 외에 어떠한 명목으로도 관리비를 징수할 수 없으며, 관리비 항목은 일반관리비, 청소비, 경비비, 소독비, 승강기유지비, 난방비, 급탕비, 수선유지비, 지능형 홈네트워크 설비 유지비에 한정
특별수선충당금	·영구임대주택: 표준건축비(고시)의 1만분의 4 ·국민임대주택: 표준건축비(고시)의 1만분의 4 ·장기전세주택: 표준 건축비(고시)의 1만분의 4 ·건설임대주택 및 매입임대주택: 표준 건축비(사업계획승인 당시)의 1만분의 1
기타사항	·사업주체는 표준임대보증금 및 표준임대료의 범위내에서 지역적인 특성과 당해 주택 주변지역의 임대료 수준 등을 감안하여 임대보증금과 임대료를 차등 적용 가능

표 74 제로에너지 에너지 로드맵에 따른 관련산업의 수급 불균형[단위: 조원, %]

구분	제로에너지 주택 연평균 추가건축비(A)					2013년 총생산 (B)	비중(A/B)				
	로드맵	1+++	1++	1+	1		로드맵	1+++	1++	1+	1
일반	0.9	1.6	0.6	0.5	0.4	190.6	0.5	0.8	0.3	0.3	0.2
패시브	3.8	4.9	3.8	2.7	1.2	2.2	173.2	222.7	172.7	122.7	54.5
액티브	3.4	6.1	2.2	1.9	1.6	1.9	178.4	321.1	115.8	100.0	84.2
총계	8.1	12.6	6.7	5.1	3.2	194.7	4.2	6.5	3.4	2.6	1.6

◦ 제로에너지 자재 국산화를 통한 경제적 파급효과 극대화

- 건축물 에너지 효율등급이 강화될수록 패시브 및 액티브 생산의 증가가 필요하나 산업의 수급 불균형에 의해 이를 모두 국산자재로 충당하기 어렵기 때문에 수입비중이 동반상승할 가능성이 높으며, 이러한 상황에서는 경제적 파급효과가 해외로 유출되어 우리나라의 전반적인 파급효과가 하락할 수 있다. 이는 주거용 건설업의 중간투입액 중 수입액의 비중은 2010년 8.8%, 2013년 8.7%로 다소 줄어드는데 반해, 패시브 산업의 중간투입 중 수입비중은 2010년 13.3%에서 2013년 14.2%로, 신재생에너지의 중간투입 중 수입비중은 2010년 4.7%에서 2013년 5.6%로 점차 증가하고 있는데 기인한다.

표 75 산업별 수입비중 변화

구분	2010년(A)	2013년(B)	증감(B-A)
주거용 건설업	8.8%	8.7%	- 0.1%p
패시브 산업	13.3%	14.2%	+ 0.9%p
액티브 산업	4.7%	5.6%	+ 0.9%p

자료: 한국은행, 각연도 산업연관표

연구성과

■ 학진등재지논문게재 4건

pISSN : 1226-7147 eISSN : 2383-9171
http://dx.doi.org/10.17208/jkpa.2015.04.50.3.199
Journal of Korea Planners Association Vol.50, No.3 (2015)
대한국토·도시계획학회지 「국토계획」 제50권 제3호 p.199~211

에너지효율주택의 최대투자규모 추정*

- 제로에너지주택을 중심으로

Estimating the Maximum Feasible Investment for the Energy Efficient Housing

- Focusing on the Zero-Energy Housing

김준형** · 최명섭*** · 이상영****
Kim, Jun-Hyung · Choi, Myoungsub · Lee, Sang-Young

Abstract

The government has recently introduced and enforced the energy efficient housing scheme including the zero-energy housing which has a net-zero energy consumption system based on the passive and active technologies. These technologies should result in the additional investment; however the economic feasibility of the investment has not been fully examined. This research aims to estimate the maximum investment for the energy efficient housing by analyzing the core benefit of the project – energy cost savings.

The analysis of the micro-data of Statistics Korea's Household Income and Expenditure Survey shows that the maximum feasible investment increases as the energy efficiency develops, the discount rate drops and the operation period of housing extends. Considering the 'business as usual' costs, the maximum rates of increase in construction costs is about 18.2~23.1%. The rise of energy price in the future would increase this rate to 25.7~33.9%. Our current estimates of additional investments for the zero-energy housing development are more than 30 percent, which implies that the development would not meet the economic feasibility unless the discount rate is low and the energy prices keep increasing.

키 워 드 : 에너지효율주택, 제로에너지주택, 에너지절감액, 경제성분석, 최대투자규모
Keywords : Energy Efficient Housing, Zero-Energy Housing, Energy Saving cost, Feasible Maximum Investment, Economic Analysis

Ⅰ. 서론

최근 기후변화에 대한 위기감, 온실가스배출 저감 필요성에 대한 공감대를 바탕으로 일부 국가에서는 친환경건축물, 그린빌딩 등 에너지효율주택(Energy Efficient Housing)을 본격적으로 도입하고 있다. 우리 정부 역시 친환경건축물인증, 그린홈에 이어 최근에는 제로에너지주택(Zero Energy Housing, ZEH) 구현에 대한 로드맵까지 제시한 바 있다. 여기서 제로에너지주택이란 '단열성능을 극대화하여 에너지 요구량을 최소화하고, 신재생에너지를 활용하여 냉난방 등 에너지를 자급자족'하는 주택을 뜻한다(국토교통부, 2014b). 다시 말해 단열성능을 강화시켜 건물의 에너지소비를 최소화하는 패

* 본 연구는 국토교통부 도시건축 연구개발사업의 연구비지원(13AUDP-B067603-01)에 의해 수행되었습니다.
** Dept. of Real Estate, Myongji University (First author: junhgkim@gmail.com)
*** Dept. of Agriculture Economics and Rural Development, Seoul National University (mschoi@snu.ac.kr)
**** Dept. of Real Estate, Myongji University (Corresponding author: syleere@naver.com)

pISSN : 1226-7147 eISSN : 2383-9171
http://dx.doi.org/10.17208/jkpa.2016.10.51.5.233
Journal of Korea Planning Association Vol.51, No.5 (2016)
대한국토·도시계획학회지 「국토계획」 제51권 제5호 p.233~246

건축물 에너지 효율등급 강화에 따른 주택건설의 경제적 파급효과 분석*

Economic Effects on Housing Construction for Strengthening Building Energy Efficiency Rating

최명섭** · 김준형*** · 임인혁**** · 이상영*****
Choi, Myoungsub · Kim, Jun-Hyung · Lim, In-Hyok · Lee, Sang-Young

Abstract

This Paper aims to analyze the effects of construction of the energy efficient housing during 2017-2025 by building energy efficiency rating on national economy, using the Input-Output Table. The improvement of building energy efficiency rating increases the effect on production inducement, but decreases that on value-added inducement and employment inducement. Because the value-added inducement coefficients and employment inducement coefficients of residential construction sector is lower than those of renewable energy sector. However, the construction of energy efficient housing could have positive effects since the increasing rate of construction cost have higher than the decreasing rate of the inducement coefficients by improving the building energy efficiency rating. During 2017-2025, economic effects of construction of the housing with building energy efficiency rating level 1+++ would be greater than building energy efficiency rating level 2. The new construction of the housing with building energy efficiency rating level 1+++ induces 261.5 and 76.8 trillion won of production and value-added respectively, and the induced employment is 82.1 ten thousand person.

키 워 드 ▪ 건축물 에너지 효율등급, 주택건설, 경제효과, 산업연관분석
Keywords ▪ Building Energy Efficient Rating, Housing Construction, Economic Effect, Input-Output Analysis

Ⅰ. 서 론

현재 정부는 신축 건축물에 대해 2010년 이후 인허가 기준을 지속적으로 강화하여 30% 이상 에너지 성능을 향상시켰으며, 2025년 제로에너지를 목표로 신축 건축물의 단열기준 등을 단계적으로 강화하려고 한다(국토교통부, 2014a). 이러한 정책의 배경에는 기후변화에 대한 위기와 온실가스배출 절감 필요성 등이 결부된다. 여기서 제로에너지 건축물은 단열성능을 극대화하는 패시브 요소를 통해 기본적인 에너지 요구량을 최소화하고, 추가적으로 태양광, 지열 등 액티브(신재생에너지)를 활용하여 냉난방 에너지를 자급자족하는 건축물이다(국토교통부, 2014b).

* 본 연구는 국토교통부 도시건축 연구개발사업의 연구비지원(13AUDP-B067603-01)에 의해 수행되었습니다.
** Dept. of Agriculture Economics and Rural Development, Seoul National University
*** Dept. of Real Estate, Myongji University
**** Dept. of Architecture, Myongji University
***** Dept. of Real Estate, Myongji University (Corresponding author: syleere@naver.com)

주택연구 제25권 3호 2017. 08.: 95~116
http://dx.doi.org/10.24957/hsr.2017.25.3.05
Housing Studies Review Vol. 25, No. 3: 95~116

에너지효율주택에 대한 선호와 수요: 제로에너지주택에 대한 주민 설문조사를 바탕으로*

Preference and Demand of Energy-Efficient Housing: Results of Questionnaire Survey among Seoul Residents on Zero-energy House

김 준 형 (Jun-Hyung Kim)** · 박 동 하 (Dong-Ha Park)***
최 명 섭 (Myoung-Sub Choi)**** · 이 상 영 (Sang-Young Lee)*****

< Abstract >

The Government has expedited the policy to equip new buildings with energy-efficient system, in particular the Zero-Energy House (ZEH), which uses passive technologies reducing the building energy consumption and active technologies utilizing the New and Renewable energy source. However, little efforts have been made to understand the preference, demand, and willingness to live in or to pay for the ZEH. This study conducted face-to-face interviews covering 484 residents in Seoul in order to investigate perceptions toward environment, interests in the ZEH, and willingness to reside in and to pay for the ZEH.

The findings of this study are as follows: 1) There is abundant demand for the ZEH among households. More than 70% of the respondents agree on the necessity for the ZEH, and have willingness to live in the ZEH. 2) This demand for the ZEH is sensitive to its price, meaning that the respondents change their willingness considerably when the price of energy rises or when they have to pay additional costs for the ZEH. In detail, the degree to which they are willing to pay more for the ZEH over the non-energy efficient houses amounts to 16% of the rental price and 20% of the purchase price. 3) The willingness to live in the ZEH is strongly related to the interests in the environment and to the perception toward energy-efficient housing. This implies that the ZEH market can grow significantly through the active education, campaigning and marketing efforts.

키워드 : 제로에너지주택, 에너지효율주택, 친환경적 소비, 온실가스배출저감
Keyword : Zero-Energy House (ZEH), Energy-Efficient Housing, Environmental Consumption, Green House Gas Reduction

* 본 연구는 국토교통부 도시건축 연구개발사업의 연구비지원(13AUDP-B067603-01)에 의해 수행되었습니다. 2014년 11월 베트남 하노이의 International Symposium on City Planning, 2015년 1월 말레이시아 쿠알라룸푸르의 Pacific Rim Real Estate Society, 그리고 2016년 2월 서강대학교의 경제학공동학술대회(한국건설경제산업학회) 등의 학술대회에서 유용한 조언을 주신 분들께 감사를 드립니다.
** 명지대학교 부동산학과 부교수, junhgkim@gmail.com, 주저자
*** 서울대학교 환경대학원 박사수료, thplusu@hanmail.net, 공동저자
**** 서울대학교 농경제사회학부 지역정보전공 박사수료, mschoi@snu.ac.kr, 공동저자
***** 명지대학교 부동산학과 교수, syleere@naver.com, 교신저자

에너지효율주택의 감정평가: 원가법과 DCF법의 적용*

Real Estate Appraisal of Energy-Efficient Housing: Application of Cost Approach and DCF Analysis

박진규 Park, Jin Gyu
명지대학교 부동산학 박사과정(제1저자)
㈜대화감정평가법인 감정평가사
21-jk@hanmail.net

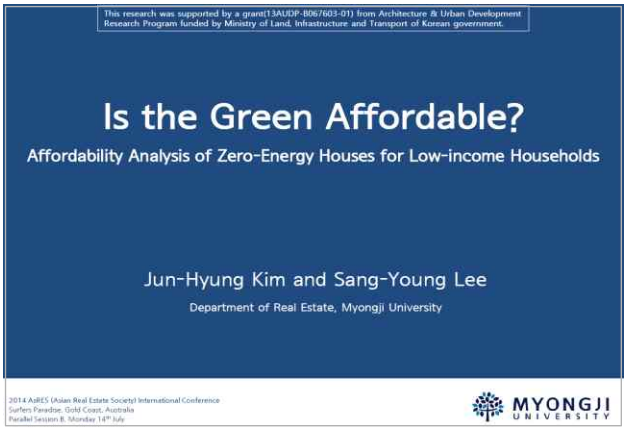
김준형 Kim, Jun Hyung
명지대학교 부동산학과 부교수(교신저자)
junhgkim@gmail.com

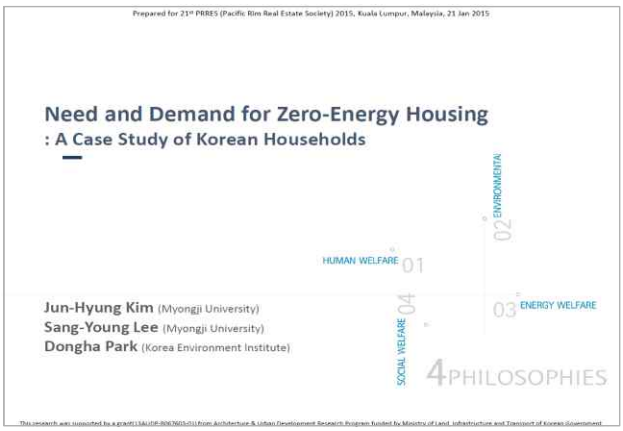
이상영 Lee, Sang Young
명지대학교 부동산학과 교수
syleere@naver.com

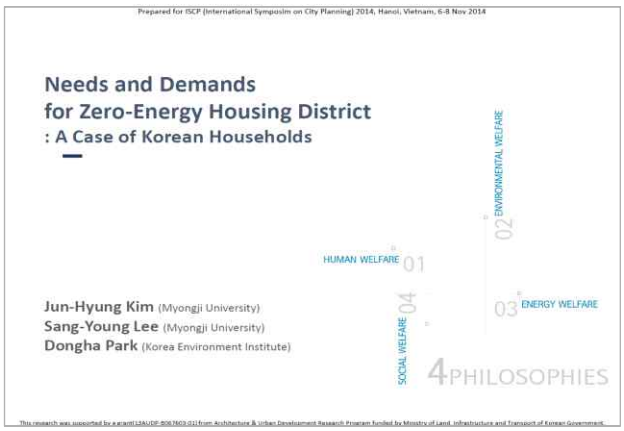
임인혁 Lim, In Hyok
명지대학교 건축학과 박사과정 수료
명지대학교 제로에너지 건축센터 연구원
inhuk23@naver.com

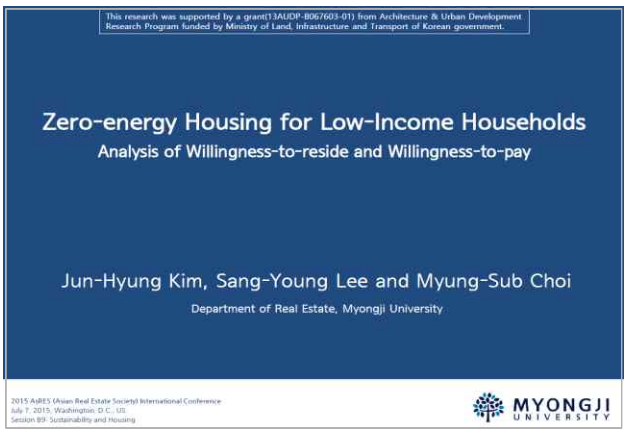
http://dx.doi.org/10.23843/es.16.3.4
한국감정평가학회 「감정평가학 논집」, 제16권 제3호 (2017년 12월), 77~105쪽

■ 국외학술대회발표 5건









A study on a real estate appraisal of zero energy housing[1]

Park, Jin-Gyu** · Lim, In-Hyok*** · Kim, Jun-Hyung**** · Lee, Sang-Young*****

< Abstract >

The government of Republic Korea has intensified the related standards of obligation of newly constructed zero energy housings in 2025 to cope with the climate change and reduction of greenhouse gas emissions. Intensification of energy efficiency of housing reduces the energy cost during the operation period while increases the initial construction cost and maintenance fee. In the case of developed countries, where leading the field in energy efficiency of buildings, has continued the research on techniques of real estate appraisal since the mid-1990s, especially about the economic effect of each energy performance of buildings and its value change. To revitalize the zero energy housing market in Korea, grounds were prepared to apply the energy efficiency of buildings on property value in real estate appraisal of green buildings in December 2016. Moreover, practical standards included the increasing values as having the environmental friendly equipments, such for the reduction of greenhouse gas emissions, new/renewable energy use and efficient energy use. However, current practical standards do not offer the specific details and concrete methods to reflect those increasing values, and bring difficulties to calculate the market values substantially. This study built basic database for the zero energy housings' real estate appraisal, based on the design statement of empirical complex of zero energy housings, currently constructing in No-Won district of Seoul, and its result of energy simulation. It, also, offered the method of appraisal how to apply the increased values from DCF Analysis and Cost Approach by comparing the regular housings and zero energy housings.

Keywords : Zero energy housing, Energy performance, Real estate appraisal, DCF Analysis, Cost Approach

I. Introduction

Republic of Korea set a goal to reduce Greenhouse gases (GHGs) emission by 37% in 2030 after the Paris Agreement, December 2015. As buildings account for 25% of entire GHGs emission, related regulations, starting from public/federal buildings in 2020 to residential ones in 2025, has been strengthened gradually to aim for the mandatory of zero energy performance in newly constructed buildings. Zero energy building refers to the buildings that minimize the

* This research was supported by a grant(13AUOP-B067603-01) from Urban Architecture Program funded by Ministry of Land, Infrastructure and Transport of Korean government
** Dept. of Real Estate, Myongji University, Appraiser(First author, 21-jk@hanmail.net)
*** Dept. of Architecture, Myongji University
**** Dept. of Real Estate, Myongji University
***** Dept. of Real Estate, Myongji University(Corresponding author, syleere@naver.com)

■ 국내학술대회발표 5건


한국기후변화학회 2014년 하반기 학술대회 발표논문(부산 경성대학교 중앙도서관 27호관)

해외 제로 에너지주택 비즈니스 모델 사례와 시사점*

2014. 11. 7

이상영(명지대학교 부동산학과 교수)
김준형(명지대학교 부동산학과 교수)

* 본 연구는 국토교통부 도시건축 연구개발사업의 연구비지원(13AUDP-B067603-01)에 의해 수행되었습니다.

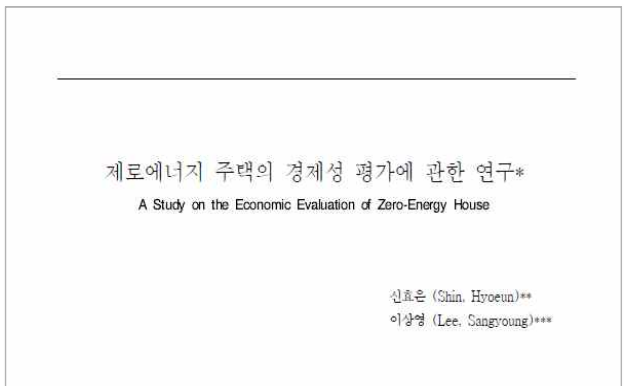

2015 녹색건축 한마당

건축물 에너지 절감목표의 경제적 타당성: 주택을 중심으로

2015. 10. 21

김 준 형

국토교통부


제로에너지 주택의 경제성 평가에 관한 연구*

A Study on the Economic Evaluation of Zero-Energy House

신효은 (Shin, Hyoeun)**
이상영 (Lee, Sangyoung)***

< Abstract >

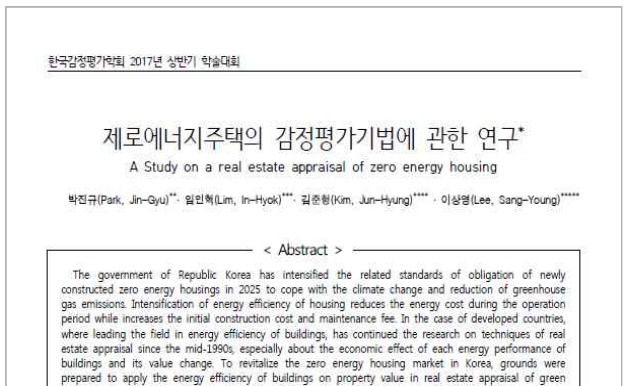
Nowaday, green-house gases come to the fore as the major issues internationally, and nations carry forward various policies to reduce them. Thus the importance of zero-energy house has emerged on the surface of housing industry.

However, in domestic level, data for the economic feasibility of zero-energy housing plan is inadequate. This thesis calculates and compares the cost differences between regular house and zero energy house. The additional cost of zero-energy house with using the base construction costs that are used in the basic and average types of housing.

The evaluation is measured by taking the specific period of time in which collecting costs that are earned by the reduced energy costs of zero-energy house. Because the economic feasibility of zero-energy housing project is revealed to be insufficient, so the thesis introduce the domestic policies that might help to boost the economic feasibility of zero-energy housing project.

주 제 어 : 제로에너지주택, 경제성 평가, 패시브하우스, 신재생에너지
Keywords : zero-energy house, economic evaluation, passive house, new regeneration energy

* 본 연구는 국토교통부 도시건축 연구개발사업의 연구비지원(13AUDP-B067603-01)에 의해 수행되었습니다.
** 명지대학교 부동산대학원 석사과정, hyoeun0618@nate.com (주저자)
*** 명지대학교 부동산학과 부교수, syleese@naver.com (교신저자)



제로에너지주택의 감정평가기법에 관한 연구*

A Study on a real estate appraisal of zero energy housing

박진규(Park, Jin-Gyu)**· 임인혁(Lim, In-Hyok)***· 김준형(Kim, Jun-Hyung)**** · 이상영(Lee, Sang-Young)*****

< Abstract >

The government of Republic Korea has intensified the related standards of obligation of newly constructed zero energy housings in 2025 to cope with the climate change and reduction of greenhouse gas emissions. Intensification of energy efficiency of housing reduces the energy cost during the operation period while increases the initial construction cost and maintenance fee. In the case of developed countries, where leading the field in energy efficiency of buildings, has continued the research on techniques of real estate appraisal since the mid-1990s, especially about the economic effect of each energy performance of buildings and its value change. To revitalize the zero energy housing market in Korea, grounds were prepared to apply the energy efficiency of buildings on property value in real estate appraisal of green buildings in December 2016. Moreover, practical standards included the increasing values as having the environmental friendly equipments, such for the reduction of greenhouse gas emissions, new/renewable energy use and efficient energy use. However, current practical standards do not offer the specific details and concrete methods to reflect those increasing values, and bring difficulties to calculate the market values substantially. This study built basic database for the zero energy housings' real estate appraisal, based on the design statement of empirical complex of zero energy housings, currently constructing in No-Won district of Seoul, and its result of energy simulation. It, also, offered the method of appraisal how to apply the increased values from DCF Analysis and Cost Approach by comparing the regular housings and zero energy housings.

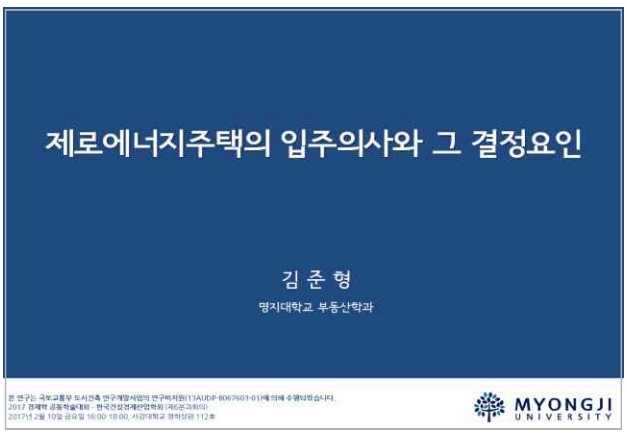
주 제 어 : 제로에너지주택, 에너지 성능, 감정평가, DCF법, 원가법
Keyword : Zero energy housing, Energy performance, Real estate appraisal, DCF Analysis, Cost Approach

I. 서론

한국 정부는 2015년 12월 파리 기후협약을 통해 2030년까지 온실가스 배출전망치의 37%를 감축하는 목표를 설정하였다. 이에 전체 온실가스 배출량의 약 4분의 1을 차지하는 건축물 분야의 에너지 효율화를 위해 2020년부터 공공부문을 시작으로, 2025년에는 민간부문까지 신축건축물의 제로에너지 성능 의무화를 목표로 관련 기준을 단계별로 강화하고 있다. 여기서 제로에너지건축물이란 건축물에서 사용되는 에너지 소비를 최소화하고 신·재생에너지를 적극 활용하여 건축물 자체의 에너지 자립도를 높인 건축물로서, 유럽과 미국 등 선진국에서는 이미 제로에너지건축물의 의무화 목표를 수립하여 재정적·정책적 지원을 통해 시장 확대를 유도하고 있다.(국토교통부, 2017)

이러한 건축물의 에너지 성능 강화는 경제적 수명 동안 에너지 비용을 절감시키는 반면 추가적인 패시브 및

* 본 연구는 국토교통부 도시건축 연구개발사업의 연구비지원(13AUDP-B067603-01)에 의해 수행되었습니다.
** 명지대학교 부동산학과 박사과정, 부대화감정평가법인 감정평가사(First author, 21-jk@hanmail.net)
*** 명지대학교 건축학과 박사과정 수료, 명지대학교 제로에너지 건축센터 연구원
**** 명지대학교 부동산학과 교수
***** 명지대학교 부동산학과 교수

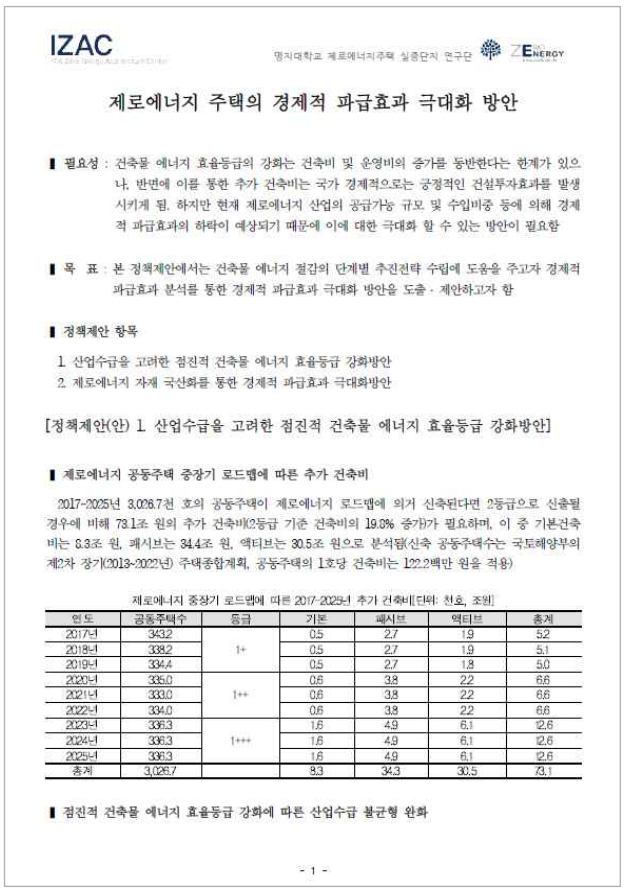

제로에너지주택의 입주의사와 그 결정요인

김 준 형
명지대학교 부동산학과

본 연구는 국토교통부 도시건축 연구개발사업의 연구비지원(13AUDP-B067603-01)에 의해 수행되었습니다.
2017 경제학 공동학술대회 · 한국주성경제학업학회 (제5호 2회차)
2017년 2월 10일 금요일 16:00-18:00, 서강대학교 경제상관 112호

MYONGJI UNIVERSITY

■ 정책제안 2건



IZAC

명지대학교 제로에너지주택 실증단지 연구단

제로에너지 주택의 경제적 파급효과 극대화 방안

▌필요성 : 건축물 에너지 효율등급의 강화는 건축비 및 운영비의 증가를 동반한다는 한계가 있으나, 반면에 이를 통한 추가 건축비는 국가 경제적으로는 긍정적인 건설투자효과를 발생시키게 됨. 하지만 현재 제로에너지 산업의 공급가능 규모 및 수입비중 등에 의해 경제적 파급효과의 하락이 예상되기 때문에 이에 대한 극대화 할 수 있는 방안이 필요함

▌목 표 : 본 정책제안에서는 건축물 에너지 절감의 단계별 추진전략 수립에 도움을 주고자 경제적 파급효과 분석를 통한 경제적 파급효과 극대화 방안을 도출 · 제안하고자 함

▌정책제안 항목

1. 산업수급을 고려한 점진적 건축물 에너지 효율등급 강화방안
2. 제로에너지 자재 국산화를 통한 경제적 파급효과 극대화방안

[정책제안(안) 1. 산업수급을 고려한 점진적 건축물 에너지 효율등급 강화방안]

▌제로에너지 공동주택 중장기 로드맵에 따른 추가 건축비

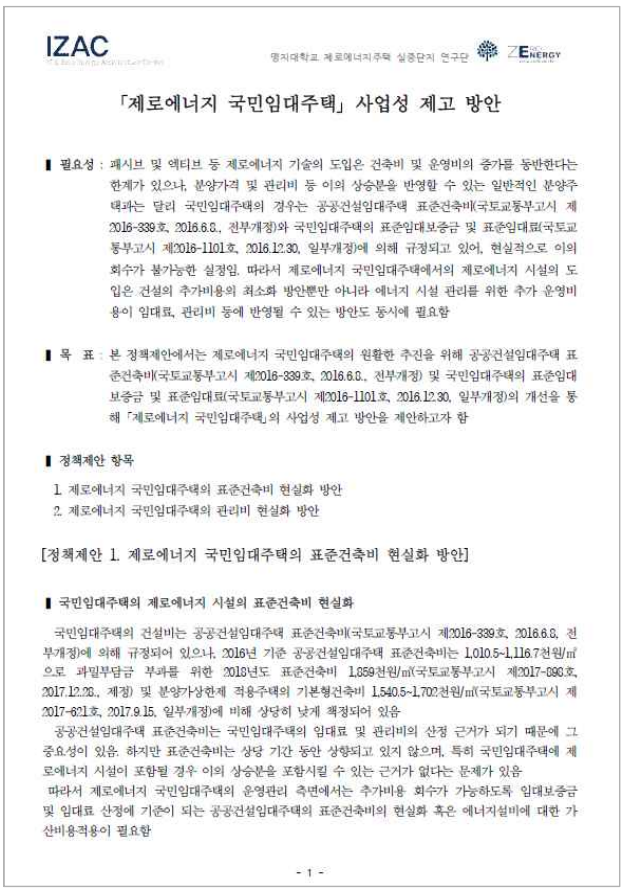
2017~2025년 3,026.7천 호의 공동주택이 제로에너지 로드맵에 의거 신축된다면 2등급으로 신출될 경우에 비해 73.1조 원의 추가 건축비(2등급 기준 건축비의 19.0% 증가)가 필요하며, 이 중 기본건축비는 8.3조 원, 패시브는 34.4조 원, 액티브는 30.5조 원으로 분석됨(신축 공동주택수는 국토해양부의 제2차 장기(2013~2022년) 주택종합계획, 공동주택의 1호당 건축비는 122.2백만 원을 적용)

제로에너지 중장기 로드맵에 따른 2017-2025년 추가 건축비[단위: 천호, 조원]

연 도	공동주택수	등급	기본	패시브	액티브	총계
2017년	343.2	1+	0.5	2.7	1.9	5.2
2018년	338.2		0.5	2.7	1.9	5.1
2019년	334.4		0.5	2.7	1.8	5.0
2020년	335.0	1++	0.6	3.8	2.2	6.6
2021년	333.0		0.6	3.8	2.2	6.6
2022년	334.0		0.6	3.8	2.2	6.6
2023년	336.3	1+++	1.6	4.9	6.1	12.6
2024년	336.3		1.6	4.9	6.1	12.6
2025년	336.3		1.6	4.9	6.1	12.6
총계	3,026.7		8.3	34.3	30.5	73.1

▌점진적 건축물 에너지 효율등급 강화에 따른 산업수급 불균형 완화

- 1 -



IZAC

명지대학교 제로에너지주택 실증단지 연구단

「제로에너지 국민임대주택」 사업성 제고 방안

▌필요성 : 패시브 및 액티브 등 제로에너지 기술의 도입은 건축비 및 운영비의 증가를 동반한다는 한계가 있으나, 분양가격 및 관리비 등 이의 상승분을 반영할 수 있는 일반적인 분양주택과는 달리 국민임대주택의 경우는 공공건설임대주택 표준건축비(국토교통부고시 제2016-339호, 2016.6.8., 전부개정)와 국민임대주택의 표준임대보증금 및 표준임대료(국토교통부고시 제2016-1101호, 2016.12.30, 일부개정)에 의해 규정되고 있어, 현실적으로 이의 회수가 불가능한 실정임. 따라서 제로에너지 국민임대주택에서의 제로에너지 시설의 도입은 건설의 추가비용의 최소화 방안뿐만 아니라 에너지 시설 관리를 위한 추가 운영비용이 임대료, 관리비 등에 반영될 수 있는 방안도 동시에 필요함

▌목 표 : 본 정책제안에서는 제로에너지 국민임대주택의 원활한 추진을 위해 공공건설임대주택 표준건축비(국토교통부고시 제2016-339호, 2016.6.8., 전부개정) 및 국민임대주택의 표준임대보증금 및 표준임대료(국토교통부고시 제2016-1101호, 2016.12.30, 일부개정)의 개선을 통해 「제로에너지 국민임대주택」의 사업성 제고 방안을 제안하고자 함

▌정책제안 항목

1. 제로에너지 국민임대주택의 표준건축비 현실화 방안
2. 제로에너지 국민임대주택의 관리비 현실화 방안

[정책제안 1. 제로에너지 국민임대주택의 표준건축비 현실화 방안]

▌국민임대주택의 제로에너지 시설의 표준건축비 현실화

국민임대주택의 건설비는 공공건설임대주택 표준건축비(국토교통부고시 제2016-339호, 2016.6.8. 전부개정)에 의해 규정되어 있으나, 2016년 기준 공공건설임대주택 표준건축비는 1,010.5~1,116.7천원/㎡으로 과밀부담금 부과를 위한 2018년도 표준건축비 1,059천원/㎡(국토교통부고시 제2017-890호, 2017.12.28., 제정) 및 분양가상한제 적용주택의 기본형건축비 1,540.5~1,702천원/㎡(국토교통부고시 제2017-621호, 2017.9.15, 일부개정)에 비해 상당히 낮게 책정되어 있음

공공건설임대주택 표준건축비는 국민임대주택의 임대료 및 관리비의 산정 근거가 되기 때문에 그 중요성이 있음. 하지만 표준건축비는 상당 기간 동안 상향되고 있지 않으며, 특히 국민임대주택에 제로에너지 시설이 포함될 경우 이의 상승분을 포함시킬 수 있는 근거가 없다는 문제가 있음

따라서 제로에너지 국민임대주택의 운영관리 측면에서는 추가비용 회수가 가능하도록 임대보증금 및 임대료 산정에 기준이 되는 공공건설임대주택의 표준건축비의 현실화 혹은 에너지설비에 대한 가산비용적용이 필요함

- 1 -

■ 해외학술지(SCOPUS index)게재예정 1건

◦ 제목: A Review of Zero Energy Housing (ZEH) Regulations for Low-Income Households

◦ 학술지명: International Journal of Knowledge-Based Development

◦ 상황: 게재확정, 실게재일자 미정

(6) A-6 제로에너지주택 및 단지 모델별 경제성 검증

연구개요

■ 연구기간

2013.10.14 ~ 2017.10.13 (4년)

■ 연구목표

본 연구에서는 일반주택단지 대비 제로에너지주택단지에서 추가 발생하는 비용과 편익항목들을 분석하고, 제로에너지주택 경제성평가를 위한 새로운 모형을 제시하고자 한다.

특히 실증단지의 구축과정에서 도출되는 설계내역, 계약심사, 도급내역 등을 분석하여, 주택에너지성능 향상에 따른 공사비용 상승 간의 상관관계를 분석하고, 추가공사요소에 대한 장기수선비용을 분석하여 장기적 관점의 추가비용규모 산정이 필요하다. 또한 제로에너지 주택단지 구축에 따른 에너지 절감효과와 온실가스배출량 감축, 거주쾌적성 증가, 건축물 장수명화, 브랜드가치 창출 등 편익에 대한 정량적 가치를 분석하고자 한다.

최종적으로 실측된 비용 및 편익 항목을 이용한 제로에너지주택 및 단지의 경제성을 검증하고, 분석결과에 근거한 제로에너지 주택 단지의 경제성 제고를 위한 정책대안을 도출하여 제시하는 것을 목적으로 한다.

■ 연구전략

이 연구에서는 제로에너지주택 및 단지 모델별 경제성 검증 연구를 수행하기 위해 다음과 같은 연구의 전략을 수립했다.

- 시기별 적절한 경제성평가를 실시하여, 효과 · 효율적인 실증을 지원하는 것
- 건축물 생애주기에 따른 경제성평가를 실시하여 제로에너지 주택의 정확한 가치를 증명하는 것
- 제로에너지 주택이 거주자로부터 사회 전반에 미치는 비용 편익을 분석하는 것

■ 연구의 전략에 따른 경제성검증 방법

위에서 제시한 본 연구의 전략에 따라 아래와 같은 경제성 검증방법을 구성 및 수행한다.

실증단지 구축 프로세스별 경제성평가 계획 수립 실증단지 구축과정에서 기획설계, 실시설계, 시공, 준공 등 실증 프로세스별 적절한 경제성평가를 진행하여 정보를 제공함으로써, 비용효과 및 효율적인 실증을 지원한다.

준공 후 총괄사업 측면에서 진행하는 경제성 검증연구는 건축물 생애주기비용(LCC) 분석으로 제로에너지 주택단지의 기획, 설계, 시공, 운영 및 관리, 폐기단계의 건축물 생애주기에 따른 비용의 증감을 분석하고, 경제성평가를 실시한다.

추가적으로 제로에너지 주택 거주자의 열적쾌적성 및 건강지표 향상에 미치는 영향, 주택 에너지소비량 감소가 국가 경제에 미치는 영향, 제로에너지 주택단지의 국가온실가스 감축효과 등 제로에너지 주택단지의 사회적 영향을 비용편익을 분석한다.

연구내용 1	제로에너지 주택단지의 경제성분석

■ 서론

◦ 연구의 배경 및 목적

대한민국정부는 2015년 11월 파리에서 개최된 제21차 유엔기후변화협약 당사국 총회(COP21)을 통해, 2030년까지 국가 온실가스 배출전망(BAU) 대비 37% 감축목표를 제시하였다. 특히, 온실가스 및 에너지사용량 감축이 제품단가와 생산량에 직접적 영향을 미치는 산업 및 수송부분 대비, 감축잠재량이 큰 건축물 부분에 보다 많은 감축목표가 설정될 것으로 전망된다.

2014년 7월 국토교통부는 제로에너지 빌딩 활성화 방안[6]을 통해 신축건물에 2017년 패시브 설계, 2025년 제로에너지 성능확보를 의무화하는 국가로드맵을 발표했다. 또한 목표달성을 위한 핵심기술 확보, 제도 정비 및 기반 구축, 보조금 지원 및 시범사업 추진 등을 통한 활성화를 추진 중에 있다. 하지만 2012년 서울시 투 융자심사의 경제성 분석을 위한 가이드라인 연구(환경·에너지편)[7]에 따르면 환경 에너지 분야의 공공투자 의사결정이 해당사업의 투자여부 판단을 위한 경제성 분석 지침이나 관련 자료가 충분히 누적될 만한 시간을 갖지 못한 채 당시의 정치적, 사회적 상황에 맞추어 형식적으로 투융자 심사 의뢰서가 작성되고, 정책적인 측면에서 의사 결정이 진행되는 문제점을 가져왔다고 분석하고 있다.

제로에너지주택 의무화 제도 또한 에너지 절감효과와 동반한 온실가스배출량 감축효과 그 외 거주쾌적성 증가, 건축물 장수명화, 브랜드가치의 상승 등 많은 이익이 발생하지만, 초기 공사비용과 유지관리비용이 증가하는 추가적 비용이 발생한다. 연구를 통해 구축되는 '제로에너지 주택 실증단지'는 국내 최초 5대 건물에너지(난방·냉방·급탕·환기·조명) 대상 넷제로일차에너지[8] 단지로서, 앞으로 2025년 제로에너지주택 의무화 제도의 타당성과 적정성을 판단할 수 있는 중요한 근거자료가 될 수 있다.

본 연구에서는 일반주택단지 대비 제로에너지주택단지에서 추가 발생하는 비용과 편익항목들을 분석하고, 제로에너지주택 경제성평가를 위한 새로운 모형을 제시하고자 한다.

특히 실증단지의 구축과정에서 도출되는 설계내역, 계약심사, 도급내역 등을 분석하여, 주택 에너지성능 향상에 따른 공사비용 상승 간의 상관관계를 분석하고, 추가공사요소에 대한 장기수선비용을 분석하여 장기적 관점의 추가비용규모 산정이 필요하다. 또한 제로에너지 주택단지 구축에 따른 에너지 절감효과와 온실가스배출량 감축, 거주쾌적성 증가, 건축물 장수명화, 브랜드가치 창출 등 편익에 대한 정량적 가치를 분석하고자 한다.

최종적으로 실측된 비용 및 편익 항목을 이용한 제로에너지주택 및 단지의 경제성을 검증하고, 분석결과에 근거한 제로에너지 주택 단지의 경제성 제고를 위한 정책대안을 도출하여 제시하는 것을 목적으로 한다.

---

6) 2014.7.17 제 11차 국가과학기술자문회의 - 국토부, 제로에너지빌딩 활성화 방안 발표
7) 서울시 투·융자심사의 경제성 분석을 위한 가이드라인 연구, 서울공공투자관리센터, 2012
8) 건물이 연간 사용하는 1차 에너지와 생산하는 1차 에너지 대차대조 제로

◦ **연구의 대상**

본 연구에서는 제로에너지주택 및 단지 모델별 경제성 검증을 위해 다음과 같은 연구대상을 설정하였다.

표79. 경제성검증 연구의 대상 주택

구분	목업주택	제로에너지주택 실증단지				한국형 표준주택 모델		
코드	A1	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3
주택유형	단독주택	단독주택	합벽주택	연립주택	아파트	단독주택	다세대주택	판상형아파트
세대면적	81.04㎡ (24.6평)	59.7㎡ (18평)	59.7㎡ (18평)	49.5㎡ (15평)	39.9㎡/49.7㎡/59.5㎡ (12/15/18평)	142.11㎡ (43.1평)	59.54㎡ (18평)	84.51㎡ (25.6평)
세대 수	1세대	2세대	4세대	9세대	106세대	1세대	8세대	60세대

◦ **연구의 전략 및 방법**

이 연구에서는 제로에너지주택 및 단지 모델별 경제성 검증 연구를 수행하기 위해 다음과 같은 연구의 전략을 수립했다.

- 시기별 적절한 경제성평가를 실시하여, 효과 · 효율적인 실증을 지원하는 것
- 건축물 생애주기에 따른 경제성평가를 실시하여 제로에너지 주택의 정확한 가치를 증명하는 것
- 제로에너지 주택이 거주자로부터 사회 전반에 미치는 비용 편익을 분석하는 것

위에서 제시한 본 연구의 전략에 따라 아래와 같은 경제성 검증방법을 구성 및 수행한다.

실증단지 구축 프로세스별 경제성평가 계획 수립 실증단지 구축과정에서 기획설계, 실시설계, 시공, 준공 등 실증 프로세스별 적절한 경제성평가를 진행하여 정보를 제공함으로써, 비용효과 및 효율적인 실증을 지원한다.

기획설계단계에서 진행하는 경제성 검증연구는 목업(Mock-up)주택의 설계 견적내역을 분석하고 견적대비 실행에 대한 공사비를 비교 분석한다. 또한 실증단지 적용 기술요소별 (외벽 단열재 두께, 창호 및 단열문 등) 에너지성능에 따른 비용 회수기간을 분석한다.

실시설계단계에서 진행하는 경제성 검증연구는 실증단지 공사별(건축공사, 토목공사, 조경공사, 기계 및 소방공사, 전기 및 통신공사 등) 제로에너지 성능 달성을 위해 추가된 비용을 분석한다. 또한 2013년 기준상 에너지성능에 부합하는 일반단지와 공사내역 비교를 통해 에너지 성능별 추가 비용을 분석한다.

준공 후 총괄사업 측면에서 진행하는 경제성 검증연구는 건축물 생애주기비용(LCC) 분석으로 제로에너지 주택단지의 기획, 설계, 시공, 운영 및 관리, 폐기단계의 건축물 생애주기에 따른 비용의 증감을 분석하고, 경제성평가를 실시한다.

추가적으로 제로에너지 주택 거주자의 열적쾌적성 및 건강지표 향상에 미치는 영향, 주택 에너지소비량 감소가 국가 경제에 미치는 영향, 제로에너지 주택단지의 국가온실가스 감축효과 등 제로에너지 주택단지의 사회적 영향을 비용편익을 분석한다.

■ 본론

◦ 제로에너지주택 경제성검증 모형

제로에너지 주택을 통해 발생하는 편익은 직접편익으로 에너지 절감에 따른 편익과 신재생에너지를 이용한 발전을 통해 발생하는 편익이 있으며, 간접편익으로 온실가스 감축편익이 발생한다. 에너지 절감편익은 건축물의 에너지효율 향상을 통해 절감되는 에너지량에 에너지 시장가격을 곱하여 산정한다. 즉, 건축물의 효율성이 제고 되면 기존 건축물의 에너지사용량이 줄어들게 되므로 이러한 에너지 절감 편익이 건축물에너지합리화 편익이 된다. 에너지 생산 편익은 신재생에너지를 통해 생산되는 에너지로부터 발생하는 편익이며, 전기 · 열 등과 같은 2차에너지의 생산편익은 시장가격 (간접세 포함)을 토대로 산출 할 수 있다. (서울공공투자관리센터, 2012)[9)]

표 80. 제로에너지 공동주택의 편익항목 및 분석방법

항목	내용	분석방법
1) 생산된 전력을 단지 내에서 소비할 경우(자가용)		
직접편익	에너지 절감편익	에너지절감편익 = 전력절감편익[1)] + 열절감편익[2)] 1) 전력절감편익 = 일반주택 전력요금* - 제로에너지주택 전력요금 *전력요금 = (전력사용량-전력생산량) × 용도별 전력요금 단가 2) 열절감편익 = 일반주택 열요금* - 제로에너지주택 열요금 *열요금 = (열사용량-열생산량) × 열요금 단가
	발전전력 판매편익	발전전력 판매편익 = 잔여전력 판매수익(SMP)[1)] + 공급인증서 판매수익(REC)[2)] 1) 잔여전력 판매수익 = (전력생산량 - 전력사용량) × SMP단가 2) 공급인증서 판매수익 = (전력생산량 - 전력사용량) × REC단가 × REC가중치
간접편익	온실가스 저감편익	온실가스 저감편익 = 연간 온실가스 감축량[1)] × 배출권거래가 1) 연간 온실가스 감축량 = (일반주택 에너지사용량 - 제로에너지주택 에너지사용량 + 신재생에너지생산량)
2) 생산된 전력을 전력거래소에 판매할 경우(상업용)		
직접편익	에너지 절감편익	에너지절감편익 = 전력절감편익[1)] + 열절감편익[2)] 1) 전력절감편익 = 일반주택 전력요금* - 제로에너지주택 전력요금 *전력요금 = 전력사용량 × 용도별 전력요금 단가 2) 열절감편익 = 일반주택 열요금* - 제로에너지주택 열요금 *열요금 = (열사용량-열생산량) × 열요금 단가
	발전전력 판매편익	발전전력 판매편익 = 전력 판매수익(SMP)[1)] + 공급인증서 판매수익(REC)[2)] 1) 전력 판매수익 = 전력생산량 × SMP단가 2) 공급인증서 판매수익 = 전력생산량 × REC단가 × REC가중치
간접편익	온실가스 저감편익	온실가스 저감편익 = 연간 온실가스 감축량[1)] × 배출권거래가 1) 연간 온실가스 감축량 = (일반주택 에너지사용량 - 제로에너지주택 에너지사용량 + 신재생에너지생산량)

9) 서울공공투자관리센터 연구원 (2012). 전개서

비용 산출에서는 구체적인 공사물량과 시공 시 지출되는 평균 공사비 등이 고려되어야 한다. 공사비는 용도별로 공사비 항목과 공사물량, 공사단가를 사업에 따라 추정하는 것이 바람직하나, 사전적 비용분석단계에서 공사 단가를 개별로 산출하기에 어려움이 있으므로, 유사 시설용량 사례를 찾아 공사비를 적용할 수 있으며, 이때에는 충분한 자료를 근거로 제시해야 한다. 「서울시 투·융자심사의 경제성 분석을 위한 가이드라인 연구」(2012)에서 제시하는 건축물 에너지합리화사업의 사전적 비용분석단계에서 비용을 추정하는 방법은 다음과 같다.

단, 서울시 투·융자심사에서는 해당 사업의 전체 비용편익을 분석하기 때문에 일반주택에 해당하는 사업비와 운영비를 모두 분석하지만 본 연구에서는 일반주택을 제로에너지 성능으로 높이기 위해 추가되는 비용만을 분석해야 하므로 일반주택과 변동이 없는 항목(보상비, 용역비, 시설부대비, 인건비 등)에 경우 매몰비용(sunk cost)[10]처리한다.

중간 또는 사후적 분석단계에서는 구체적인 공사물량과 공종별 공사내역서가 도출되기 때문에 사전적 비용분석 단계보다 구체적인 분석이 가능하다. 단, 설계 및 견적을 산출하는 회사별로 산정기준 및 총공사비용 산출을 위해 적용하는 요율이 다르기 때문에 적용 요율을 확실하게 기재해야 하며, 추가공사비용을 계산하기 위해 일반주택에 해당하는 비용을 명확하게 기재해야 한다.

표 81. 제로에너지 공동주택의 비용항목 및 분석방법

항목	내용	분석방법
1) 사전적 비용분석단계		
사업비	추가공사비	비용추정 시 참고자료 - 서울시 「그린서울 저탄소 녹색성장 실현을 위한 친환경 공공 건축물 공사비 책정 가이드라인(2011) - 조달청의 「공공건축물 유형별 공사비 분석」
운영비	추가수선비	- 한국건축물 유지관리협회의 「건축물 유지관리비 표준도급비 산정기준」 - 건축물 용도별 유지관리비 위탁단가 비용 - 유사시설 면적당 단가 적용
2) 중간·사후 비용분석단계		
사업비	추가공사비	추가공사비 = 기술요소별 추가공사비[1] × 항목별 요율[2] 1) 기술요소별 추가공사비 = 추가재료비* + 추가노무비* + 추가경비* *추가공사비(재료비/노무비/경비) = 일반주택 공사비 - 제로에너지주택 공사비 2) 항목별 요율 : 공사내역서를 작성기관 기본요율 적용 [4장 1절]
운영비	추가수선비	추가수선비 = 기술요소별 추가공사비 × 수선비율 ÷ 수선주기

◦ 제로에너지주택 에너지절감 편익 분석

공동주택의 5대 에너지소요량에 대한 비용을 분석하기 위해서는 각 장비별 사용하는 에너지원에 따라 에너지소요량을 구분하여 요금을 계산해야 하며, 특히 전력요금에 경우 계약방식에 따라 요금이 크게 차이나기 때문에 해당용도에 따른 계약방식에 대한 기준 검토가 필요하다.

10) 매몰비용(sunk cost) : 이미 투자되어 어떤 의사결정이 이뤄진다 하더라도 회수할 수 없는 비용 → 분석에서 제외

표 82. 제로에너지 공동주택의 에너지 절감편익 분석방법

항목	내용	분석방법
직접편익	에너지 절감편익	에너지절감편익 = 전력절감편익[1] + 열절감편익[2] 1) 전력절감편익 = 일반주택 전력요금* - 제로에너지주택 전력요금 *전력요금 = 전력사용량 × 용도별 전력요금 단가 2) 열절감편익 = 일반주택 열요금* - 제로에너지주택 열요금 *열요금 = (열사용량-열생산량) × 열요금 단가

본 연구에서는 일반주택에 경우 난방과 급탕에너지를 지역난방으로 공급하며, 냉방 · 환기 · 조명에너지를 전력으로 공급한다. 제로에너지주택은 5대 에너지를 모두 전기를 에너지원으로 공급하며 정리하면 다음과 같다.

표 83. 에너지원별 공급회사 및 적용요금제

구분	일반주택		제로에너지주택	
	난방, 급탕	냉방, 환기, 조명	난방, 냉방, 급탕	환기, 조명
에너지원	지역난방	전기	전기	전기
에너지원 공급회사	서울에너지공사	한국전력	한국전력	한국전력
적용요금제	주택용 임대주택	주택용 고압	일반용(갑) Ⅰ 고압A	주택용 고압

노원구 하계동에 지역난방을 공급하는 에너지회사는 서울에너지공사이며, 적용요금제는 주택용 중 임대주택 전용 요금제이다. 주택에서 사용하는 전력은 주택용 전력요금제가 적용되나, 한국전력의 전기공급약관 제 56조 [주택용 전력] 1항 1목[11]에서 신에너지 및 재생에너지 개발 · 이용 · 보급촉진법 제13조(신 · 재생에너지설비의 인증 등)에 의해 인증된 지열설비는 별도 분리하여 일반용전력을 적용한다고 규정하고 있다. 따라서 제로에너지 주택의 난방, 냉방, 급탕에너지는 일반용(갑) 고압A 요금제를 적용하며, 이 밖에 전력은 주택용 고압 요금제를 적용한다.

표 84. 서울에너지공사 주택 임대주택용 열요금표

구분		기본요금	사용요금	부가가치세
주택용 임대주택용	동절기 1월~3월, 12월	계약면적㎡당 41.40원	50.7658 원/kWh	(기본+사용요금)의 10 %
	하절기 6월~9월		48.0052 원/kWh	
	춘추절기 4월~5월, 10월~11월		49.1920 원/kWh	

표 85. 한국전력의 전력요금제

구분		기본요금	사용요금	부가가치세	전력기금
일반용 전력(갑) Ⅰ 고압A 선택1	여름철 6월~8월	계약전력 kW당 7,170 원	115.9 원/kWh	(기본+사용요금)의 10 %	(기본+사용요금)의 3.7 %
	봄 · 가을철 (3월~5월, 9월~10월)		71.9 원/kWh		
	겨울철 (1월~2월, 11월~12월)		103.6 원/kWh		
주택용 전력(고압)	200 kWh 이하 사용	가구당 730 원	처음 200 kWh까지 78.3 원/kWh		
	201 ~ 400 kWh 사용	가구당 1,260 원	다음 200 kWh까지 147.3 원/kWh		
	400 kWh 초과 사용	가구당 6,060 원	400 kWh 초과 215.6 원/kWh		

11) 한국전력 (2017), 전기공급약관 제 56조 [주택용 전력] 1항 1목

ISO13790 기반 에너지성능 평가를 통해 연구대상의 5대 에너지소요량을 분석하였으며, 분석 결과를 에너지원별로 분류하면 다음과 같다.

표 86. 103동 단위세대 에너지원별 소요량 및 절감량 (단위 : kWh/년)

구분		일반주택			제로에너지주택			에너지절감량
		전환장비	에너지원	소요량	전환장비	에너지원	소요량	
5대에너지 소요량	난방	열교환기	지역난방	4,574.2	지열 히트펌프	일반전력	553.2	4,021.0
	냉방	EHP	주택용 전력	634.6		일반전력	201.6	432.9
	급탕	열교환기	지역난방	3,033.7		일반전력	1,270.9	1,762.8
	환기	-	-	0.0	환기장치	주택용 전력	348.3	-348.3
	조명	조명기기	주택용 전력	448.1	조명기기	주택용 전력	448.1	0.0
열(지역난방) 소요량				7,607.9			0	7,608
전력소요량	일반용(지열)			0			2,025.7	
	주택용			1,082.6			796.3	
	소계			1,082.6			2,822.1	-1,739
합계				8,690.5			2,822.1	5,868
비교(%)				100.0%			32.5%	67.5%

일반주택 대비 제로에너지주택의 주택용 전력사용량을 주택용(고압) 요금제를 적용하여 분석하면 다음과 같다. 주택용(고압) 요금제에 경우 200 kWh 구간단위로 3단계 누진제가 적용되는데 실 가정에서는 콘센트 전력이 사용되기 때문에 월간 단위세대 평균 콘센트 전력사용량 159 kWh를 적용하여 전력사용량을 산정한다. 일반주택의 기본요금, 사용요금, 부가가치세, 전력기금을 모두 합산한 연간 전력요금은 372,830원이 발생하며, 제로에너지주택은 연간 280,790원이 발생한다. 따라서 주택용(고압) 전력요금이 92,040원 절감된다.

표 87. 103동 세대별 주택용 전력요금 절감액

구분	일반주택				제로에너지주택				절감액 (원)
	전력사용량 (kWh)			전력요금 (원)	전력사용량 (kWh)			전력요금 (원)	
	5대에너지	콘센트	소계		5대에너지	콘센트	소계		
1월	59	159	218	22,240	69	159	228	23,910	-1,670
2월	50	159	209	20,560	60	159	219	22,240	-1,680
3월	53	159	212	21,070	65	159	224	23,080	-2,010
4월	56	159	215	21,580	64	159	223	23,080	-1,500
5월	91	159	250	27,440	67	159	226	23,580	3,860
6월	170	159	329	40,670	64	159	223	23,080	17,590
7월	223	159	382	49,540	65	159	224	23,250	26,290
8월	261	159	420	62,840	66	159	225	23,250	39,590
9월	156	159	315	38,320	65	159	224	23,250	15,070
10월	65	159	224	23,250	70	159	229	23,910	-660
11월	61	159	220	22,410	69	159	228	23,910	-1,500
12월	63	159	222	22,910	72	159	231	24,250	-1,340
합계	1,307	1,908	3,215	372,830	796	1,908	2,704	280,790	92,040

결과적으로 일반주택 대비 제로에너지 주택에서는 세대 당 열 절감편익에 해당하는 지역난방요금이 505,553(원/년)이 절감되며, 지열히트펌프가 사용하는 일반용 전력요금이 342,567(원/년) 증가한다. 세대 내에서 사용하는 주택용 전력요금은 92,040(원/년)이 절감되어 총 연간 255,026(원/년)의 에너지 절감편익이 발생한다.

[표 88] 세대 당 연간 에너지절감편익

구분	열절감편익	지열전력요금 증가	전력절감편익	총에너지절감편익
세대 당 편익	505,553 (원/년)	342,567 (원/년)	92,040 (원/년)	255,026 (원/년)

◦ **태양광 생산전력 판매방식에 따른 편익 분석**

공동주택에서 태양광발전설비를 설치할 경우 [표 52]과 같이 설치 목적에 따라 상업용과 자가용으로 구분할 수 있다. 상업용에 경우 생산된 전력을 태양광발전사업자 등록을 통해 전력시장에 SMP를 받고 판매할 수 있으며, 추가적으로 REC계약을 통해 수익을 창출할 수 있다. 자가용 방식은 생산된 전력을 공동주택 내부에서 우선적으로 사용하고 남는 전력을 전력망에 보내어 상계 거래하는 방식으로 수익을 만들며, 내보낸 전기에 대해서 상업용과 동일하게 SMP와 REC를 받고 판매할 수 있다.

표 89. 태양광 발전전력의 계약방식

구분	상업용	자가용
전력판매계약	태양광발전사업자	상계거래
수익방식	SMP+REC	세대전력요금 차액
비고	한전접속연계비용 추가 발생 본 연구에서는 고려하지 않음.	현물시장 REC 판매

따라서 자가용 방식에 경우 전력사용량에서 전력생산량을 차감하기 때문에 전력절감편익은 커지는 반면에 발전전력 판매편익이 작다. 상업용 방식에서는 에너지절감편익은 변하지 않으며, 발전된 전력을 모두 판매하기 때문에 태양광 발전편익이 발생한다.

표 90. 제로에너지 공동주택의 편익항목 및 분석방법

항목	내용	분석방법
1) 생산된 전력을 단지 내에서 소비할 경우(자가용)		
직접편익	에너지 절감편익	에너지절감편익 = 전력절감편익[1] + 열절감편익[2] 1) 전력절감편익 = 일반주택 전력요금* - 제로에너지주택 전력요금 *전력요금 = (전력사용량-전력생산량) × 용도별 전력요금 단가 2) 열절감편익 = 일반주택 열요금* - 제로에너지주택 열요금 *열요금 = (열사용량-열생산량) × 열요금 단가
	발전전력 판매편익	발전전력 판매편익 = 잔여전력 판매수익(SMP)[1] + 공급인증서 판매수익(REC)[2] 1) 잔여전력 판매수익 = (전력생산량 - 전력사용량) × SMP단가 2) 공급인증서 판매수익 = (전력생산량 - 전력사용량) × REC단가 × REC가중치
2) 생산된 전력을 전력거래소에 판매할 경우(상업용)		
직접편익	에너지 절감편익	에너지절감편익 = 전력절감편익[1] + 열절감편익[2] 1) 전력절감편익 = 일반주택 전력요금* - 제로에너지주택 전력요금 *전력요금 = 전력사용량 × 용도별 전력요금 단가 2) 열절감편익 = 일반주택 열요금* - 제로에너지주택 열요금 *열요금 = (열사용량-열생산량) × 열요금 단가
	발전전력 판매편익	발전전력 판매편익 = 전력 판매수익(SMP)[1] + 공급인증서 판매수익(REC)[2] 1) 전력 판매수익 = 전력생산량 × SMP단가 2) 공급인증서 판매수익 = 전력생산량 × REC단가 × REC가중치

분석 결과 자가용 발전방식에 경우 [표 57]과 같이 4월부터 6월, 9월에만 지열히트펌프 및 세대 내 전력을 모두 공급하고 잔여전력이 발생하며, 세대 당 열 절감편익에 해당하는 지역난방

요금이 505,553(원/년)이 절감되며, 지열히트펌프가 사용하는 일반용 전력요금이 136,939(원/년) 증가한다. 세대 내에서 사용하는 주택용 전력요금은 263,810(원/년)이 절감되어 총 연간 632,424(원/년)의 에너지 절감편익이 발생한다. 잔여전력에 대한 판매편익은 38,935(원/년)이 발생하여 총 671,359(원/년)의 에너지 편익이 발생한다.

세대별 태양광 생산전력을 전량 판매하는 상업용 방식에 경우 [표 57]과 같이 세대 당 전력생산량 3,664(kWh/년)에 대한 판매금액은 SMP 79.87(원/kWh)와 REC 131.86(원/kWh)에 가중치 1.5를 곱하여 합산한 277.66(원/kWh)을 기준으로 1,017,461(원/년)이 발생한다.

결과적으로 상업용 태양광방식에서 에너지절감편익[표 59]은 3절의 태양광발전이 없이 계산한 결과와 동일한 255,026(원/년) 절감편익이 발생하며, 1,017,461(원/년) 태양광발전 판매편익이 추가되어 총 1,272,474(원/년)의 에너지편익이 발생한다.

태양광 생산전력 판매방식에 따른 총에너지편익의 편익의 변화[표 60]를 살펴보면, 자가용 발전방식이 상업용 발전방식에 비해 지역난방 요금 절감에 따른 편익은 동일하며, 일반(지열) 전력요금이 205,628(원/년) 감소하고, 주택용 전력요금의 절감편익은 171,770(원/년) 증가하여 총 에너지 절감편익이 377,398(원/년) 추가로 발생한다. 반면에 태양광 전력판매 편익이 상업용 발전에 비해 978,526(원/년) 감소하여 총 에너지 편익이 601,128(원/년) 감소한다. 따라서 편익의 규모로 판단했을 때, 상업용 방식이 자가용 방식에 비해 유리하다고 분석된다.

표 91. 태양광 생산전력 판매 방식에 따른 총에너지편익의 변화

구분	에너지절감편익				태양광 전력판매	총에너지 편익
	지역난방 요금절감액	일반(지열)전력 요금증가액	주택용전력 요금절감액	소계		
자가용	505,553	-136,939	263,810	632,424	38,935	671,359
상업용	505,553	-342,567	92,040	255,026	1,017,461	1,272,487
증감	0	205,628	171,770	377,398	-978,526	-601,128

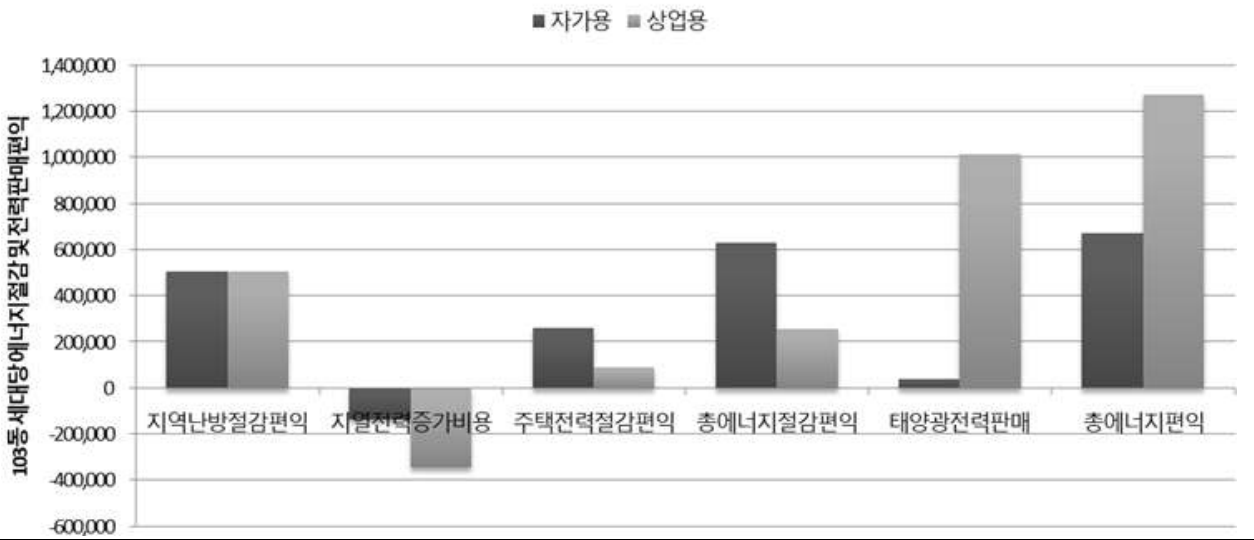


그림 104. 태양광전력 판매 방식에 따른 총에너지편익의 변화

◦ **온실가스 감축편익 분석**

온실가스 감축량 산정을 위해 ‘온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 고관한 지침’(산업통상자원부, 2017)[12] 제12장 명세서의 작성 방법을 준용하며, 본 단지는 [별표5] 배출활동별, 시설규모별 산정등급(Tier) 최소 적용기준에 따라 Tier 1 활동자료, IPCC 기본 배출계수(기본 산화계수, 발열량 등 포함)를 활용하여 배출량을 산정하는 기본방법론을 적용한다.

연구대상이 사용하는 에너지원은 외부에서 공급된 열과 전력을 사용하기 때문에 [별표6] 배출활동별 온실가스 배출량 등의 세부산정방법 및 기준에서 (39)외부에서 공급된 전기 사용과 (40)외부에서 공급된 열(스팀)의 사용에 대한 계산방식을 적용한다. 온실가스 배출계수는 외부에서 공급된 전력은 Tier 2 국가 고유 전력배출계수로 기준연도에 해당하는 2개년도('07~'08년) 평균값을 적용한다. 향후 한국전력거래소에서 제공하는 전력배출계수를 센터에서 확인하여 지침에 수록된 경우 그 값을 적용해야 한다. 외부에서 공급된 열(스팀)의 배출계수는 Tier 2 온실가스 종합정보센터 정책자료를 적용하는 방법과 Tier 3 열(스팀) 공급자가 개발하여 제공한 열(스팀) 배출계수를 사용하는 방법이 있으며, 본 연구에서는 Tier 2의 온실가스 종합정보센터 정책자료 중 열(스팀) 사용량을 열전용 열 병합으로 구분할 수 없는 경우에 해당하는 평균값을 사용한다.

표 92. 외부 전기 및 열(스팀) 사용에 따른 온실가스 배출량 산정론과 배출계수

<table>
<tr><th>항목</th><th>내용</th><th>분석방법</th></tr>
<tr><td rowspan="2">온실가스 배출량 산정론</td><td>외부에서 공급된 전력</td><td>$GHG\ Emissions = Q \times EF_j$
GHG $_{Emissions}$: 전력사용에 따른 온실가스(j)별 배출량(tGHG)
Q : 외부에서 공급받은 전력 사용량(MWh)
EF_j : 전력배출계수(tGHG/MWh)
j : 배출 온실가스 종류</td></tr>
<tr><td>외부에서 공급된 열(스팀)</td><td>$GHG\ Emissions = Q \times EF_j$
GHG $_{Emissions}$: 열(스팀)사용에 따른 온실가스(j)별 배출량(tGHG)
Q : 외부에서 공급받은 열(스팀) 사용량(TJ)
EF_j : 열(스팀)배출계수(tGHG/TJ)
j : 배출 온실가스 종류</td></tr>
<tr><td rowspan="2">온실가스 배출계수</td><td>외부에서 공급된 전력</td><td>Tier 2 국가 고유 전력배출계수(`07~`08년 평균)
전력배출계수는 아래 표에서 제시된 기준연도에 해당하는 2개년도('07~'08년) 평균값을 적용한다. 향후 한국전력거래소에서 제공하는 전력배출계수를 센터에서 확인하여 지침에 수록된 경우 그 값을 적용한다.
<table>
<tr><th>구 분</th><th>CO_2</th><th>CH_4</th><th>N_2O</th></tr>
<tr><td>`07~`08 평균</td><td>0.4653 (tCO_2/MWh)</td><td>0.0054 ($kgCH_4$/MWh)</td><td>0.0027 (kgN_2O/MWh)</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>외부에서 공급된 열(스팀)</td><td>Tier 2 온실가스종합정보센터 정책자료
열(스팀)을 생산하여 외부로 공급하는 업체가 자체적으로 열(스팀) 배출계수를 제공할 수 없는 경우에 한하여 센터가 확인하여 지침에 수록된 열(스팀) 배출계수를 사용할 수 있다.
<table>
<tr><th>구 분</th><th>시설종류</th><th>배출계수</th><th>단위</th></tr>
<tr><td rowspan="3">열(스팀) 배출계수</td><td>열전용</td><td>56,452</td><td>kgC02-eq/TJ</td></tr>
<tr><td>열병합</td><td>60,974</td><td>kgC02-eq/TJ</td></tr>
<tr><td>평균</td><td>59,685</td><td>kgC02-eq/TJ</td></tr>
</table>
*열(스팀) 사용량을 열전용, 열병합으로 구분할 수 없는 경우 평균값을 사용</td></tr>
</table>

12) 산업통상자원부 (2017), 온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 고관한 지침, 고시 제2017-40호

분석 결과 단위세대에서 절감되는 지역난방(난방 · 급탕)은 5,582(MWh/년)이며, 단위에너지당 온실가스 감축 0.2149 (tCO2/MWh)을 적용하면 연간 1.2 (tCO2/년)의 온실가스를 감축할 수 있으며, 배출권 거래가 21,355 (원/tCO2)로 환산하면 연간 25,617원의 편익이 발생한다. 단위세대에서 절감되는 전력(냉방 · 환기 · 조명)은 510(MWh/년)이며, 단위에너지당 온실가스 감축 0.4663 (tCO2/MWh)을 적용하면 연간 0.24 (tCO2/년)의 온실가스를 감축할 수 있으며, 배출권 거래가 21,355 (원/tCO2)로 환산하면 연간 5,082원의 편익이 발생한다. 단위세대에서 태양광발전을 통해 생산되는 전력은 3,664(MWh/년)이며, 단위에너지당 온실가스 감축 0.4663 (tCO2/MWh)을 적용하면 연간 1.71 (tCO2/년)의 온실가스를 감축할 수 있으며, 배출권 거래가 21,355 (원/tCO2)로 환산하면 연간 36,490원의 편익이 발생한다.

일반주택 온실가스배출량 대비 제로에너지 주택에서 에너지절감 및 태양광발전을 통해 절감하는 온실가스에 대한 배출권 거래편익은 연간 68,076(원/년)이 발생한다.

표 93. 온실가스 절감에 따른 배출권 거래편익

구분	에너지절감	단위에너지당 온실가스 감축	온실가스 감축량	배출권 거래가	온실가스 절감편익
(단위)	(MWh/년)	(tCO_2/MWh)	(tCO_2/년)	(원/tCO_2)	(원/년)
지역난방	5,582	0.2149	1.20	21,355	25,617
전력	510	0.4663	0.24	21,355	5,082
태양광	3,664	0.4663	1.71	21,355	36,490
합계	9,757		3.15		67,189

◦ **제로에너지주택 사후분석단계 추가공사비용 분석**

분석틀에서 제시한 방법으로 추가공사비용 산출을 위해 일반주택에 해당하는 공사비용을 매몰비용처리하며, 사후분석단계에서 기준자료는 해당하는 사업에서 산출된 공종별 내역서를 기준으로 한다.

표 94. 제로에너지 공동주택의 추가공사비용 분석방법

항목	내용	분석방법
사업비	추가 공사비	추가공사비 = 기술요소별 추가공사비[1] × 항목별 요율[2] 1) 기술요소별 추가공사비 = 추가재료비* + 추가노무비* + 추가경비* *추가공사비(재료비/노무비/경비) = 일반주택 공사비 - 제로에너지주택 공사비 2) 항목별 요율 : 공사내역서를 작성기관 기본요율 적용 [4장 1절]

분석결과 일반주택 대비 제로에너지주택의 단위세대의 각 기술요소별 공사비용을 각 요율에 따라 산정하면 [표 75]와 같다. 건축내역에서는 단열공사가 5,944(천원/세대)으로 가장 많은 추가공사비용이 발생했으며, 외단열공사에 추가되는 비용이 5,736(천원/세대), 창호공사 1,790(천원/세대), 문공사 1,176(천원/세대), 기밀공사 343(천원/세대), 열교차단공사 1,358(천원/세대), 환기장치(순환형후드) 공사가 15(천원/세대) 발생했다. 마지막으로 태양광의 구조물 공사에서 2,078(천원/세대)이 발생하였다. 건축내역에서 총 18,440(천원/세대) 추가 공사비용이 발생했다. 기계내역에서는 기밀공사(배관 기밀테이프)사 7(천원/세대), 환기장치 3,515(천원/세대), 통합배관공사 1,242(천원/세대), 자동제어(환기장치 및 냉난방설비 제어)공사 2,829(천원/세대)이 발생

했다. 마지막으로 냉난방설비공사에서 가장 많은 5,060(천원/세대)이 추가 공사비용이 발생했다. 기계내역에서 총 12,654(천원/세대) 추가 공사비용 발생했다. 전기내역에서는 LED공사 1,307(천원/세대) 증가했으며, 태양광공사비용으로 15,270(천원/세대) 추가되었다. 전기내역에서 총 16,577(천원/세대) 추가 공사비용이 발생했다. 종합하면 일반주택 대비 제로에너지주택의 단위세대 공사비용은 47,672(천원/세대) 추가 발생하는 것으로 분석되었다.

표 95. 건축내역 기술요소별 제로에너지성능 추가 총공사비 산정 (단위 : 원/세대)

구분		재료비	노무비	경비	순공사원가	공급가액	도급액	총공사비
중분류	소분류							
건축내역	단열공사	4,570,653	563,600	202,634	5,336,886	5,487,273	5,487,273	5,944,338
	외단열공사	2,795,553	1,956,588	473,228	5,225,369	5,456,593	5,456,593	5,736,148
	창호공사	1,106,293	105,546	408,153	1,619,992	1,679,696	1,679,696	1,790,326
	문공사	1,120,500	-92,610	18,010	1,045,900	1,064,134	1,064,134	1,176,184
	기밀공사	192,868	93,057	25,564	311,489	323,961	323,961	343,248
	열교차단	1,121,651	3,214	90,947	1,215,812	1,246,052	1,246,052	1,358,217
	환기장치	13,000	0	356	13,356	13,654	13,654	14,954
	태양광공사	949,246	796,484	149,754	1,895,484	1,982,601	1,982,601	2,077,526
	소계	11,869,763	3,425,879	1,368,647	16,664,289	17,253,965	17,253,965	18,440,941
기계내역	기밀공사	3,686	2,419	432	6,536	6,816	6,816	7,185
	환기장치	2,672,715	362,093	122,713	3,157,521	3,248,069	3,248,069	3,515,340
	통합배관공사	1,080,000	0	29,570	1,109,570	1,134,350	1,134,350	1,242,350
	자동제어	1,784,869	637,559	136,087	2,558,515	2,650,927	2,650,927	2,829,414
	냉난방설비	2,465,422	1,695,162	448,489	4,609,073	4,813,047	4,813,047	5,059,589
	소계	8,006,692	2,697,233	737,291	11,441,216	11,853,208	11,853,208	12,653,877
전기내역	LED조명	1,125,701	9,600	32,135	1,167,435	1,194,038	1,194,038	1,306,608
	태양광공사	13,274,906	0	363,467	13,638,373	13,942,952	13,942,952	15,270,442
	소계	14,400,606	9,600	395,602	14,805,808	15,136,990	15,136,990	16,577,051
합계		34,277,062	6,132,712	2,501,539	42,911,313	44,244,163	44,244,163	47,671,869

◦ 제로에너지주택 장기수선비용 분석

일반주택 대비 제로에너지주택에서 추가되는 장기수선비용을 분석하기 위해서는 앞서 도출한 추가공사비용을 기준으로 수선비율과 수선주기를 반영하여 총 30년간 발생하는 추가 수선비용을 도출해야하며, 패시브설계 기술요소와 액티브설계 요소에 경우 수선주기와 수선율의 산정기준이 명확하지 않아. 본 연구에서는 제로에너지 주택의 각 기술요소의 장기수선계획을 수립하고 그 결과를 바탕으로 장기수선비용을 분석하고자 한다.

표 96. 제로에너지 공동주택의 비용항목 및 분석방법

항목	내용	분석방법
운영비	추가 수선비	추가수선비 = 기술요소별 추가공사비 × 수선비율 ÷ 수선주기

제로에너지주택의 장기수선계획과 추가공사비를 기초자료로 사회적할인율(4.5 %) 기준 현재가치법[13]을 적용하여 제로에너지주택 단위세대의 총수선비용을 산정했다. 연구대상의 총수선비 분석 기간은 건축물의 생애주기인 30년을 기준으로 하였다. 따라서 수선주기가 30년을 초과하

는 요소의 수선은 장기수선비용 산정에서 제외하였다.

건축내역에서 단열공사는 25년 주기 5% 수선율을 적용할 경우 30년간 총 수선비용은 89(천원/세대)이 발생한다. 동일한 수선주기와 수선율을 갖는 외단열공사는 87(천원/세대)이 발생한다. 그 밖에 창호공사는 25년을 주기로 전면 교체되므로 539(천원/세대)의 수선비용이 발생하며, 기밀공사역시 창호공사와 동일한 수선주기를 적용하면 104(천원/세대)의 수선비용이 발생한다. 순환형 후드는 10년 주기로 전면교체되며 14(천원/세대)의 비용이 발생한다. 문공사와 열교차단공사는 수선주기가 30년을 초과하여 적용하지 않는다. 건축내역을 기준으로 30년간 발생하는 총 수선비용은 833(천원/세대)이다.

기계내역에서 환기장치 공사비용은 환기플렉시블호스와 열회수형환기장치 비용으로 구분하여 계산하며 환기플렉시블호스는 10년 주기 10% 부분수선을 통해 3,342(천원/세대)의 수선비용이 발생한다. 냉방설비 공사비용은 지열히트펌프 및 순환펌프 등의 주요부품의 수선주기가 10년 주기 전면교체에 해당하므로 4,879(천원/세대)의 수선비용이 발생한다. 기밀테이프는 수선주기가 30년을 초과하여 적용하지 않으며, 기계내역에서 발생하는 총 수선비용은 5,922(천원/세대)이다.

전기내역에서 태양광공사에 경우 태양광 모듈과 태양광 인버터 접속반으로 구분하여 계산하며, 태양광 모듈을 매년 2%의 관리비용이 발생하며, 전면교체주기는 30년을 초과한다. 인버터와 접속반을 7년 주기로 교체하며, 매년 16~20% 수선관리 비용이 발생한다. 공동주택에서 점검 및 관리 인력이 상주하기 때문에 매년 발생하는 관리비용은 계산에서 제외한다. 따라서 인버터와 접속반의 7년 주기로 전면교체하는 비용 3,186(천원/세대)이 수선비용으로 발생한다.

표 97. 일반주택 대비 제로에너지주택 추가 장기수선비용 산정 (단위 : 원/세대)

분류			추가공사비	장기수선계획		총수선비
중분류	소분류	교체항목		수선주기	수선율	
건축내역	단열공사		5,336,886	25 년	5 %	88,787
	외단열공사		5,225,369	25 년	5 %	86,932
	창호공사		1,619,992	25 년	100 %	539,021
	문공사		1,045,900	-	-	0
	기밀공사		311,489	25 년	100 %	103,642
	열교차단		1,215,812	-	-	0
	환기장치		13,356	10 년	100 %	14,138
	소계		14,768,804			832,520
기계내역	기밀공사		6,536	-	-	0
	환기장치	환기플렉시블호스	31,575	10 년	10 %	3,342
		열회수형환기장치	3,125,946	25 년	100 %	1,040,098
		소계	3,157,521			1,043,440
	냉난방설비	지열히트펌프, 순환펌프 등	4,609,073	10 년	100 %	4,879,029
	소계		11,441,215			5,922,469
전기내역	태양광공사	태양광모듈	7,923,695	-	-	0
		태양광인버터, 접속반	1,622,926	7 년	100 %	3,186,062
		소계	9,546,621			3,186,062
	소계		10,714,056			3,218,197
합계			36,924,075			9,980,105

종합하면 일반주택 대비 제로에너지주택에서 30년간 추가적으로 발생하는 장기수선비용은 현재가치로 할인하여 합산하면 총 9,980(천원/세대)이 발생한다.

13) 현재가치법(PV, Present Value): 미래에 발생할 일정금액에 할인율을 적용하여 현재시점에서 평가한 금액

■ 결론

본 연구에서는 총 3가지 분석모형에 각각 2가지 태양광판매방식을 적용하여 총 6개의 분석결과를 도출한다. 기본모형(#1)은 추가공사비(ACC) 대비 에너지절감(ESB) 및 발전전력판매(PSB) 편익을 분석한 모형이다. 두 번째 모형(#2)은 기본모형에서 패시브설계 요소기술과 액티브설계 기술의 운영단계에서 발생하는 장기수선비용(LRC)을 반영하는 모형이다. 세 번째 모형(#3)은 앞에 모형에서 온실가스 배출권 거래(ETB)에 따른 편익을 반영하는 모형이다. 총 세 가지 분석모형을 통해 제로에너지주택의 비용편익분석 및 민감도분석 결과를 확인함으로서, 각 모형에서 다루고자하는 쟁점사항에 대한 의사결정과 추가적인 제언을 하고자 한다. 비용편익 분석에서는 대표추정치를 이용하여 기저분석을 진행하며 다음 주요변수의 변동에 따른 민감도를 분석한다.

◦ 제로에너지주택의 비용편익 분석 결과 (103동 기준 - 모형3)

기본모형에서 30년간 발생하는 장기수선비용과 함께 온실가스 감축에 따른 배출권 판매 편익을 반영하는 모형이다. 배출권 거래편익이 타 비용편익 항목에 비해 발생규모가 크지 않아 누적 현금흐름에 미치는 영향은 미미하다. 상업용 태양광 방식과 할인율 4.5%를 적용할 경우 배출권거래에 따른 추가편익이 누적 현금흐름의 적자폭을 일부 축소시킨다. 최종적으로 62,335(천원/세대)의 잔여적자가 발생하며, 할인율을 적용하지 않을 경우 모형2 보다 1년 빠른 27년 만에 초기공사비용을 회수할 수 있다.

[표 98] 배출권거래 편익고려 + 상업용 태양광판매 방식 적용 (단위 : 원/세대)

구분	비용(Cost)		편익(Benefit)			누적 현금흐름	
	추가공사비 (ACC)	장기수선비 (LRC)	에너지절감 (ESB)	발전전력판매 (PSB)	배출권거래 (ETB)	할인율 4.5%	할인율 0.0%
0	42,904,682	0	255,026	1,017,461	67,189	41,565,006	41,565,006
1		0	263,952	1,053,072	67,189	42,051,219	40,180,794
2		0	273,191	1,089,929	67,189	42,513,216	38,750,485
3		0	282,752	1,128,077	67,189	42,948,293	37,272,468
…							
29		0	691,600	2,759,229	67,189	62,335,457	-5,592,820

배출권거래편익 적용모형 중 자가용 태양광 방식의 현금흐름은 매년 발생하는 에너지절감 및 발전전력판매 편익이 초기 발생하는 추가공사비용과 주기적으로 발생하는 장기수선비용에 비해 30년간 지속적으로 낮게 발생하기 때문에 적자의 상승이 가속화 되며, 최종적으로 118,753(천원/세대)의 잔여 적자가 발생한다. 할인율을 적용하지 않을 경우에도 모형2와 동일하게 30년 안에 초기공사비용을 회수할 수 없다.

표 99 배출권거래 편익고려 + 자가용 태양광판매 방식 적용 (단위 : 원/세대)

구분	비용(Cost)		편익(Benefit)			누적 현금흐름	
	추가공사비 (ACC)	장기수선비 (LRC)	에너지절감 (ESB)	발전전력판매 (PSB)	배출권거래 (ETB)	할인율 4.5%	할인율 0.0%
0	42,904,682	0	632,424	38,935	67,189	42,166,134	42,166,134
1		0	654,559	40,297	67,189	43,301,565	41,404,089
2		0	677,469	41,708	67,189	44,463,770	40,617,724
3		0	701,180	43,168	67,189	45,653,104	39,806,188
…							
29		0	1,715,057	105,586	67,189	118,752,780	25,439,012

배출권거래편익 적용모형(#3)의 비용편익 분석결과는 [표 96]과 같으며, 상업용 태양광 방식의 총 편익의 현재가치는 34,453(천원/세대)이며, 총 비용의 현재가치는 51,854(천원/세대)로 순현재가치(NPV)는 -17,401(천원/세대)로 0보다 적으며, 편익비용비율(B/C ratio)은 0.66로 1보다 적다. 자가용 태양광 방식의 총 편익의 현재가치는 18,717(천원/세대)이며, 총 비용의 현재가치는 51,854(천원/세대)로 순현재가치(NPV)는 -33,137(천원/세대)로 0보다 적으며, 편익비용비율(B/C ratio)은 0.36로 1보다 작다.

◦ **모형별 비용편익 비교분석**

사회적할인율 4.5%를 기준으로 모형별 비용편익 분석결과를 정리하면 편익에서는 태양광방식이 상업용 방식일 경우 자가용 방식일 경우에 비해 잔여 적자가 크게 감소하여 상대적으로 높은 편익이 발생하는 것을 알 수 있다. 비용부분에서는 장기수선비용을 반영할 경우 중장기적으로 현금흐름이 지속적으로 악화되는 것을 확인할 수 있다. 결과적으로 모든 모형에서 순현재가치(NPV)가 0보다 적으며, 편익비용비율(B/C ratio)이 1보다 낮은 결과가 도출되어 총 편익의 현재가치가 총 비용의 현재가치보다 적은 것으로 분석되었다.

.표 100. 모형별 현금흐름 비교 분석 (단위 : 원/세대)

모델	기본모형(#1)		장기수선비적용(#2)		배출권거래편익적용(#3)	
태양광방식	상업용	자가용	상업용	자가용	상업용	자가용
총 편익 현재가치	33,309,245	17,573,824	33,309,245	17,573,824	34,452,582	18,717,161
총 비용 현재가치	42,904,682	42,904,682	51,853,832	51,853,832	51,853,832	51,853,832
순현재가치(NPV)	-9,595,437	-25,330,858	-18,544,588	-34,280,009	-17,401,250	-33,136,671
편익비용비율(B/C %)	0.78	0.41	0.64	0.34	0.66	0.36

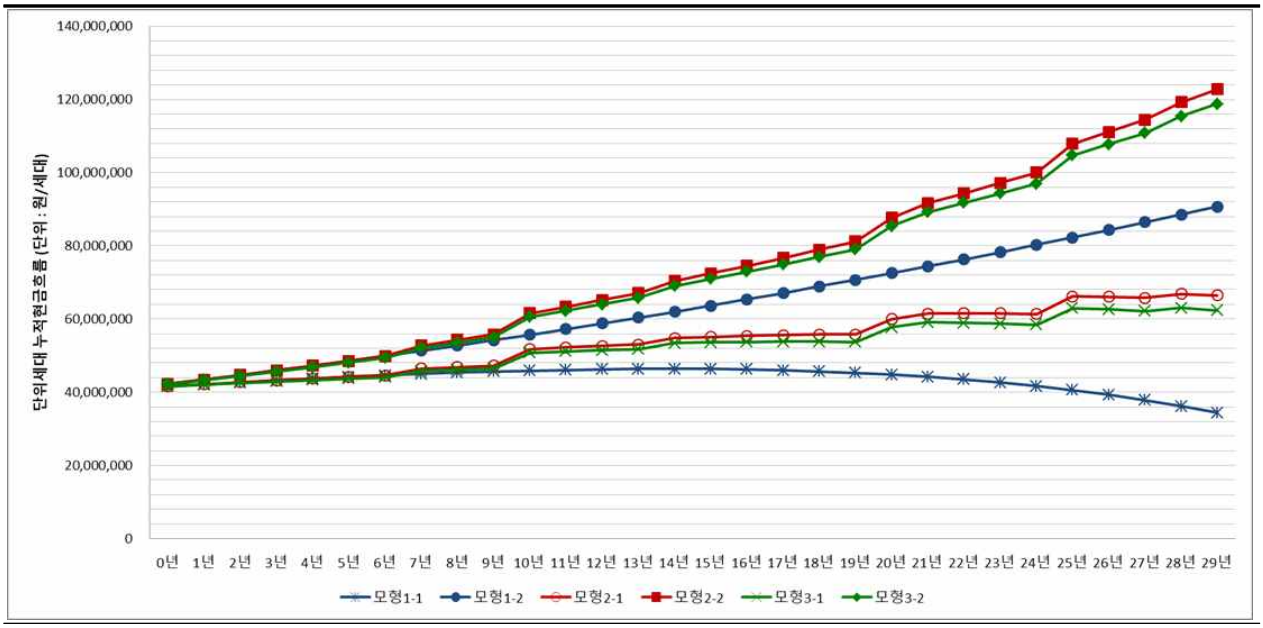


그림 105 모형별 현금흐름 비교 분석 (단위 : 원/세대)

◦ **제로에너지주택 비용편익 민감도 분석**

제로에너지주택의 핵심변수에 따른 편익비용비율(B/C ratio)의 민감도를 분석하고자 한다.

기저분석 결과를 바탕으로 에너지물가 상승률 증가에 따른 기대효과를 분석하면, 에너지절감편익과 태양광발전 판매편익이 30년간 장기적으로 발생하기 때문에 사회적 할인율(4.5%)에서

에너지 물가상승률이 0.0 % ~ 8.0 % 범위에서 변할 때 B/C 비율이 0.44 ~ 1.18 까지 큰 범위에서 변동하는 것을 확인할 수 있다. 제로에너지주택 추가공사비 감소에 따른 기대효과는 사회적할인율 4.5 % 기준으로 추가공사비용의 절감율이 0 % ~ 50 %까지 감소할 때 B/C ratio는 0.66 ~ 1.33 까지 변동하며, 초기공사비용과 함께 장기적으로 발생하는 수선비용이 감소하기 때문에 편익비용비율에 크게 영향을 미친다. 배출권거래가 상승에 따른 기대효과는 100 % 상승할 경우 적정할인율이 1.0 %로 상승하며, 300 % 상승할 경우 적정할인율 1.5 %까지 상승할 수 있다. 최대 500 %까지 상승하더라도 적정할인율이 2.0 % 상승하는데 그쳐 전체적인 편익비용비율에 미치는 영향은 한정적인 것으로 분석되었다.

◦ **결과에 따른 제언**

1. 제로에너지주택 추가요소에 대한 초기공사비용의 절감이 필요하다.

실증단지에 적용된 패시브 설계 요소기술 및 액티브설계 기술은 대부분 소량 주문제작을 통해 생산되는 제품이거나 해외에서 수입하기 때문에 직접재료비의 단가가 높고, 많은 부대경비가 발생한다. 제로에너지성능 의무화 로드맵을 통해 단계별로 시장 기준을 조정할 경우 규모의 경제를 통해 재료비 절감이 가능하다. 또한 해외 자재를 사용할 경우 비용이 상승할 뿐 만 아니라 자재품질관리, 공사일정관리, 유지관리 등 다양한 문제가 발생할 수 있다. 따라서, 국산화가 선행되어, 추가공사비에 대한 산업연관효과가 국내에서 머물 수 있도록 해야 할 것이다.

2. 장기수선비용의 절감을 위한 부품의 규격화와 대체부품의 개발 필요하다.

고효율설비와 신재생에너지의 장기수선비용을 절감할 수 있는 방안의 마련이 필요하다. 교체부품의 규격화와 대체부품의 개발이 필요하다. 또한 전면교체가 아닌 주기적으로 수선이 필요한 부품에 경우 제품과 관계없이 호환될 수 있도록 규격화가 필요하다. 또한 소수의 업체가 독과점하는 자재를 대상으로 대체부품 개발을 지원하여, 다수의 업체의 경쟁을 통한 가격안정화가 유도되어야 할 것이다.

3. 에너지물가상승률 안정화와 REC 제도의 확대가 필요하다.

제로에너지주택의 경제성이 개선되고 비즈니스모델을 개발하기 위해서는 평균 물가상승률에 연동된 에너지물가의 상승이 필요하다. 장기적으로 에너지물가상승률 안정화하는 것은 제로에너지주택의 비용편익 구조를 개선하는데 매우 중요한 경제변수가 될 것이다. 또한 분산전원의 확대와 기존 전력망의 부하저감을 위해서는 자가용 태양광의 확대가 필요하다. 따라서, 신재생에너지를 보급 촉진하기 위한 목적의 REC가 태양광발전량 전체를 대상으로 부여해야 한다.

4. 개별 주택 사업자의 온실가스배출권 거래를 위한 방안이 필요하다.

현재 개별 주택 사업자의 경우 온실가스배출권에 대한 거래가 불가능하다. 따라서 각 주택단지가 건축물에너지모니터링 시스템을 통해 온실가스 감축량을 공식적으로 입증할 수 있는 경우, 각 공동주택의 온실가스 감축량을 모아서 거래할 수 있는 제도적 방안과 거래시장이 필요할 것이다.

연구내용 2	제로에너지 주택 비용최적화모델 분석

■ 서론

◦ 제로에너지 공동주택 비용최적화 모델 개발 개요

분석모델로 선정한 제로에너지 주택 실증단지는 정부에서 2025년 신축주택 제로에너지 의무화에 앞서 국내 시장에 적합한 모델을 실증하기 위해 연구 및 개발하고 있는 프로젝트로, 102동은 전용면적 49.7㎡, 42세대로 구축예정이며, 그 건축개요는 다음과 같다. 대상 주동은 실증단지 중 유일하게 독일 패시브하우스(PHI) 인증을 취득 예정이다.

표102. Zero energy housing complex 102 Architectural Overview

Classification	Architectural Overview
Building Name	102-dong
Unit Type	49A
Private area	49.6665 ㎡
Unit Number	42 unit
Unit rate per complex	34.71 %
Residential Type	2-3 people family

공동주택 102동의 기준층 평면도는 다음과 같으며, 세대별 실구성은 방 2개, 거실 1개, 부엌 1개, 화장실 1개, 다용도실 1개 등으로 계획되어있다.

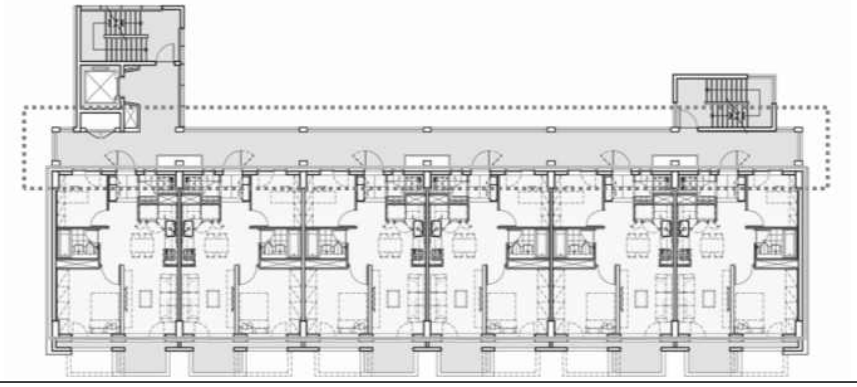


그림106. Zero energy housing complex 102-dong floor plan

본 연구에서는 국내에서 건축물의 에너지효율등급별 비용최적화 모델 분석을 위해 다음과 같은 프로세스를 구성하였으며, ISO13790의 Monthly Calculation method를 적용하여, Micrsoft Excel을 사용하여 총 백만개의 모델을 구성 및 분석하였다. 모델의 변수로는 단열외피, 창호 및 유리, 단열문, 열교처리, 블라인드 유무, 기밀성능, 환기장치, 냉난방 설비 및 배관효율 등을 적용하였으며, 에너지요구량 및 에너지소요량 최종적으로 에너지효율등급을 판정하는 일차에너지 소요량을 산정하였다. 1차에너지 환산계수의 경우 국내 에너지효율등급 제도를 운영하는 한국에너지공단에서 제공하는 환산계수를 적용하였다. 분석모델의 에너지성능시뮬레이션과 별도로 부위별 모델에 따른 공사비용을 최고 성능과 최저성능에 해당하는 설계도서와 설계예가를 기준으로 사이 값을 단가와 물량의 변화를 기준으로 분석하였다.

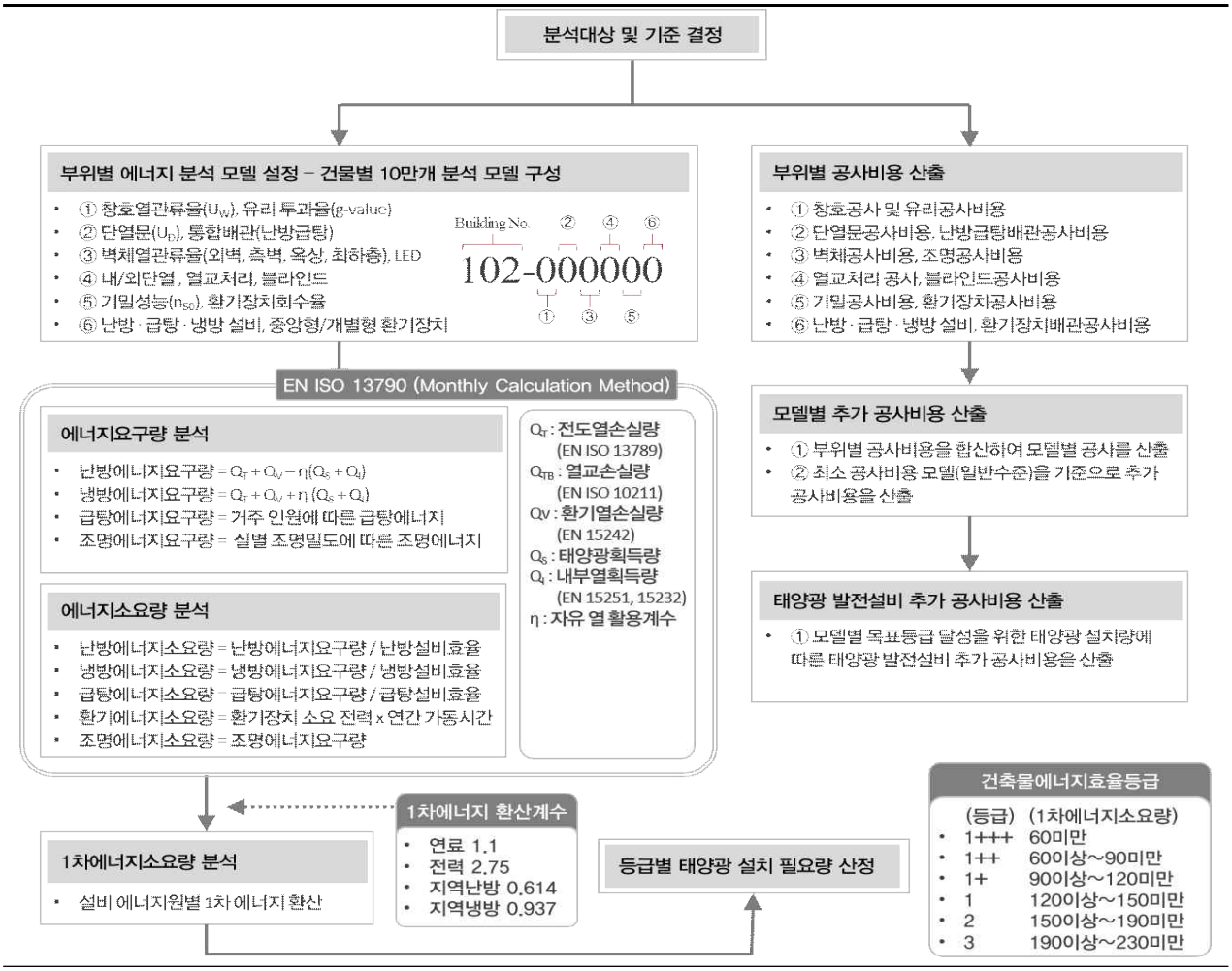


Figure 107. Energy efficiency rating Cost Optimization Analysis Model

각 변수별 시뮬레이션에 적용한 성능은 Table2에서 제시하고 있으며, 분석모델 번호의 자리별 2~5개의 변수를 조합하여 적용하였다. 모델 번호 '000000' 해당하는 모델은 현재 제로에너지 주택 실증단지 102에 준하는 성능 기준을 적용하였으며, 최저성능은 설계허가 시점인 2015년 국내 법적 최소기준을 적용하였다. 설비의 경우 지열 히트펌프와 가스보일러, 지역난방, EHP를 난방, 급탕, 냉방을 분리하여 적용하였다.

열회수 환기장치에 경우 중앙형 열회수환기장치와 세대별 열회수환기장치를 분리하여 적용하였다. 난방배관과 급탕배관을 하나로 통합하고 세대내에서 열교환을 통해 배관손실을 최소화하는 통합배관 기술은 적용 유무에 따라 배관 손실을 차등 적용하였다. 블라인드에 경우 외부블라인드 80%, 내부블라인드 35%, 미적용 0%롤 여름철 태양에너지 차폐율을 적용하였다. 지열히트펌프에 경우 한국에서는 신재생에너지에 해당하지만 본 연구에서는 가스보일러 및 지역난방과 비교를 위하여 고효율 설비로 통합하여 분석하였다.

■ 제로에너지 공동주택 비용최적화 모델 설정

◦ 제로에너지 공동주택 비용최적화 분석모델

- 연간난방에너지요구량(Annual heating demand, QH)

$$Q_H = Q_T + Q_V - \eta(Q_S + Q_I) \qquad (1)$$

- 전도열손실(QT)

$$Q_T = Q_{Wall} + Q_{Roof} + Q_{Floor} + Q_{WD} + Q_D + Q_{TB} \qquad (2)$$

$$Q_{Wall} = \Sigma(A_{Wall} \times U_{Wall} \times f_t \times G_t) \qquad (3)$$

$$Q_{Roof} = \Sigma(A_{Roof} \times U_{Roof} \times f_t \times G_t) \qquad (4)$$

$$Q_{Floor} = \Sigma(A_{Floor} \times U_{Floor} \times f_t \times G_t) \qquad (5)$$

$$Q_{WD} = \Sigma(A_{WD} \times U_{WD} \times f_t \times G_t) \qquad (6)$$

$$Q_D = \Sigma(A_D \times U_D \times f_t \times G_t) \qquad (7)$$

$$Q_{TB} = \Sigma(A_{TB} \times U_{TB} \times f_t \times G_t) \qquad (8)$$

f_t (Wall/Roof/Windows/Door/TB = 1.00, Basement Floor = 0.65)

Temp. factor ft	ft
Wall/Roof/Windows/Door/TB	1.00
Basement Floor	0.65

G_t = Heating Degree Days

- 환기열손실(QV)

$$Q_V = V_V \times n_V \times C_{Air} \times G_t \qquad (9)$$

$$n_V = n_{V.System} \times (1 - \Phi_{HR}) + n_{V.Rest} \times \frac{V_{n50}}{V_V} \qquad (10)$$

$$n_{V.System} = Person \times 30\text{㎥}/p \div V_V \qquad (11)$$

$$n_{V.Rest} = n_{50} \times Cofficiente, f \qquad (12)$$

Wind protection coefficients f	Several sides exposed	One side Exposed
No screening	0.10	0.03
Moderate screening	0.07	0.02
High screening	0.04	0.01

C_{Air} : 0.33 Wh/(㎥K)

- 태양에너지 획득(QS)

$$Q_S = \Sigma(R_f \times g - value \times A_{WD} \times Radiation\,HP) \quad (13)$$

$$Reduction\,factor(R_f) = Shading \times Dirt(0.95) \times NPIR(0.85) \times \frac{A_{Glass}}{A_{Window}} \quad (14)$$

※ Dirty = 0.95

※ NPIR(Non perpendicular incident radiation) = 0.85

Radiation HP in Seoul, South Korea.

Window area orientation	Global radiation
North	110
East	235
South	444
West	246
Horizontal	393

◦ **제로에너지 공동주택 비용최적화 모델별 성능설정**

- 제로에너지주택 비용최적화 모델 100,000 단위 변수별 성능설정

표106. 제로에너지주택 비용최적화 모델 부위별 변수에 따른 추가공사비 (창호열관류율 / 일사획득)

구분	열관류율		창문을 통한 일사 획득
	북측창호 열관류율	남측창호 열관류율	창호유리 일사투과율
단위	(W/㎡K)	(W/㎡K)	
0	0.8	0.8	50%
1	0.87	0.87	
2	0.9	0.9	
3	1	1	
4	1.5	1.5	
5	0.8	0.8	40%
6	0.87	0.87	
7	0.9	0.9	
8	1	1	
9	1.5	1.5	

- 제로에너지주택 비용최적화 모델 10,000 단위 변수별 성능설정

표107. 제로에너지주택 비용최적화 모델 부위별 변수 성능기준 (단열문 / 통합배관)

구분	단열문	통합배관
	열관류율	적용여부
0	0.8	적용
1	0.87	
2	0.9	
3	1	
4	1.5	
5	0.8	미적용
6	0.87	
7	0.9	
8	1	
9	1.5	

- 제로에너지주택 비용최적화 모델 1,000 단위 변수별 성능설정

표108. 제로에너지주택 비용최적화 모델 부위별 변수 성능기준 (벽체 / LED조명)

구분	벽체 열관류율				LED 조명
	외벽1 열관류율	외벽2 열관류율	옥상 열관류율	최하층 열관류율	적용여부
0	0.153	0.097	0.090	0.129	적용
1	0.160	0.150	0.160	0.180	
2	0.180	0.160	0.170	0.230	
3	0.210	0.170	0.180	0.350	
4	0.270	0.210	0.180	0.350	
5	0.153	0.097	0.090	0.129	미적용
6	0.160	0.150	0.160	0.180	
7	0.180	0.160	0.170	0.230	
8	0.210	0.170	0.180	0.350	
9	0.270	0.210	0.180	0.350	

- 제로에너지주택 비용최적화 모델 100 단위 변수별 성능설정

표109 제로에너지주택 비용최적화 모델 부위별 변수 성능기준 (열교차단 / 블라인드)

구분	열교	블라인드
	열교 값	적용여부
0	0.05	외부블라인드 80%
1	0.10	
2	0.15	
3	0.05	내부블라인드 35%
4	0.10	
5	0.15	
6	0.05	0%
7	0.10	0%
8	0.15	0%
9	NA	NA

- 제로에너지주택 비용최적화 모델 10 단위 변수별 성능설정

표110 제로에너지주택 비용최적화 모델 부위별 변수 성능기준 (기밀성능 / 환기장치 열회수율)

구분	기밀성능	환기장치 열회수율
	기밀도(n50)	열회수율
0	0.6	90%
1	0.8	
2	1.0	
3	0.6	80%
4	0.8	
5	1.0	
6	0.6	70%
7	0.8	
8	1.0	
9	NA	NA

- 제로에너지주택 비용최적화 모델 1 단위 변수별 성능설정

표111 제로에너지주택 비용최적화 모델 부위별 변수 성능기준 (기밀성능 / 환기장치 열회수율)

구분	난방 설비	급탕 설비	냉방 설비	환기 설비
	장비종류	장비종류	장비종류	장비종류
0	지열히트펌프 GHP	지열히트펌프 GHP	지열히트펌프 GHP	C-HRV
1			에어컨 EHP	
2		가스보일러 GB		
3	가스보일러 GB			
4	지역난방 DHS	지역난방 DHS		
5	지열히트펌프 GHP	지열히트펌프 GHP	지열히트펌프 GHP	P-HRV
6			에어컨 EHP	
7		가스보일러 GB		
8	가스보일러 GB			
9	지역난방 DHS	지역난방 DHS		

◦ **제로에너지 공동주택 비용최적화 모델별 추가공사비**

- 제로에너지주택 비용최적화 모델 100,000 단위 변수에 따른 추가공사비

표112 제로에너지주택 비용최적화 모델 부위별 변수에 따른 추가공사비 (창호열관류율 / 일사획득)

구분	열관류율			창문을 통한 일사 획득		추가공사금액 소계
	북측창호 열관류율	남측창호 열관류율	추가공사금액	창호유리 일사투과율	추가공사금액	
단위	(W/㎡K)	(W/㎡K)	(원)			
0	0.8	0.8	24,362,355	50%	-	24,362,355
1	0.87	0.87	21,926,120			21,926,120
2	0.9	0.9	20,882,019			20,882,019
3	1	1	17,401,682			17,401,682
4	1.5	1.5	-			-
5	0.8	0.8	24,362,355	40%	-	24,362,355
6	0.87	0.87	21,926,120			21,926,120
7	0.9	0.9	20,882,019			20,882,019
8	1	1	17,401,682			17,401,682
9	1.5	1.5	-			-

- 제로에너지주택 비용최적화 모델 10,000 단위 변수에 따른 추가공사비

표113 제로에너지주택 비용최적화 모델 부위별 변수에 따른 추가공사비 (단열문 / 통합배관)

구분	단열문		통합배관		추가공사금액 소계
	열관류율	추가공사금액	적용여부	추가공사금액	
0	0.8	43,356,600	적용	45,360,000	88,716,600
1	0.87	39,020,940			84,380,940
2	0.9	37,162,800			82,522,800
3	1	30,969,000			76,329,000
4	1.5	-			45,360,000
5	0.8	43,356,600	미적용	-	43,356,600
6	0.87	39,020,940			39,020,940
7	0.9	37,162,800			37,162,800
8	1	30,969,000			30,969,000
9	1.5	-			-

- 제로에너지주택 비용최적화 모델 1,000 단위 변수에 따른 추가공사비

표114 제로에너지주택 비용최적화 모델 부위별 변수에 따른 추가공사비 (벽체 / LED조명)

구분	벽체 열관류율					LED 조명		추가공사금액 소계
	외벽1 열관류율	외벽2 열관류율	옥상 열관류율	최하층 열관류율	추가 공사금액	적용여부	추가 공사금액	
0	0.153	0.097	0.090	0.129	271,210,705	적용	104,407,129	375,617,834
1	0.160	0.150	0.160	0.180	254,984,424			359,391,553
2	0.180	0.160	0.170	0.230	208,623,619			313,030,748
3	0.210	0.170	0.180	0.350	139,082,413			243,489,542
4	0.270	0.210	0.180	0.350	-			104,407,129
5	0.153	0.097	0.090	0.129	271,210,705	미적용	62,607,173	333,817,878
6	0.160	0.150	0.160	0.180	254,984,424			317,591,597
7	0.180	0.160	0.170	0.230	208,623,619			271,230,792
8	0.210	0.170	0.180	0.350	139,082,413			201,689,586
9	0.270	0.210	0.180	0.350	-			62,607,173

- 제로에너지주택 비용최적화 모델 100 단위 변수에 따른 추가공사비

표115 제로에너지주택 비용최적화 모델 부위별 변수에 따른 추가공사비 (열교차단 / 블라인드)

구분	열교		블라인드		추가공사금액
	열교 값	추가공사금액	적용여부	추가공사금액	소계
0	0.05	46,458,907	외부블라인드 80%	121,487,603	167,946,510
1	0.10	23,229,454			144,717,057
2	0.15	-			121,487,603
3	0.05	46,458,907	내부블라인드 35%	21,660,000	68,118,907
4	0.10	23,229,454			44,889,454
5	0.15	-			21,660,000
6	0.05	46,458,907	0%	-	46,458,907
7	0.10	23,229,454	0%		23,229,454
8	0.15	-	0%		-
9	NA		NA		-

- 제로에너지주택 비용최적화 모델 10 단위 변수에 따른 추가공사비

표116 제로에너지주택 비용최적화 모델 부위별 변수에 따른 추가공사비 (기밀성능 / 환기장치 열회수율)

구분	기밀성능		환기장치 열회수율		추가공사금액
	기밀도(n50)	추가공사금액	열회수율	추가공사금액	소계
0	0.6	10,444,452	90%	199,340,000	209,784,452
1	0.8	5,222,226			204,562,226
2	1.0	-			199,340,000
3	0.6	10,444,452	80%	21,767,500	32,211,952
4	0.8	5,222,226			26,989,726
5	1.0	-			21,767,500
6	0.6	10,444,452	70%	-	10,444,452
7	0.8	5,222,226			5,222,226
8	1.0	-			-
9	NA	-	NA	-	-

- 제로에너지주택 비용최적화 모델 1 단위 변수에 따른 추가공사비

구분	난방 설비		급탕 설비		냉방 설비		환기 설비	
	장비종류	추가공사금액	장비종류	추가공사금액	장비종류	추가공사금액	장비종류	추가공사금액
0	지열히트펌프	125,175,317	지열히트펌프	90,199,861	지열히트펌프	114,394,408	중앙형 환기장치	54,899,955
1					에어컨	85,143,613		
2			가스보일러	47,598,425				
3	가스보일러	17,401,575						
4	지역난방	86,645,455	지역난방	-				
5	지열히트펌프	125,175,317	지열히트펌프	90,199,861	지열히트펌프	342,391,308	개별 환기장치	-
6					에어컨	85,143,613		
7			가스보일러	47,598,425				
8	가스보일러	16,700,000						
9	지역난방	86,645,455	지역난방	-				

◦ **제로에너지 공동주택 에너지성능 대비 공사비용 분석**

- 모델별 1차에너지소요량 및 공사비 분석 결과

태양광 발전설비 적용에 앞서 모델별 1차에너지소요량 분석결과와 추가 공사비용 산정결과의 산포도는 아래와 같다. 패시브 기술요소와 고효율 설비를 적용한 모델은 최대 1++등급(60~90kWh/㎡yr)에서 2등급(150~180kWh/㎡yr)으로 분포하였으며, 최대 공사비용이 발생하는 지점은 105~115kWh/㎡yr, 최저 공사비용은 145~175kWh/㎡yr 범위에서 도출되었다. 일차에너지 1kWh가 변할 때 공사비 증가율을 통해 부위별 성능향상에 따는 효과를 분석하면, 일반주택에서 유리투과율을 높이고 난방설비를 지열히트펌프로 개선한 모델이 가장 높은 효율을 보였으며, 통합배관과 외부전동블라인드를 적용한 모델이 가장 낮은 효율을 나타낸 것으로 분석되었다.

표118. 1차에너지소요량과 추가공사비용에 대한 최대 · 최소값 모델 개요

Analysis Criteria	Minimum vlaue			Maximum value			The average value	
	Model no.	Primary Energy (kWh/㎡yr)	Additional cost (KRW/㎡)	Model no.	Primary Energy (kWh/㎡yr)	Additional cost (KRW/㎡)	Primary Energy (kWh/㎡yr)	Additional cost (KRW/㎡)
Primary Energy	000000	85	161,181	999888	173.6	722	85	-
Additional cost	900221	114.7	178,342	999868	163.9	0	-	140,860
AC/PE	499868	160.7	242	949288	172.3	30,187	-	-

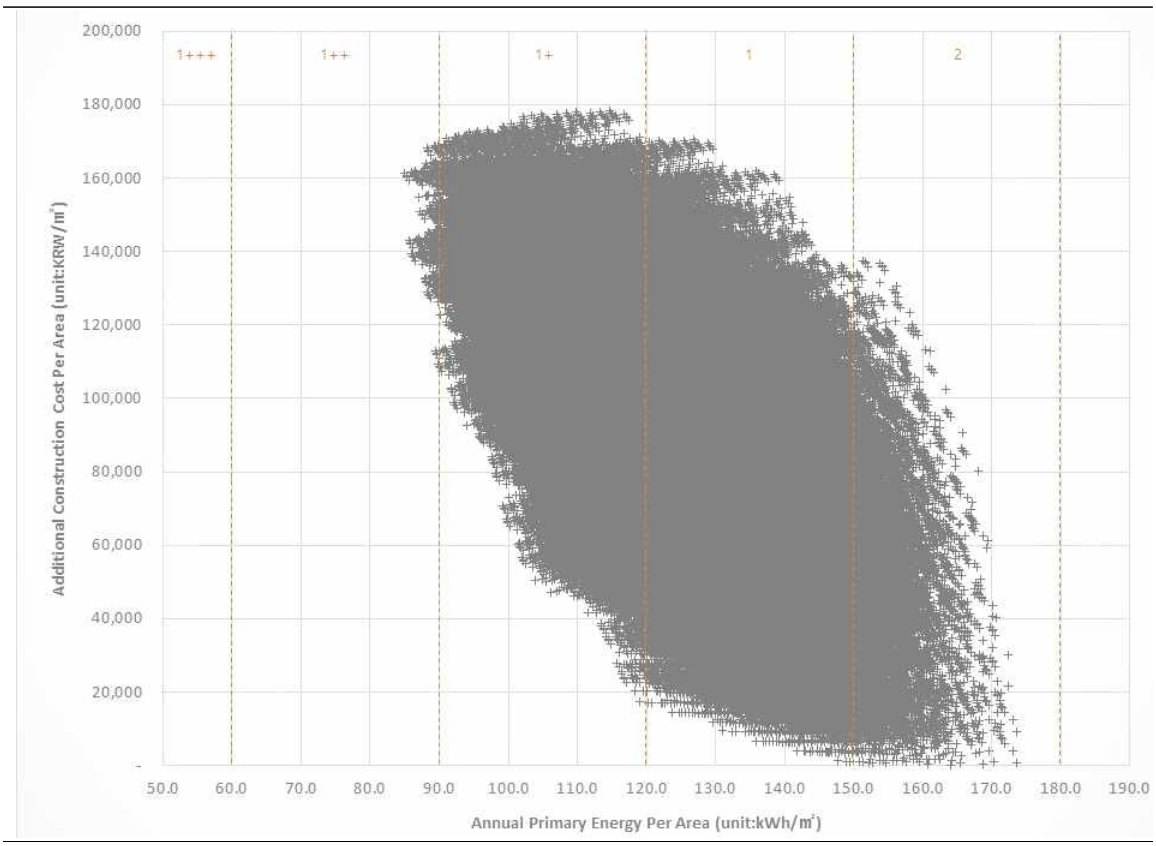


그림108. 모델별 시뮬레이션 및 추가비용에 대한 분석결과(태양광 발전 미적용 시)

- 건축물에너지효율등급 달성을 위한 태양광 발전설비 추가 분석결과

앞에서 분석한 모델별 연간 일차에너지소요량에서 건축물에너지효율등급 달성을 위해 필요한

일차에너지소요량을 전기의 일차에너지 환산계수 2.75로 나누어 태양광 발전설비 필요량과 공사비용을 산정하였다. 다음 패시브기술요소와 고효율 설비에 대한 추가공사비용에 태양광발전설비 공사비용을 합산하여 건축물에너지효율등급 달성을 위한 모델별 총 추가공사비용을 도출하였다.

다음은 최소추가공사비용으로 건축물에너지효율등급 달성 가능한 모델을 10위까지 나열한 표이다. 1+++등급과 1++등급, 1+등급, 1등급 모두 「094638」이 최소추가공사비용을 각 등급을 달성 가능한 것으로 분석되었다. 해당 모델은 외단열과 벽체 열관률율 0.8W/mK으로 개선하고, LED와 80%의 열회수효율의 설비를 적용하고, 열교를 최소화 하며 기밀도를 시간 0.6회 까지 높인 모델이었다. 반면에 모든 모델에서 공통적으로 설비는 가스보일러와 EHP 개별 열회수형 환기장치를 사용하는 것이 비용 효율적으로 나타났으며, 창호와 문의 열관류율은 에너지절감효과 대비 공사비의 상승폭이 커 비용 효율적이지 않은 것으로 나타났다. 또한 블라인드와 통합배관에 경우 높은 순위의 모델에서 공통적으로 적용하지 않는 것으로 나타나 에너지절감 효과 대비 공사비용이 높게 설정된 것으로 나타났다.

표119. 최소추가공사비용 건축물에너지효율등급 달성 가능한 상위 10개 모델

Rank	1+++			1++			1		
	Model no.	Primary Energy (kWh/㎡yr)	Additional cost (KRW/㎡)	Model no.	Primary Energy (kWh/㎡yr)	Additional cost (KRW/㎡)	Model no.	Primary Energy (kWh/㎡yr)	Additional cost (KRW/㎡)
1	094638	119.0	67,502	094638	119.0	41,967	094638	119.0	17,307
2	194638	120.3	68,517	194638	120.3	42,981	194638	120.3	17,446
3	094668	123.8	68,852	094668	123.8	43,317	094668	123.8	17,781
4	294638	120.8	68,952	294638	120.8	43,416	294638	120.8	17,881
5	094738	124.8	69,750	094738	124.8	44,214	094738	124.8	18,679
6	194668	125.1	69,867	194668	125.1	44,331	194668	125.1	18,796
7	094338	118.3	69,900	094338	118.3	44,365	099638	131.1	18,857
8	099638	131.1	69,928	099638	131.1	44,392	594638	122.3	18,987
9	594638	122.3	70,058	594638	122.3	44,523	094648	122.2	19,081
10	094648	122.2	70,152	094648	122.2	44,616	294668	125.7	19,231

- 연구의 결론

본 연구는 제로에너지주택 실증단지 102동을 대상으로 각 부위별 에너지 성능과 공사비용을 대입하여 에너지 총량적 관점에서 각 건축물 에너지효율등급 달성을 위한 총 추가공사비용을 산정하였다. 그 결과 외피의 열관류율과 열교차단 자재, LED와 기밀성능의 향상 등이 비용효율적인 기술요소로 나타났다. 반면에 창호 및 문의 열관류율의 향상과 블라인드의 설치 통합배관의 설치 등은 에너지절감 효율 대비 공사비의 상승폭이 높아 비용효율적이지 않은 기술요소로 분석되었다. 설비의 경우 지열히트펌프 대비 가스보일러를 사용하는 것과, 열회수환기장치는 중앙형 대비 세대별 열회수환기장치를 설치하는 것이 비용효율적인 것으로 분석되었다.

본 연구의 결과는 초기 추가공사비용로만 건축물 에너지효율등급 달성을 위한 비용효율 분석하였다는 것에 한계가 있으며, 추후 에너지절감 비용 및 태양광 발전 전기의 판매, 유지수선비용 등 생애주기 전반에 걸쳐 발생하는 비용과 그 효과에 대한 분석이 필요할 것으로 판단된다.

연구성과

■ 논문등재 및 학술발표

◦ 2014.10. 임인혁・이응신・이명주, 노원에코센터(제로에너지건물) 연간 에너지모니터링 결과 분석 연구, 대한건축학회논문집 계획계

◦ 2015.10. 임인혁・손은정・이명주, 공동주택단지 제로에너지 요소의 장기수선계획 분석, 대한건축학회 학술발표대회 논문집

◦ 2015.11. 이명주・임인혁・허다운, 패시브 공동주택 세대 위치별 에너지요구량에 따른 냉난방 에너지비용 비교 연구, 대한건축학회논문집 계획계

◦ 2016.2. 임인혁・손은정・이명주, 제로에너지 공동주택 추가 공사요소의 장기수선충당금 분석 연구, 대한건축학회 학술발표대회 논문집

◦ 제로에너지공동주택 비용편익 분석 연구 임인혁・허다운・이명주(2018.2월 예정)

■ 정책제안

◦ 2025년 신축주택 제로에너지 의무화 정책의 경제성분석 결과와 개선방안(2018.2월 예정)

- 제로에너지주택 추가요소에 대한 초기공사비용의 절감 필요
- 장기수선비용의 절감을 위한 부품의 규격화와 대체부품 개발 필요
- 에너지물가상승률 안정화와 REC 제도 확대
- 개별 주택 사업자의 온실가스배출권 거래를 위한 방안

(7) H-4 실증단지 모니터링 분석

연구개요

■ 연구기관 : 명지대학교 산학협력단

■ 연구기간

2017년 10월 14일 ~ 2018년 4월 13일 (6개월)

■ 연구 목표

◦ 노원 제로에너지주택 실증단지에서 에너지 사용(소비)과 에너지 생산(신재생에너지 생산)을 효과적으로 측정하여 앞으로 지어질 건축물의 제로에너지 달성 여부에 대한 모니터링 방법을 공개함

◦ 건축물의 5대에너지 분리계측에 대한 필요성과 측정 방법을 제시함

◦ 에너지를 공급하는 액티브 시스템의 구성과 설비동력에 대한 측정을 통해 건축물 에너지의 소요량과 1차에너지 소요량에 대한 환산 방법을 제시함

◦ 신재생에너지의 생산을 계측하는 방법을 제시하여 효과적인 측정방법을 공개함

연구내용

■ 연구 추진 방법

■ 서론

1. 연구의 배경

◦ 노원 제로에너지주택 실증단지는 국내최초의 단지 규모의 제로에너지 주택으로 설계, 시공이 되었고, 실제 거주자들이 입주한 상태에서 에너지사용량을 측정하여 제로에너지 달성 여부를 판정해야 함

◦ 노원 제로에너지주택 실증단지에서 에너지 사용(소비)과 에너지 생산(신재생에너지 생산)을 효과적으로 측정하여 앞으로 지어질 건축물의 제로에너지 달성 여부에 대한 모니터링 방법을 공개함

◦ 에너지절약형 건물은 단순히 건축물 에너지만 줄이는 것이 아니라 실내 쾌적성도 확보해야 함

2. 연구의 목적

◦ 모니터링을 통한 에너지 소비와 생산을 대차대조하여 제로에너지 달성 여부를 판정함

◦ 모니터링을 통한 실내 쾌적성 판단

◦ 모니터링을 통한 건물의 에너지성능을 판단함

◦ 모니터링에서 생성한 데이터를 각종 UI에 제공함

3. 연구의 방법 및 절차

1) 연구의 방법

◦ 에너지 소비와 생산에 관련된 부분을 분류함

◦ 5대에너지의 소비량과 신재생에너지의 생산량을 계측하여 데이터베이스로 구축함
◦ 설비 운영에 필요한 동력은 주로 난방과 급탕을 하는 장치의 순환펌프에서 소비를 하는 전력량을 측정함
◦ 실내 쾌적성을 판단하는 측정량은 온열쾌적성에 대해서는 각 세대마다 온습도계를 설치하여 온습도 데이터를 분석하고, 샘플세대에서는 복합센서를 설치하여 실내 공기질까지 측정함
◦ 모든 측정 데이터는 통합 데이터베이스를 구축하여 한 시간 간격으로 데이터를 저장하여 시간 별, 일간, 주간, 월간으로 분석하여 제로에너지 달성 여부를 판단함

2) 연구의 절차

(1) 에너지 측정이 가능한 장비나 계량기의 선택

◦ 소비량이나 생산량을 자체로 측정하는 장비는 데이터의 생성 프로토콜과 측정주기를 설정하여 제조사나 납품업체에 알려 일정 형태의 데이터가 나오도록 유도함
◦ 5대에너지 소비량을 계측할 수 있는 원격검침시스템을 도입하여 모니터링과 동시에 입주자의 에너지 요금부과에 합당한 데이터 생성을 할 수 있는 계량기를 선택함
◦ 신재생에너지의 생산에 필요한 장비에 에너지 생산을 측정하고 전송할 수 있는 모듈 부착을 요청함

(2) 측정 데이터의 전송

◦ 측정하는 주기를 설정하고 (신재생에너지는 측정 주기를 1분 간격, 원격검침 계량기는 15분) 데이터를 전송하는 프로토콜의 양식을 결정함
◦ 측정 데이터의 전송은 모든 세대와 장비, 신재생에너지 생산 계측을 통합으로 전송을 하거나 어려운 경우 개별 시스템을 구축하여 데이터를 전송함
◦ 데이터 전송에 필요한 신호의 강도를 보고 중간에 중계기를 설치하거나 데이터 수집기(DCU)를 통해 서버로 보냄

(3) 데이터베이스 구축

◦ 계량기의 특성과 구성에 따라 전송을 받은 데이터를 서버로 보내 서버에서 개별 데이터베이스를 구축하여 저장함
◦ 단지를 관리하는데 필요한 시스템은 독립적으로 운영하고 서버 구축도 독립적으로 하여 하나의 시스템이 장애를 일으켜도 다른 시스템에 영향을 주는 일을 최소화시켜 데이터 수집에 만전을 기함
◦ 개별 시스템의 데이터베이스를 구축하고 모니터링용의 별도의 통합 데이터베이스를 구축하여 통합 데이터베이스와 개별 데이터베이스로 하여 데이터 손실과 장애에 대비함
◦ 개별 데이터베이스의 측정주기와 저장주기가 달라도 통합 데이터베이스는 한 시간으로 고정함
◦ 통합 데이터베이스를 분석 대상으로 하고, 필요에 따라 개별적으로 구축한 데이터베이스를 점검함

(4) 분석 주기와 분석 알고리즘 작성

◦ 지 내의 에너지 소비와 생산에 관한 통합 데이터베이스를 구축하여 한 시간 간격의 분석이 가능하도록 함

◦ 개별 데이터베이스로부터 받는 데이터는 가능한 짧게 하여 개별 데이터베이스의 장애를 판정하여 대비함

◦ 통합 데이터베이스에는 짧은 주기(5분 정도)로 개별 데이터베이스에서 들어오는 데이터를 점검하여 임시로 저장한 다음 한 시간 간격으로 고정하여 저장함

◦ 데이터베이스에서 제로에너지 판정에 필요한 데이터를 추출하는 방법과 주기를 결정함

◦ 추출한 데이터를 5대에너지와 설비동력으로 분류를 하고 신재생에너지 생산과 대차대조를 하는 알고리즘을 작성하여 시간별로, 일별로, 주간별로, 월별로 제로에너지 달성을 판정하고 일간, 월간, 연간 누적값도 별도로 처리함

(5) 제로에너지 달성 여부 판단

◦ 통합 데이터베이스에서 추출한 에너지 소비량과 생산량을 일간, 월간, 연간 대차대조를 하여 제로에너지 달성 여부를 판단함

◦ 가중치가 들어있지 않는 에너지로 제로에너지 달성여부를 판단함 (에너지 소요량을 기준)

◦ 1차에너지로 환산하여 넷제로 1차에너지 달성 여부를 판단함

◦ 이산화탄소 발생량으로 환산하여 넷제로 이산화탄소 발생을 판단함

(6) 입주자나 관리 주체에 모니터링 데이터 제공

◦ 통합 데이터베이스에서 추출한 데이터는 개별 세대에 월패드를 통해 제공함

◦ 원격검침과 관련된 데이터는 관리사무소로 제공하여 월별 에너지요금 부과에 근거자료로 활용함

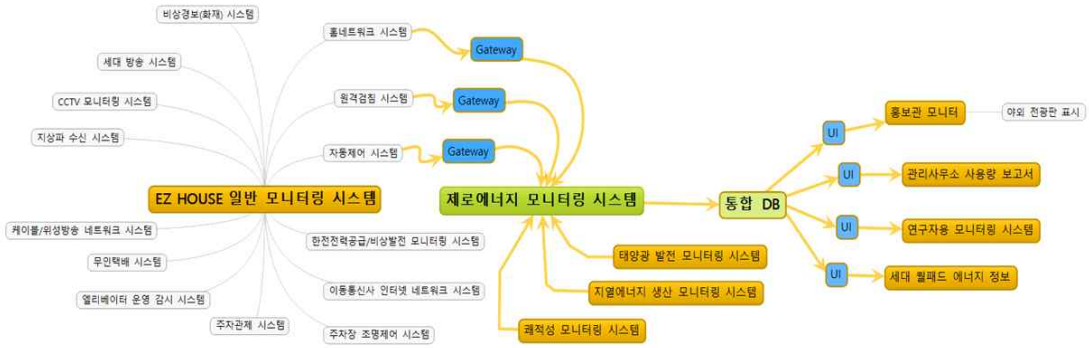
◦ 제로에너지 달성과 관련된 데이터는 홍보관으로 내보내거나 벽면에 설치된 전광판으로 내보내 일반인들이 제로에너지 달성 여부를 보도록 함

◦ 단지의 에너지 소비와 생산에 대한 결과와 제로에너지 달성 여부는 관련 기관에 제공함

■ 본론

1. 모니터링 시스템 구축

1) 단지의 모니터링 시스템 개요



◦ 기존의 단지에서 있는 기본적인 관리와 입주자용 모니터링 시스템과 제로에너지 단지에 특화된 모니터링 시스템의 융합으로 효과적으로 단지의 에너지 사용과 생산을 모니터링하고 장비와 설비의 운전상태를 감시함

◦ 모니터링에서 수집된 각종 데이터를 근거로 연구 및 관리에 용이한 자료를 제공하고, 입주자에게 단지에 대한 관심과 에너지 절약을 유도함

(1) 세대 전력 사용 분리계측 모니터링 시스템: 조명에너지, 냉방에너지(15개 개별세대), 환기에너지(15개 개별세대), 가전제품 사용전력도 파악 가능
(2) 에너지 사용 원격검침 모니터링 시스템: 열에너지와 전력사용량
(3) 태양광 발전 모니터링 시스템
(4) 실내 쾌적성 모니터링 시스템
(5) 지열에너지 생산 모니터링 시스템
(6) 열회수형 환기장치 모니터링 시스템

2. 에너지 모니터링을 수행하기 위한 시뮬레이션 진행

1) 시뮬레이션 진행 과정

순서	용어	방법
1 단계	에너지 요구량	조건에 따라 기존의 프로그램을 이용하여 월간 **세대 내** 필요한 에너지를 구함
2 단계	에너지 소요량 (‘단순 소요량’)	세대 내 요구량을 주동 별로 더하고 전송 도중 손실 부분까지 합쳐 **단지 내 기계실에서** 공급해야 할 총 에너지의 양으로 계산 (주로 열에너지 손실분만 반영함)
3 단계	에너지 소요량 (‘최종 에너지’)	단순 소요량을 기계실에서 장치를 이용해서 생성하고 각종 설비를 통해 공급할 때 장치의 에너지 효율과 공급에 따른 설비동력까지 합쳐 **단지 외부에서** 공급해야 할 에너지로 계산
4 단계	1차에너지 소요량	소요량에 필요한 에너지를 단지 외부에서 공급할 때 기준에 따른 환산계수를 곱해서 건물에서 필요한 에너지를 공급하기 위한 **사회적으로 필요한** 모든 에너지를 계산함

2) 시뮬레이션 결과

◦ 5대에너지 소요량 계산에 필요한 에너지와 설비동력

	에너지 종류	공급시스템	설비동력	1차 에너지
난방에너지	열에너지	지열히트펌프 + 지열순환펌프 + 지열대류펌프	각 주동으로 가는 순환펌프	전기에너지 환산
급탕에너지	열에너지	지열히트펌프 + 지열순환펌프 + 지열대류펌프	각 주동으로 가는 순환펌프	전기에너지 환산
냉방에너지	열에너지	지열히트펌프 + 지열순환펌프 + 지열대류펌프, 세대 에어컨	아파트로 가는 순환펌프	전기에너지 환산
조명에너지	전기에너지	전력공급망	*	전기에너지 환산
환기에너지	전기에너지	전력공급망	*	전기에너지 환산

◦ 노원 제로에너지주택 실증단지의 5대에너지 소요량 (시뮬레이션 계산 값)

	1월	2월	3월	4월	5월	6월
난방에너지	19391.1	12396.4	6369.4	149.6	0.0	0.0
냉방에너지	0.0	0.0	0.0	0.0	334.1	6678.5
급탕에너지	9605.5	9102.8	10499.6	11195.8	11661.3	11233.4
환기에너지	3338.1	3015.1	3338.1	3230.5	3338.1	3230.5
조명에너지	4547.9	3780.6	3980.6	4043.5	4279.3	4073.0
월간 합	36882.7	28294.8	24187.8	18619.4	19612.9	25215.4

7월	8월	9월	10월	11월	12월	합 [kWh/yr]
0.0	0.0	0.0	0.0	4114.1	15701.2	58121.9
18359.0	19413.9	4331.4	0.0	0.0	0.0	49117.0
11661.3	11661.3	11233.4	11661.3	10395.7	9769.3	129680.9
3338.1	3338.1	3230.5	3338.1	3230.5	3338.1	39303.9
4086.9	4142.9	4205.9	4590.7	4630.5	4836.8	51198.7
37445.3	38556.3	23001.1	19590.1	22370.8	33645.5	327422.2

◦ 신재생에너지 생산량

- 태양광 발전

[AC 생산량]	r =	0.967								
월	101 동	102 동	103 동	201 동	202 동	203 동	301 동	302 동	홍보관	합 [kWh]
1월	7344.8	7790.1	7593.1	759.6	762.1	2569.4	431.4	445.9	1192.6	28889.0
2월	8438.2	9000.5	8694.0	947.9	945.7	3068.6	553.7	575.2	1256.7	33480.4
3월	9970.6	10011.2	9594.4	1033.9	1034.8	3591.9	578.3	595.3	1274.1	37684.4
4월	10442.7	11226.6	10651.2	1268.0	1259.7	4022.0	738.5	765.7	1137.4	41511.8
5월	10231.5	11012.0	10389.2	1243.3	1235.1	3977.6	713.5	737.2	927.0	40466.1
6월	9775.1	10293.4	9692.6	1183.2	1175.0	3810.2	681.9	705.1	912.5	38229.0
7월	8333.0	8605.3	8117.4	975.0	969.9	3210.6	556.7	574.8	825.9	32168.5
8월	8801.2	9150.6	8659.9	1032.7	1027.2	3373.1	594.2	614.6	940.5	34193.9
9월	9966.2	10492.7	10002.5	1156.1	1151.0	3752.8	669.5	693.6	1209.0	39093.3
10월	9928.2	10283.7	9915.6	1059.8	1060.9	3596.1	601.4	621.2	1453.3	38520.0
11월	6786.2	7140.5	6940.4	706.2	707.4	2374.8	403.3	417.2	1041.1	26517.0
12월	6713.5	6991.7	6829.8	667.5	670.4	2298.1	377.1	389.5	1093.5	26031.2
합 [kWh]	106731.1	111998.2	107079.9	12033.1	11999.2	39645.2	6899.4	7135.0	13263.5	416.785 [MWh/yr]

◦ 지열에너지 생산량

	1월	2월	3월	4월	5월	6월
난방에너지	44249.9	27291.2	13271.1	268.7	0.0	0.0
급탕에너지	21767.4	20093.0	21767.4	20930.2	21767.4	20930.2
냉방에너지	0.0	0.0	0.0	0.0	73.4	13598.7
월간 합	66017.2	47384.2	35038.5	21198.9	21840.8	34528.8

7월	8월	9월	10월	11월	12월	합 [kWh/yr]
0.0	0.0	0.0	0.0	8230.4	35046.9	128358.1
21767.4	21767.4	20930.2	21767.4	20930.2	21767.4	256185.3
45196.8	47800.4	8778.0	0.0	0.0	0.0	115447.3
66964.2	69567.8	29708.1	21767.4	29160.5	56814.2	499990.7

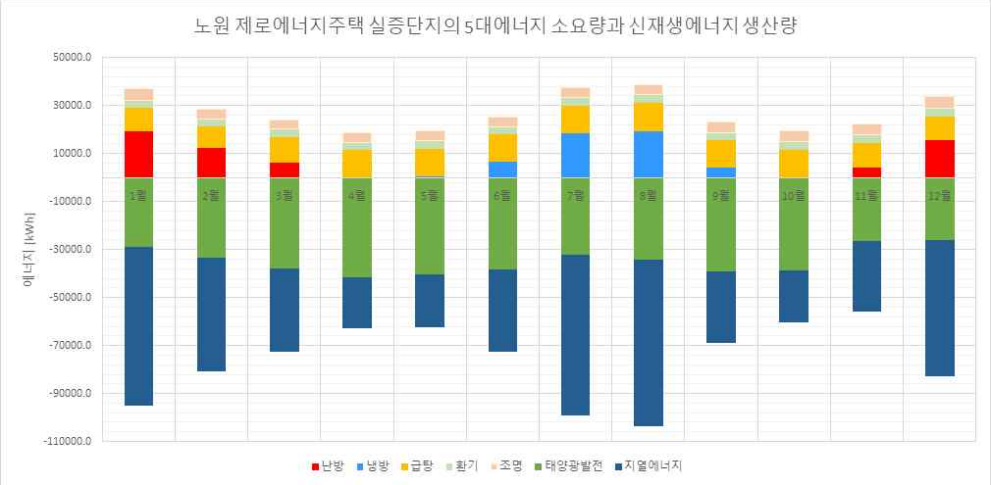
◦ 5대에너지의 1차에너지 소요량과 신재생에너지 생산량의 1차에너지 대차대조

◦ 지열에너지 생산량은 단지 내부에서 (즉, 제로에너지 경계면 안에서) 생산이 되어 공급을 하였고, 외부로는 나가거나 외부에서도 들어오지 않았으므로 0으로 간주함. 다만 지열에너지 생산에 투입되는 전력량은 외부에서 가지고 오므로 소요량에 이미 포함이 되어 있음

	1월	2월	3월	4월	5월	6월
난방에너지	53325.5	34090.0	17515.9	411.4	0.0	0.0
냉방에너지	0.0	0.0	0.0	0.0	918.9	18365.9
급탕에너지	26415.1	25032.7	28874.0	30788.4	32068.7	30891.9
환기에너지	9179.9	8291.5	9179.9	8883.7	9179.9	8883.7
조명에너지	12506.8	10396.6	10946.6	11119.7	11768.1	11200.7
태양광발전	-79444.8	-92071.0	-103632.1	-114157.5	-111281.8	-105129.7
지열에너지	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
월간 합	21982.5	-14260.2	-37115.7	-62954.2	-57346.3	-35787.4
(열생산)	-66017.2	-47384.2	-35038.5	-21198.9	-21840.8	-34528.8

7월	8월	9월	10월	11월	12월	합[kWh/yr]
0.0	0.0	0.0	0.0	11313.9	43178.4	159835.1
50487.2	53388.3	11911.4	0.0	0.0	0.0	135071.6
32068.7	32068.7	30891.9	32068.7	28588.1	26865.6	356622.4
9179.9	9179.9	8883.7	9179.9	8883.7	9179.9	108085.6
11239.0	11393.1	11566.1	12624.4	12734.0	13301.3	140796.3

-88463.4	-94033.2	-107506.5	-105930.1	-72921.7	-71585.7	-1146157.5
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
14511.2	11996.7	-44253.4	-52057.2	-11402.0	20939.5	-245746.5
-66964.2	-69567.8	-29708.1	-21767.4	-29160.5	-56814.2	



◦ 본 연구에서는 지열에너지 생산량은 단지 내부에서 사용이 되는 양이므로 1차에너지 환산 계수를 1로 하고 계산을 하여 제로에너지 자립율을 계산함

$$\text{제로에너지 자립율} = \frac{\text{태양광발전량} \times 2.75 + \text{지열에너지생산량} \times 1 - \text{지열에너지생산 전력량} \times 2.75}{\text{5대에너지 소요량} \times 2.75 + \text{지열에너지생산량} \times 1}$$

◦ 계산 결과 - 등급 분류에 따르면 제로에너지 2등급이 됨

1차에너지	1월	2월	3월	4월	5월	6월
1차에너지 소요량	101,427.3	77,810.8	66,516.4	51,203.3	53,935.5	69,342.3
신재생 소비량	66,017.2	47,384.2	35,038.5	21,198.9	21,840.8	34,528.8
태양광발전량	79,444.8	92,071.0	103,632.1	114,157.5	111,281.8	105,129.7
지열생산-소비전력	-3,541.2	-2,541.7	-1,879.5	-1,137.1	-1,156.1	1,004.7
자립율 [%]	45.3	71.5	100.2	156.1	145.3	102.2

7월	8월	9월	10월	11월	12월	합 [kWh/yr]
102,974.7	106,029.9	63,253.2	53,872.9	61,519.7	92,525.2	900,411.1
66,964.2	69,567.8	29,708.1	21,767.4	29,160.5	56,814.2	499,990.7
88,463.4	94,033.2	107,506.5	105,930.1	72,921.7	71,585.7	1,146,157.5
5,903.1	6,310.4	250.5	-1,167.6	-1,564.2	-3,047.5	-2,566.1
55.5	57.1	115.9	138.5	78.7	45.9	**81.7**

■ 결론

1. 계측 부분 지정

1) 5대에너지 사용량의 계측 부분과 데이터 수집 방법

5대에너지 사용량	계측 부분	계측기 여부	데이터 수집 여부
난방에너지	세대 내 난방관 전단	난방 계량기	15 분 간격
냉방에너지	아파트는 환기장치의 냉수코일 후전단, 개별세대는 에어컨 전력	냉방 계량기, 에어컨 측정 모듈	15분 간격
급탕에너지	세대 내 급탕관 후단	급탕 계량기	15분 간격
환기에너지	아파트는 환기장치 전력량, 개별세대는 환기장치 연결 모듈	환기장치 전력량, 환기장치 측정 모듈	15분 간격
조명에너지	스마트분전반과 에너지미터	스마트분전반 모듈, 에너지미터	15분 간격

신재생에너지 생산	계측 부분	계측기 여부	데이터 수집 여부
태양광 발전	인버터 통신부분	인버터 자체 전력량계, 주동별 적산전력계	1 시간 간격 (10분으로 수정),15분 간격
지열에너지 생산	히트펌프의 열량계	열량계	1분 간격

2) 제로에너지 달성 판정에 필요한 계측 부분

5대에너지 사용량	계측 부분	계측기 여부	데이터 수집 여부
난방에너지	지열히트펌프의 전력량, 지열대류, 순환펌프의 전력량	전력량계	15 분 간격
냉방에너지	지열히트펌프의 전력량, 지열대류, 순환펌프의 전력량, 15 개별세대의 에어컨 사용 전력량	전력량계, 스마트분전반의 전력측정 모듈	1분 간격 (지열), 15분 간격 (에어컨)
급탕에너지	지열히트펌프의 전력량, 지열대류, 순환펌프의 전력량	전력량계	15 분 간격
환기에너지	아파트의 중앙형 환기장치의 전력량, 15개 개별세대의 환기장치 전력량	전력량계, 스마트분전반의 전력측정 모듈	15 분 간격
조명에너지	전 세대의 조명 결선	스마트분전반의 전력측정 모듈, 에너지미터의 조명 측정	15 분 간격

신재생에너지 생산	계측 부분	계측기 여부	데이터 수집 여부
태양광 발전	인버터	인버터의 자체 전력, 적산전력계	10분 간격, 15 분 간격
지열에너지 생산	지열히터펌프	열량계	1 분 간격

설비동력 측정	계측 부분	계측기 여부	데이터 수집 여부
온수 순환펌프	순환펌프 분전반	적산전력계설치	15 분 간격
냉수 순환펌프	순환펌프 분전반	적산전력계설치	15 분 간격

2. 시뮬레이션과 비교

◦ 시뮬레이션이나 예측값에 따른 5대에너지의 소요량은 일정한 기준에 따라 설비의 효율을 고려해서 정했으나 실제로 입주한 세대에서는 난방이나 냉방을 할 때 실내온도 설정은 물론, 각종 에너지 사용에 대한 제한이 없으므로 소비량은 계산한 소요량과 오차가 남

5대 에너지	설정 기준	입주자 사용
난방에너지	겨울철 실내온도를 20 ℃로 유지	실내온도가 더 높음
냉방에너지	여름철 실내온도를 26 ℃로 유지	실내온도가 더 높거나 낮음
급탕에너지	하루에 84 Wh/(m^2 d) 사용	세대 구성원에 따라 다름
환기에너지	2단으로 설정하여 24시간 운영	1단으로 24시간 운영, 또는 중단
조명에너지	7.5 W/m^2의 전력밀도와 용도프로필	생활습관에 따라 달라짐

◦ 세대내의 사용량 계측과 평가는 넷제로 1차에너지 달성여부에 별로 영향을 주지 않고, 5대 에너지를 단지로 공급하는 부분의 계측자료가 있으면 됨

※ 제로에너지 달성여부 및 자립률 분석은 2018년 1월 18일~ 2019년 1월 17일까지의 계측결과로 판정 가능

3. 제로에너지 달성 여부 판정

실제 입주자 완료가 2018년 1월 18일에 이루어졌고, 약 20세대가 추가로 1월에 입주하기 때문에 입주자 사용량을 계측하여 시뮬레이션 결과와 비교를 하거나 제로에너지 달성여부에 대한 판정은 시일이 더 필요함

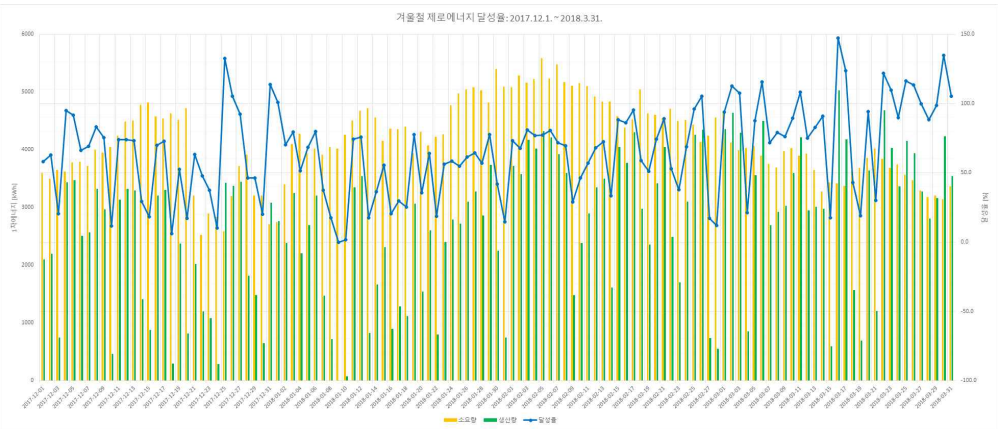
4. 제로에너지 자립률 분석

1) 제로에너지 달성율 분석

◦ 본 연구과제에서 제시하는 제로에너지 달성율은 세계적으로 통용이 되는 제로에너지 판정에 따른 넷제로 1차에너지의 달성 여부를 검증하는 방법임

◦ 제로에너지 달성율 [%] = 1차에너지 생산량/1차에너지 소요량 * 100

◦ 지열에너지 생산량은 신재생에너지임도 불구하고 단지 외부로 나가는 양이 아니므로 계산에서는 0으로 간주함



2) 제로에너지 자립율

◦ 제로에너지 자립율은 한국에서 도입한 제로에너지 등급 판정에 필요한 양으로 분모의 1차 에너지 소비량, 분자는 1차에너지 생산량의 비율임

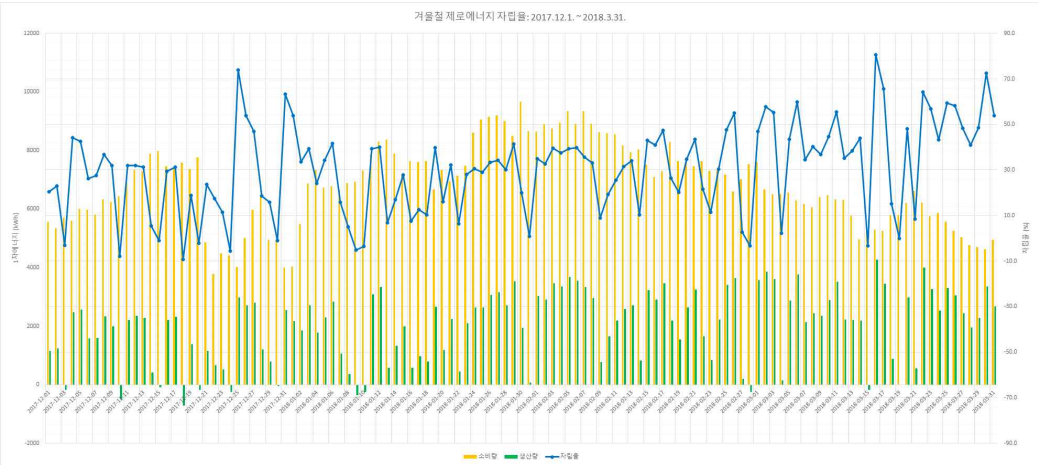
◦ 제로에너지 자립율 [%] = 신재생에너지 생산량 / 소비량 * 100

◦ 1차에너지 소비량은 단지 내에서 5대에너지의 1차에너지 소요량과 지열에너지로 난방이나 냉방을 충당했을 때 지열에너지 생산량을 추가하여 단지 내의 총 소비량을 구함

◦ 1차에너지의 기본적인 개념이 단지의 경계를 사이에 두고 외부와 내부로 에너지가 통과할 때 환산계수를 곱하여 단지로 외부에서 얼마나 더 많은 비중으로 공급을 했는가를 알아보는 에너지의 양임. 그러나 지열에너지의 생산량은 단지 내부에서 생산한 양이므로 1차에너지로 환산할 수 없으므로 가중치 1을 곱하여 계산함

◦ 자립율의 분자는 신재생에너지 생산량에다 생산에 필요한 에너지를 빼주어 1차 에너지 환산계수를 곱해서 순수한 생산량으로 보고 있으나, 지열에너지 생산인 경우 분모에서 이미 5대 에너지 소요량의 1차에너지로 들어가 있는데도 분자에서 빼주기 때문에 논란의 여지가 있음

◦ 나중에 대기열과 같은 환경열을 이용하는 히트펌프의 열에너지 생산량도 신재생에너지로 도입을 고려할 때 히트펌프의 일종인 여름철 냉방에너지를 공급하는 EHP(에어컨)도 동일한 논리를 적용해야 하므로 자립율에 대한 논란의 여지가 있음



◦ **전체적으로, 제로에너지 달성여부 판정은 1년간의 5대에너지 사용량과 신재생에너지 생산량을 대차대조하는 것으로, 현재 겨울철 에너지 사용량만으로 제로에너지 달성율·자립율 산출 및 달성여부 판정하기 어려움**

■ 연구성과

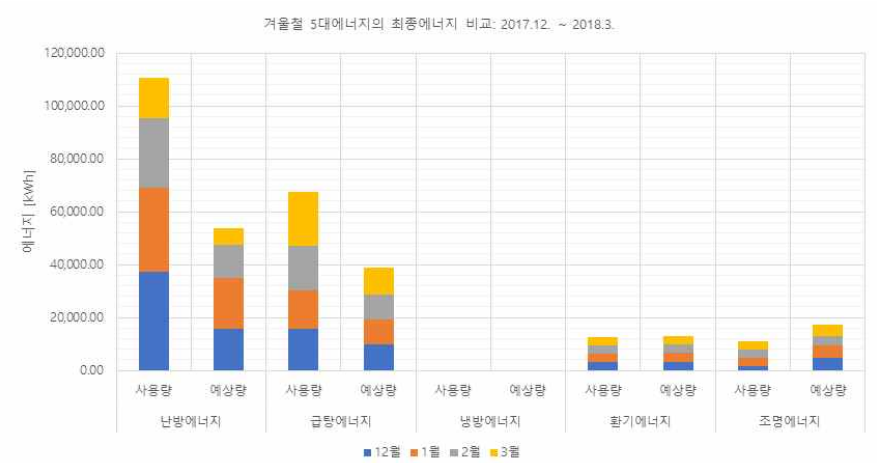
1. 겨울철 에너지 사용량 계측 결과

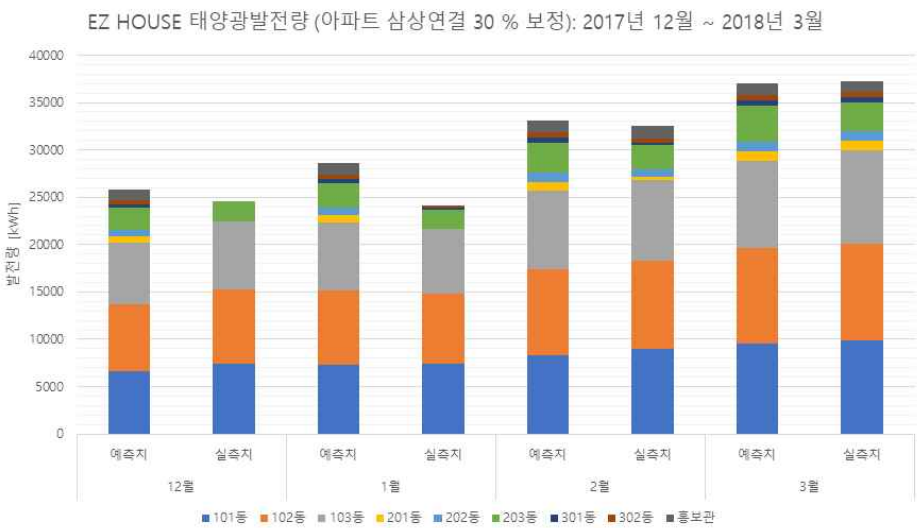
◦ 겨울철(2017년 12월 ~ 2018년 3월)의 사용량 측정에 따라 1차에너지의 사용량 확인이 가능함

	2017 년 12 월	2018 년 1 월	2 월	3 월	합
난방에너지 1[kWh]	67,405.8	75,336.0	67,318.4	38,541.3	252,313.9
난방에너지 2[kWh]	11,827.4	2,561.2	0.0	0.0	14,388.7
난방순환펌프[kWh]	5,913.9	5,762.9	4,614.2	3,598.7	20,366.0
난방에너지[kWh]	85,147.1	83,660.1	71,932.6	42,139.9	287,068.5
급탕에너지 1[kWh]	28,205.4	34,323.6	43,220.7	51,298.5	153,335.6
급탕에너지 2[kWh]	4,949.0	1,166.9	0.0	0.0	6,115.9
급탕순환펌프[kWh]	2,474.7	2,625.7	2,962.6	4,790.0	12,376.7
급탕에너지[kWh]	35,629.1	38,116.2	46,183.2	56,088.5	171,828.1
냉방에너지[kWh]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
환기에너지[kWh]	8,892.4	8,880.6	8,422.4	8,159.3	34,354.4
조명에너지[kWh]	4,506.4	8,433.7	8,497.5	8,405.4	29,843.0
합[kWh]	**134,175.0**	**139,090.5**	**135,035.7**	**114,793.0**	**523,094.0**

2. 제로에너지 달성 검증에 필요한 모니터링 구축

◦ 세대 사용량과 함께 신재생에너지 생산량도 측정하여 5대에너지와 신재생에너지 생산량을 보고 제로에너지 달성 여부를 검증할 수 있는 모니터링 시스템을 구축함





나. 제로에너지 주택 및 단지 최적화모델 설계

(1) B-1 제로에너지 주택 및 단지 최적화모델 설계

연구개요

■ 연구기관 : ㈜제드 건축사사무소

■ 연구기간 : 2013.10.14.~2017.10.13.(5차년)

■ 연구목표 :

◦ 최적화 패시브 디테일 개발

◦ 주요 부위별 패시브 디테일 설계 및 적용 기술 발굴

◦ 제로에너지 주택 적용기술 설명서 작성

연구내용

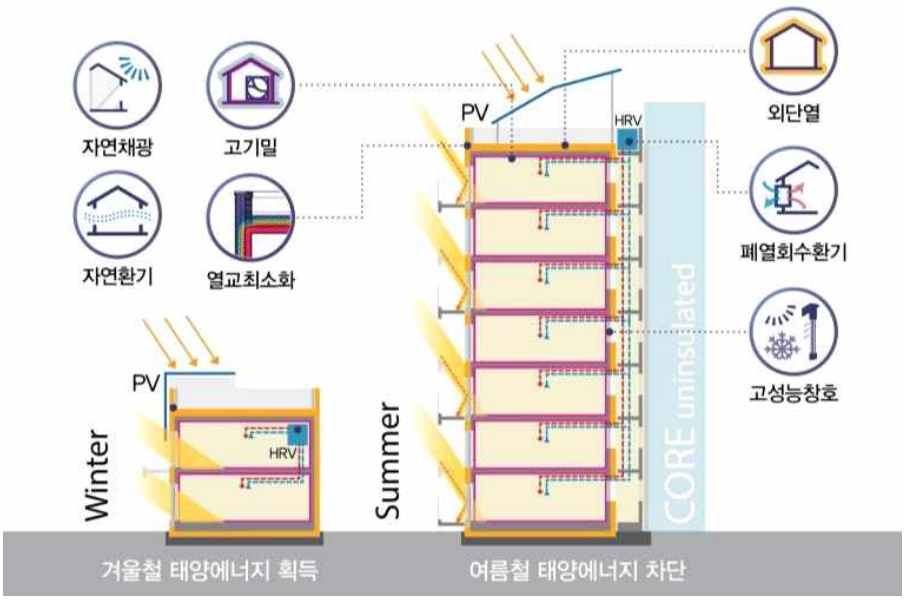
■ Mock-up 주택 설계 및 준공 (1-2차년도)

- 1차년도부터 시작된 Mock-up 주택 구축은 2차년도에 해당하는 2014년 11월 25일 준공되었으며, 부위별, 요소별, 분야별, 공간별로 다양하게 구현된 시공법을 담아 준공 도서를 작성하고 납품하였다. Mock-up 주택을 통해 개발된 설계요소들을 실증단지에 적용함으로써 위험요소를 최소화 하는 에너지 성능구현이 가능하도록 하였다.

표 142 Mock-up 주택 구축 진행사항

날 짜	내 용
2013. 12. 13.	골마을근린공원 조성계획 변경계획 수립
2013. 12. 19.	골마을근린공원 기본계획 설계
2014. 02. 04.	주민의견청취 열람공고 및 관련부서 협의
2014. 03. 18.	서울시 도시공원위원회 심의
2014. 05. 20.	서울시 도시공원위원회 소위원회 보고
2014. 06. 05.	골마을근린공원 조성계획 결정(변경) 및 지형도면 고시
2014. 06. 19.	골마을근린공원 조성계획 결정(변경) 사업 공람공고
2014. 07. 29.	골마을근린공원 조성 사업 실시계획 고시
2014. 08. 01.	착공
2014. 11. 25.	준공

■ 패시브 기술요소 발굴



- 패시브 계획 요소

· 남향 배치를 통하여 태양에너지를 효율적으로 활용하며, 건물 형태적으로 요철 부위 등이 없는 단순한 형태로 계획하여 건물 외피를 통한 열손실을 최소화 할 뿐만 아니라 형태적으로 기하학적 열교를 최소화하여 계획한다.

· 평면계획 시 맞통풍이 가능하도록 창호를 배치하고, 서비스 공간과 주요 재실 공간을 분리 설계하며 화장실, 부엌, 창고 등의 서비스 공간을 집중 배치하여 설비장치들의 성능 및 경제성을 확보한다

- 단열 성능 관련 적용기술요소

· 건물 부위별 열관류율 최적화를 위한 단열재를 선정하고 성능, 경제성 및 내화성 등을 고려하여 단열재 두께를 최적화한다.

· 단열재 설치 시 열교를 최소화 할 수 있도록 PVC패스너와 습식공법 등의 기술을 적용하며, 각 부위별로 단열재를 보호할 수 있는 디테일을 적용한다.

- 기밀 성능 관련 적용기술요소

· 건물의 기밀 성능을 확보하기 위하여 창호 둘레에는 내부측으로 기밀테이프를 부착하여 창호와 구조체 사이에 기밀이 확보되도록 하며, 설비배관 등의 외부 관통부위와 콘센트 및 통합분전반에는 각 기능에 맞는 기밀자재를 사용한다.



그림 118 창호 기밀테이프



그림 119 각종 기밀자재

- 열교최소화 적용기술요소

· 열교 발생이 예상되는 부위의 열교시뮬레이션을 통하여 디테일을 개발하여 적용하며, 특정부위의 열교 차단 및 최소화를 위하여 열교차단재를 설계에 적용한다.

· 건물 외부에 고정되는 태양광 전지판, 홈통, 외부블라인드, 난간 등의 설치로 인해 발생하는 열교를 최소화하기 위한 디테일 적용 및 자재를 적용한다.

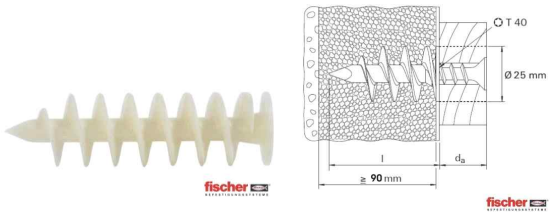


그림 120 단열재 고정용 부자재

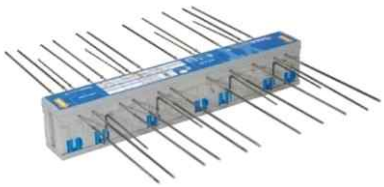


그림 121 발코니 열교차단재

- 고성능 창호 적용기술요소

· 겨울철 창호를 통한 열손실을 최소화하기 위하여 고단열, 고기밀성을 확보한 PVC창호와 양면로이코팅 삼중유리를 적용하며, 자연환기를 위하여 틸트 기능이 포함된 시스템 창호를 적용한다.

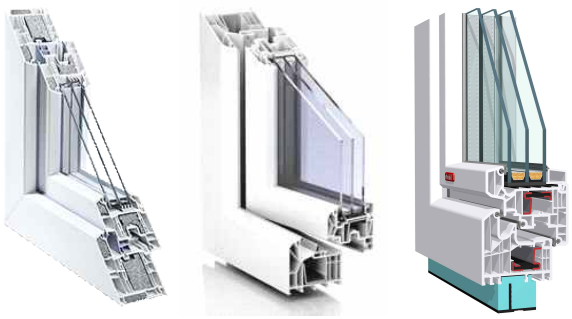


그림 122 독일 PHI 인증창호

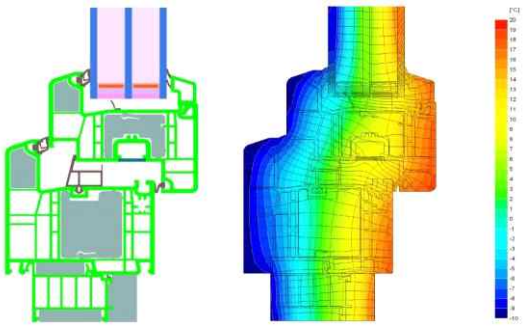


그림 123 독일 Rehau Geneo PHZ 창호의 열전달 시뮬레이션

- 설비관련 적용기술요소

· 급탕 및 난방배관의 열손실을 최소화하기 위하여 공급측 배관을 보온재로 감아주며 배관

의 길이를 최소화하여 성능 및 경제성을 향상시킨다.

· 열회수형 환기장치를 이용하여 환기계획 시 실내 급·배기존을 분리 계획하며, 각 실의 용도에 따라 최적화된 환기량을 설계하며 또한 급배기구의 상호 간섭을 방지하기 위하여 이격하여 계획한다.

■ 액티브 기술요소 발굴

- 태양광 전지판 적용기술요소

시뮬레이션을 통하여 성능과 경제성을 고려하여 최적의 장소에 최대 효율로 작동 할 수 있도록 설계하며, 디자인을 고려하여 설치한다.

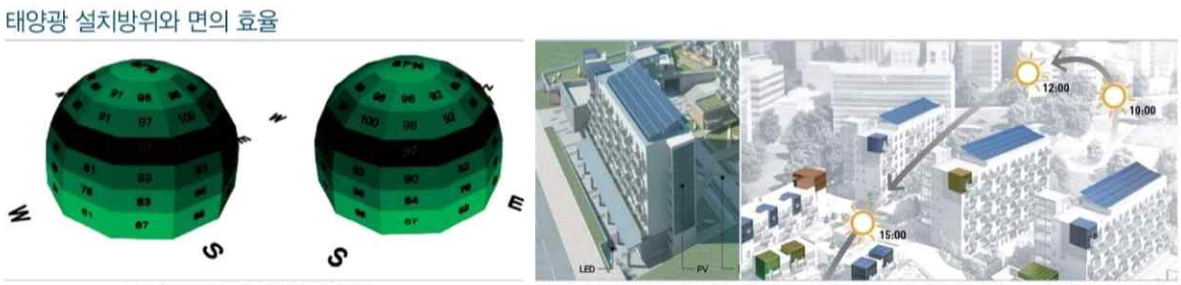


그림 1[설치 조건에 따른 예상 발전량]

*12년후 준공전 PV판 민간 효율이 높아지면 효율이 높아지게 되고 생산 가능한 전력량도 상승될 것이다

▶ PV패널

방 향		효율
벽	남쪽/수직	68%
지붕	수평: 각도없음	98%

▶ Solar Block

방 향		효율
벽	남쪽/수직	61~67%
	서쪽/수직	40~51%
지붕	수평: 각도없음	87%

- 지열 시스템 적용기술요소

· 에너지시뮬레이션 결과를 토대로 지열 시스템 용량을 산정하고 천공위치를 설정한다.

· 지중열교환기는 구조물 및 지중 매립 시설과 간섭이 없으며, 기계실 등 설비실로부터 가까운 곳에 설치한다. 또한 시험시추 및 지열 열전도 테스트를 통하여 최종적인 지열시스템 사양을 결정한다.

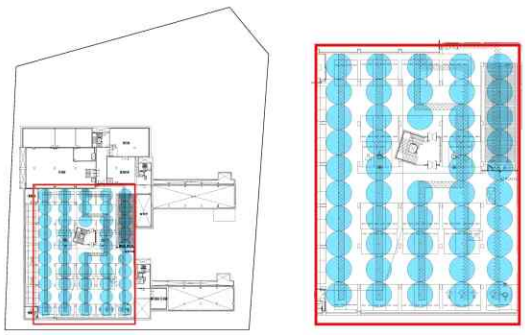


그림 125 지열 천공위치

■ 제로에너지 주택 실증단지 설계 (1-4차년도)

- 제로에너지 기술요소 및 실증단지 구현에 따른 설계 내용을 반영하여 작성된 기술 분류에 따

른 적용기술 설명서를 작성하여 효과적으로 기술 적용이 가능하도록 하였다. 기술 내용 중 디테일과 관련된 부분은 열교시뮬레이션을 재실시하여 시공 전에 기술 적용 효과를 예측할 수 있도록 하였다. 적용 기술 중 외단열 부착기술, 돌출 발코니 열교 차단기술, 외단열 벽체에 관통부위발생 시 기밀성능 확보기술의 주요 내용은 다음과 같다.

- 조감도



- 실증단지 설계개요

구분		내용
대지위치		서울특별시 노원구 한글비석로 97
지역지구		제2종 일반주거지역 (7층이하) 제1종 지구단위계획 구역
도로현황		30m, 10m 도로
대지면적		11,344.8 ㎡
건축면적		3,301.63㎡
연면적	전체	17,652.27㎡
	지상	11,165.78㎡
	지하	6,486.49㎡
건폐율		29.10% (법정) 60%
용적률		98.42% (기준)170% (허용)190%
층수/높이		지하 2층, 지상 7층 / 23.30m
주차대수		128대 (법정)120대

- 위치도 및 주변전경



- 실증단지 구축 진행 일정

일 정	경 과
2013. 06. 11	국토교통부 (국토교통과학기술진흥원) R&D 사업 공모 공고
2013. 09. 17	국토부 ” 제로에너지주택 실증단지 구축” R&D 사업 공모 당선
2013. 10. 14	연구개발 협약체결 (국토교통과학기술진흥원⇔서울시 ·노원구 ·명지대산학연구단)
2013. 12. 27	서울시 도시건축공동위원회 심의 의견반영
2014. 02. 13	중계 2 택지 지구단위 계획 결정 (변경)
2014. 05. 02	서울시 공공건축가 자문회의 개최
2014. 08. 26	서울시 건축위원회 심의 (자문) 개최
2014. 12. 19	사업계획 승인 완료(공공주택특별법)
2015. 06. 29	실시설계 완료
2015. 10. 22	서울시 계약심사 완료
2015. 10. 29	실증단지 착공
2017. 09. 14	실증단지 준공
2017. 11. 21	입주 시작

- 단지 및 배치 계획



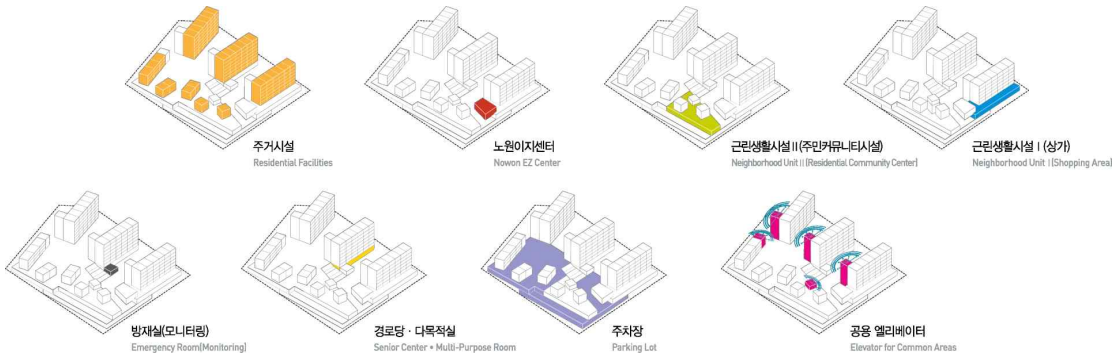


그림 130 단지 배치계획



그림 131 +33 Level 지반 배치도



그림 132 +28.5 Level 지반 배치도

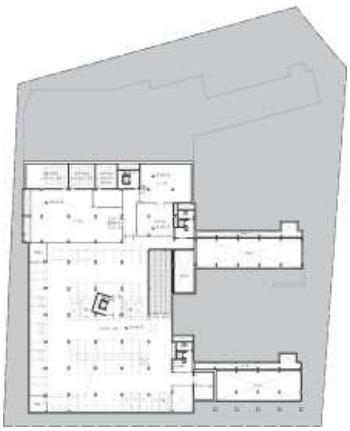


그림 133 +22.7 Level 지반 배치도

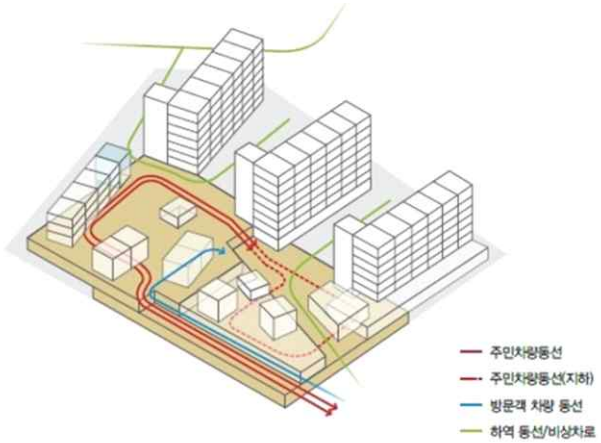
· 전체 단지를 크게 좌, 우로 구분하여 단지 좌측으로 단독주택, 합벽주택, 연립주택 등을 계획하고, 그 하부 공간은 근린생활시설 및 주차장 시설로 계획하였으며, 단지 우측으로는 3동의 공동주택을 계획하여, 단독주택에서부터 공동주택까지 다양한 주거형태를 한 단지내에서 구축

하였다.

· 단지 남측 주 도로와 면하는 101동 공동주택의 경우 하부 공간에 근린생활시설을 계획하여 연도형의 상가를 계획하였다.

- 동선계획



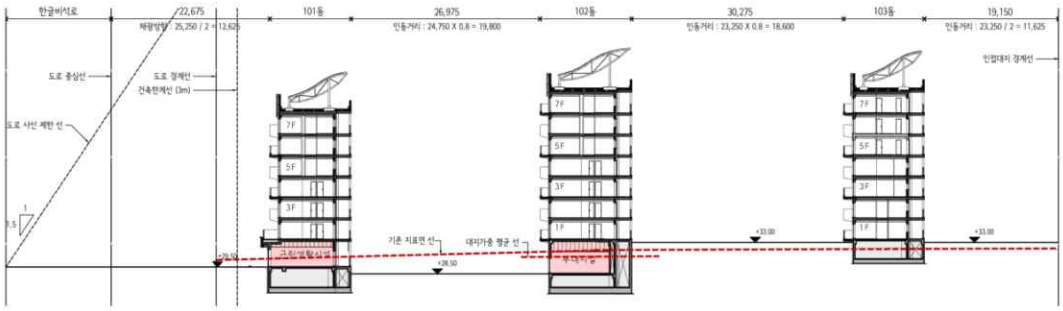


· 단지의 주출입구와 차량출입구는 30m 도로가 면한 부지 남측으로 계획되었으며, 부출입구를 부지 남동측과 북동측에 별도로 계획하여 보행자의 편의를 높였으며, 북동측으로 비상시에 차량의 진입이 가능하도록 계획하였다.

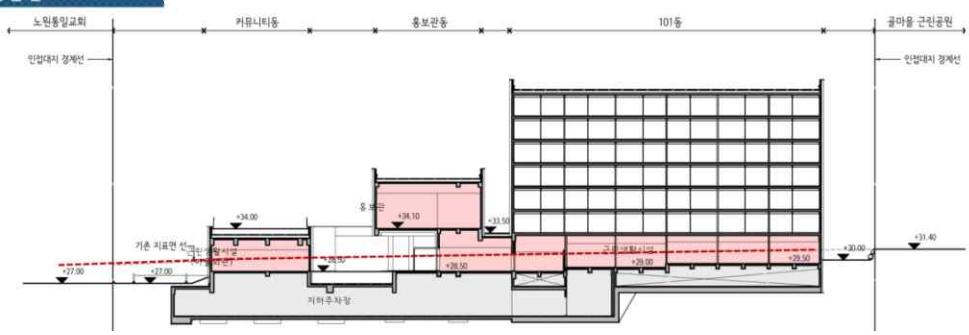
· 일반 차량의 단지내로의 진입은 남측의 차량출입구를 통하여 주차장으로 진입만이 가능하며, 단, 비상 차량의 접근이 용이하도록 지상층에 비상차량이 통행할 수 있는 도로폭과 동선을 확보하였다.

- 대지계획

대지 종단면도

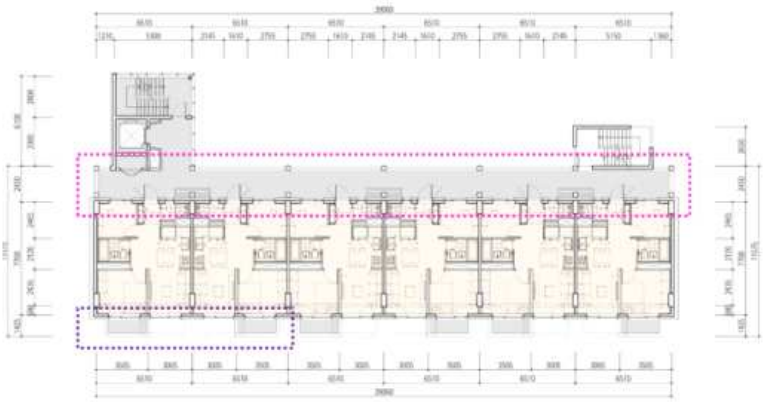


대지 횡단면도

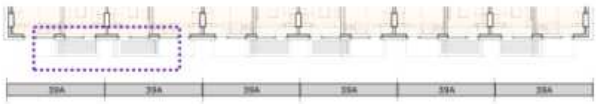


- 평면계획

101동 기준층 평면도



2, 4, 6층 평면도



3, 5, 7층 평면도









· 공동주택의 경우 각 세대마다 외부 돌출형 발코니를 계획하여, 다양한 기능을 할 수 있도록 하며, 디자인 요소로 사용하였다.

· 복도는 비 공조 존으로 북측으로 배치하였고, 복도 양쪽으로 피난계단 등을 계획하였다.

- 단위세대 평면계획

· 39A 단위세대 평면도

101동 39A 단위세대 평면도





구 분	계 획	비 고
해당 동	101동	
단위세대 타입	39A	
전용면적	39.9605 M²	
세 대 수	36세대	
세대비율	29.75%	
거주유형	· 독신자 · 1~2인 가족	

· 49A 단위세대 평면도

102동 49A 단위세대 평면도



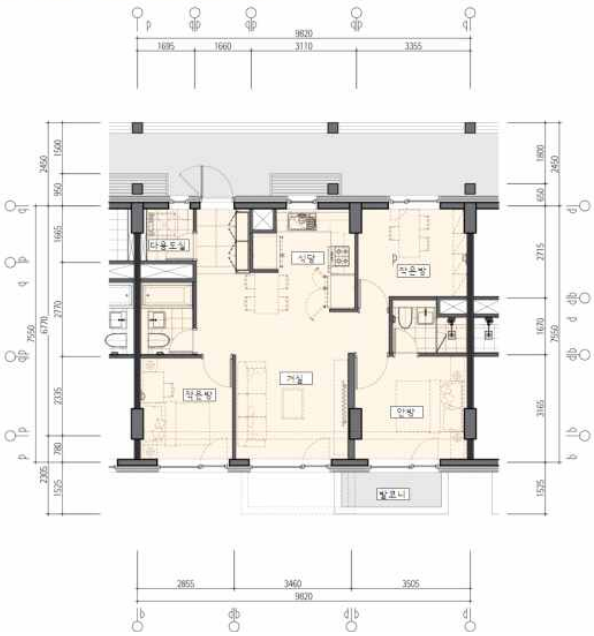
KEY MAP



구 분	계 획	비 고
해당 동	102동	
단위세대 타입	49A	
전용면적	49.6665 M²	
세 대 수	42세대	
세대비율	34.71%	
거주유형	2~3인 가족	

· 59A 단위세대 평면도

103동 59A 단위세대 평면도

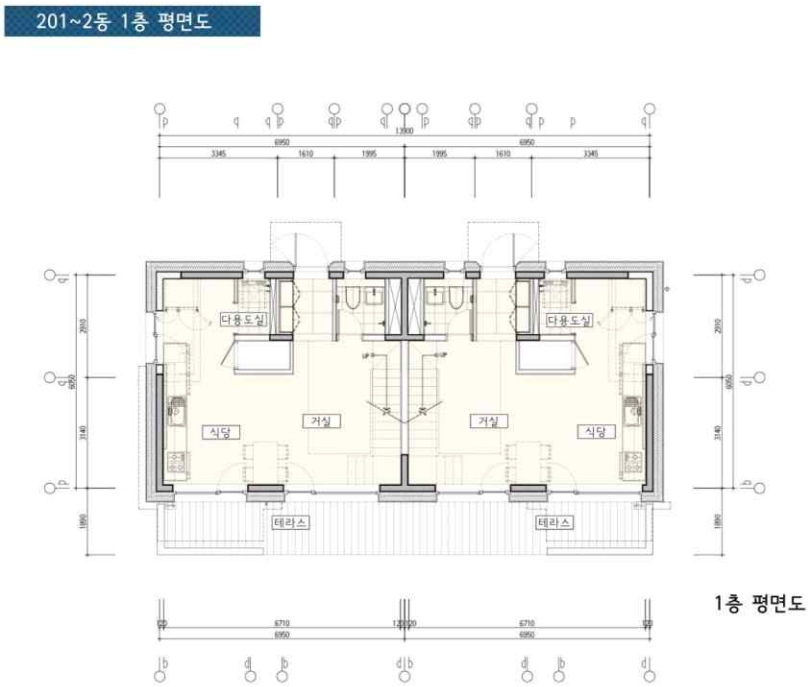


KEY MAP



구 분	계 획	비 고
해당 동	103동	
단위세대 타입	59A	
전용면적	59.5445 M²	
세 대 수	28세대	
세대비율	23.14%	
거주유형	3~4인 가족	

· 59B (합벽주택) 단위세대 평면도







구 분	계 획	비 고
해당 동	201,2동	
단위세대 타입	59B	
전용면적	59.78 M²	
세 대 수	4세대	
세대비율	3.31%	
거주유형	신혼부부	

- 입면계획





· 공동주택의 남측입면인 정면은 태양광 전지판을 디자인요소로 사용하였다. 지붕층 태양광 전지판의 거치대는 단면상으로 봤을 때, 수려한 곡선을 사용하여 경관적 측면과 디자인요소로 사용되었다.

· 돌출 발코니 하단부의 경우 단지내 색채 특화를 위하여, 주황색과 노란색, 녹색 계열의 색을 강조색으로 사용하여, 생동감있는 공동주택 입면을 계획하였다.

· 공동주택 101동의 경우 주 도로와 면하는 점을 고려하여, 저층부에 근린생활시설을 계획함으로써, 저층부의 수익 창출과 매스의 분절을 통한 재질 분리로 휴먼스케일이 가능하도록 하였고, 동시에 공동주택 저층부의 사생활 침해 문제를 해결하였다.



· 공동주택 북측 배면의 경우 각 세대의 출입문에 강조색을 사용하여, 전체적인 모노톤의 느낌에서 포인트 역할을 한다.

· 주 수직동선인 계단실은 크리스탈 코어로 계획하여, 답답하고 어두운 공간인 계단실을 밝고 열린 공간으로 계획하여, 범죄 예방의 효과와 걷고 싶은 계단, 각 공동주택의 포인트로 계획되었다.

· 우측면의 경우 저층부에는 어두운 색 계열의 석재 마감으로 계획하여, 매스를 분절시켜 안정감있는 주동 입면이 가능하도록 하였다.

- 단면계획



· 공동주택의 복도는 열교를 차단하기 위하여 세대와 구조적으로 분리되어 있다.

· 발코니 또한 열교차단재를 사용하여 세대와 분리되어 있다. 이 또한 발코니를 통해 열이 손실되는 것을 방지하기 위함이다.

· 태양 전지판의 구조물의 경우 풍하중을 극복하며, 디자인 측면에서도 돋보이게 하기 위하여, 수려한 곡선이 형태로 계획하였다.

■ 제로에너지 설계 기술요소 도출

- Mock-up 주택에 시도된 다양한 디테일을 대상으로 열교시뮬레이션과 실제 열화상카메라, 그리고 모니터링을 비교하여 더 나은 디테일을 개발하여 실증단지 설계 시에 반영하였으며, 실시 및 준공 설계 단계를 통해 수정 보완하면서 제로에너지 주택 실증단지에 적용 되는 설계 내용을 토대로 시공 공정 및 부위별 시공까지 고려하여 적용 기술요소를 다음과 같이 항목별로 분류 하였다.

- 단열이 잘 되는 주택
- 물이 스며들지 않는 주택
- 곰팡이와 결로가 없는 주택
- 일사량 조절이 가능한 주택 (햇빛이 잘 드는 주택)
- 웃풍 없는 주택
- 항온항습이 가능한 주택 (미세먼지까지 걸러주는 주택)
- 화재로부터 안전한 주택
- 단차 없는 주택
- 에너지를 생산하는 주택

- 위의 항목 분류는 단열, 열교차단, 기밀, 쾌적성, 신재생에너지 등 제로에너지 설계 기술 요소 뿐만 아니라 설비, 안전 및 편의까지 고려하여 작성한 것으로 통합적인 설계 기술요소라고 할 수 있다. 적용기술의 소분류는 그 항목에 따라 건축물 부위별 또는 시공기술과 관련되어 작성하였으며, 그 주요 내용은 다음과 같다.

표 146 제로에너지 주택 실증단지 적용 기술요소의 분류

대분류	소분류		내용
단열이 잘 되는 주택	1	소제목	외단열재 부착 기술
		사용자재	-
		적용방법	콘크리트 구체와 단열재 밀착을 위한 타설부착 및 후부착 1. 후 부착: 단열재 후면에 접착몰탈 등을 이용하여 타설된 구체 바깥쪽에 부착 2. 타설부착: 구체 타설을 위한 거푸집 제작과정에서 단열재를 삽입 후 구체 타설
		적용효과	1. 후부착: 타설부착이 어려운 부위에 외단열 시공 가능 2. 타설부착: 구체와 단열재가 완벽히 밀착되어 단열성능 최대구현 및 단열재 탈락 방지 가능
물이 스며들지 않는 주택	1	소제목	외단열 부위별 방수·방습 기술
		사용자재	-
		적용방법	부위별(지붕, 기초, 외벽) 단열재 특성 및 인접환경에 따라 단열재보호 및 외단열 성능구현이 가능한 방수, 방습기술 적용
		적용효과	습기로부터 제로에너지 주택의 구체 및 단열재 보호 및 쾌적한 실내환경 확보

대분류	소분류		내용
곰팡이와 결로가 없는 주택	1	소제목	외단열 벽체에 돌출발코니 설치 시 열교차단기술
		사용자재	열교차단재(Ex.IsoKorb)
		적용방법	돌출발코니 열교차단재 적용을 통해 단열외피 연속성 확보
		적용효과	발코니를 통한 열 손실 최소화, 실내표면온도 일정수준(표면온도계수(fRsi=0.25=0.7 이상) 확보로 결로 및 곰팡이 발생방지
	2	소제목	외단열 벽체에 공동주택 외부복도 설치 시 열교차단기술
		적용자재	-
		적용방법	외부복도를 독립구조물로 계획 및 열교최소화 구체 체결디테일 적용
		적용효과	소형평형에 적합한 외부복도를 열교 없이 시공가능 복도를 통한 열교손실 최소화, 실내표면온도 일정수준(표면온도계수(fRsi=0.25=0.7 이상) 확보로 결로 및 곰팡이 발생 방지
	3	소제목	외단열 벽체에 부착물 설치 시 열교차단기술
		적용자재	열교차단재(Ex.Dosteba)
		적용방법	외단열층에 불가피하게 외벽 부착물을 설치해야 하는 경우 부착물 특성에 적합한 제품 적용
		적용효과	두꺼운 외단열층에 부착물 설치 시 열교를 최소화하고 단열재 훼손 최소화가능
	4	소제목	외단열 벽체에 창호 및 문 설치 시 열교차단기술
		적용자재	고정철물, EPDM, (하중받는 블록...?) 등
		적용방법	외단열 창호 및 문을 단열재 상부에 설치하여 단열외피 연속성 확보. 창호 및 문의 하중을 고려한 철물 최소화.
		적용효과	창호 및 문의 열교최소화, 실내표면온도 일정수준(표면온도계수(fRsi=0.25=0.7 이상) 확보로 결로 및 곰팡이 발생 방지
일사량 조절이 가능한 주택 (햇빛이 잘 드는 주택)	1	소제목	실내 일사에너지유입 조절기술
		적용자재	외부블라인드
		적용방법	주택 남측면 창호에 외부블라인드를 설치하여 일사량 조절. 계절별, 주·야간 특성에 따라 블라인드 운영
		적용효과	여름철 실내과열방지를 통한 냉방에너지 저감, 겨울철 복사냉각방지를 통한 난방에너지 저감 가능
	2	소제목	겨울철 태양입사량 극대화를 위한 투과형 발코니 기술
		적용자재	유리발코니 난간
		적용방법	남측 대형창호 바깥에 설치되는 발코니의 난간계획 시 유리발코니를 계획
		적용효과	태양고도가 낮은 겨울철, 남측 대형창호로 유입되는 일사에너지 획득량 증가로, 난방에너지요구량 절감
	3	소제목	여름철 실내 과열방지를 위한 돌출형 발코니 차양 기술
		적용자재	돌출형 발코니
		적용방법	남측 대형창호 상부위치에 돌출형 발코니 설치
		적용효과	태양고도가 높은 여름철, 대형창호로 유입되는 일사에너지 차단(**%)을 통해 냉방에너지 절감
웃풍 없는 주택	1	소제목	외단열 벽체에 관통부위발생 시 기밀성능 확보기술
		적용자재	기밀자재 (기밀 캡, 테이프 등)
		적용방법	건물외피에 배관 및 덕트 등이 관통하는 경우, 외벽과 관통자재 접합부위에 기밀캡, 기밀테이프를 시공하며 시공시 미장공정 주의
		적용효과	관통자재 주변을 통한 누기 및 침기 방지하여 실내 난방에너지요구량

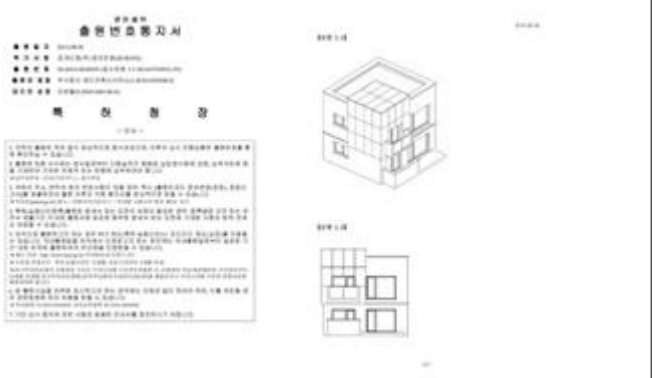
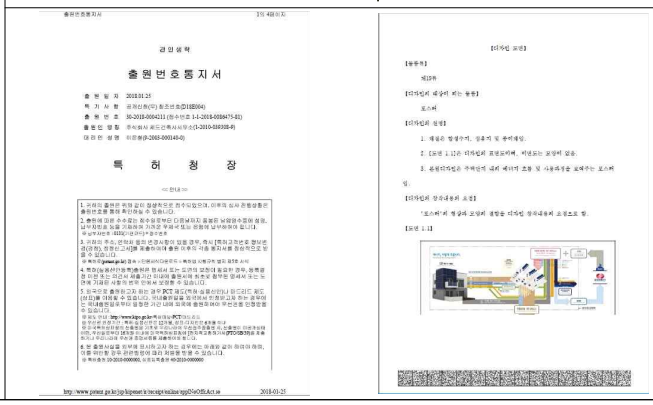
대분류	소분류		내용
			절감 및 폐열회수환기장치 최대성능 발현 가능
	2	소제목	세대간벽 기밀성능 확보기술
		적용자재	건식벽체, 기밀자재..?
		적용방법	
		적용효과	세대간 기밀성능 확보로 소음방지 및 누기로 인한 에너지이동 최소화
	3	소제목	외단열 벽체에 창호 설치 시 기밀성능 확보기술
		적용자재	기밀테이프, 기밀확보 메쉬 등
		적용방법	구체 개구부 형성시 마진 최소화, 창호와 구체사이 기밀테이프 시공 및 미장마감
		적용효과	외단열 벽체와 창호 프레임 결합부위를 통한 틈새바람 방지로 실내쾌적성 확보 및 에너지 절감, 결로방지 가능
	4	소제목	외단열 벽체에 단열문 설치 시 기밀성능 확보기술
		적용자재	기밀테이프, 기밀확보 메쉬 등
		적용방법	구체 개구부 형성시 마진 최소화, 단열문과 구체사이 기밀테이프 시공 및 미장마감
		적용효과	외단열 벽체와 단열문 프레임 결합부위를 통한 틈새바람 방지로 실내쾌적성 확보 및 에너지 절감, 결로방지 가능
	5	소제목	통합분전반 기밀성능 확보기술
		적용자재	통합분전반 모듈 및 기밀자재
		적용방법	통합분전반 적용, 전선인입부 기밀자재 적용
		적용효과	전선인입과정에서 관통부위 최소화 및 전선인입 주변 누기 방지
항온항습이 가능한 주택 (미세먼지까지 걸러주는 주택)	1	소제목	고기밀 실내 환기량 조절기술
		적용자재	열회수형 환기장치 단계별 환기량 조절시스템
		적용방법	열회수형 환기장치에 단계별 환기량 조절시스템 적용
		적용효과	주택이용패턴에 따라 1,2,3단계 환기량 조절을 통해 쾌적한 실내환경 유지 가능
	2	소제목	필터를 이용한 실내공기질 유지기술
		적용자재	외기, 흡기의 특징을 고려한 필터
		적용방법	외기 불순물 제거 가능한 필터, 주방 등 오염공기를 흡기 시 기름기 등 불순물 제거 필터, 실내 공기 흡기시 불순물 제거 필터
		적용효과	오염된 공기 유입으로 인한 열회수형 환기장치 고장 방지 및 쾌적한 실내환경 확보
	3	소제목	외기 및 급기온도 조절을 통한 실내공기질 유지기술
		적용자재	preheating, Post heating/cooling
		적용방법	열회수형 환기장치 외기 및 급기덕트에 *** 적용
		적용효과	겨울철 낮은온도의 외기 열교환시 기기 내 결빙방지, 여름 및 겨울철 급기온도 조정을 통한 쾌적한 실내환경 유지
	4	소제목	세대 내 교차환기(Cross Ventilation) 기술
		적용자재	-
		적용방법	세대 내 Cross Ventrilation 이 용이하도록 급기존과 흡기존의 공기이동이 가능한 실내 문 적용
		적용효과	급기존에서 배기존으로 원활한 공기교환이 가능하여 열회수형 환기장치의 효과적인 운영 가능
	5	소제목	열회수형 환기장치 덕트 열손실 최소화 기술
		적용자재	덕트단열재
		적용방법	실내 급·배기 영역을 고려하여 최단길이 덕트설계 및 일부구간 덕트 단열
		적용효과	효율적인 배관설계로 시공비용 절감 및 시공효율성 증가 및 열손실

대분류	소분류		내용
			최소화
	6	소제목	열회수형 환기장치 소음최소화 기술
		적용자재	사일런서
		적용방법	실내 환기덕트 설계계획을 고려하여 사일런서 계획
		적용효과	환기덕트를 통한 실별 소음전달 최소화
	7	소제목	실내공기순환 최적화 기술
		적용자재	제트디퓨저
		적용방법	실내 공간계획 및 창호,문 위치 등을 고려하여 원활한 실내공기순환이 가능하도록 제트디퓨저 설치
		적용효과	실내공기 정체구간을 방지하여 쾌적한 실내환경 유지 가능
화재로부터 안전한 주택	1	소제목	외단열 벽체시스템 내화성능 확보설계기술 (외단열 개구부 화재확산 방지기술)
		적용자재	불연자재(글라스울)
		적용방법	개구부 상부구간에 외단열성능 확보하에 불연자재 적용
		적용효과	개구부 및 외단열재를 통한 화재확산방지
단차 없는 주택	1	소제목	단차가 없어 출입이 용이한 창 · 문 설계기술
		적용자재	-
		적용방법	휠체어를 이용하여 실내외 공간을 이용할 수 있도록 단차를 2㎝ 이하로 설계(장애물없는 생활환경 최고기준)
		적용효과	노인, 어린이, 휠체어 사용자 등의 이동편의성 확보. 무장애 공간 구현가능
에너지를 생산하는 주택	1	소제목	외단열 지붕 태양광시스템 설치기술
		적용자재	-
		적용방법	방수, 단열재 훼손방지, 구조, 하중 등을 고려하여 외단열 지붕 태양광 설치
		적용효과	외단열 공동주택도 옥상 전면을 이용한 대용량 태양광 설치를 통해 주택단지 내 필요한 에너지를 신재생에너지로 공급 가능
	2	소제목	외단열 외벽 태양광시스템 설치기술
		적용자재	-
		적용방법	방수, 단열재 훼손방지, 구조, 하중 등을 고려하여 외단열 외벽 태양광 설치
		적용효과	외단열 공동주택의 태양광설치면적을 확보하여 주택단지 내 필요한 에너지를 신재생에너지로 공급가능
고효율 설비주택	1	소제목	순환에너지 손실 최소화 기술
		적용자재	통합배관
		적용방법	난방, 급탕 통합배관방식 적용에 따라, 단열외피 내부 · 최단길이 배관설계를 통해 배관 순환에너지 손실 최소화
		적용효과	순환에너지 손실 최소화
Tip	1	소제목	건물에너지 성능에 따른 부위별 최적 열관류율 및 단열재 종류 선정 기술
		사용자재	에너지 시뮬레이션
		적용방법	에너지시뮬레이션을 통해 도출 가능한 부위별 전도열손실량을 근거로 적용단열재 종류에 따른 적정열관류율 산정
		적용효과	에너지성능 최대성능이 발현 가능한 건물 부위별 맞춤형 단열계획 수립 가능
	2	소제목	에너지 밸런스를 고려한 고단열창호 적용기술
		사용자재	에너지 시뮬레이션, 고단열창호

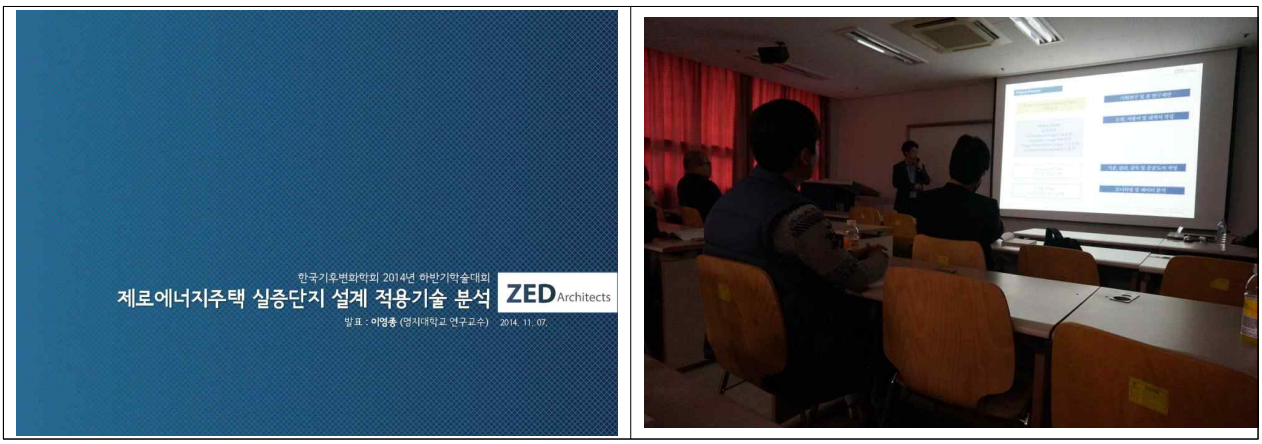
대분류	소분류		내용
		적용방법	고효율 창호를 통한 에너지 획득 및 손실을 고려하여 g-value 및 U-value 선정
		적용효과	겨울철 창호를 통한 에너지손실량 대비 획득량이 많은 상태유지를 통해 난방에너지요구량 절감
	3	소제목	자연환기를 위한 맞통풍 가능 창호 배치 계획 기술
		적용자재	-
		적용방법	
		적용효과	
	4	소제목	Tilt & Turn 창호 적용 전천후 자연환기 기술
		적용자재	-
		적용방법	Tilt&Turn 창호 특성을 활용하여 계절별, 주·야간 특성에 적합한 환기운영계획 적용
		적용효과	환절기, 우천시에도 실내환경 유지를 위한 에너지부하 저감 기여
	5	소제목	제로에너지단지 일조획득 최대화 배치계획기술
		적용자재	일조시뮬레이션, 공간정보오픈 플랫폼(V-World), 태양광발전 시뮬레이션
		적용방법	일조분석을 통한 적정 인동간격 및 배치도출
		적용효과	세대별 일조획득 최대화를 통한 난방에너지 저감·실내 자연채광 최대화, 신재생에너지 최대 설치면적 확보
	6	소제목	에너지밸런스를 고려한 방위별 창호면적 최적화 기술
		적용자재	에너지 시뮬레이션
		적용방법	남측 일사획득 최대, 북측 전도열손실 최소화를 통해 창호에서 발생되는 손실 및 획득량 밸런스 유지
		적용효과	겨울철 창호를 통한 에너지손실량 대비 획득량이 많은 상태유지를 통해 난방에너지요구량 절감
	7	소제목	건물 외피 기밀면 설정 및 통합기밀계획 수립 기술
		적용자재	-
		적용방법	건물외피 기밀면 설정 및 기밀훼손부위를 도출하여 부위 특성별 기밀계획 수립
		적용효과	주택 기밀성능 확보 등을 통해 난방에너지요구량 절감 및 폐열회수환기장치 최대성능 발현 가능
	8	소제목	고기밀실내 공기질 조절기술
		적용자재	열회수형 환기장치(전열교환)
		적용방법	열회수형 환기장치 적용에 따라 고성능필터 등을 적용하여 제로에너지주택과 같은 고기밀실내의 공기질 조절
		적용효과	동절기 및 하절기 열손실을 최소화하면서도 쾌적한 실내공기 확보 가능하며, 봄철 황사 및 미세먼지의 실내유입 없이 공기교환 가능

연구성과

■ 디자인출원 4건

출원년도	출원번호	구분	등록일자
2014	30-0798558	제로에너지주택 실증단지 단독주택 	20150526
2014	30-0798559	제로에너지주택 실증단지 땅콩주택 	20150526
2014	30-0798562	제로에너지주택 실증단지 연립주택 	20150526
2018	30-2018-0004211	포스터 	20180125

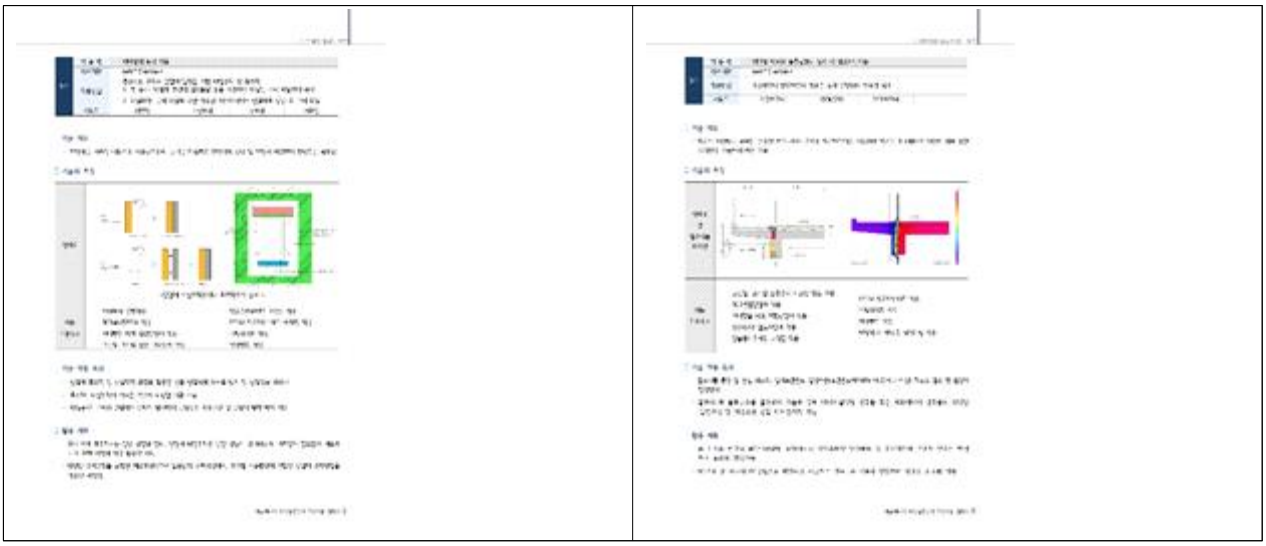
■ 국내학술발표 1건 (한국기후변화학회 2014년 하반기 학술대회 발표)



■ 연구개발 홍보 1건 (월간건축문화 2015년 2월호 게재)



■ 설계 기준 제안 (적용기술 설명서 작성) 1건



■ 정책채택 1건



서울시 홈페이지
seoul.go.kr

서울특별시

수신 제드건축사사무소
(경유)
제목 정책제안 채택여부 답변요청에 대한 회신

1. 우리시의 에너지정책에 깊은 관심을 가져주시고 적극 협조하여 주시는 귀사에 감사드립니다.

2. ZED-2015-93(2015.12.22)호로 요청하신 정책채안건에 대하여 아래와 같이 회신하오니 참고하시기 바라며, 앞으로도 우리시 에너지정책에 적극적으로 협조하여 주시면 감사하겠습니다.

가. 제안내용 : 온실가스 감축을 위한 공공건물 에너지진단 개선 및 에너지 효율개선사업 활성화방안

나. 우리시 정책 반영사항 : 제도개선(조례개정 완료)

- 상기 제안내용을 채택하여 서울시 소속 공공건물 에너지진단 내실화를 위한 관련조례 개정 완료(2015.10.8 서울특별시 에너지조례 개정 공포) 끝.

서 울 특 별 시 장 인

주무관 노경현 환경정책과장 정책 성명

협조자

시행 환경정책과-22589 (2015.12.29.) 접수 ( )
우 04515 서울특별시 중구 덕수궁길 15 (서소문동) / http://www.seoul.go.kr
전화 /전송 2115-7729 / / 비공개(5)

■ 특허출원 1건 (열교 차단형 외부통로 연결 구조체 및 그 시공방법)



특허증
CERTIFICATE OF PATENT

특허 Patent Number 제 10-1663205 호
출원번호 Application Number 제 10-2016-0087198 호
출원일 Filing Date 2016년 07월 09일
등록일 Registration Date 2016년 09월 29일

발명의 명칭 Title of the Invention
열교 차단형 외부통로 연결 구조체 및 그 시공방법

특허권자 Patentee
등록사항란에 기재

발명자 Inventor
등록사항란에 기재

위의 발명은 「특허법」에 따라 특허등록원부에 등록되었음을 증명합니다.
This is to certify that, in accordance with the Patent Act, a patent for the invention has been registered at the Korean Intellectual Property Office.

2016년 09월 29일
특허청장
COMMISSIONER,
KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE
최 동 규

■ 기술사업화 1건 (한강안내센터 제로에너지 건축물 설계)



KONEPS

용역계약서

<계약자>

<발 주 처>
서울특별시
서울특별시본부부관
서명관
사무관(서기관) 조현
담당 신동수 (Tel: 02-2133-3243)
계약번호 2016078005 - 00
용역명 한강안내센터 제로에너지 건축물 설계 및 에너지 최적화 기술 개발 연구 용역(장기계속1차)
대표계약자 (주)제드 건축사사무소
현장 서울특별시
계약일자 2016년 08월 01일
계약금액 일금 칠천칠백구십사만원 (₩ 77,940,000)
총괄책부기금액 일금 일억삼천사백구십칠만원 (₩ 134,970,000)
계약보증금액 일금 이천이십사만오천오백원 (₩ 20,245,500)
계약보증서 전자증수 및 직접수납(현금등수)
하자보수보증금율 관련 규정에 따름
착수일자 2016년 08월 01일
준수일자 2016년 11월 30일
공수기한 착수일부터 경과 122일, 휴 42일일
지체상금율 계약금액의 0.25 %

<계약상대자>
상 호 : (주)제드 건축사사무소
주 소 : 경기도 용인시 남동 신정-2 용지대학교 공동실험동 181 10-10
대 표 자 : 임희경
사 업 자 등 록 번 호 : 142-81-27862
전 화 번 호 : 02-571-1549
팩 스 번 호 : 02-5961-1549
관련번호
수요기관명 서울특별시
하자보수확입기간 관련 규정에 따름
종준수일자 2017년 09월 30일
계약방법구분 지정계약법

위 용역계약을 체결함에 있어 계약당사자 및 연대보증인은 각각 다음의 사항을 확약하며 계약의 증거로 이 계약서를 작성한다.

1. 계약자는 입찰시 공시한 용역입찰유의서, 용역입찰특별유의서, 용역계약입찰특별유의서, 표준시방 현장설명 사항과 용역계약일반조건, 용역계약특수조건, 청렴계약특수조건, 공공수급업체서, 산출내역서(원도급 시행 포함) 및 물량 전자계약 확약사항에 이 계약의 일부분임을 확인하며 신의에 따라 성실하게 계약상의 의무를 이행한다.
물가변동적용기준 : 등록조정불
※ 계약상대자는 녹색제품(고효율환경표지제품 이관학 주무관 ☎02-2133-3567)로 착수신고시 당해 용역에 투입된 소속근로자 명단(이동전화번호 포함)을 제출하고, 해당 용역근로자 입금 등 지급대역사를 지출하여야 한다.
※ 계약상대자는 설계용역시 발생되는 서울시를 홍보하고자(녹색에너지과 이관학 주무관)로 신청하여야 한다.

[제금 및 인지세 관보]
지방재대입찰 0 원
인지세과세 대상여부 Y
(해당없음)
인지세액 150,000 원

1 / 2

■ 도서발간 1건 (제로에너지 설계 기술요소를 적용한 최적화 디테일 개발 및 도서)

적용 기술요소를 고려하여, 열교 발생 부위, 기밀과 단열재 연결, 단열존과 비단열존의 분리, 외단열시스템의 방화 성능 향상 등 건축물 에너지성능을 위해 고려되어야 하는 부위에 대한 내용을 중심으로 설계 디테일을 작성하였다. 작성된 설계 디테일은 도서로 출판하여 제로에너지 건축물 설계 기술에 대한 시장 보급이 가능하도록 하였다.



2. 제로에너지주택 실증단지 부위 별 설계 디테일

2.1. 기초 및 최하층 바닥

2.1.1. 매트 기초

바닥 및 기초는 지중 환경을 고려한 단열계획이 필요하다.

지중은 외기와 달리 연중 일정온도를 유지하므로 외벽이나 지붕보다는 열손실이 적지만 바닥이나 기초에 외단열 공법으로 단열재를 설치하는 순간부터 지속적으로 습한 환경에 노출되어 단열재가 훼손되기 쉬우며 기초 아래에 설치되므로 교체나 보강이 용이하지 않으므로 바닥이나 기초에 사용되는 단열재는 습기에 강하며 건축물의 자중 및 토압을 버틸 수 있는 압축강도를 가져야 한다.

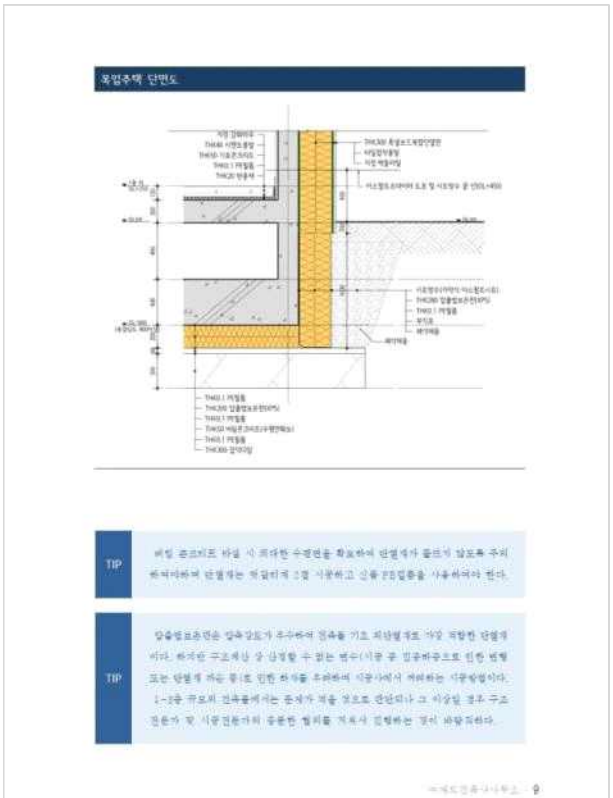
제로에너지주택 실증단지 목업주택은 지하층이 없는 구조로서 기초는 매트구조를 적용하고 기초 하부 단열재를 설치하여 외단열을 하였다.

1층 슬래브 하부에 화장실 배관 설치를 위한 PIT층을 구성하였으며 PIT층 슬래브 하부 레벨을 동절심도(설계적용 80cm) 이상으로 계획하고 그 아래에 단열재(THK200 압출법보온판)를 설치하였다. 또한 단열재 상·하부에 PE필름(THK0.1)을 설치함으로써 동절작용 및 습기유입으로 인한 단열성능 저하를 방지하였다.

목업주택 기초 시공사진

지중에 설치하는 PIT 외벽면에는 아스팔트 시트 방수를 선시공하고 단열재(THK280 압출법보온판) 설치 후 PE필름(THK0.1)위 부직포를 설치하였고, 외벽과 지면이 만나는 부위에는 물이 잘 빠질 수 있도록 배수를 포설하였다.

8



목업주택 단면도

TIP

TIP

9

(2) B-2 제로에너지 주택 및 단지 성능인증

연구개요

■ 연구기관 : ㈜제드 건축사사무소

■ 연구기간 : 2013.10.14.~2017.10.13.(5차년)

■ 연구목표 :

◦ 녹색건축물 인증

◦ 건축물에너지효율 등급 인증

◦ 패시브하우스 인증

연구내용

■ 녹색건축물 인증

- 제로에너지주택 실증단지는 지방자치단체에서 신축하는 연면적 3,000제곱미터 이상의 건축물에 해당(약 17,721㎡)하므로 녹색건축 예비인증 및 본인증 취득 의무 대상이다. 전체 연구 기관에 걸쳐 예비인증 및 본인증 연구를 진행하였다.
- 3차년도에는 4차에 걸친 보완을 통해 예비인증을 취득하였으며, 준공이후 현장평가에 따른 본인증 “최우수(그린1)등급”을 취득하였다.

표 157 녹색건축물 인증 세부 항목별 점수

구분		범주		평가항목		배점	획득점수	비고
1	토지 이용 및 교통	1.1	생태적가치	1.1.1	기존대지의 생태학적 가치	2	2	
		1.2	인접 대지영향	1.2.1	일조권 간섭방지 대책의 타당성	2	0	
		1.3	거주환경의 조성	1.3.1	커뮤니티센터 및 시설공간의 조성수준	3	3	
				1.3.2	단지 내 보행자 전용도로 조성여부	3	3	
				1.3.3	외부보행자 전용도로 네트워크 연계여부	2	1.2	
		1.4	교통부하 저감	1.4.1	대중교통에의 근접성	2	1.6	
				1.4.2	자전거 보관소 설치 여부	2	0.8	
				1.4.3	도시 및 지역중심과 단지 중심간의 거리	2	2	
	가중치	10	획득점수			18	13.6	
2	에너지 및 환경 오염	2.1	에너지절약	2.1.1	에너지 효율 향상	12	12	필수항목
		2.2	지속가능한 에너지원사용	2.2.1	신 재생에너지 이용	3	3	
		2.3	지구온난화 방지	2.3.1	이산화탄소 배출 저감	3	1.2	
				2.3.2	오존층 보호를 위하여 특정물질의 사용금지	3	2.1	
	가중치	25	획득점수			21	18.3	

구분		범주		평가항목		배점	획득점수	비고
3	재료 및 자원	3.1	자원 절약	3.1.1	가변성	3	3	
		3.2	폐기물 최소화	3.2.1	생활용 가구재 사용억제 대책의 타당성	3	0	
		3.3	생활 폐기물 분리수거	3.3.1	재활용 가능자원의 분리수거	2	2	필수항목
				3.3.2	음식물 쓰레기 저감	2	0.8	
		3.4	지속가능한 자원활용	3.4.1	유효자원 재활용을 위한 친환경인증제품사용	3	3	필수항목
				3.4.2	재료의 탄소배출량 정보표시	2	2	
	가중치	15	획득점수			15	10.8	
4	물순환 관리	4.1	수순환 체계 구축	4.1.1	우수부하 절감대책의 타당성	4	0	
		4.2	수자원 절약	4.2.1	생활용 상수 절감 대책의 타당성 3.0	4	4	필수항목
				4.2.2	우수 이용	4	4	
				4.2.3	중수도 설치	3	0	
	가중치	10	획득점수			15	8	
5	유지 관리	5.1	체계적인 현장관리	5.1.1	환경을 고려한 현장관리 계획의 합리성	1	1	
		5.2	효율적인 건물관리	5.2.1	운영/유지관리 문서 및 지침 제공의 타당성	2	2	필수항목
		5.3	효율적인 세대관리	5.3.1	사용자매뉴얼 제공	1	1	
		5.4	수리용이성	5.4.1	전용부분	2	1.5	
				5.4.2	공용부분	2	1	
	가중치	5	획득점수			8	6.5	
6	생태 환경	6.1	대지 내 녹지 공간조성	6.1.1	연계된 녹지축 조성	2	0	
				6.1.2	자연지반 녹지율	2	1.5	
		6.2	외부공간 및 건물외피의 생태적 기능확보	6.2.1	생태면적률	10	7.5	필수항목
		6.3	생물서식공간 조성	6.3.1	비오톱 조성	4	4	
	가중치	10	획득점수			18	13	

구분		범주		평가항목		배점	획득점수	비고
7	실내 환경	7.1	공기환경	7.1.1	실내공기오염물질 저방출 자재의 사용	6	6	필수항목
				7.1.2	자연통풍 확보 여부	3	1.64	
				7.1.3	단위세대의 환기성능 확보 여부	3	1.33	
		7.2	온열환경	7.2.1	각 실별 자동온도 조절장치 채택 여부	2	2	
		7.3	음환경	7.3.1	경량 충격음 차단성능	2	2	
				7.3.2	중량 충격음 차단성능	2	1.5	
				7.3.3	세대간 경계벽의 차음성능	2	2	
				7.3.4	교통소음(도로,철도)에 대한 실내외 소음도	2	0	
				7.3.5	화장실 급배수 소음	2	2	
		7.4	빛환경	7.4.1	세대 내 일조 확보율	4	2.4	
	가중치	20	획득점수			28	20.87	
획득점수 합계						123	91.07	리모델링 건축물 배점 미포함

- 분야별 획득점수에 따른 녹색건축 인증 등급 산정 점수는 75.5점으로 “최우수(그린1)등급” 을 취득하였다.

표 158 녹색건축 인증 등급산정표

구분	전문분야	분야별 총점	획득점수	획득비율	가중치	최종점수
		(a)	(b)	(b)/(a)=(c)	(d)	(c)*(d)
분야별 평가	토지이용 및 교통	18	13.6	0.76	15	11.4
	에너지 및 환경오염	21	18.3	0.87	25	21.75
	재료 및 자원	15	10.8	0.72	15	10.8
	물순환 관리	15	8	0.53	10	5.3
	유지관리	8	6.5	0.81	5	4.05
	생태환경	18	13	0.75	10	7.2
	실내환경	28	20.87	0.71	20	15
	합계	123	75.5	5.15	100	75.5
총점						75.5
등급						최우수

■ 건축물에너지효율등급 인증 취득

- 건축물 에너지효율등급 인증에 관한 규칙(국토교통부령 제6호, 산업통상자원부령 제6호, 2013.5.20.) 및 ‘건축물 에너지효율등급 인증기준(국토교통부 고시 제 2013-248호, 산업통상자원부 고시 제 2013-34호’에 의해 ‘신축 주거용 건축물’에 대하여 완공 전 설계 도서에 근거하여 연간 단위면적당 1차 에너지 소요량을 산출하고 이에 따라 2차년도에 예비인증을 취득하고 5차년도 준공이후 본인증을 취득하였다.
- 건축물 에너지 효율등급의 예비인증 단계에서는 인증된 자재가 적용되어야만 분야별 점수 획득이 가능하여 실제 설계결과를 토대로 예상한 건축물 에너지 효율등급인 1+++ 등급이 아닌 1+ 등급을 획득하였다, 이에 대한 내용을 건축물에너지효율등급 인증과 관련한 정책제안을 통해 제안 하였다. 정책제안의 주 내용은 다음과 같다.

• 해외 공인 시험기관 인증서 반영 요청

- 국내 Kolas 공인기관과 상호간의 성능 측정방식에 대한 검증을 통해 국외시험기관 리스트를 구축하고 해당기관 인증서를 건축물에너지 효율등급에서 인정할 수 있도록 제안하였다.
- 현재 국내 시험인증 가능한 기관이 없는 경우 외국 시험기관 성적인증서가 인정받을 수 있도록 제안하였다.

• 국내 시험기간 품질 강화 및 검증가능 장비 확대 요청

- 국내 Kolas 공인기관의 성능인증 과정의 품질을 강화하여 한번의 성능검증으로 해당 제품의 품질을 정확히 측정하여, 중소기업의 부담을 최소화 할 수 있도록 제안하였다.
- 제로에너지주택 관련 기자재의 효율 및 규모에 따라 인정기관에서 정확히 성능을 측정 가능할 수 있는 시설 및 장비 확보할 수 있도록 제안하였다.

• 기밀성능 계획에 따라 예비인증에서도 기밀성능 값 차등 적용

- 건축물에너지효율등급 예비 인증시 기밀계획을 제출하고, 그 내용을 인증기관에서 검토하여, 시뮬레이션 시 기밀 값에 대한 차등 적용할 필요가 있다고 요청하였다.
- 본인증 단계에서는 자재인증을 통해 실제 설계 및 시공에 따른 에너지 효율등급을 받을 수 있도록 하였으며, 본인증 단계에서는 가장 높은 등급인 1+++ 등급을 획득하였다. 각 항목별 주요 인증 사항은 다음과 같다.

표 159 주요 외피 단열 성능

구 분		U-Value(W/㎡K)		비 고
		제출사양	법적기준(중부)	
외벽		0.152	0.270	압출법 보온판 1호 160 mm
창호	세대 (외기에 간접 면하는 경우)	-	2.200	-
	발코니	-	-	-
	발코니확장	0.872	1.500	47mm 로이삼중유리, PVC 프레임
지붕		0.090	0.180	압출법 보온판 1호 300 mm
바닥		0.131	0.230	압출법 보온판 1호 180 mm

표 160 주요 열원 시스템

구 분		적용기기	용량(kW)	정격COP / 효율(%)	비 고
온열원 시스템	난방&급탕	지열히트펌프	289.00	3.997	-
냉열원 시스템		EHP	41.6	2.909	-

표 161 주요 냉난방 시스템

구 분	적용기기	공급방식	정격COP / 효율(%)	비 고
난방 시스템	지열히트펌프	중앙식	바닥난방	-
냉방 시스템	EHP	개별식	천장카세트	-

표 162 신재생에너지 및 열병합 시스템 적용 현황

구 분	태양광 시스템
적용 사항	설치 면적 : 2,167.10 ㎡ 모듈 기울기 : 수평, 수직, 45° 모듈 방위 : 남, 동, 서 모듈 종류 : 단결정

표 163 월별 난방 에너지 요구량

구 분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
에너지요구량 (kWh/㎡)	12.8	9.2	5.5	1.8	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	5.2	10.4

표 164 월별 냉방 에너지 요구량

구 분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
에너지요구량 (kWh/㎡)	0.0	0.0	0.3	1.1	2.1	4.9	7.5	9.1	5.5	2.1	0.2	0.0

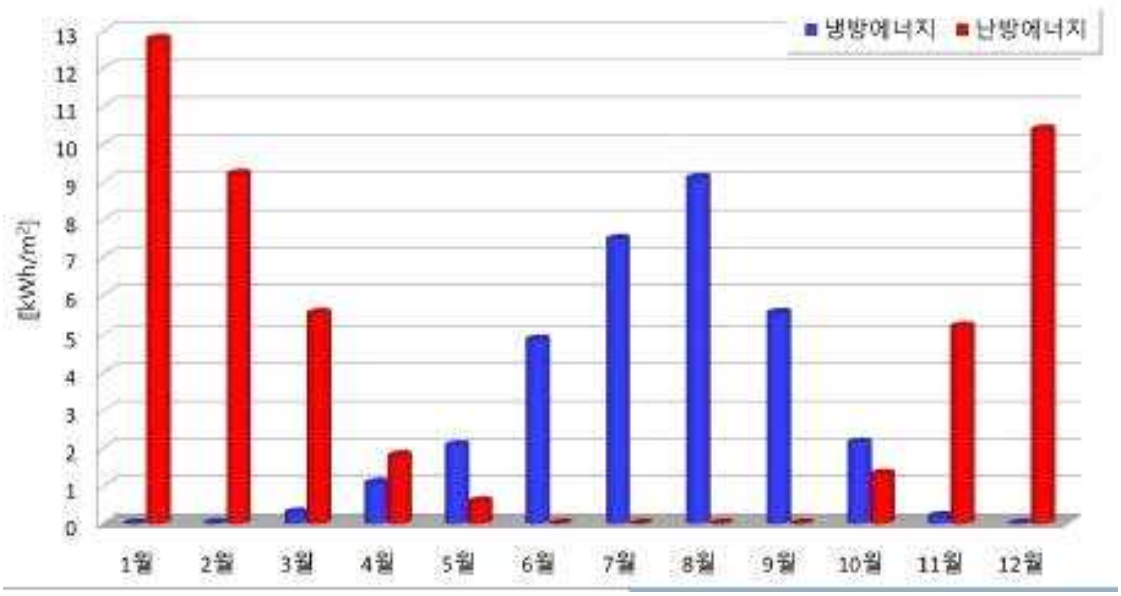


그림 160 월별 냉난방 에너지 요구량(kWh/㎡)

표 165 연간 단위면적당 에너지요구량

구 분	난방	냉방	급탕	조명
에너지요구량 (kWh/㎡)	46.8	32.8	30.7	14.2

표 166 연간 단위면적당 에너지소요량

구 분	난방	냉방	급탕	조명	환기	생산에너지 (신재생)
에너지요구량 (kWh/㎡)	4.7	1.8	2.2	2.5	1.4	80.4

표 167 연간 단위면적당 1차 에너지소요량

구 분	난방	냉방	급탕	조명	환기
1차에너지소요량 (kWh/㎡)	12.9	5.0	6.0	6.9	4.0
등급산출용 1차에너지소요량 (kWh/㎡)	12.9	5.0	6.0	6.9	4.0

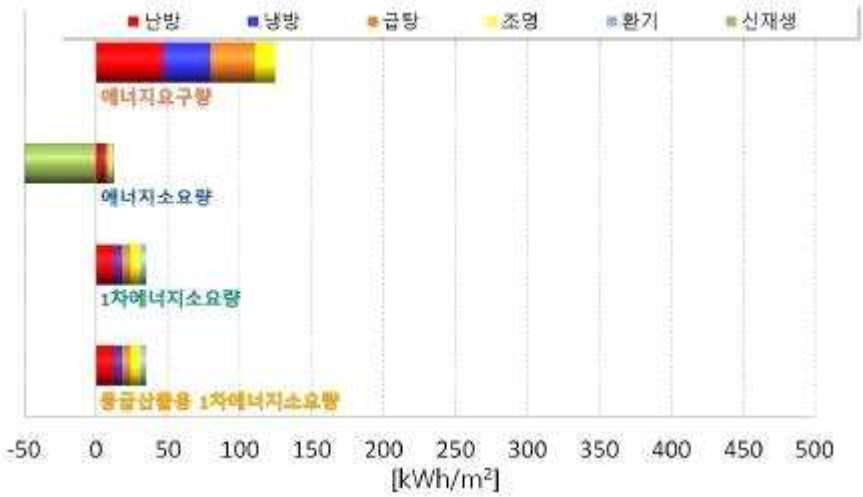


그림 161 연간 단위면적당 에너지 요구량 및 소요량 (kWh/㎡)

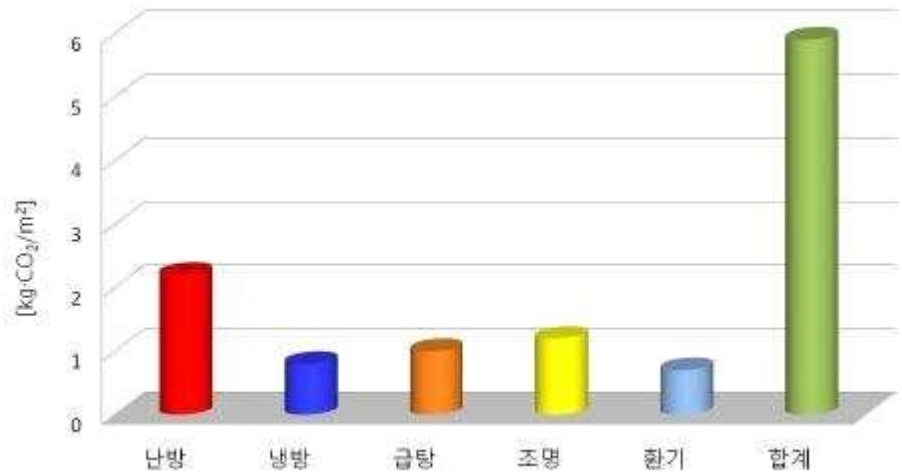


그림 162 연간 단위면적당 C02 발생량 비교표

표 168 연간 단위면적당 CO2 발생량

구 분	난방	냉방	급탕	조명	환기	합계
CO2 발생량 [kgCO2/㎡]	7.8	2.6	3.4	3.5	2.4	19.7

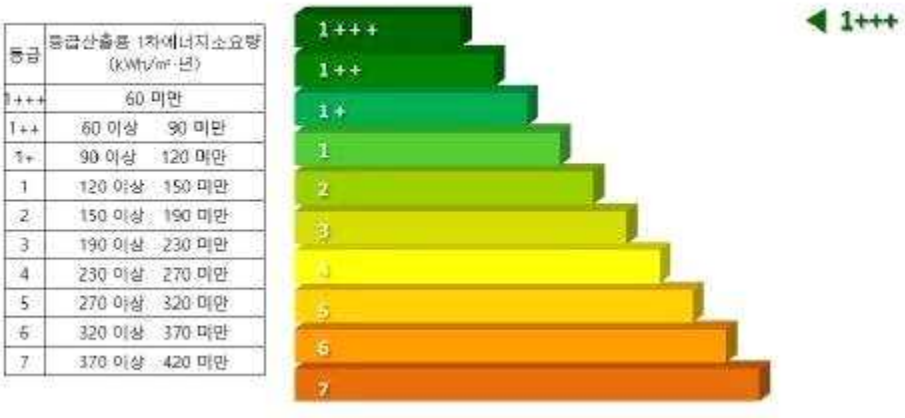


그림 163 평과결과 등급

■ **독일 패시브하우스 인증 취득**

- 패시브 건축물 인증은 독일 전통방식의 패시브 건축물인증을 취득함으로써 설계단계에서부터 에너지를 절감할 수 있는 방안을 모색하고 국내에서의 보급화의 질적 향상을 목표로 진행되었다. 102동 공동주택을 인증 대상으로 연구가 진행되었으며, 개략적인 패시브하우스 인증기준은 다음과 같다.

난방	단위면적 당 연간 난방에너지 요구량: 15 kWh/(m² a)이하 또는 난방 부하: 10 W/m² 이하.
냉방 (제습포함)	단위면적 당 총 냉방 냉방에너지 요구량: 15 kWh/(m² a)+ 0.3 W/(m² aK) x DDH 이하 또는 냉방 부하: 10 W/m² 이하 및 냉방에너지 요구량: 4 kWh/(m² aK) x ϑe + 2 x 0.3 W/(m² aK) x DDH - 75 kWh/(m² a)
1차에너지	단위면적 당 연간 난방, 냉방, 급탕, 보조전력, 주거 및 공용에 사용되는 콘센트 전력 120kWh/(m² a)이하를 충족해야 함.
기밀	기밀테스트 결과 값: 실내와 실외 압력의 차이가 50pa 일 경우, 시간당 실내 공기 교환율 0.6회 이하 충족.

- 패시브하우스 건축물 인증을 받기 위해서는 위와 같은 기준을 충족해야 한다. 건축물의 성능은 설계와 함께 PHPP (Passive House Planning Package) 시뮬레이션을 병행하여 건축물 냉난방 부하 및 에너지 요구량을 줄여야 한다. 건물 외피 단열 및 기밀 성능을 최적화 시키고 열교를 최소화 시켜야 한다. 또한 최적화된 열/에너지회수 환기시스템 (HRV/ERV) 및 설비시설 설계로 인해 최적화된 난방, 냉방, 급탕 시스템을 구축하여 극단적인 날씨에도 쾌적한 실내 주거 환경을 마련해주도록 해야 한다.

• 패시브하우스 인증과 관련한 건축물 디자인 / 설비 검토 사항 및 당해연도 인증을 위한 검토 내용은 다음과 같다.

건축물 디자인 관련 검토 사항

항목	내용	비고
PHPP	PHPP 입력 완료	
	건축물 실내 Volume 산출	기밀테스트 산출 값 입력
	건축물 Volume 산출	
도면	주변 건축물 및 조형/구조물을 고려한 배치계획	겨울 태양열 활용 최대화
	대지 고도에 대한 정보	
	요철 최소화 및 완벽히 형성된 단열 zone 평면 계획	열교로 인한 열 손실 최소화
	단열 강화 및 열교 최소화 단면 및 디테일 계획	열교로 인한 열 손실 최소화
	접합부분 열교 최소화 및 기밀성 최적화 디테일 계획	열 손실 최소화
	차양 요소에 대한 디테일 및 정보	자동제어 외부블라인드
	(최적화 된 차양 시스템)	
면적	단열외피: 평면, 단면, 입면에 뚜렷이 표현되도록 계획	
	단열외피: PHPP 시뮬레이션 산출 값과 에너지요구량 비교 검토	
	TFA (Treated Floor Area) 산출 및 PHPP 입력 값 검토	
	외벽, 바닥, 지붕 구성요소 열전도율 및 두께 설정	외벽,바닥,지붕 열관류율 산출
	외기에 면하는 면 땅과 면하는 면 검토	열관류율 값의 변화
열교	건축물 요철로 인한 열교 최소화	파라펫, 발코니, 건축물 코너
	발코니 열교 차단재 활용으로 인한 열교 값 산출 및 검토	
	열교 시뮬레이션으로 점 열교 및 선 열교 값 산출	
	접합 및 관통 부위 열교 최소화 방안 검토	창, 문, 발코니, 홈통, 외부 차양
	실내 벽, 슬라브, 피트 층과 연결되는 부위 열교 최소화	
	산출 된 열교 값, PHPP 에 입력하여 건축물 열 손실 산출	열 손실 = 에너지 요구량 증가
창호/문	삼중유리 g value 및 U 값 검토	투과율 및 열관류율의 관계
	창문 삼중유리 및 프레임 비율 검토	겨울 태양열 활용
	설치된 삼중유리 시스템 창호 열관류율 및 열교 값 정보 검토	창문 양측, 상, 하 설치열교 값
	설치된 단열 현관문 연관류율 및 열교 값 정보 검토	단열문 설치열교 값
	PHPP 입력 값으로 인한 열 손실 산출	열 손실 = 에너지 요구량 증가

건축 설비시스템

항목	내용	비고
환기	환기 컨셉 구성	
	실내 환기 덕트워크 구성	덕트 최소화, 방음, 단열두께
	PHPP 정보 입력, 환기장치 제품 선택	효율, 사이즈, 용량, 소비전력
	건축물 내 덕트를 최소화 시키기 위한 환기장치 배치	방음, 단열
	환기 덕트: 배기, 급기, 흡기, 외기 조건을 고려한 설계	온·습도 및 각각의 위치 설정
	환기덕트 공기압력 감소에 대한 계산 값 산출	
	냉방(제습) 통합 조건에 따른 자동제어 바이패스 시스템 설계	지열히트펌프와 연계
	배기, 급기, 흡기, 외기 조건에 따른 필터 설정	
전력	실내 전기 활용 계획	
	자연 채광 및 실내 고효율 조명에 대한 밸런스	효율적인 전력 소비
	사용되는 고효율 가전제품 PHPP 에 입력	
	고효율 전력사용 컨셉 및 방안 검토	
냉·난방	냉난방 설비 계획 및 설계	계통도 및 시스템 흐름도
	냉·난방, 급탕 (지열히트펌프)으로 인한 전력 사용 검토	전력 사용 최소화 필수
	냉·난방, 급탕을 위한 지열히트펌프 용량 산출 및 설계	
	열에너지 저장소에 대한 용량 검토 및 설계	
	분배 손실 고려한 설계 방안	
	냉·온수에 용량 및 배관 단열 고려	
1차에너지	PHPP PE Value를 준수 한 건축 및 설비시스템 계획	

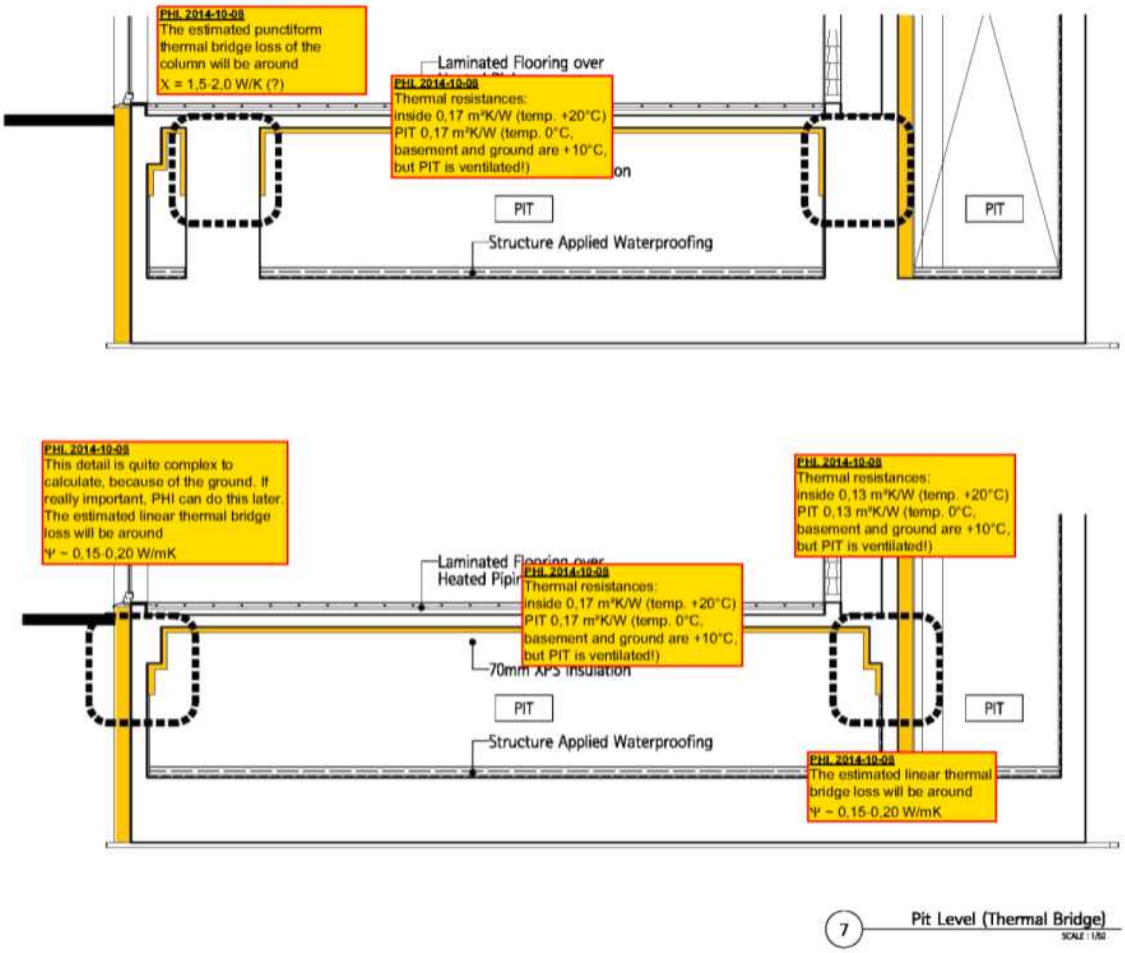
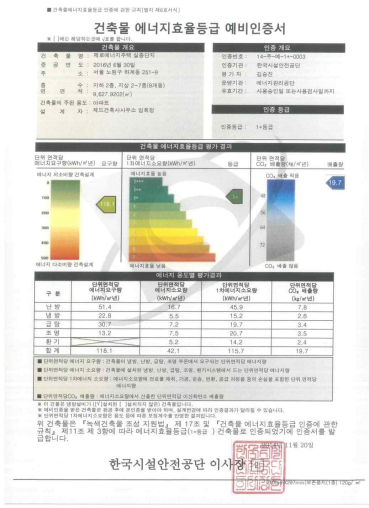


그림 164 독일 PHI와 영문도서를 통한 자문

연구성과

■ 품질인증 1건 (에너지효율등급 예비인증 획득)



건축물 에너지효율등급 예비인증서

■ 건축물에너지효율등급 인증에 관한 규칙[별지 제6호서식]

건축물 개요

건 축 물 명	제로에너지주택 실증단지
준 공 연 도	2016년 6월 30일
주 소	서울 노원구 하계동 251-9
층 수	지하 2층, 지상 2~7층(8개동)
연 면 적	9,827.30(㎡)
건축물의 주된 용도	아파트
설 계 자	제로건축사사무소 임목정

인증 개요

인증번호	14-주-에-1+-0003
인증기관	한국시설안전공단
평 가 자	김승진
유효기간	에너지관리공단
무효기간	사용승인일 또는 사용검사일까지

인증 등급

인증등급 : 1+등급

건축물 에너지효율등급 평가 결과

에너지 용도별 평가결과

구 분	단위면적당 에너지소요량 (kWh/㎡년)	단위용적당 에너지소요량 (kWh/㎥년)	단위면적당 1차에너지소요량 (kWh/㎡년)	단위면적당 CO_2 배출량 (kg/㎡년)
난 방	51.4	16.7	45.9	7.8
냉 방	22.8	5.5	15.2	2.6
급 탕	30.7	7.2	19.7	3.4
조 명	13.2	7.5	20.7	3.5
환 기		5.2	14.2	2.4
합 계	118.1	42.1	115.7	19.7

■ 단위면적당 에너지 요구량 : 건축물의 냉방, 난방, 급탕, 조명, 환기시스템에서 요구되는 단위면적당 에너지량

■ 단위면적당 에너지 소요량 : 건축물에 설치된 냉방, 난방, 급탕, 조명, 환기시스템에서 드는 단위면적당 에너지량

■ 단위면적당 1차에너지 소요량 : 에너지소요량에 전효율 계획, 기준, 환율, 변환, 공급 과정을 통한 손실을 포함한 단위 생산당 에너지량

■ 단위면적당CO_2 배출량 : 에너지소요량에서 신출한 단위면적당 이산화탄소 배출량

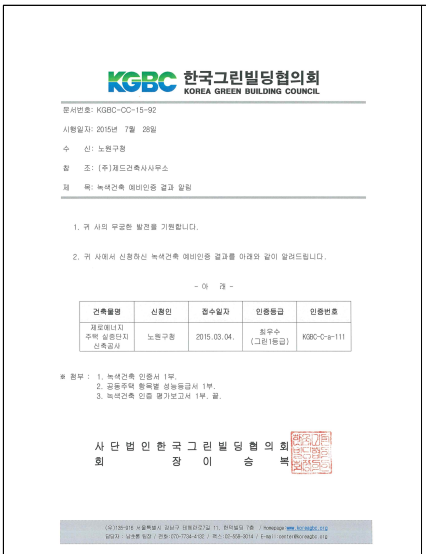
※ 이 건물의 생활실내기기[기설비등] 1 [설치되지 않은] 건축물입니다.
※ 이 건물의 에너지소요량은 표준 사용조건으로 산정되었으며 실제 건물운용과는 달라질 수 있습니다.
※ 단위면적당 1차에너지소요량은 표준 외부 자료 조정계수를 반영한 결과입니다.

위 건축물은 「녹색건축물 조성 지원법」 제 17조 및 「건축물 에너지효율등급 인증에 관한 규칙」 제11조 제 3항에 따라 에너지효율등급(1+등급) 건축물로 인증되었기에 인증서를 발급합니다.

2015년 7월 20일

한국시설안전공단 이사장 직인

■ 예비인증 1건 (녹색건축 예비인증 획득)



KGBC 한국그린빌딩협의회
KOREA GREEN BUILDING COUNCIL

문서번호: KGBC-CC-15-92

시행일자: 2015년 7월 28일

수 신: 노원구청

참 조: (주)제드건축사사무소

제 목: 녹색건축 예비인증 결과 알림

1. 귀 사의 무궁한 발전을 기원합니다.

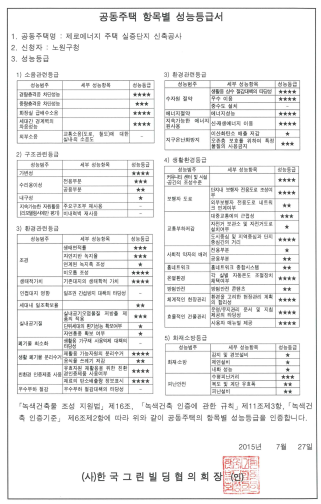
2. 귀 사에서 신청하신 녹색건축 예비인증 결과를 아래와 같이 알려드립니다.

- 아 래 -

건축물명	신청인	접수일자	인증등급	인증번호
제로에너지 주택 실증단지 건축공사	노원구청	2015. 03. 04.	최우수 (그린1등급)	KGBC-C-a-111

※ 첨부 : 1. 녹색건축 인증서 1부.
2. 공동주택 항목별 성능등급서 1부.
3. 녹색건축 인증 평가보고서 1부. 끝.

사단법인한국그린빌딩협의회
회 장 이 승 복



공동주택 항목별 성능등급서

1. 공동주택명 : 제로에너지 주택 실증단지 신축공사
2. 신청자 : 노원구청
3. 성능등급

1) 소음관련등급

성능분야	세부 성능항목	성능등급
기본성능		★★★★★
경량충격음 차단성능		★★★★
중량충격음 차단성능		★★★
최대실 경계수준		★★★★
세대간 경계벽의 차음성능		★★★★
외부소음	교통소음(도로, 철도)에 대한 실내외 소음도	-

2) 구조관련등급

성능분야	세부 성능항목	성능등급
기본성능		★★★★★
수리용이성	전유부분	★★★
	공용부분	★★
내구성		★
지속가능한 자원활용	주요구조부 재사용성	-
	리모델링(수직증축) 용이성에 대한 사항을 제시함	-

3) 환경관련등급

성능분야	세부 성능항목	성능등급
조경	생태면적률	★★★
	자연지반 녹지율	★★★
	인위적 녹지율 조성	★
	비오톱 조성	★★★★
생태복지성	기존생태와 생태특성 기여	★★★★
단절대지 영향	일조권 간섭범위 대폭적 저감성	-
세대내 실조확보율		★★
실내공기질	실내공기오염물질 저감을 위한 조치계획의 확인(유/무)	★★★
	자연환기 확보율 이상	★
폐기물 최소화	생활쓰 가구에 사용자에 대해서	-
생활 폐기물 분리수거	재활용 가능자원의 분리수거	★★★★
	분리된 쓰레기 거점	★★
친환경 건축재료 사용	오염도가 적은 또는 저장 관리방법을 적용한	★★★★
	제로에 탄소배출량 정보표시	★★★★
무수무취 동결	무수무취 동결대책의 의장성	-

3) 환경관련등급

성능분야	세부 성능항목	성능등급
수자원 절약	생활쓰 산수 절감대책의 타당성	★★★★
	우수 이용	★★★★
	중수도 설치	-
에너지절약	에너지성능	★★★★
지속가능한 에너지원사용	신재생에너지 이용	★★★★
저구배난방방식	이산화탄소 배출 저감	★
	단중층 또는 필요시 국지난방을 적용한 사용검지	★★★

4) 생활환경등급

성능분야	세부 성능항목	성능등급
커뮤니티 및 시설 이간의 조성수준		★★★★
보행자 도로	단차 보행자 전용도로 조성여부	★★★★
	외부보행자 전용도로 내부로의 진입허용	★★
교통부하저감	대중교통에의 근접성	★★★
	자전거 보관소 및 자전거도로 설치여부	★
	주거동 및 차량동심과 단지진입의 거리	★★★★
사회적 약자의 배려	건축부문	★
	공용부분	★★
홈네트워크	홈네트워크 홈망서스템	★★
주방환경	각 실별 자동온도 조절장치 제어여부	★★★★
방범안전	방범안전 관련조	★★
복지적인 편의증진	화장실 단차만 제거(리모델링 제외) 및 협소화	★★★★
초음파인 건물관리	주방가구의 높이 및 치수 제공의 적정성	★★★★
	시공자 애노일 제공	★★★★

5) 화재소방등급

성능분야	세부 성능항목	성능등급
피난 및 초기대응	피난 및 초기대응	★
	대한설비	★
	내화 성능	★
화재안전	수평피난거리	★★★
	복도 및 계단 무효폭	★★
	피난계단	-

「녹색건축물 조성 지원법」 제16조, 「녹색건축 인증에 관한 규칙」 제11조제3항, 「녹색건축 인증기준」 제6조제2항에 따라 위와 같이 공동주택의 항목별 성능등급을 인증합니다.

2015년 7월 27일

(사)한국그린빌딩협의회장 직인



녹색건축 예비 인증서

건축물 개요

건축물명	제로에너지 주택 실증단지 신축공사
건 축 주	노원구청
준공예정일	2017.02
주 소	서울특별시 노원구 하계동 251-9번지
층 수	지하1층, 지상7층
연 면 적	17,710.4087㎡
건축물의 주된 용도	공동주택
설 계 자	㈜제드건축사 사무소

인증 개요

인증번호	KGBC-C-a-111
인증기관	(사)한국그린빌딩협의회
유효기간	2015.07.27~사용검사일까지

인증 등급

인증등급	최우수(그린1)등급
인증기준	녹색건축 인증 기준 [별표1] 공동주택 적용표준 F-21 제2014-705호 환경부고시 제2014-213호

위 건축물은 「녹색건축물 조성 지원법」 제16조 및 「녹색건축 인증에 관한 규칙」 제11조제3항에 따라 녹색건축(최우수, 그린1등급) 건축물로 인증되었기에 예비인증서를 발급합니다.

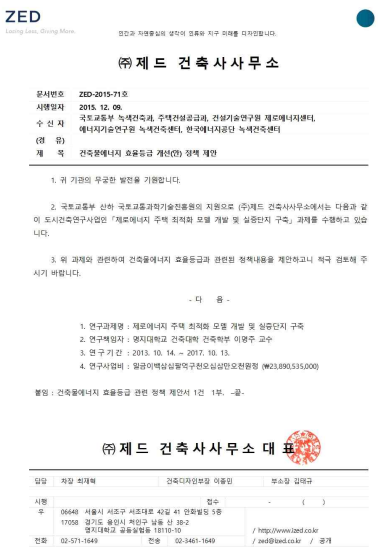
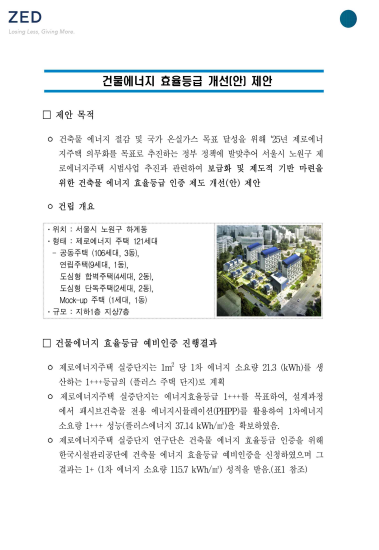
종합등급 ★★★★

2015년 7월 27일

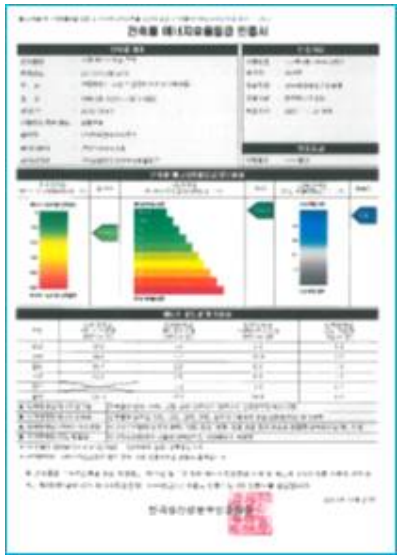
(사)한국그린빌딩협의회장 직인

※ 예비인증을 받은 건축물은 완공 후에 본인증을 받아야 하며, 설계변경에 따라 인증 결과가 달라질 수 있습니다.

■ 정책제안 3건

<table>
<tr>
<td> 
</td>
<td> 
</td>
<td>  </td>
</tr>
<tr>
<td>장수명 주택 인증 개선(안)</td>
<td>건축물에너지 효율등급 개선(안) 제안</td>
<td>녹색건축인증 생태면적률 관련 제안</td>
</tr>
</table>

■ 인증획득 3건

<table>
<tr>
<td> 
</td>
<td>  </td>
<td> 
</td>
</tr>
<tr>
<td>녹색건축인증 최우수 본인증</td>
<td>건축물에너지효율등급 1+++본인증</td>
<td>PHI 인증</td>
</tr>
</table>

3.3 2세부과제

가. 제로에너지주택 및 커뮤니티 시공

(1) C-1 목업주택 구축

연구개요

■ 연구기관 : (주)케이씨씨건설

■ 연구기간 : 2013년 10월 14일 ~ 2015년 05월 13일

■ 연구목표 :

1) 국내 최초 제로에너지 주택 및 단지구축을 위한 요소기술 적용에 대한 시공성 검토

2) 국내 건설기술자에게 생소한 제로에너지 주택 시공에 대한 시공기술 교육

3) 제로에너지 목업주택 구축완료

연구내용

■ 목업주택 설계도서 검토

- 작성된 설계도서에 대해 시공성 및 도면 정합성에 대해 설계사인 제드건축사사무소와 설계검토회의를 진행하여 제로에너지 목업주택이 구현될 수 있도록 검토 진행

■ 목업주택 공사내역 작성

- 검토된 설계도서를 바탕으로 적산을 통해 목업주택에 투입되는 물량을 산출하고 단가를 기입하여 공사내역서 작성 진행

■ 목업주택 공정계획 수립

- 목업주택 공사진행을 위해 각 공종별 소요기간과 공정간 선후관계를 검토하여 적기에 공사가 진행될 수 있도록 예정공정계획 수립

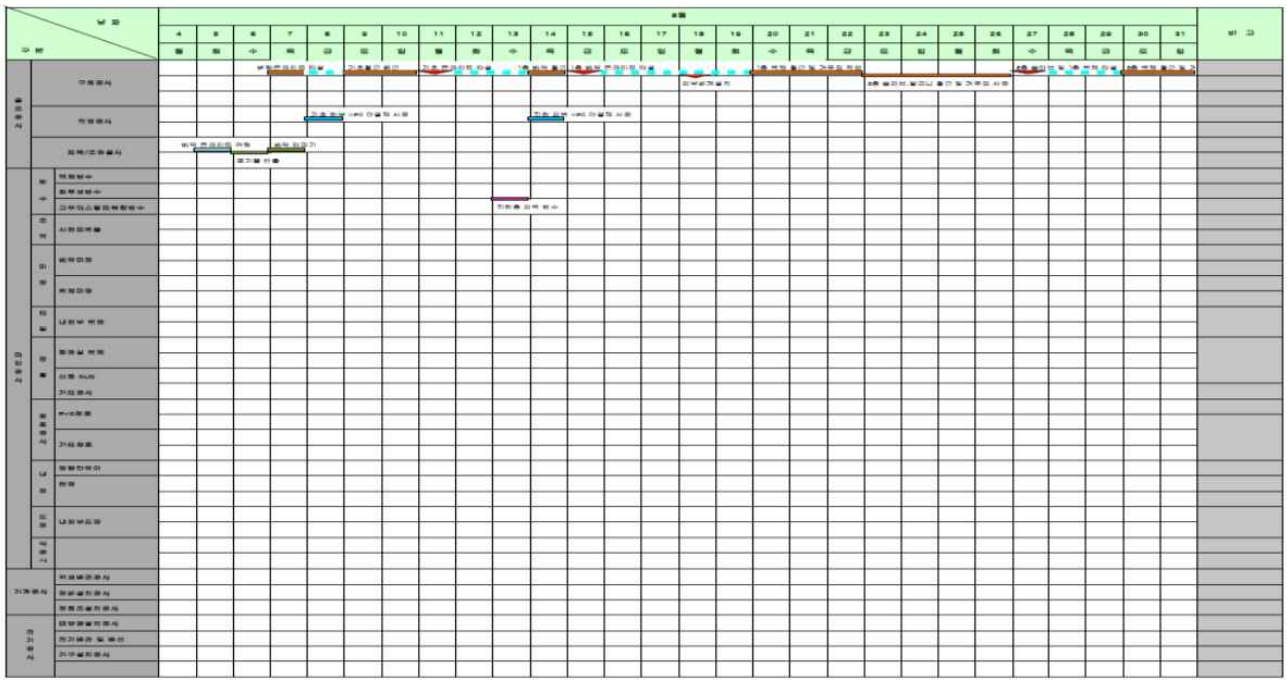


그림 175 2014년 8월 공정계획

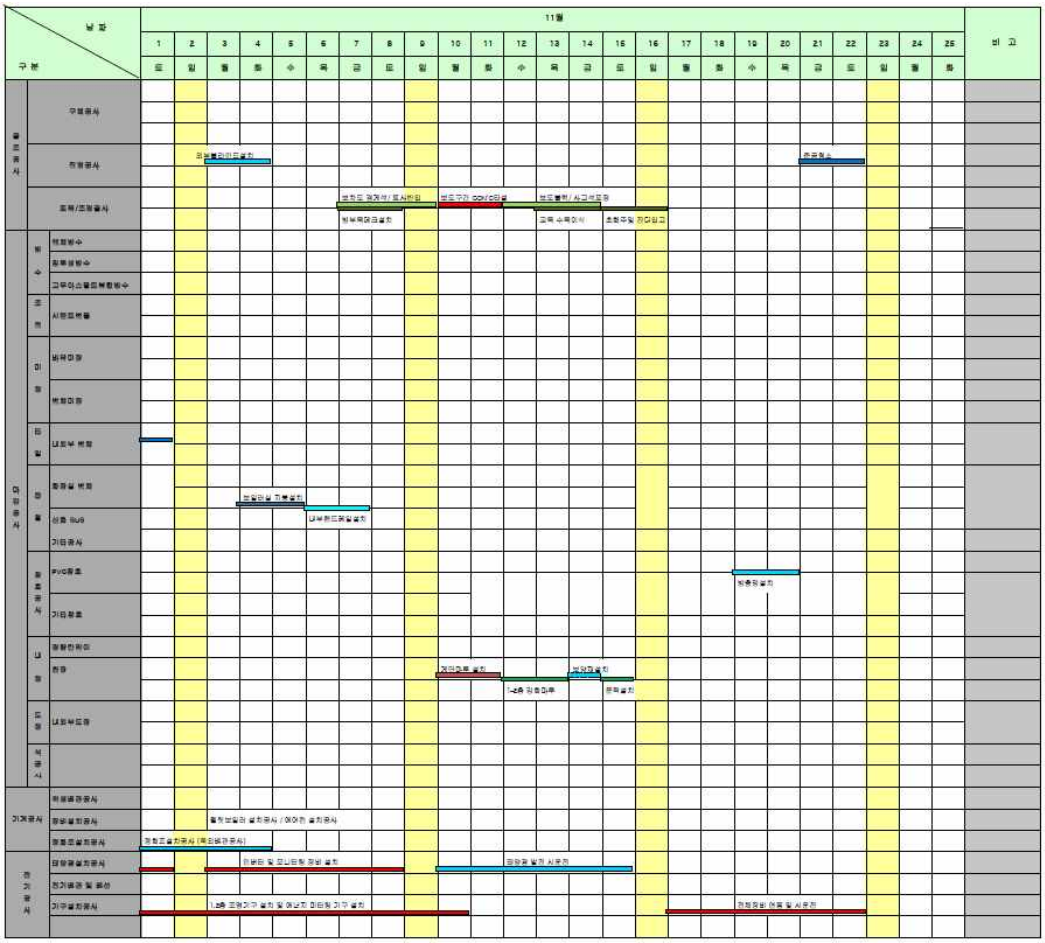


그림 176 2014년 11월 공정계획

■ 목업주택 구축

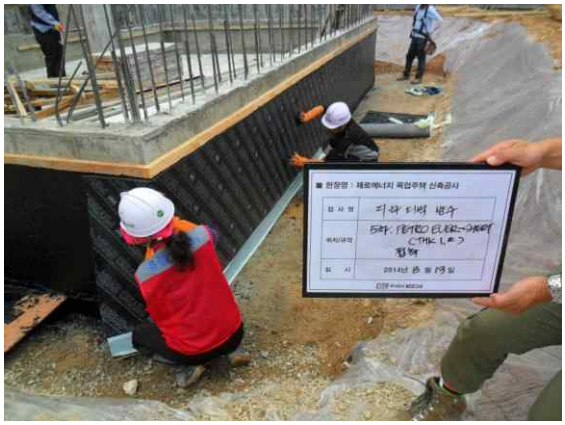
• 기초 외부 단열재 설치

- 기초 하부 단열재(압출법보온판, 특호, 200mm) 설치 및 PIT층 벽체 외부 단열재(압출법보온판, 특호, 280mm) 부착하였다.
- 100mm 단열재의 겹침 설치를 통한 이음부 열교차단 방지 및 비닐보양을 통해 습기를 차단했다.





- 기초 외부 복합시트방수 설치
  - 기초 및 PIT 외부에 아스팔트 매스틱 복합시트방수를 부착했다.
  - 시트방수 겹침부위 누수방지를 위해 아스팔트 매스틱 도포를 통해 겹침부위를 보강했다.




- 외단열재 거푸집 겸용 타설부착
  - 1층 동측 벽체 외단열재(록셀복합단열판 300mm) 거푸집 겸용 타설 부착했다.
  - 거푸집으로서 터짐 방지를 위해 450mm 간격으로 내부 거푸집과 긴결하였으며, 창호 개구부는 타설 후 창호설치를 위하여 비닐보양을 한 단열재를 매립하여 타설하고, 콘크리트 경화 후 제거하여 창호설치 후 후부착 방식으로 진행했다.




- 발코니 열교차단재 설치
  - 2층 발코니 열교차단을 위해 열교차단재(獨, isokorb) 설치했다.
  - 돌출형 발코니의 처짐방지를 위해 열교차단재의 상부근과 기존 슬래브의 철근을 긴결히 체결하였으며, 상하부근 전단보강근을 추가 시공하여 처짐에 대한 대비를 하였다.




- 고성능 시스템 창호 설치 및 기밀테이프 시공
  - 열교차단을 위해 단열재 상부에 창호를 설치하며, 골조와의 열교차단을 위해 단열패드가 부착된 브라켓으로 고정하고, 하부는 목재를 설치하였다.
  - 창호 하부의 목재설치에 대해서는 추후 목재의 변형으로 인한 하자가 우려되어 변경이 요구되는 사항이다.
  - 창호 내부에는 기밀확보를 위해 창호주위에 기밀테이프를 부착하였다.

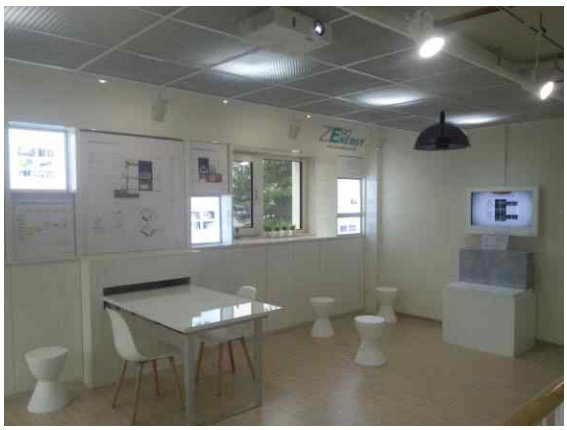



- 리모델링이 용이한 건식벽체 및 층상배관 시스템
  - 리모델링이 용이한 구조를 실현하기 위해 내부 건식벽체를 설치하였다.
  - 욕실 내부에도 층상 배관시스템을 적용함으로써 추 후 리모델링 시 용이하게 하였다.




● 내부 마감공사

- 내부 벽체 친환경페인트 도장작업 및 바닥 강화마루 설치
- 2층 천정 AL메쉬그릴 설치를 통한 천정 내부 배관 노출계획 관람 가능

■ 목업주택 복합에너지시스템 구축

● 태양광발전시스템 설치공사

- 태양광패널을 지붕과 외벽에 설치하는 것으로 설계되어 있어, 지붕층의 태양광 기초를 독립형태로 설치하였고, 외벽에 수직으로 설치되는 패널을 위해 하지철물을 시공한 뒤 패널을 설치하였다.
- 아울러 돌출형 발코니 난간에는 PV가 포함된 유리난간을 설치하여 발전이 이루어 질 수 있도록 설치하였음.

● 펠렛보일러 설치공사

- 목업주택의 난방과 온수를 제공하기 위해 펠렛 보일러 설비를 계획하였으며, 외부의 별도 보일러실을 계획하여 시공하였다.
- 보일러실의 단열계획이 누락되어 있어 주요배관에는 열선을 시공하여 동파를 방지하는 시공을 하였다.

- 신재생에너지시스템 구축
  - 지붕 수평면과 남/서쪽 외벽에 수직면에 PV패널을 설치하여 태양광발전시스템 구축
  - 주택 내 난방과 온수 사용을 위해 펠렛보일러 설치





연구성과

■ 현장교육설명회 1건 (1차년도)

외단열재 타설부착 공법

□ **교육설명회 목적**

○ 제로에너지 주택 실증단지 구축을 위해 제로에너지 기술요소 등에 대한 적용성 검토와 시공법 연구, 근로자로 하여금 기술 습득을 목적으로 본 현장교육설명회를 진행하고자 한다.

□ **교육일시 및 장소**

○ 일시 : 2014년 8월 22일 (금) 오후 2시
○ 장소 : 목업주택 현장 內

□ **교육참석자**

- (주)케이씨씨건설 현장관리자
- 외단열재 타설 부착 현장근로자

□ **교육순서**

○ 이론교육
- 외단열재 타설부착에 대한 이론적 내용설명 및 시공방법에 대한 이해증진

○ 실습교육
- 목업주택 1층 동측 외벽에 외단열재 타설부착을 실습함으로 이론적 내용에 부합하는 실습교육 진행

□ **교육자료**
(별첨 참조)

교육참석자 명단

현장명 : 제로에너지목업주택
일 자 : 2014.8.22

교육장소 : 현장내 / 교육자 : 홍정식

소 속	성 명	서 명	교육효과확인	비고
(주)케이씨씨건설	김태전		A	
〃	홍광범		B	
〃	홍종복		B	
〃	심홍용		A	
〃	나형래		B	
남명이엔씨	권판철		B	
〃	서희곡		B	
KCC건설	김영득		A	
〃	홍정식		A	

비 고 : S : 매우탁월(타인 지도가능) A : 업무수행능력충분
B : 독자적 업무수행가능 C : 기초이해(업무중 감독/지도필요)
D : 추가교육훈련필요(타업무로 전환 검토)

KCC KCC건설

▣ 현장명 : 제로에너지 목업주택 신축공사



위 치	현장부지내	일 자	2014.08.22
내 용	외단열재 타설부착 공법 이론 교육		



위 치	현장부지내	일 자	2014.08.22
내 용	외단열재 치수 측정 및 재단 실습교육		

KCC KCC건설

▣ 현장명 : 제로에너지 목업주택 신축공사



위 치	현장부지내	일 자	2014.08.22
내 용	외단열재 벽체 연결부 수직 타공 실습교육		



위 치	현장부지내	일 자	2014.08.22
내 용	1층 동측 벽체 외단열재 설치 실습교육		

KCC KCC건설

■ 시제품제작 1건 (1차년도 추가)

- 현장전경 (2014.09.01기준)



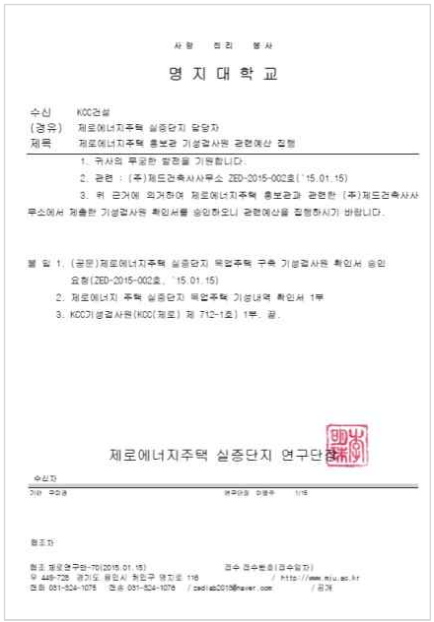
■ 시제품 제작 1건 (2차년도)

- 제로에너지 목업주택 의 남서측 및 남측 전경사진





- MOCK-UP주택 구축완료 승인



사 람 의 리 를 생 각

명 지 대 학 교

수신 KCC건설
(경유) 제로에너지주택 실증단지 담당자
제목 제로에너지주택 홍보관 기성검사원 관련예산 집행

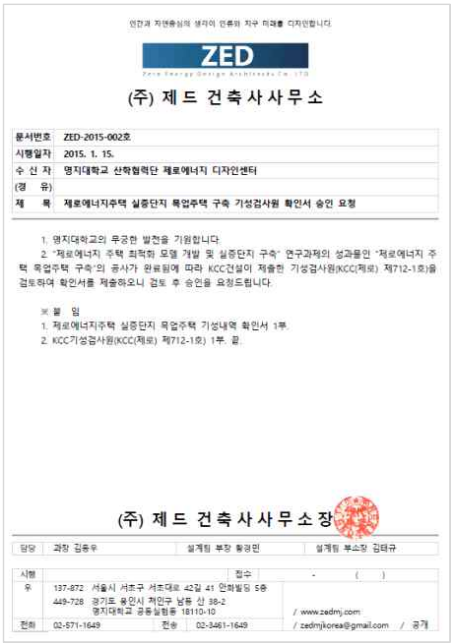
1. 귀사의 무궁한 발전을 기원합니다.
2. 관련 : (주)제드건축사사무소 ZED-2015-002호(`15.01.15)
3. 위 근거에 의거하여 제로에너지주택 홍보관과 관련한 (주)제드건축사사무소에서 제출한 기성검사원 확인서를 송부하오니 관련예산을 집행하시기 바랍니다.

붙 임 1. (공문)제로에너지주택 실증단지 목업주택 구축 기성검사원 확인서 송부 요청(ZED-2015-002호, `15.01.15)
2. 제로에너지 주택 실증단지 목업주택 기성내역 확인서 1부
3. KCC기성검사원(KCC(제로) 제 712-1호) 1부. 끝.

제로에너지주택 실증단지 연구단장

수신자

협조자



인간과 자연중심의 생각이 건축의 지구 미래를 디자인합니다

ZED

(주) 제 드 건 축 사 사 무 소

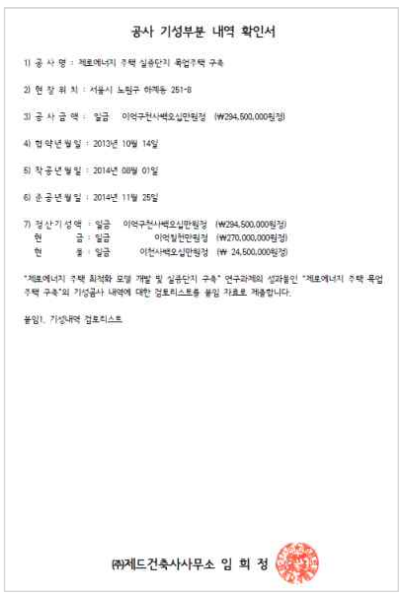
문서번호	ZED-2015-002호
시행일자	2015. 1. 15.
수 신 자	명지대학교 산학협력단 제로에너지 디자인센터
(경 유)	
제 목	제로에너지주택 실증단지 목업주택 구축 기성검사원 확인서 송부 요청

1. 명지대학교의 무궁한 발전을 기원합니다.
2. "제로에너지 주택 최적화 모델 개발 및 실증단지 구축" 연구과제의 성과물인 "제로에너지 주택 목업주택 구축"의 공사가 완료됨에 따라 KCC건설이 제출한 기성검사원(KCC(제로) 제712-1호)을 검토하여 확인서를 제출하오니 검토 후 승인을 요청드립니다.

붙 임
1. 제로에너지주택 실증단지 목업주택 기성내역 확인서 1부.
2. KCC기성검사원(KCC(제로) 제712-1호) 1부. 끝.

(주) 제 드 건 축 사 사 무 소 장

담당	과장 김종우	설계팀 부장 황경민	설계팀 부소장 김태규
시행		접수	- ( )
우	137-872 서울시 서초구 서초대로 42길 41 인화빌딩 5층 449-728 경기도 용인시 처인구 남동 산 38-2 명지대학교 공동실험동 18110-10		/ www.zedmj.com
전화	02-571-1649	전송 02-3461-1649	/ zedmjkorea@gmail.com / 공개



공사 기성부분 내역 확인서

1) 공 사 명 : 제로에너지 주택 실증단지 목업주택 구축

2) 현 장 위 치 : 서울시 노원구 하계동 251-8

3) 공 사 금 액 : 일금 이억구천사백오십만원정 (₩294,500,000원정)

4) 착 공 년 월 일 : 2013년 10월 14일

5) 준 공 년 월 일 : 2014년 08월 01일

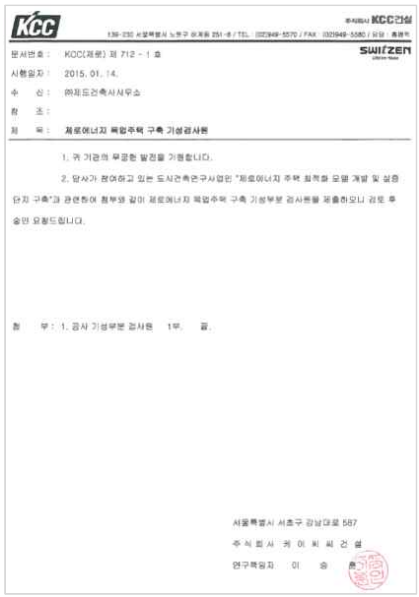
6) 준 공 년 월 일 : 2014년 11월 25일

7) 정 산 기 성 액 : 일금 이억구천사백오십만원정 (₩294,500,000원정)
현 금 : 일금 이억일천만원정 (₩270,000,000원정)
현 물 : 일금 이천사백오십만원정 (₩ 24,500,000원정)

"제로에너지 주택 최적화 모델 개발 및 실증단지 구축" 연구과제의 성과물인 "제로에너지 주택 목업주택 구축"의 기성공사 내역에 대한 검토리스트를 붙임 자료로 제출합니다.

붙임1. 기성내역 검토리스트.

㈜제드건축사사무소 임 희 정



KCC건설

SWITZEN

문서번호 : KCC(제로) 제 712 - 1 호
시행일자 : 2015. 01. 14.
수 신 : ㈜제드건축사사무소
참 조 :
제 목 : 제로에너지 목업주택 구축 기성검사원

1. 귀 기관의 무궁한 발전을 기원합니다.
2. 당사가 참여하고 있는 도시건축연구사업인 "제로에너지 주택 최적화 모델 개발 및 실증단지 구축"과 관련하여 첨부와 같이 제로에너지 목업주택 구축 기성부분 검사원을 제출하오니 검토 후 승인 요청드립니다.

첨 부 : 1. 검사 기성부분 검사원 1부. 끝.

서울특별시 서초구 강남대로 587
주 식 회 사 케 이 씨 씨 건 설
연구책임자 이 승 [illegible]

■ 공사비절감 1건 (2차년도 추가)

1. 비용절감 내역

(단위:원)

품 명	규 격	단위	구축계획			현장적용			절 감		비 고
			수량	단가	금액	수량	단가	금액	수량	금액	
[기밀테이프]											
내부용 - 창호기밀테이프(Contega SL)	내부용 85mmx30m	M	74	3,900	288,600	74	3,900	288,600			
외부용 - 창호기밀테이프(Contega EXO)	외부용 85mmx30m	M	74	3,900	288,600				-74	-288,600	
친환경해초 접착재 (Orcon F)	310ml	M	74	5,360	396,640	74	5,360	396,640			
콘크리트 전용 부틸테이프(EXTO Seal)	15cm x 20m	M	40	13,700	548,000				-40	-548,000	
팽창형밴드	15mm x 8m	M	70	4,600	322,000	70	4,600	322,000			
[소 계]					1,843,840			1,007,240		-836,600	
[방수공사]											
시트방수(자착식고밀도폴리에틸렌)	바닥	M2	44	46,923	2,064,612				-44	-2,064,612	
[소 계]					2,064,612					-2,064,612	
[지붕및홈통공사]											
용자갈깔기	T100@35~45	M3	4	7,574	30,296	1	7,574	7,574	-3	-22,722	
루프드레인설치	L형 100mm	개소	2	76,656	153,312	1	76,656	76,656	-1	-76,656	
스텐상자홈통	250*250*250*1.5t	EA	2	38,514	77,028	1	38,514	38,514	-1	-38,514	
알루미늄선홈통	Ø100	M	14	34,509	483,126	7	34,509	241,563	-7	-241,563	
[소 계]					743,762			364,307		-379,455	
[합 계]					4,652,214			1,371,547		-3,280,667	

2. 비용절감 현황

품 명	절감내용	비 고
기밀테이프	당초 내/외부 기밀테이프 적용 및 창호 브라켓 돌출부위 부틸테이프 적용 예정이었으나 현장 적용에 있어 외부용 기밀테이프는 단열재 상부에 창호가 위치함에 따라설치가 용이하지 않아 적용이 어려웠고, 내부용 기밀테이프 설치후 미장 마감 및 기밀테스트를 통해 기밀성 확보에 있어 문제가 없음을 확인하였음. 따라서 외부용 기밀테이프 설치를 제외하여 공사비 절감을 확보할 수 있었음.	
방수공사	계획상 지하 기초 하부에 시트방수가 설계되었으나, 당 현장은 기초 위 PIT 층이 존재하고 있어 기초 하부에 방수를 적용하는 것은 불필요한 공정으로 판단하여 제외하였으며, 이로 인해 공사비 절감을 확보할 수 있었음.	
지붕및홈통공사	옥상층 우수 처리를 위해 옥상 북서쪽과 남동쪽에 2개의 선홈통을 계획하였으나 옥상 면적이 넓지 않고, 배수를 위한 우수량이 많지 않아 남동쪽 1개소 설치와 옥상층 적정 구배를 통해 처리할 수 있었고, 1개소를 제외하여 공사비 절감을 확보할 수 있었음.	

(2) C-2 제로에너지 주택 단지 구축

연구개요

■ 연구기관 : (주)케이씨씨건설 / 에코탑(주)

■ 연구기간 : 2013년 10월 14일 ~ 2017년 10월 13일

■ 연구목표 :

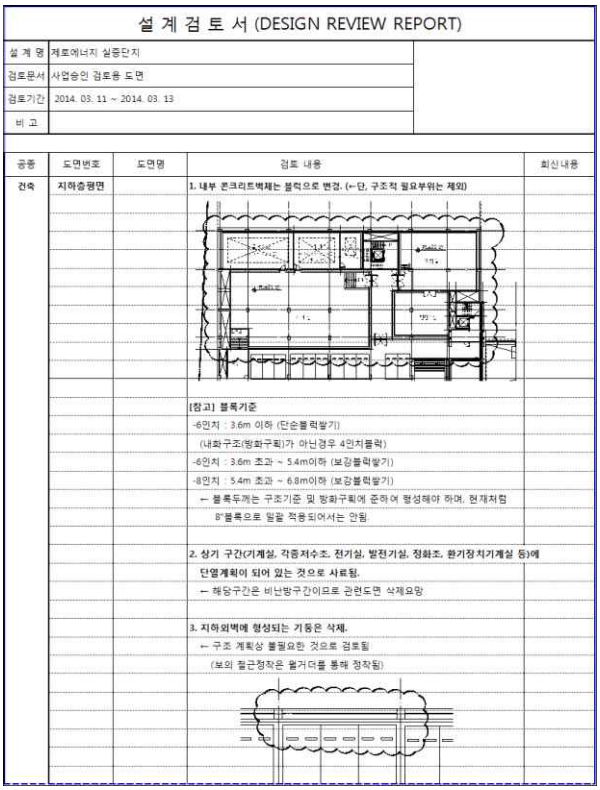
1) 제로에너지 주택단지 구축완료

2) 제로에너지 주택단지 시공프로세스 도출

연구내용

■ 제로에너지 주택단지 설계도서 검토

- 작성된 건축심의용 설계도서에 대해 시공성 및 도면 정합성에 대해 설계사인 제드건축사사무소와 설계검토회의를 진행하여 제로에너지 주택단지가 구현될 수 있도록 검토 진행


설 계 검 토 서 (DESIGN REVIEW REPORT)

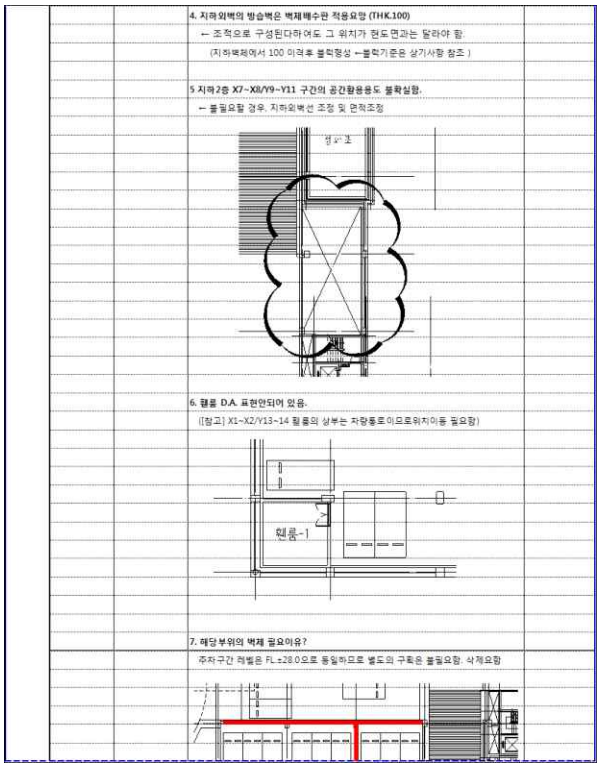
설 계 명	제로에너지 실증단지
검토문서	사업승인 검토용 도면
검토기간	2014. 03. 11 ~ 2014. 03. 13
비 고	

공종	도면번호	도면명	검토 내용	회신내용
건축	지하층평면		1. 내부 콘크리트벽체는 블럭으로 변경. (←단, 구조적 필요부위는 제외)	

[참고] 블록기준
-6인치 : 3.6m 이하 (단순블럭쌓기)
(내화구조(방화구획)가 아닌경우 4인치블럭)
-6인치 : 3.6m 초과 ~ 5.4m이하 (보강블럭쌓기)
-8인치 : 5.4m 초과 ~ 6.8m이하 (보강블럭쌓기)
← 블록두께는 구조기준 및 방화구획에 준하여 형성해야 하며, 현재처럼 8"블록으로 일괄 적용되어서는 안됨.

2. 상기 구간(기계실, 각층저수조, 전기실, 발전기실, 정화조, 환기장치기계실 등)에 단열계획이 되어 있는 것으로 사료됨.
← 해당구간은 비난방구간이므로 관련도면 삭제요망.

3. 지하외벽에 형성되는 기둥은 삭제.
← 구조 계획상 불필요한 것으로 검토됨
(보의 철근정착은 물거더를 통해 정착됨)



■ 제로에너지 주택단지 공사내역 검토

- 검토된 건축심의용 설계도서를 바탕으로 적산을 통해 제로에너지 주택단지에 투입되는 물량을 산출하고 단가를 기입하여 공사내역 검토 진행

■ 제로에너지 실증단지 유형별 공사비 구분

2014. 07. 23

구 분			주택(부대복리시설 포함)		주차장		근린생활시설		기타시설		합 계		비 고
설계개요	연면적		2,942 평	9,724 M2	1,734 평	5,733 M2	205 평	677 M2	424 평	1,402 M2	5,305 평	17,536 M2	
	기타사항		121세대		127대 (법정 109대)								
사업비 구분			평단가	금 액	평단가	금 액	평단가	금 액	평단가	금 액	평단가	금 액	
임대주택 기본공사비	직접공사비	건축	1,698,238	4,995,384,472	1,779,509	3,086,082,777	2,300,223	471,068,330	1,182,058	501,316,795	1,706,780	9,053,852,374	
		토목	343,032	1,009,033,359	343,011	594,860,797	343,110	70,266,356	227,055	96,295,018	333,756	1,770,455,529	평단가 공통적용
		설비	625,651	1,840,359,190	166,304	288,410,394	40,406	8,274,833	226,737	96,160,298	420,991	2,233,204,715	
		전기	596,191	1,753,701,514	102,558	177,858,830	17,284	3,539,685	35,390	15,009,193	367,623	1,950,109,222	
		조경	193,350	568,741,195	193,338	335,293,018	193,394	39,605,599	127,979	54,276,643	188,121	997,916,456	평단가 공통적용
		소계	3,456,463	10,167,219,730	2,584,720	4,482,505,816	2,894,417	592,754,803	1,799,219	763,057,947	3,017,271	16,005,538,296	
	간접공사비		722,466	2,125,142,161	540,256	936,928,910	604,988	123,897,020	376,071	159,493,614	630,667	3,345,461,704	
	공사비 계		4,178,929	12,292,361,891	3,124,976	5,419,434,726	3,499,405	716,651,823	2,175,290	922,551,561	3,647,938	19,351,000,000	
제로에너지 연구비(예측)	공사비		2,944,854	8,662,318,721	397,490	689,340,503	536,129	109,795,280	2,166,631	918,878,996	1,956,840	10,380,333,500	
	외주연구비											270,000,000	KCC건설 부담금 포함
	연구비 계											10,650,333,500	
기본공사비 + 연구비(공사비) 합계			7,123,784	20,954,680,612	3,522,466	6,108,775,228	4,035,534	826,447,103	4,341,921	1,841,430,556	5,604,779	29,731,333,500	

연구비 적용범위	1. PASSIVE 기술요소 : 외단열, PC발코니, 열교차단재, ALC블록, 외방수, 삼중유리시스템창호, 세대현관 단열문, 롤라인드, 기밀자재, 외단열도장마감, 폐열회수환기장치, LED조명, 조명제어 등 2. ACTIVE 기술요소 : 태양광발전설비, 지열히트펌프설비 등 3. 장수명주택 : 무량판구조, 건식벽체, 욕실 층상배관, 전기 노출배관, 예비샤프트 등 4. 각 종 인증대응 : 녹색건축물, 에너지효율등급, 초고속정보통신, 홈네트워크, 옥일패시브, CPTED, BF 등 5. 국토부 홍보관 구축
견적 특기사항	1. 임대주택기본공사비는 외단열, 고단열창호, 냉/난방시설 등 에너지 관련 증비용이 제외된 금액임 2. 2014.07.01 견적용 도서기준 작성 3. 홍보관 내부 인테리어 및 커뮤니티 이동식가구 및 집기류 제외 4. 홈네트워크 장비(주출입구 자동문 등), 모니터링공사 일체, 원격검침공사 장비(세대분전 등) 관련공사 제외 5. 단지외공사, 교통영향평가에 의한 시설물(가로등,신호등) 및 전주/지장물(통신선로 포함)이설공사 제외 6. 공사외 민원관련(사업성 민원비), 정상적인 범위를 벗어난 공사성 민원비, 환경관련(일조권, 조망권 등) 민원처리비 및 소송관련 비용 일체 제외 7. 견적일 이후 법규변경 및 사업승인진행으로 인한 도면변경사항 및 설계특이사항 제외 8. 각종 인입공사비 및 분담금, 각종 설계&감리비, 물가변동분, 확정측량비, 매출VAT 제외 9. 지장물이설, 매립폐기물, 대지지환공사, 근생시설 내부칸막이/인테리어공사, 영구방음벽, 각종인증수수료 및 대행료 (녹색건축인증 外) 제외

■ 친환경 외부공간 설계

- 제로에너지 주택단지 기본설계 및 실시설계 진행



그림 191 친환경 외부공간계획 스케치



그림 192 친환경 외부공간 설계

■ 친환경기술요소 검토

- 제로에너지 주택단지 친환경외부공간 구현을 위해 우수재활용, 투수포장, 생태놀이터, 다층구조식재, 옥상녹화 등 다양한 기술요소 검토 진행





■ 제로에너지주택 실증단지 공사내역 작성

- 설계사에서 작성한 실시설계도서 및 수량 산출된 공사 내역서를 바탕으로 단가를 기입하여 공사내역서(전체분, 도급 공사분, 연구 공사분) 작성 진행하여 제로에너지 주택단지 구축을 위한 공사비 투입내역 작성을 완료하였음.
- 공사내역서(착공시) : 26,869,000천원 (일반 공사비 15,900,000천원 + 연구비 10,969,000천원)

공 사 금 액 총 괄 표 (전체공사비 / 일반공사비 / 연구비 구분)

[공사명 : 제로에너지 주택실증단지 신축공사]

총공사금액 :	이백육십팔억육천구백만원정	(₩26,869,000,000)	* VAT 제외금액(근생-1,2는 VAT포함) * R&D 공사부분 일반관리비,이윤,VAT제외
일반공사금액 :	일백오십구억원정	(₩15,900,000,000)	* VAT 제외금액(근생-1,2는 VAT포함)
연구공사금액 :	일백구억육천구백만원정	(₩10,969,000,000)	* 일반관리비, 이윤, VAT 제외

연면적 : 5357.43 평 (단 위 : 원)

구분 / 공종	총 계	건 축	토 목	조 경	기 계	소방(기계)	전 기	통 신	소방(전기)	비 고
총 공 사 비 (일반+연구)	26,869,000,000	16,635,108,000	1,516,474,000	945,338,000	3,839,683,000	433,734,000	2,740,282,000	600,436,000	157,945,000	
합 계(일반공사비)	15,900,000,000	10,080,911,000	1,516,474,000	675,585,000	1,916,368,000	417,126,000	732,270,000	420,363,000	140,903,000	
공 급 가 액	15,279,468,000	9,731,642,000	1,455,635,000	629,408,000	1,822,254,000	395,674,000	702,024,000	407,837,000	134,994,000	
T. A. B 공 사										
부 가 가 치 세	118,737,000	103,839,000			6,366,000	3,376,000	3,179,000	1,205,000	772,000	
매 입 세	501,795,000	245,430,000	60,839,000	46,177,000	87,748,000	18,076,000	27,067,000	11,321,000	5,137,000	
소 계(도 급 비)	15,900,000,000	10,080,911,000	1,516,474,000	675,585,000	1,916,368,000	417,126,000	732,270,000	420,363,000	140,903,000	
관 급 자 재 비(관급)										
관 급 자 재 비(도급)										
소 계(관 급 비)										
분 담 금										
한 전 인 입 세										
폐 기 물 처 리 비										
소 계(이 설 비)										
합 계(연구비)	10,969,000,000	6,554,197,000		269,753,000	1,923,315,000	16,608,000	2,008,012,000	180,073,000	17,042,000	
공 급 가 액	10,969,000,000	6,554,197,000		269,753,000	1,923,315,000	16,608,000	2,008,012,000	180,073,000	17,042,000	
부 가 가 치 세										
매 입 세										
도 급 액	10,969,000,000	6,554,197,000		269,753,000	1,923,315,000	16,608,000	2,008,012,000	180,073,000	17,042,000	
관 급 자 재 비(관급)										
관 급 자 재 비(도급)										
소 계(관 급 비)										
총 합	26,869,000,000	16,635,108,000	1,516,474,000	945,338,000	3,839,683,000	433,734,000	2,740,282,000	600,436,000	157,945,000	
평 당 공 사 비	5,015,282	3,105,056	283,060	176,454	716,703	80,959	511,492	112,075	29,482	
구 성 비	100.00%	61.91%	5.64%	3.52%	14.29%	1.61%	10.20%	2.23%	0.59%	

공 사 원 가 계 산 서

[공사명 : 제로에너지 주택실증단지 신축공사] [전체공사비=일반공사비+연구비]　　(VAT별도)

비 목			건 축	토 목	조 경	기 계	소방(기계)	전 기	통신	소방(전기)	합계	구 성 비	비고
순공사원가	재료비	직 접 재 료 비	6,845,953,508	608,391,184	668,820,455	2,477,757,329	206,102,244	2,142,544,755	176,541,995	69,645,645	13,195,757,115		
		간 접 재 료 비	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		작업설 ,부산물등(△)	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		[소 계]	6,845,953,508	608,391,184	668,820,455	2,477,757,329	206,102,244	2,142,544,755	176,541,995	69,645,645	13,195,757,115		
	노무비	직 접 노 무 비	6,035,711,537	240,223,869	133,412,468	834,316,865	142,071,974	334,824,732	307,443,326	57,854,522	8,085,859,293		
		간 접 노 무 비	301,785,576	12,011,193	6,670,623	41,715,842	7,103,598	16,741,235	15,372,165	2,892,725	404,292,957	직접노무비 × 5.00%	7.20%
		[소 계]	6,337,497,113	252,235,062	140,083,091	876,032,707	149,175,572	351,565,967	322,815,491	60,747,247	8,490,152,250		
	경비	기 계 경 비	1,005,188,414	430,651,226	-	-	-	-	-	-	1,435,839,640		
		운 반 비	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		산 재 보 험 료	240,824,888	9,584,932	5,323,157	33,289,242	5,668,671	13,359,505	12,266,987	2,308,394	322,625,776	노무비 × 3.80%	
		고 용 보 험 료	56,403,723	2,244,892	1,246,739	7,796,690	1,327,660	3,128,936	2,873,056	540,648	75,562,344	노무비 × 0.89%	
		건 강 보 험 료	102,607,094	4,083,805	2,268,011	14,183,386	2,415,222	5,692,018	5,226,534	983,525	137,459,595	직접노무비 × 1.70%	
		연 금 보 험 료	150,289,216	5,981,574	3,321,970	20,774,489	3,537,590	8,337,134	7,655,337	1,440,576	201,337,886	직접노무비 × 2.49%	
		노인장기요양보험료	6,720,764	267,489	148,553	929,010	158,195	372,825	342,337	64,420	9,003,593	건강보험료 × 6.55%	
		퇴 직 공 제 부 금 비	138,821,364	5,525,148	3,068,486	19,189,287	3,267,654	7,700,968	7,071,195	1,330,652	185,974,754	직접노무비 × 2.30%	
		안 전 관 리 비	253,768,800	16,717,716	15,803,988	65,247,861	6,859,031	48,804,177	9,534,510	2,511,752	419,247,835	직재+직노+주요자재) × 1.97%	
		기 타 경 비	461.390.351	30.121.918	28.311.403	117.382.093	12.434.462	87.293.734	17.477.213	4.563.017	758.974.191	(재료비+노무비) × 3.50%	7.20%
		환 경 보 전 비	41,660,559	3,837,798	2,406,698	9,936,221	-	-	-	-	57,841,276	직재+직노+기계경비) × 0.30%	
		건설기계대여금지급수수료	9,720,796	895,486	561,562	2,318,450	-	-	-	-	13,496,294	직재+직노+기계경비) × 0.070%	
		하 도 급 발 급 수 수 료	9,443,058	869,901	545,518	2,252,208	-	-	-	-	13,110,685	직재+직노+기계경비) × 0.068%	
		[소 계]	2,476,839,027	510,781,885	63,006,085	293,298,937	35,668,485	174,689,297	62,447,169	13,742,984	3,630,473,869		
계			15,660,289,648	1,371,408,131	871,909,631	3,647,088,973	390,946,301	2,668,800,019	561,804,655	144,135,876	25,316,383,234		
일 반 관 리 비			291,394,963	43,885,060	19,269,012	55,160,766	11,978,825	21,145,215	12,215,412	4,067,003	459,116,256	계 × 3.20%	4.90%
이 윤			334,154,389	40,341,809	7,982,357	43,319,261	9,356,874	20,090,766	13,889,933	3,833,121	472,968,510	(노무비+경비+일관) × 5.00%	10.00%
공 급 가 액			16,285,839,000	1,455,635,000	899,161,000	3,745,569,000	412,282,000	2,710,036,000	587,910,000	152,036,000	26,248,468,000		
T . A. B 공 사			-	-	-	-	-	-	-	-	-		
부 가 가 치 세			103,839,000	-	-	6,366,000	3,376,000	3,179,000	1,205,000	772,000	118,737,000	(공급가액) × 10.00%	
매 입 세			245,430,000	60,839,000	46,177,000	87,748,000	18,076,000	27,067,000	11,321,000	5,137,000	501,795,000	(재 료 비) × 10.00%	
[소 계] - 도 급 비			16,635,108,000	1,516,474,000	945,338,000	3,839,683,000	433,734,000	2,740,282,000	600,436,000	157,945,000	26,869,000,000		
관 급 자 재 비(관급자)			-	-	-	-	-	-	-	-	-		
관 급 자 재 비(도급자)			-	-	-	-	-	-	-	-	-		
[소 계] - 관 급 비			-	-	-	-	-	-	-	-	-		
분 담 금			-	-	-	-	-	-	-	-	-		
한 전 인 입 세			-	-	-	-	-	-	-	-	-		
폐 기 물 처 리 비			-	-	-	-	-	-	-	-	-		부가세 10%包
[소 계] - 이 설 비			-	-	-	-	-	-	-	-	-		
[총 공 사 비]			16,635,108,000	1,516,474,000	945,338,000	3,839,683,000	433,734,000	2,740,282,000	600,436,000	157,945,000	26,869,000,000		

- 공사내역서(준공시) : 28,811,280천원 (일반공사비 17,788,889천원 + 연구비 11,022,391천원)

1) 일반공사비 (노원구)

공 사 원 가 계 산 서

[공사명 : 제로에너지주택 실증단지 신축공사] [일반공사비=임대주택+근생1,2] (VAT별도)

비 목			도급내역서	준공내역서	증 / 감	구 성 비	비고
순공사원가	재료비	직 접 재 료 비	5,575,581,948	5,573,963,933	- 1,618,015		
		간 접 재 료 비	-	-	-		
		작업설 ,부산물등(△)	-	-	-		
		[소 계]	**5,575,581,948**	**5,573,963,933**	**- 1,618,015**		
	노무비	직 접 노 무 비	6,505,702,029	6,503,315,259	- 2,386,770		
		간 접 노 무 비	325,285,096	325,165,757	- 119,339	직접노무비 × 5.00%	
		[소 계]	**6,830,987,125**	**6,828,481,016**	**- 2,506,109**		
	경비	기 계 경 비	1,102,316,820	1,102,316,820	-		
		운 반 비	-	-	-		
		산 재 보 험 료	259,577,503	259,482,270	- 95,233	노무비 × 3.80%	
		고 용 보 험 료	60,795,778	60,773,473	- 22,305	노무비 × 0.89%	
		건 강 보 험 료	110,596,929	31,692,850	- 78,904,079	직접노무비 × 1.70%	
		연 금 보 험 료	161,991,973	33,347,160	- 128,644,813	직접노무비 × 2.49%	
		노인장기요양보험료	7,244,093	832,080	- 6,412,013	건강보험료 × 6.55%	
		퇴 직 공 제 부 금 비	149,631,139	139,872,600	- 9,758,539	직접노무비 × 2.30%	
		안 전 관 리 비	238,001,287	237,922,394	- 78,893	(직재+직노+주요자재) × 1.97%	
		기 타 경 비	434,229,912	434,085,568	- 144,344	(재료비+노무비) × 3.50%	
		환 경 보 전 비	35,474,253	35,467,400	- 6,853	(직재+직노+기계경비) × 0.30%	
		건설기계대여금지급수수료	8,277,325		- 8,277,325	(직재+직노+기계경비) × 0.070%	
		하 도 급 발 급 수 수 료	8,040,829	8,039,275	- 1,554	(직재+직노+기계경비) × 0.068%	
		[소 계]	**2,576,177,841**	**2,343,831,890**	**- 232,345,951**		
계			**14,982,746,914**	**14,746,276,839**	**- 236,470,075**		
일 반 관 리 비			479,447,894	471,880,858	- 7,567,036	계 × 3.20%	
이 윤			494,142,558	482,209,397	- 11,933,161	(노무비+경비+일관) × 5.00%	
공 급 가 액			15,956,337,366	15,700,367,094	- 255,970,272		
T . A. B 공 사			-	-	-		
부 가 가 치 세			144,275,634	144,058,906	- 216,728	(공급가액) × 10.00%	
매 입 세			514,086,000	513,970,000	- 116,000	(재 료 비) × 10.00%	
[소 계] - 도 급 비			**16,614,699,000**	**16,358,396,000**	**- 256,303,000**		
관 급 자 재 비(관급자)			-	-	-		
관 급 자 재 비(도급자)			-	-	-		
[소 계] - 관 급 비			**-**	**-**	**-**		
공 기 연 장 간 접 비			174,400,000	163,925,000	- 10,475,000		
설 계 비			9,500,000	9,500,000	-		
폐 기 물 처 리 비			726,949,000	726,949,000	-		
물가변동에 따른조정 (1회)				263,597,000	263,597,000		
물가변동에 따른조정 (2회)				266,522,000	266,522,000		
[소 계] - 기 타			**910,849,000**	**1,430,493,000**	**519,644,000**		
[총 공 사 비]			**17,525,548,000**	**17,788,889,000**	**263,341,000**		

2) 연구비

공 사 원 가 계 산 서

[공사명 : 제로에너지 주택실증단지 신축공사][연구비] - 변경 (VAT별도)

비 목			건 축	토 목	조 경	기 계	소방(기계)	전 기	통 신	소방(전기)	합 계	구 성 비	비고
순공사원가	재료비	직 접 재 료 비	4,105,321,093	-	175,368,096	1,420,504,639	5,606,401	1,815,739,429	67,192,730	15,219,034	7,604,951,422		
		간 접 재 료 비	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		작업설 ,부산물등(△)	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		[소 계]	4,105,321,093	-	175,368,096	1,420,504,639	5,606,401	1,815,739,429	67,192,730	15,219,034	7,604,951,422		
	노무비	직 접 노 무 비	1,759,706,135	-	37,254,248	211,461,810	5,248,115	33,883,625	113,654,756	811,341	2,162,020,030		
		간 접 노 무 비	87,985,306	-	1,862,712	10,573,090	262,405	1,694,181	5,682,737	40,567	108,100,998	직접노무비 × 5.00%	7.20%
		[소 계]	1,847,691,441	-	39,116,960	222,034,900	5,510,520	35,577,806	119,337,493	851,908	2,270,121,028		
	경비	기 계 경 비	324,932,974	-	-	-	-	-	-	-	324,932,974		
		운 반 비	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		산 재 보 험 료	70,212,274	-	1,486,444	8,437,326	209,399	1,351,956	4,534,824	32,372	86,264,595	노무비 × 3.80%	
		고 용 보 험 료	16,444,453	-	348,140	1,976,110	49,043	316,642	1,062,103	7,581	20,204,072	노무비 × 0.89%	
		건 강 보 험 료	29,915,004	-	633,322	3,594,850	89,217	576,021	1,932,130	13,792	36,754,336	직접노무비 × 1.70%	
		연 금 보 험 료	43,816,682	-	927,630	5,265,399	130,678	843,702	2,830,003	20,202	53,834,296	직접노무비 × 2.49%	
		노인장기요양보험료	1,959,432	-	41,482	235,462	5,843	37,729	126,554	903	2,407,405	건강보험료 × 6.55%	
		퇴 직 공 제 부 금 비	40,473,241	-	856,847	4,863,621	120,706	779,323	2,614,059	18,660	49,726,457	직접노무비 × 2.30%	
		안 전 관 리 비	115,541,036	-	4,188,660	32,149,739	213,833	36,437,574	3,562,695	315,798	192,409,335	직재+직노+주요자재) × 1.97%	
		기 타 경 비	208,324,346	-	7,506,134	57,488,942	388,360	64,795,818	6,528,409	561,750	345,593,759	(재료비+노무비) × 3.50%	7.20%
		환 경 보 전 비	18,569,880	-	637,867	4,895,899	-	-	-	-	24,103,646	직재+직노+기계경비) × 0.30%	
		건설기계대여금지급수수료	4,332,972	-	148,835	1,142,376	-	-	-	-	5,624,183	직재+직노+기계경비) × 0.070%	
		하 도 급 발 급 수 수 료	4,209,172	-	144,583	1,109,737	-	-	-	-	5,463,492	직재+직노+기계경비) × 0.068%	
		[소 계]	878,731,466	-	16,919,944	121,159,461	1,207,079	105,138,765	23,190,777	971,058	1,147,318,550		
계			6,831,744,000	-	231,405,000	1,763,699,000	12,324,000	1,956,456,000	209,721,000	17,042,000	11,022,391,000		
일 반 관 리 비			-	-	-	-	-	-	-	-	-	계 × 3.20%	4.90%
이 윤			-	-	-	-	-	-	-	-	-	(노무비+경비+일관) × 5.00%	10.00%
공 급 가 액			6,831,744,000	-	231,405,000	1,763,699,000	12,324,000	1,956,456,000	209,721,000	17,042,000	11,022,391,000		
T . A. B 공 사			-	-	-	-	-	-	-	-	-		
부 가 가 치 세			-	-	-	-	-	-	-	-	-	(공급가액) × 10.00%	
매 입 세			-	-	-	-	-	-	-	-	-	(재 료 비) × 10.00%	
[소 계] - 도 급 비			6,831,744,000	-	231,405,000	1,763,699,000	12,324,000	1,956,456,000	209,721,000	17,042,000	11,022,391,000		
관 급 자 재 비(관급자)			-	-	-	-	-	-	-	-	-		
관 급 자 재 비(도급자)			-	-	-	-	-	-	-	-	-		
[소 계] - 관 급 비			-	-	-	-	-	-	-	-	-		
예 비 비			-	-	-	-	-	-	-	-	-		
한 전 인 입 세			-	-	-	-	-	-	-	-	-		
폐 기 물 처 리 비			-	-	-	-	-	-	-	-	-		
[소 계] - 이 설 비			-	-	-	-	-	-	-	-	-		
[총 공 사 비]			6,831,744,000	-	231,405,000	1,763,699,000	12,324,000	1,956,456,000	209,721,000	17,042,000	11,022,391,000		

■ 제로에너지주택 실증단지 연구비 설계변경

- 설계변경 (1차)

설계도면 변경에 따른 연구비 변경 요청

■ 배경

▷ 2016년 7월 21일, 연구단 검토 및 반영 요구에 따른 연구비 내역 변경 검토

■ 주요변경내용 및 금액증감

순번	변경사항	주요내용	변경사유	비 고
1	홍보관 방풍실 추가/경비실 확장	방풍실 1개소 추가 및 경비실 면적 증가	에너지절약 및 평면 기능 개선	증) 3,646천원
2	마을회관 지붕 내단열 변경	외단열→내단열(XPS 300T, 180T 추가)	중장비 이동에 따른 단열층 훼손우려	증) 16,628천원
3	PIT층 방수공법 변경	외방수(자착식시트)→내방수(침투성)	합벽시공에 따른 외방수 시공불가	감) 42,665천원
4	PIT층 단열계획 변경	록셀복합단열판→압출법보온판	동등성능에 따른 공사비 절감	감) 33,483천원
5	계단실 커튼월 변경	커튼월 규격 축소 및 수량 증가	피난방화규칙에 적법하게 변경 요구됨	감) 44,540천원
6	블라인드 변경	내부수동→외부전동	냉방부하 감소	증) 169,713천원
7	102동 이중벽 단열재 추가	주차장 램프 사이 단열재(XPS 160T) 추가	단열면 연장 및 구조 안정성 확보	증) 6,433천원
8	복도 층간방화	3층 이상 복도와 세대간 층간방화 시공	화재확산방지의 안전성 보강	증) 17,352천원
9	세대간벽 유리면 두께 변경	유리면 두께 증가 (50T→100T)	내부층진재 두께 증가필요	증) 2,541천원
10	다용도실 칸막이 변경	DW3→DW3A	물처리공간 방수보드 변경	증) 62천원
11	홍보관 옥탑층 삭제	옥탑층 삭제	비활용공간 조정을 통한 공사비 절감	감) 22,734천원
12	발코니 수벽 고정	발코니당 HD13 4개소 세대벽체 연결	돌출발코니 날개벽 처짐방지 필요	증) 5,000천원
13	폐열회수환기장치 변경	성능검토를 통해 장비 변경	외산자재 수급어려움에 따른 장비변경	감) 830천원
14	입상덕트 보온재 두께 변경	덕트 보온재 두께 변경 (50T→19T)	천정 마감높이 검토에 따른 두께 조절	감) 18,020천원
15	EHP 삭제	101~103동 EHP 삭제	외부전동블라인드 설치에 따른 불필요	감) 150,954천원
16	전동블라인드 배관 추가	전동블라인드 배관 추가	외부전동블라인드 설치에 따른 배관 설치	증) 16,411천원
17	전동블라인드 배선 추가	전동블라인드 배선 추가	외부전동블라인드 설치에 따른 배선 설치	증) 9,142천원
18	태양광 설치면적 변경	태양광 설치면적 축소	배치 및 모듈 검토를 통한 공사비 절감	감) 31,638천원
19	팽창테이프 추가	창호주위 팽창테이프 추가	기밀 확보를 위해 적용 필요	증) 14,697천원
20	기밀테이프 추가	창호하부 기밀테이프 추가	압축플리우레탄 단열재와 골조면 기밀 필요	증) 7,416천원
21	PIT층 방수공사 추가	201~302동 PIT층 외부 복합방수 추가	주차장 상부와 연속적인 방수면 확복	증) 5,425천원
22	외부중앙계단 방수공사 추가	계단부위 방수공사 추가	계단부위 방수 누락에 따른 추가 적용	증) 11,051천원
23	복도 마감 변경	EIFS+포세린타일 → 미장+탄성코트	성능향상 및 공사비 절감 가능	감) 1,691천원
24	창호 인방 단열재 변경	록셀복합단열재→미네랄울	불연단열재 시공을 통한 화재안전성 확보	감) 24,422천원
25	파라펫 단열 변경	파라펫 단열구간 축소	열교를 최소화한 시공을 통한 공사비 절감	감) 60,651천원
26	외단열마감시스템 사양 변경	제품변경(STO → 태라코코리아)	동등성능에 따른 공사비 절감	감) 34,133천원
27	거푸집 동바리 변경	5~6M이하 강관동바리 → 시스템동바리	안전성 확보를 위해 변경 필요	증) 46,975천원
28	외부쌍줄비계 변경	101~103동 전면부 비계 해체 후 재설치	돌출발코니 후시공에 따른 재시공 필요	증) 67,950천원
29	건식벽체 보강	건식벽체 철판 및 프레임 추가 설치	가구, 가전 설치시 탈락방지를 위한 보강 필요	증) 6,638천원
30	예비비	빗물받이판, 태양광구조물 도장변경 등		증) 29,881천원

■ 기타내용

▷ 연구비 증액이 불가한 관계로 내역 검토를 통해 발생한 잔여금액은 예비비로 확보하여 추후 변경이 예상되는 사항에 대해 총괄연구단과 협의하여 활용코져 함.

▷ 도면 최종확정에 따라 변동이 가능하며, 현장 상황에 따른 실투입 물량에 대한 조정 예정임.

주 요 사 항

■ 관련근거

1) 제로연구단-221 (2016.07.21)
: 설계 및 시공관련 변경내용 반영 요청

2) 제로연구단-257 (2016.11.04)
: 도면변경에 따른 공사내역 검토(안) 수정 및 보완 요청

3) 제로연구단-211 (2016.06.21)
: 전동외부차양 관련 도서 전달

4) 건설안전부-874 (2016.05.02)
: 거푸집 동바리 안전성 검토(변경) 요청에 대한 회신

■ 검토 및 조치

▷설계도면 변경에 따른 내역 산출 및 연구비 내역 변경 진행

■ 공사비 검토

(단위:원, 간접공사비 포함)

구 분	공사비			비 고
	당 초	변 경	증 감	
건축공사	6,554,197,000	6,738,279,219	184,082,219	예비비포함
조경공사	269,753,000	269,753,000	0	
기계공사	1,923,315,000	1,742,561,083	-180,753,917	
기계소방공사	16,608,000	16,608,000	0	
전기공사	2,008,012,000	1,994,340,777	-13,671,223	
통신공사	180,073,000	190,415,921	10,342,921	
전기소방공사	17,042,000	17,042,000	0	
계	10,969,000,000	10,969,000,000	0	

■ 금 액

▷ 당 초 : 10,969,000 천원

▷ 변 경 : 10,969,000 천원

▷ 증 감 : - 천원 (증감없음)

책임건설사업관리기술자 경유 : 박 도 [illegible]

- 설계변경 (2차)

설계 변경에 따른 연구비 변경 요청

■ 배경

▷ 제로에너지주택 실증단지 성능구현을 위해 설계변경된 사항에 대하여 2017년 03월 15일 회의를 통해 검토,협의한 결과를 바탕으로 연구비 내역변경을 진행코져 함.

■ 주요변경내용 및 금액증감

순번	변경사항	주요내용	변경사유	비 고
1	창호 마구리면 록셀보드 규격변경	록셀보드(30T) → 록셀보드(10T)	창호 측면 단열재 마감두께 조정을 통한 공사비 절감	감) 9,530천원
2	외부블라인드 배면 단열재 변경	록셀복합단열판(180T,280T) → 압출법보온재(80T)	외부블라인드 설치에 따른 배면 단열재 변경	감) 13,721천원
3	외벽 코너부위 단열재 마구리면 마감	록셀보드(10T) 반영	건물 코너부위 외단열재 시공시 록셀복합단열재의 압출법보온재 부위가 노출되어 준불연단열재인 록셀보드로 마감	증) 3,461천원
4	옥상 파라펫 두겁면 단열재 물량 반영	201~302동, 홍보관 옥상 파라펫 두겁면 록셀복합단열판(100T) 물량 적용	수량 누락에 따른 추가 반영	증) 11,288천원
5	빗물받이관 추가	창호하부 빗물받이판(AL, THK2) 적용	빗물에 의한 외벽 오염방지	증) 15,963천원
6	외벽타일 재료분리대 추가	외벽 타일면과 외단열미장마감(EIFS) 부위 재료분리대(AL, THK2) 물량 적용	수량 누락에 따른 추가 반영	증) 9,554천원
7	파라펫 후레싱 추가	101~103동 파라펫 단열재 상부 칼라철판(0.8T) 적용	옥상 파라펫 단열계획변경에 따른 후레싱 설치 추가	증) 4,896천원
8	복도 기둥 후레싱 추가	복도 내측 기둥 : 아연도강판(1.2T) 복도 외측 기둥 : AL SHEET(2T) 적용	세대부와 복도부위 구조적 분리로 인해 방수성능 확보 및 마감 미려	증) 28,630천원
9	외벽 테라코타패널 변경	화산석타일 → 테라코타패널	특화설계에 따라 부대시설, 홍보관, 마을회관 일부 벽면의 마감재 변경	증) 22,307천원
직접공사비 계				증) 72,848천원
간접공사비 계				증) 11,973천원
합 계				증) 84,821천원
예비비				감) 29,881천원
최종 증감금액				증) 54,940천원

■ 기타사항

▷ 연구비 발생이자 중 54,940천원을 활용하여 증가된 공사비에 투입하고자 함.

▷ 도면 최종확정에 따라 변동이 가능하며, 현장 상황에 따른 실투입 물량에 대한 조정 예정임.

주 요 사 항

■ 검토 및 조치

▷설계도면 변경에 따른 내역 산출 및 연구비 내역 변경 진행

▷관련자료 : 2017.03.15 회의자료/회의록

■ 전체연구비 증감검토

(단위:원, 간접공사비 포함)

구 분	공사비			비 고
	당 초 (1차 변경)	변 경 (2차 변경)	증 감	
건축공사	6,738,279,219	6,793,219,219	54,940,000	
조경공사	269,753,000	269,753,000	0	
기계공사	1,742,561,083	1,742,561,083	0	
기계소방공사	16,608,000	16,608,000	0	
전기공사	1,994,340,777	1,994,340,777	0	
통신공사	190,415,921	190,415,921	0	
전기소방공사	17,042,000	17,042,000	0	
계	10,969,000,000	11,023,940,000	54,940,000	

■ 금 액

▷ 당 초 : 109,100 천원

▷ 변 경 : 164,040 천원

▷ 증 감 : 54,940 천원

책임건설사업관리기술자 경유 : 박 도 [illegible]

- 설계변경 (3차)

설계도면 변경에 따른 연구비 변경 요청

■ 변경내용 및 금액 증감

순번	공종	변경사항	당 초	변 경	변경사유	공사비 증감	비 고
1	건축	경비실 신제	경비실 4개소 (101동, 102동, 103동, 외부계단#2)	경비실 신제	공사비 및 유지관리비용 절감 (주택사업과-10011, 2016.07.14)	-17,646,915	관련자료#1
2	건축	101~103동 계단실#1 옥탑 변경	커튼월(ACWS)+복층유리	조적/미장/도장공사+PSD4.5	EPS/TPS 점검구 필요 및 공사비 절감 (ZED-2016-86호, 2016.11.29)	-19,320,318	관련자료#2
3	건축	홍보관 테라코타일 삭제	테라코타일(비닥, 계단)	삭제	인테리어공사 설계반영에 따른 삭제 (재료연구단-335호, 2017.05.18)	-4,418,953	관련자료#3
4	건축	101~103동 DA 반영	중앙열매열원수랭기장치 DA 미계획	DA 골조 및 마감공사 추가	환기장치용 DA 추가반영 (재료연구단-333호, 2017.05.16)	28,535,327	관련자료#4
5	건축	동출입로니 조경 반영	내역 미반영	동출입로니 접안부 및 탐코니난간 접안부 조경 추가	도면, 내역 불일치에 따른 동합 반영	3,057,540	관련자료#5
6	건축	홍보관 탐품실 지붕마감 반영	내역 미반영	탐품실 지붕 마감 반영	도면, 내역 불일치에 따른 동합 반영	2,100,000	관련자료#6
7	건축	외부현정 동합 반영	도면 및 내역 미반영	STL EGI 1.2T 반영	외부현정 이절재 접안부위 동합 반영요로 안전성 확보 및 미관개선	9,264,000	관련자료#7
8	건축	북도 최상층 현정 효레싱 반영	내역 미반영	STL EGI 1.2T 반영	북도 최상층 현정 효레싱 반영요로 크랙 취자예방 및 미관개선	4,588,000	관련자료#8
9	기계	지열히트펌프 및 순환펌프 변경	지열히트펌프 50RT 1대, 30RT 2대 지열순환펌프 10대	지열히트펌프 50RT 2대, 30RT 1대 지열순환펌프 12대	설계 금합부하 증가에 따른 지열 장비변경 (회의록 20170320)	26,995,715	관련자료#9
10	기계	보충재 변경 (입상배관 관경 증가)	난탕 입상 D200 이탕변탤보 바이패스 배관 없음	난탕 입상 D250 이탕변탤보 바이패스 배관 추가	금합증합확보를 위한 입상관 관경증가 외	703,583	관련자료#10
11	기계	보충재 변경 (순환펌프 용합 변경)	중수 순환펌프 주위배관(3EA) 누락	중수 순환펌프 주위배관(3EA) 반영	도면, 내역 불일치에 따른 동합 반영	183,666	관련자료#11
12	소방기계	보충재 변경 (소화배관 변경)	아파트 스화전 복도 천장배관, 입상 배관 D65	아파트 스화전 입상배관, 입상 배관 D100	설계도면 1차 변경분 반영	-3,440,081	관련자료#12
13	소방기계	보충재 변경 (스프링클러 적용구간 변경)	등지하 PIT 스프링클러 및 스화전 설치, 각 층 스화 펌주관 D65	등지하 PIT 스프링클러 및 스화전 삭제, 각 층 스화 펌주관 D100	설계도면 1차 변경분 반영, 스화배관 관경 오류 정정	-269,180	관련자료#13
14	전기	단위세대 벽부등 삭제 및 대기전력콘센트 변경	탐코니 외부 벽부등 설치, 단위세대 대기전력콘센트 설치	탐코니 외부 벽부등 삭제, 단위세대 일반콘센트 설치	공사비 절감 및 유지관리비 절감	-23,271,878	관련자료#14
15	전기	홍보관 피뢰기구 삭제	홍보관 피뢰기구 설치	홍보관 피뢰기구 삭제	인테리어공사 설계반영에 따른 삭제 (재료연구단-335호, 2017.05.18)	-3,692,354	관련자료#15
직접공사비 계						3,373,752	
간접공사비 계						701,248	
합 계						4,075,000	

■ 기타사항

▷ 연구비 발생이자 68,391천원을 활용하여 증가된 공사비에 투입하고자 함.

(도면 미확정으로 인해 추후 발생되는 변경사항에 대하여는 연구비 발생이자를 포함한 금액 내에서 진행키로 함.)

주 요 사 항

■ 배경

▷설계도면 변경에 따른 내역 산출 및 연구비 내역 변경 진행

■ 공사비 검토

1) 금회분 (3차)

(단위:원)

구 분	공사비			비 고
	당 초	변 경	증 감	
직접공사비	288,140,777	291,514,529	3,373,752	
건축공사	130,451,503	136,610,784	6,159,281	
기계공사	117,923,983	145,806,947	27,882,964	
소방기계공사	5,474,664	1,771,403	-3,703,261	
전기공사	34,290,627	7,325,395	-26,965,232	
간접공사비	26,681,025	27,382,273	701,248	
소 계	314,821,802	318,896,802	4,075,000	

■ 금 액

▷ 당 초 : 314,822 천원

▷ 변 경 : 318,897 천원

▷ 증 감 : 4,075 천원 (증)

- 설계변경 (4차)

설계도면 변경에 따른 연구비 변경 요청

■ 변경내용 및 사유

순번	공종	변경사항	당 초	변 경	변경사유	증감금액(원)	비 고
1	건축	홍보관 외부계단 외	계단실난간(H900) : 24M 계단실난간(H1200) : 3M 옥탑점검사다리 : 1개 단열방카설치 : 12개 친환경 다채무늬도료(내벽) : 154M2 친환경 다채무늬도료(내천정) : 74M2 아크릴패인트칠 : 7M2	철제 외부계단 : 1식 계단 하부 슬래브 보강 : 1식 계단 출입구/파라펫 벽체 철거 : 1식 계단실난간(H900) : 제외 계단실난간(H1200) : 제외 옥탑점검사다리 : 제외 단열방카설치 : 제외 친환경 다채무늬도료(내벽) : 제외 친환경 다채무늬도료(내천정) : 제외 아크릴패인트칠 : 제외 방풍실 화산석타일 : 16m2 배면 출입구 화산석타일 : 21m2 외부계단부 마감 화산석타일 : 27m2 옥업주택 수성페인트 : 152m2	홍보관 옥상활용계획에 따른 철제 외부계단 추가 및 인테리어공사 중복마감 삭제 (회의록, 2017.07.24)	42,518,444	
2	건축	관람실 후레싱 외	미계획	알루미늄 후레싱 16.4M 높이제한봉 (6M) 1EA	관람실 지붕 우수에 의한 오염 방지 및 주차장 출입구 단열재 파손 방지를 위한 높이제한봉 추가	1,074,500	
3	건축	화산석타일 추가	미계획	외부계단 1F E/V옆입구 8m2 203층 DA 7m2	주요 동행구간 외벽 마감 품질확보를 위한 특화 반영	1,073,618	
4	건축	벳물받이 및 발코니 두겁석 코킹 추가	미계획	벳물받이 하부 코킹 437M 발코니두겁석 코킹 305M	예비준공검사 지적관련 미관 개선 및 발코니 두겁석 주변부 누수 하자 방지	1,154,552	
5	조경	생태면적을 확보	등병 : 9개소 레인가든 : 392m 투수블럭포장A : 2,212.45M2 투수블럭포장B : 720.57M2 투수블럭포장C : 144.69M2 투수블럭포장D : 469.61M2	등병 : 제외 레인가든 : 제외 투수블럭포장A : 2,178.74M2 투수블럭포장B : 870.91M2 투수블럭포장C : 80.16M2 투수블럭포장D : 401.81M2 화강석판석포장 : 32M2	녹색건축인증을 위한 생태면적을 확보에 따른 도면 변경 및 시공제외 물량 정산 (회의록, 2017.07.24)	-35,591,415	
6	기계	저압모터기동반 제외	저압모터기동반(MCC) 1SET	제외	MCC 사양확정에 따른 조정 반영	-8,000,000	
		보온재 추가	미계획	고무발포보온재 32T 653M	외기노출 오배수관 결빙에 따른 하자예방		KCC건설 부담 (8,022,202원)
7	전기	태양광 연동관리 시스템 추가	미계획	태양광 연동관리 시스템 반영	태양광 연동을 위한 시스템 추가 (회의록, 2017.07.24)	10,000,000	
직접공사비 계						12,229,699	
간접공사비 계						2,375,301	
합 계						14,605,000	

■ 연구비 활용검토

▷ 증액분 : 68,391,174원 (연구비계좌 발생이자)

▷ 감액분 : -15,000,000원 (정부출연금 감액, 4차년도 협약 : 9,820,000,000원 → 5차년도 협약 : 9,805,000,000원)

▷ 활용가능금액 : 53,391,174원

주 요 사 항

■ 배경

▷설계도면 변경에 따른 내역 산출 및 연구비 내역 변경 진행

▷회의록 (2017.07.24) "연구비 공사 변경사항 협의"

■ 공사비 검토

1) 금회분 (4차)

(단위:원)

구 분	공사비			비 고
	당 초	변 경	증 감	
직접공사비	169,903,490	182,133,189	12,229,699	
건축공사	4,291,741	50,112,855	45,821,114	
조경공사	157,611,749	122,020,334	-35,591,415	
기계공사	8,000,000	0	-8,000,000	
전기공사	0	10,000,000	10,000,000	
간접공사비	15,820,637	18,195,938	2,375,301	
소 계	185,724,127	200,329,127	14,605,000	

2) 전 체 (1차+2차+3차+4차)

(단위:원)

구 분	공사비			비 고
	당 초	변 경	증 감	
건축공사	6,554,197,000	6,831,744,000	277,547,000	
조경공사	269,753,000	231,405,000	-38,348,000	
기계공사	1,923,315,000	1,763,699,000	-159,616,000	
소방기계공사	16,608,000	12,324,000	-4,284,000	
전기공사	2,008,012,000	1,956,456,000	-51,556,000	
통신공사	180,073,000	209,721,000	29,648,000	
전기소방공사	17,042,000	17,042,000	0	
계	10,969,000,000	11,022,391,000	53,391,000	

▷최종 연구비 정산금액 : 11,022,391,000원

■ 금 액

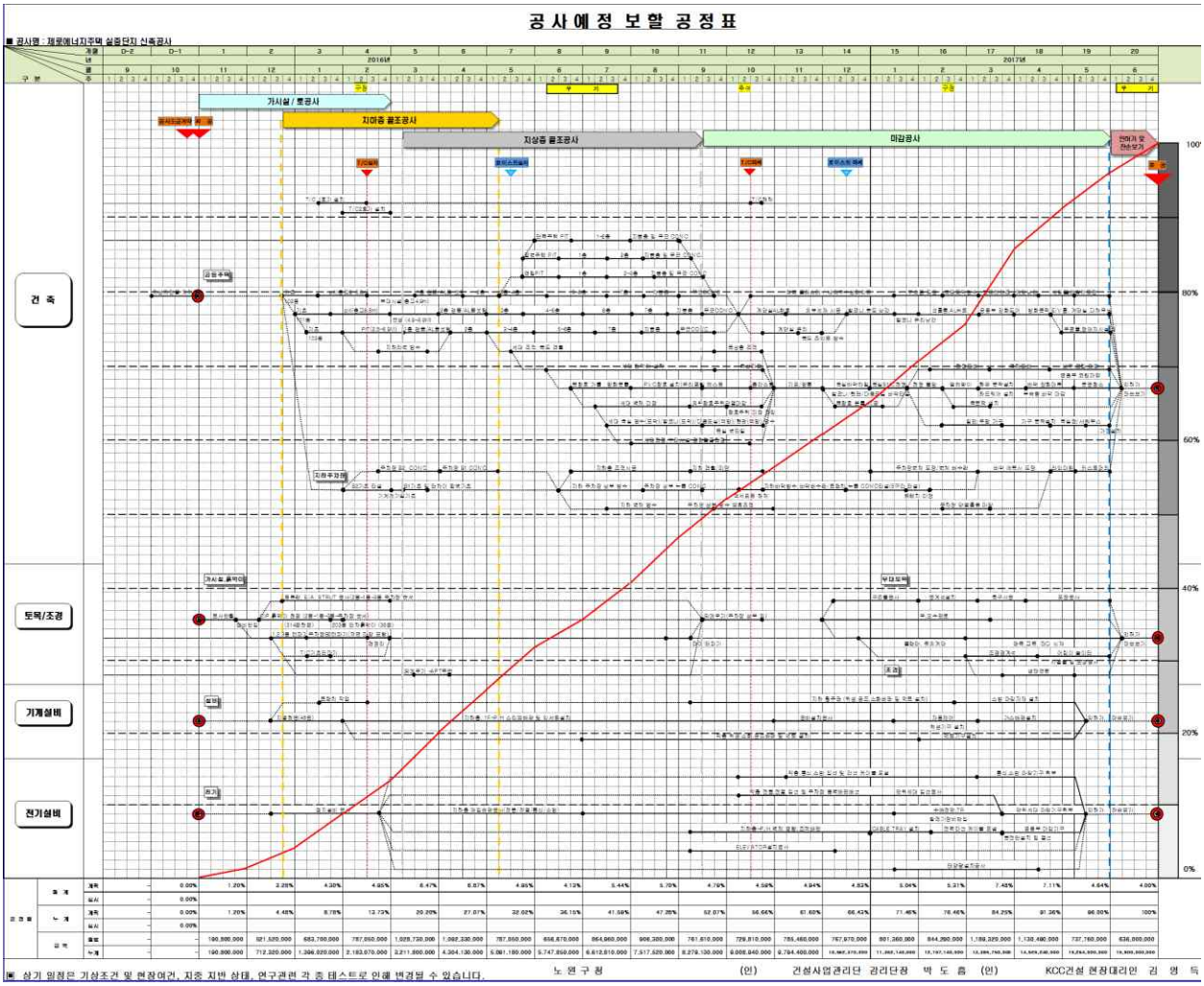
▷ 당 초 : 185,724 천원

▷ 변 경 : 200,329 천원

▷ 증 감 : 14,605 천원 (증)

■ 제로에너지주택 실증단지 공정계획 작성

- 목업주택에서의 제로에너지 기술요소 적용에 따른 공정간 간섭 및 선후행 공정순서 등을 고려하여 최적의 공정계획 수립 진행하였음.



- 2015년 10월 27일 : 도급계약 체결 (노원구)
- 2015년 10월 29일 : 착공신고 승인
- 2015년 11월 ~ 2016년 02월 : 토공사 진행
- 2016년 01월 ~ 2016년 05월 : 지하층 골조공사 진행
- 2016년 03월 ~ 2016년 09월 : 지상층 골조공사 진행
- 2016년 10월 ~ 2017년 09월 : 마감공사 진행
- 2017년 09월 14일 : 구축완료

■ 제로에너지주택 실증단지 착공

- 투자주체인 노원구와의 공사도급계약 체결을 통한 착공서류 제출 및 승인을 통한 공사진행

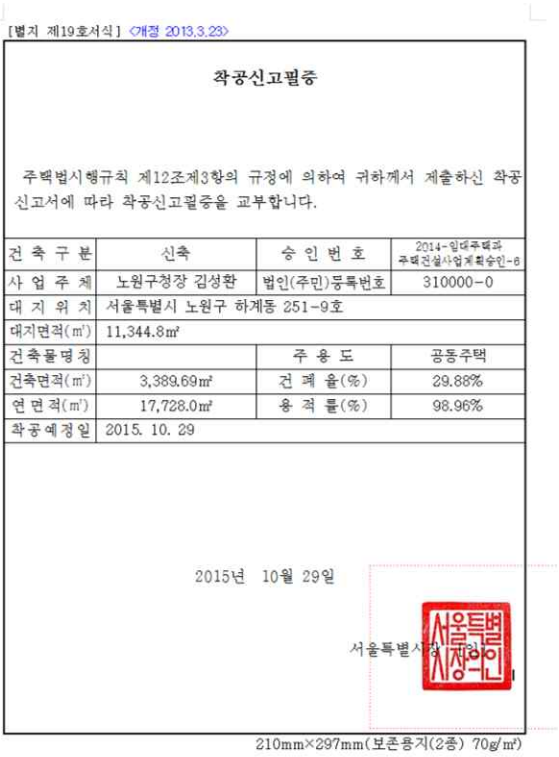


공사계약체결통보서

<계약자>

<계약상대자>

계약번호	20151051172 - 00	관리번호	
공사명	제로에너지주택실증단지 신축공사		
수요기관명(물주)	서울특별시 노원구	대표계약자	(주)케이씨씨건설
현장	서울특별시 노원구		
계약일자	2015/10/27		
금지지역금액	일억오십구억원 (15,900,000,000 원)	총공사부가금액	일억오십구억원 (15,900,000,000 원)
계약보증금	2,385,000,000 원		
계약보증서 전자제출여부	전자접수 및 직접수납(현금경수)		
하자보수보증금율	자법계약법제21조및동법시행규칙제70조에의함	하자담보책임기간	자법제지단체물당시자로하는계약에관한법률시행령제69조및동법시행규칙제68조제1항별표1에의함
착공일자	2015/10/28		
준지준공일자	2017/06/28	준지준공일자	2017/06/28
공사기간	착공일부터 금자 610일, 종자 610일		
지체상금율	0.1 %	부가세율	10.0 %
계약방구분	지법계약방	물가변동적용기준	착수조정율



[별지 제19호서식] <개정 2013.3.23>

착공신고필증

주택법시행규칙 제12조제3항의 규정에 의하여 귀하께서 제출하신 착공신고서에 따라 착공신고필증을 교부합니다.

건 축 구 분	신축	승 인 번 호	2014-임대주택과-주택건설사업계획승인-6
사 업 주 체	노원구청장 김성환	법인(주민)등록번호	310000-0
대 지 위 치	서울특별시 노원구 하계동 251-9호		
대지면적(㎡)	11,344.8㎡		
건축물명칭		주 용 도	공동주택
건축면적(㎡)	3,389.69㎡	건 폐 율(%)	29.88%
연 면 적(㎡)	17,728.0㎡	용 적 률(%)	98.96%
착공예정일	2015. 10. 29		

2015년 10월 29일

서울특별시장 직인

210mm×297mm(보존용지(2종) 70g/㎡)

연구성과

■ 교육설명회 2건 (2차년도)



2015년 03월 10일 현장교육설명회 진행



2015년 03월 16일 현장교육설명회 진행

■ 교육설명회 3건 (3차년도 추가)

- 지열공사 현장교육설명회

- 일시 : 2015년 12월 14일 14:00 ~15:00
- 장소 : 현장사무실 내 회의실
- 대상 : 노원구 공무원, 건설사업관리단
- 내용 : 지열냉난방시스템의 원리 및 당 현장 적용 및 시공계획



- 토공사 및 가시설공사 현장교육설명회

- 일시 : 2015년 12월 15일 14:00 ~15:00
- 장소 : 현장사무실 내 회의실
- 대상 : 건설사업관리단
- 내용 : 토공사 및 가시설공사 시공계획 및 지하PIT 합벽구간 외단열 시공방법



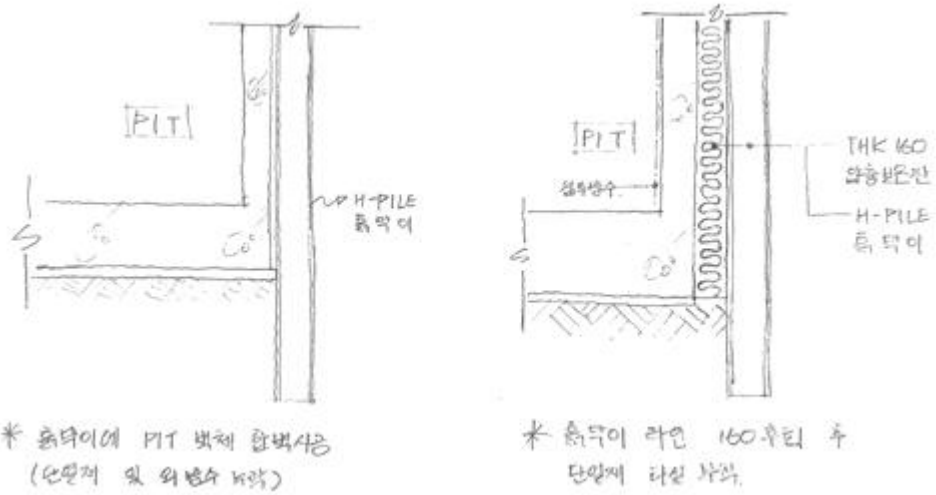
- 지열공사 현장교육설명회

- 일시 : 2015년 12월 24일 10:30 ~11:30
- 장소 : 현장 내 회의실
- 대상 : 지열공사 현장근로자
- 내용 : 지열냉난방시스템의 원리 및 당 현장 적용 및 시공계획



■ 시공개선 2건 (3차년도 추가)

- 지하층 합벽구간 외단열재 선부착 시공개선
  - 101동, 102동 PIT층 합벽구간 외단열 시공에 있어 도면상 단열재 설치 누락에 따라 흙막이 라인을 단열재 두께만큼 후퇴 시공하고 흙막이 벽체에 단열재를 선설치 후 합벽 시공을 검토함
  - 도면과 실정이 상이하여 설계사인 제드건축사사무소에 시공 변경 검토를 의뢰하여 공법을 개선하였음.





- 토공사 중 매립폐기물에 따른 가시설공사 시공개선
  - 203동 구간 매립폐기물 처리에 따른 굴토심도 하강에 따라 가시설공법(H-PILE+토류판, E/A, STRUT) 추가반영
  - 주차장 서측면 공사작업 안전성 및 효율성 확보를 위해 RAKER공법 대신 E/A공법 적용

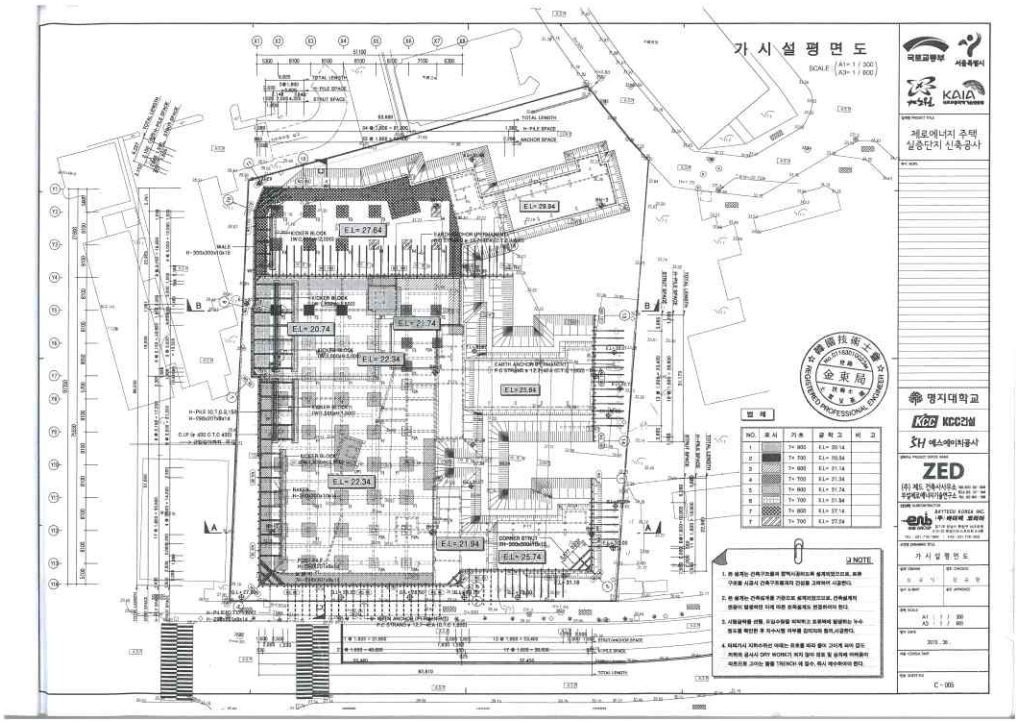


그림 218 가시설 평면도 (변경전)

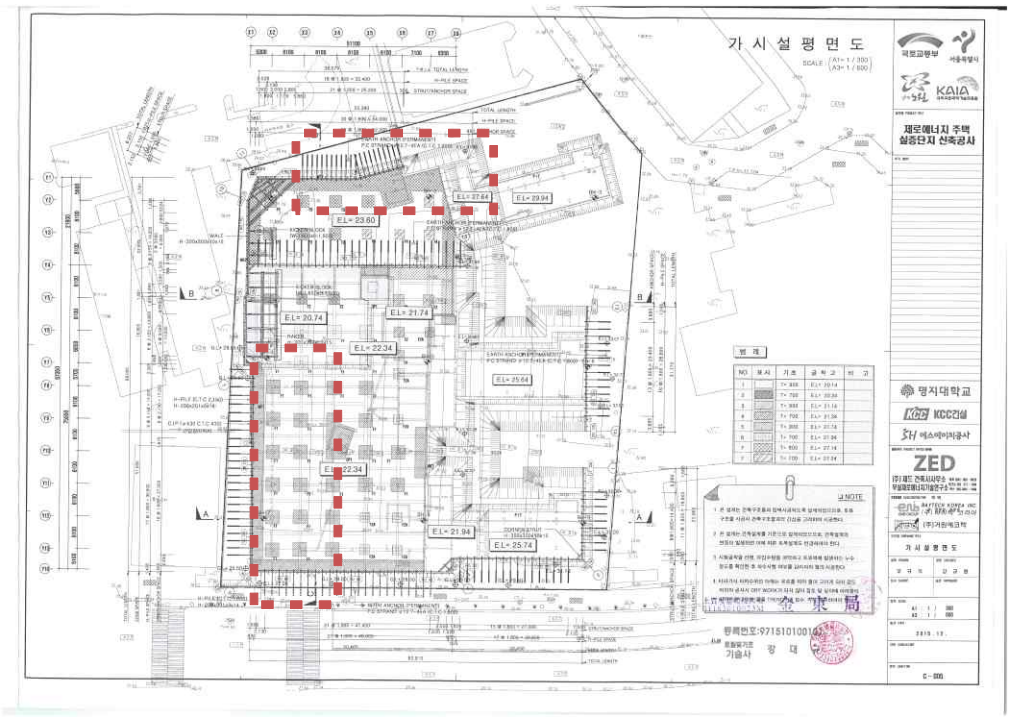
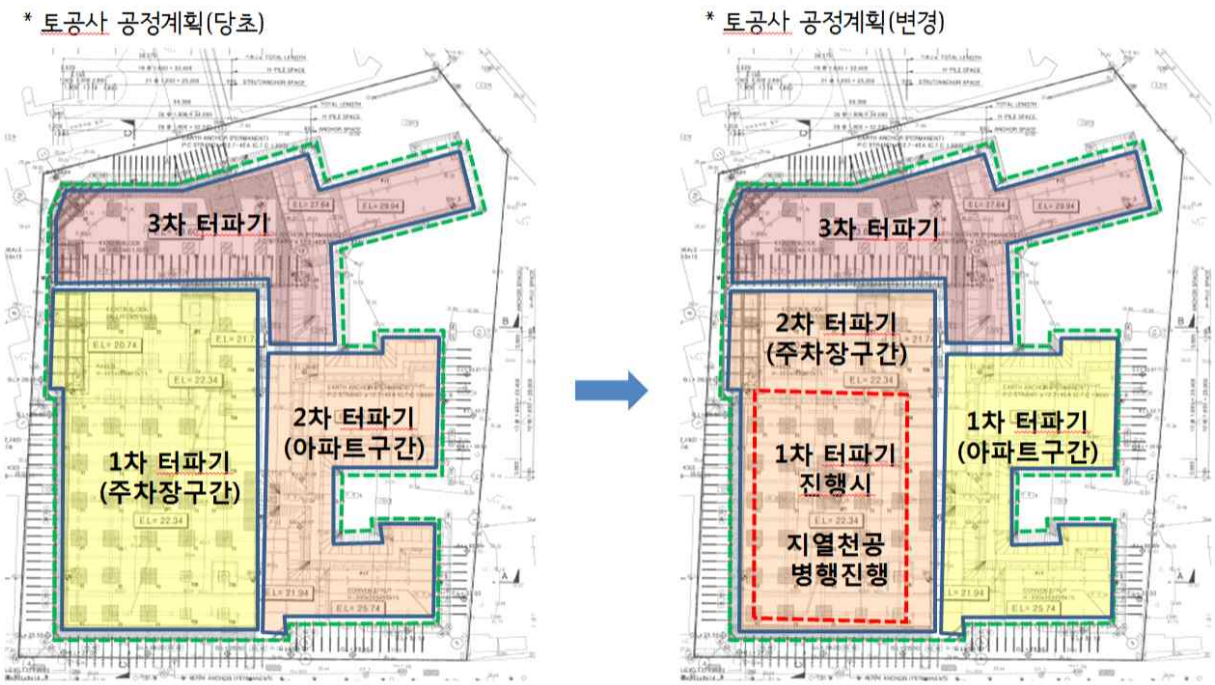


그림 220 가시설 평면도 (변경후)

■ 공기단축 1건 (3차년도 추가)



■ 특허출원 1건 (4차년도)

●갱폼을 이용한 단열재 일체형 외단열시스템 개발



관인생략

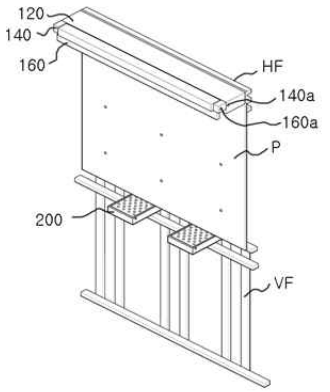
출원번호통지서

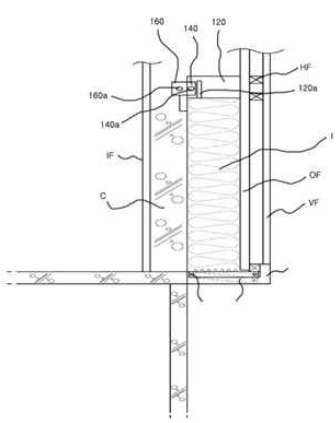
출원일자 2016.11.18
특기사항 심사청구(유) 공개신청(무)
출원번호 10-2016-0154002 (접수번호 1-1-2016-1127320-74)
출원인 명칭 주식회사 케이피씨건설(1-1998-000440-1)
대리인 성명 고영희(9-1998-000147-6)
발명자 성명 김영득 이승호
발명의 명칭 갱폼을 이용한 단열재 일체형 외단열시스템

특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다.
2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 통장에 납입(영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다.
※ 납부자번호 : 0131(기관코드) + 접수번호
3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [특허고객번호 정보변경(경정), 정정신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
※ 특허로(patent.go.kr) 접속 > 민원서식다운로드 > 특허법 시행규칙 별고 제5호 서식
4. 특허(실용신안등록)출원은 명세서 또는 도면의 보정이 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 인견서 제출기간 이내이 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다.
5. 외국으로 출원하고자 하는 경우 PCT 제도(특허 실용신안)나 마드리드 제도(상표)를 이용할 수 있습니다. 국내출원일을 외국에서 인정받고자 하는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정받을 수 있습니다.
※ 제도 안내 : http://www.kipo.go.kr>특허/디자인>PCT 마드리드 제도
※ 우선권 인정기간 : 특허·실용신안은 12개월, 상표·디자인은 6개월 이내
※ 파리협약 당사국의 선출원을 기초로 우리나라에 우선권주장출원 시, 선출원이 타공개상태이면, 우선일로부터 16개월 이내에 파리협약 당사국의 특허청에 [전자적 교환허가서(PTO/SB/39)]를 제출하거나 우리나라에 우선권 증명서류를 제출하여야 합니다.
6. 본 출원사실을 외부에 표시하고자 하는 경우에는 아래와 같이 하여야 하며, 이를 위반할 경우 관련법령에 따라 처벌을 받을 수 있습니다.
※ 특허출원 10-2010-0000000, 실용신안등록 40-2010-0000000
7. 종업원이 직무수행과정에서 개발한 발명을 사용자(기관)가 명확하게 승계하지 않은 경우, 특허법 제62조에 따라 심사단계에서 특허거절결정되거나 특허법 제133조에 따라 등록이후에 특허무효사유가 될 수 있습니다.
8. 기타 심사 절차에 관한 사항은 동봉된 안내서를 참조하시기 바랍니다.





■ 시공개선 2건 (4차년도 1건 추가)

● 외단열재(록셀복합단열재) 건식붙임공법 검토

- 현재안 : 단열재 후붙임시 접착몰탈을 사용한 습식붙임공법(전면바름, 경단형 바름)
- 검토안 : 열교차단 화스너를 활용한 건식붙임공법 적용

구 분	습식공법	건식공법
장 점	1. 접착몰탈을 사용하여 부착력 확보	1. 작업시간이 빠름 (작업효율 높음) 2. 별도의 가설재 받힘 불필요 3. 동절기 시공 가능 4. 타설부착면과 후붙임 부위의 단차 없음
단 점	1. 작업시간이 오래걸림 (작업효율 낮음) 2. 접착몰탈 경화시까지 가설재 받힘 필요 3. 동절기 기온에 따른 시공 어려움 4. 타설부착면과 후붙임 부위의 단차 발생	1. 단열재 하중에 대한 화스너 고정력 확보필요 (적층식 설치에 따라 실제 화스너의 하중부담 적음)

구 분	습식공법	건식공법
참고사진		

- 돌출발코니 후시공에 따른 가설계획 변경
  - 현장여건 : 단열구역(세대) 갱폼거푸집 적용에 따른 비단열구역(돌출발코니 및 분리형 복도) 동시진행 불가
  - 검토사항
    1) 전면부 층별 교차되는 돌출발코니 계획에 따른 층별 갱폼 입면 변경에 따라 1차 외부비계 설치 필요
    2) 단열구역(세대) 옥상층까지 타설 완료 후 돌출발코니 시공을 위해 전면부 외부비계(1차 설치分) 해체 필요
    3) 돌출발코니 시공을 위한 2차 외부비계 설치 필요

구 분	1차 외부비계 설치 (돌출발코니 층별 교차)	2차 외부비계 설치 (돌출발코니 후시공)
돌출발코니 후시공에 따른 가설계획 변경		

  - 공정계획 검토 : 단열구역(세대) 옥상층 최종 완료시 1차 외부비계 해체 진행 후 돌출발코니 시공



■ 특허등록 1건 (5차년도 추가)



특허증
CERTIFICATE OF PATENT

특허 Patent Number 제 10-1714591 호

출원번호 Application Number 제 10-2016-0154002 호

출원일 Filing Date 2016년 11월 18일

등록일 Registration Date 2017년 03월 03일

발명의 명칭 Title of the Invention
경품을 이용한 단열재 일체형 외단열시스템

특허권자 Patentee
(주)케이씨씨건설(110111-*******)
서울특별시 서초구 강남대로 587 (양평동)

발명자 Inventor
등록사항란에 기재

위의 발명은 「특허법」에 따라 특허등록원부에 등록되었음을 증명합니다.
This is to certify that, in accordance with the Patent Act, a patent for the invention has been registered at the Korean Intellectual Property Office.

2017년 03월 03일

특허청장
COMMISSIONER,
KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE
최 동 규

특허청
Korean Intellectual Property Office

■ 건설지제작 1건 (5차년도 추가)







■ 시제품제작 1건 (5차년도)

• 제로에너지주택 실증단지 준공승인 (2017.10.24.)



[별지 제30호 서식]

준공검사원

책임건설사업관리기술자 경유 박 도 흠 (인)

1. 공 사 명 : 제로에너지주택 실증단지 신축공사
2. 공 사 위 치 : 서울특별시 노원구 한글비석로 97
3. 계 약 금 액 : 일금 일백칠십오억이천오백오십사만팔천원정 (17,525,548,000원)
4. 계 약 년월일 : 2015년 10월 27일
5. 착 공 년월일 : 2015년 10월 28일
6. 준 공 기 한 : 2017년 09월 14일
7. 실지준공년월일 : 2017년 09월 14일
8. 첨 부 서 류 : 준공사진

위 공사의 수급시행에 있어서 공사전반에 걸쳐 공사설계도서, 품질관리기준 및 기타 약정대로 어김없이 준공하였음을 확인하오며 만약 공사의 시공, 건설사업관리 및 검사에 관하여 하자가 발견될 시는 즉시 실액 변상 또는 재시공할 것을 서약하고 이에 준공검사원을 제출합니다.

2017년 09월 14일

주 소 : 서울특별시 서초구 강남대로 587
상 호 : (주)케이씨씨건설
성 명 : 정몽열, 윤희영

노 원 구 청 장 귀 하

" 내 삶의 든든한 이웃, 행복공동체 노원 "

노원구

수신자 (주)KCC건설 현장대리인 귀하
(경유)
제목 노원에너지제로주택 신축공사 준공 및 준공정산 계약 시행

1. 귀 사의 번창을 기원합니다.

2. 노원에너지제로주택 신축공사와 관련 하여 건설사업관리단을 경유하여 제출한 준공서류에 대하여 관련부서(기관) 협의 및 검토를 거쳐 2017.10.24일자로 준공 승인하고 통보하니, 준공정산에 따른 계약변경 등 진행토록 하시기 바랍니다.

3. 아울러 준공에 따른 시설물 인수·인계를 진행하고자 하니 원활하게 시설물이 인수·인계(마을회관은 하계1동주민자치센터 인수·인계조치)될 수 있도록 조치하여 주시기 바라며, 입주민 당첨자 발표후 2회차에 걸친 교육(1회: '17.11.03~11.04 / 2회: '17.11.10~11.11)을 진행하고 입주민 세대방문 및 하자점검이 예정되어 있으니 입주전 청소 등 준비에 만전을 기하여 주시기 바랍니다. 끝.

노 원 구 청 장

협조자

시행 주택사업과-16827 (2017.10.25.) 접수 ( )
우 139-708 서울특별시 노원구 노해로 437(상계동) / http://www.nowon.kr
전화 02)2116-3920 /전송 02)2116-4635 / webmaster@nowon.kr /비공개(6)

(3) C-3 제로에너지 주택단지 복합에너지 시스템 구축

연구개요

■ 연구기관 : (주)케이씨씨건설

■ 연구기간 : 2013년 10월 14일 ~ 2017년 10월 13일

■ 연구목표 :

1) 지열에너지시스템 구축완료

2) 태양광에너지시스템 구축완료

연구내용

■ 제로에너지주택 실증단지 지열에너지시스템 구축

- 지하주차장 하부 지열에너지시스템 구축을 위한 천공작업 진행
  천공 후 열교환기 삽입 및 그라우팅 작업 진행
  히트펌프 및 지열배관 작업을 통한 세대내 급탕 및 난방수 제공

■ 제로에너지주택 실증단지 지열천공에 따른 토공사 간섭 조정

- 지하 주차장 하부 지열에너지시스템 구축을 위한 천공이 진행됨에 따라 토공사 터파기 공정과의 간섭 발생 확인
- 터파기작업과 지열 천공작업의 우선순의 검토를 통해 지열 천공 후 터파기 진행이 공정상 유리하다고 판단하여 천공 우선진행
- 천공 완료 후 터파기 진행으로 전체 공사기간 지연 방지 가능

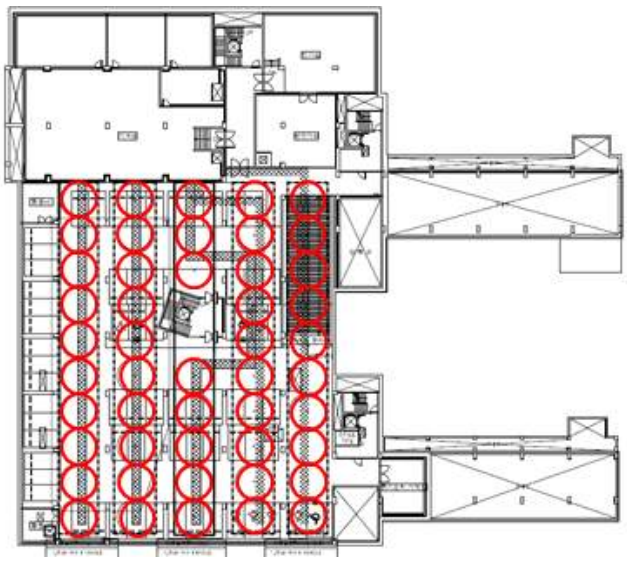


그림 237 지열천공위치도 (총 48공)

- 지열천공사진



그림 238 천공기를 이용한 지반 굴착



그림 239 열교환기 배관 삽입 및 그라우팅 진행

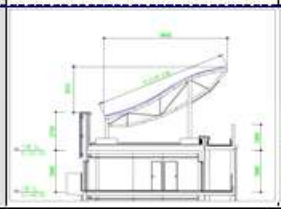
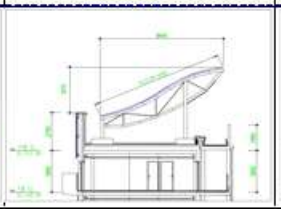
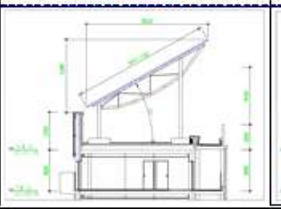
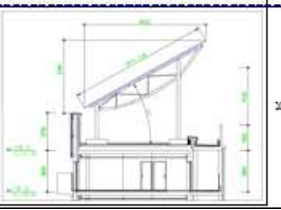
■ 제로에너지주택 실증단지 태양광에너지시스템 구축

- 건물 옥상 및 외벽 등 태양광패널 설치를 위한 하지 구조물 검토 및 열교차단을 위한 단열 앵커 적용검토

연구성과

■ 경제성검토 1건 (4차년도 추가)

- 태양광발전시스템 모듈 변경에 따른 경제성 검토

구분	원안 설계	변경 1안	변경 2안	변경 3안	비 고
설치모듈	지붕층 320Wp(706장) / 측면 270Wp(682장) / 신성모듈	지붕층 330Wp(706장) / 측면 275Wp(682장) / 현대모듈	지붕층 320Wp(666장) / 측면 270Wp(442장) / 신성모듈	지붕층 330Wp(666장) / 측면 275Wp(442장) / 현대모듈	
전체 설치용량	410KWp	420.4KWp	335KWp	356KWp	변경 하지만 별도 검토
지중점 설치용량	163.5KWp(가로배열)	168.1KWp(가로배열)	182.4KWp(세로배열)	188KWp (세로배열)	
지중점 일 발전시간	3hr	3hr	3.37hr	3.37hr	
지중점 연간 발전량	178MWh/year	183MWh/year	207MWh/year	231MWh/year	
전체 연간 발전량	340MWh/year	344MWh/year	346MWh/year	373MWh/year	
장점	-	-	1.원안대비 18% 설치용량 감소 ∽ 설치시공비 및 유지관리비 감소 2.원안대비 1.5% 예비 발전량 확보 3.지중점 모듈간 전압강하 개선 및 발전시간 증가 4.지중점 설치 각도 변경에 따른 모듈 오염 감소 ∽ 유지관리 향상 5.원안 곡부 비포함 모듈 시공제외 가능	1.원안대비 13% 설치용량 감소 ∽ 설치시공비 및 유지관리비 감소 2.원안대비 9.7% 예비 발전량 확보 3.지중점 모듈간 전압강하 개선 및 발전시간 증가 4.지중점 설치 각도 변경에 따른 모듈 오염 감소 ∽ 유지관리 향상 5.원안 비포함 곡부 모듈 시공제외 가능	
단점	1.변경3안 대비 설치시공비 및 유지관리비 증가 ∽ 비포함 곡부 설치 2.지중점 모듈간 전압강하로 발전시간 감소 3.지중점 설치 각도 따른 모듈 오염 발생	1.원안대비 설치시공비 및 유지관리비 증가 2.지중점 모듈간 전압강하로 발전시간 감소 3.지중점 설치 각도 따른 모듈 오염 발생	1.기존 지중점 입면 변경 2.변경3안 중립 설치면적 대비 예비발전량 확보 미비	1.기존 지중점(101~103층옥상) 입면 변경	
전체 공사비 증감	-	18,500,000원	- 185,000000 원	- 170,000000 원	
지중점 단면도					101,102,103층

■ 시제품 제작 1건 (5차년도)



(4) C-4 제로에너지 설비 커미셔닝

연구개요

■ 연구기관 : 한국설비연구(주)

■ 연구기간 : 2016. 03. 14 - 2017. 11. 13 (4,5차년)

■ 연구목표 :

◦ 패시브 건축기법으로 계획된 제로에너지주택 실증단지에서의 건물 에너지소요량을 재검토 하고 적용한 장비용량의 적정성을 확인한다.

◦ 제로에너지 건축물 및 주택단지에 적용한 복합에너지시스템 최적의 장비사양을 수립함으써 특정 외산장비 수급문제 등에 대한 대안

◦ 장비 설치시 설계 성능이 발현되는지 여부를 검증

연구내용

■ 서론

◦ 에너지절약과 환경문제를 해결하기 위해 건축 환경 및 건물 에너지 설비기술에 대한 연구개발을 지속적으로 수행하고 있다. 화석에너지원을 소비하는 기존 건물 에너지시스템에서 벗어나 친환경적인 신재생에너지 시스템의 적용이 필요하다.

◦ 이에 본 연구에서는 제로에너지주택 실증단지 에 적용된 복합에너지시스템을 구축하기 위한 장비, 자재의 수급 및 시공성을 검토 하고 시공 중 발생되는 여러 변수에 대하여 분석하고 대안을 제시하여 제로에너지주택 실증단지 복합에너지시스템을 구축 한다.

■ 본론

◦ 기계설비 커미셔닝

- 개요 : 커미셔닝(commissioning)은 기계설비 시스템에 대하여 설계의도대로 주어진 품질의 시설을 검증하여 건축주 또는 운영자에게 제공한다. 그러므로 커미셔닝 수행자는 설계자나 시공자의 역할을 감소시키지 않으며 시스템의 시공, 운전 및 성능에 따른 공평하고 객관적인 견해를 건축주에게 제공한다. 이는 효율적인 건축 기계설비시스템의 성능확보를 위한 가장 중요한 요소로써 모든 시스템의 설계, 설치, 성능시험, 유지관리 등을 확인, 검증하여 문서화하고 보증하는 과정이다. 건축기획에서 시작되어 설계, 시공, 시운전, 준공 및 사후교육 등을 포함하여 건축물의 라이프 사이클 전반에 걸쳐 적용한다.

  특히 기계설비 커미셔닝은 설계의도에 따라 설비시스템의 성능을 효과적으로 발휘할 수 있도록 하기 위한 공정이다. 커미셔닝이 건축기계설비 시스템에 적용되어 중요하게 부각되는 이유는 건축물을 구성하는 시스템 중에서 타 계통과의 기능적 연동이 가장 많기 때문이며 합리적인 절차서에 따라 객관적인 검증을 수행함으로서 시스템의 완성도와 질을 향상시키는데 그 목적이 있다.

- 단계별 업무

1. 서류작업 단계

1) 건축주 요구조건 문서화

2) 커니셔닝 관련자 책임과 역할 구분 문서화

2. 설계단계

1) 설계의도 문서화

2) 시방서 작성 및 검토

3) 예비 커미셔닝 계획

4) 커미셔닝 계획서 작성

5) 설계자료 검토

3. 시공단계

1) 시공단계 커미셔닝

(1) 각종 승인서 검토

(2) 커미셔닝 계획서의 세부사항 마무리

(3) 정기적 커미셔닝팀 회의 진행

(4) 시공, 설치, 시운전, 작업 점검

(5) 설계변경 반영

(6) 구체적인 커미셔닝 계획서 작성

(7) 현장에 맞는 특정 절차 및 체크리스트 개발

(8) 필요한 현장 점검과 조사 수행

(9) 관련문서의 개량 및 수정

(10) 시공 중에 발생되는 설계변경으로 인한 시스템의 변경사항이 반영되도록 갱신하고 전체 현장 공정에 맞춰 필요한 업무 수행영역을 규정

(11) 시공필수요건과 더불어 각종 기기가 제조업체의 설치방법에 따랐는지에 대한 점검필요

(12) 제반 법규와 표준규격 준수, 배관 세정, 청소, 수압시험 및 누기시험을 포함한 각종시험의 입회

(13) 커미셔닝 체크리스트 개량

(14) 문서화 과정

2) 현장설치 검증

(1) 공기조화 시스템

열원장비, 공조기, 팬, 펌프 등 설치장비의 상태, 설계 용량에 적합 여부, 시방서와 제작도면에 따른 규격 및 성능곡선 또는 성능자료

(2) 터미널 유닛

수량, 크기 규격 일치 여부

(3) 급배기 덕트 시스템

크기와 두께 및 형상의 적합성, 분기와 변곡분의 적합성, 이음부의 적합성과 밀봉, 브레이싱과 보강방법, 방화댐퍼, 배연댐퍼의 상태와 적합성, 조절댐퍼와 차단댐퍼의 상태와 적합성 및 시공표준, 행거, 보온, 배열의 적합성

(4) 냉온수 배관시스템

배관 재질, 규격 및 배열상태, 이음부속의 적합성, 공기 및 물 빼기 장치, 밸런싱 밸브의 위치와 접근성, 각종 밸브 규격과 위치의 접근성

(5) 증기, 응축수 배관 시스템

(6) 자동제어

구성요소의 설계도서 일치 여부, 감지기의 설치 위치, 조절패널의 구성과 상태, 배관, 배선의 규격 확인, 배선과 요소의 라벨링 및 소프트웨어의 기능

(7) 위생배관 시스템

배관재질의 적합성, 배관의 규격과 기울기, 배열 상태, 공기 및 물 빼기장치 이음부소의 적합성, 각종밸브의 규격, 위치와 접근성 및 지지철물, 보온상태

(8) 소방설비

법규 준수여부, 설치상태 및 마감상태

(9) 기타 설비

수량, 규격, 설치방법 및 시방서와의 일치여부

3) 시운전성능시험

시운전성능시험은 현장설치검증이 완료되고 모든 시스템과 장비의 기동시험 절차에 대한 것으로 장비제작사에서 추천하는 시운전 및 시험방법을 고려하여 각 시스템과 장비의 시험절차를 아래와 같은 항목을 참고하여 시험한다.

(1) 각 장비에 대한 사양과 전압, 전류, 회전수, 압력, 온도 및 기타 기능점검

(2) 각종배관의 정압시험, 배관 청소, 세정여부 확인

(3) 덕트의 누기시험 확인 및 방화, 배연 댐퍼의 기능 시험

(4) 장비 및 시스템의 제어장치 동작확인

4. 준공단계

1) 검증

검증은 모든 구성기기, 장비 및 시스템과 시스템간의 인터페이스에 대하여 전반적인 점검과 시험으로 구성된다. 이것은 각종 운전모드, 인터록, 제어응답, 및 비정상 또는 긴급 상황의 모든 특정 응답을 포함시키며 검증절차는 다음의 시험과 점검을 포함한다.

(1) 검증절차

(2) 최종 T.A.B 보고서의 검증

(3) 결함사항

(4) 검증보고서

2) 성능확인시험

3) 성능확인시험 문서 제출과 보고

4) 운전관리자 교육프로그램

(1) 교육의 목표

(2) 교육의 범위

5) 커미셔닝 보고서 문서화 작업

6) 최종 준공

5. 준공 후 단계

1) 추후 시험 및 성능점검

- 계절적인 이유로 실시하지 못한 경우 추후 시험실시하고 보고서를 작성한다.
- 설계변경, 미해결사항에 대한 검증 및 시험을 실시한다.
- 기타 하자사항 및 보증사항에 대한 협조 및 검증을 실시한다.

< 본 제로에너지 주택실증단지의 기계설비 커미셔닝 업무는 설계가 완료된 4차년, 5차년 연구용역 으로 시공단계와 준공단계에서 기존 공동주택 과 다르게 계획된 패시브 건축의 복합에너지시스템 적용에 따른 시스템의 검토 장비, 자재의 적정성에 대한 비교 검토업무 등 커미셔닝 전체업무 중 일부를 수행 하게 된다.
또한 커미셔닝 업무 중 T.A.B 업무는 시공사에서 별도 업체와 수행이 되어 T.A.B 보고서를 검토 하는 방식으로 설비 커미셔닝 연구용역 업무를 수행하게 되었다. >

◦ 제로에너지 주택 실증단지 설비 개요

- 열원설비

1) 냉방설비 :

중앙공급방식으로 신.재생에너지 시스템 중 지열히트펌프를 이용한 냉수공급

- 아파트 101동, 102동, 103동 : 동별 중앙형 환기장치에 냉수를 공급 공기냉방 적용
- 홍보관, 마을회관 : 천정형 팬코일유니트에 냉수를 공급 하여 냉방

개별냉방시스템으로 단독세대, 연립주택, 주민공동시설에는 개별 EHP로 계획함.

<중앙공급방식의 지열히트펌프의 냉수를 단독, 연립 공급시 순환계통에서의 열손실 고려하여 개별 방식을 채택함>

2) 난방설비 :

중앙공급방식으로 신.재생에너지 시스템 중 지열히트펌프를 이용한 온수를 아파트, 단독주택, 합벽주택, 연립주택 에 공급하여 바닥온수판넬 의해 난방을 하고 홍보관, 마을회관, 경로당 에는 천정형 팬코일유니트에 의해 난방을 한다.

표 195 지열히트펌프 장비용량

용도	인증용량(kW)		냉방능력					난방능력				
	냉방	난방	용량 (kW)	부하측온도(℃)		유량	소비전력	용량 (kW)	지열측온도(℃)		유량	소비전력
				입구	출구	(LPM)	(kW)		입구	출구	(LPM)	(kW)
냉방/난방	188	178	180	12	7.7	600	40.288	178	40	44.3	600	46.37
난방/급탕	188	178	-	-	-	-	-	169	50.9	55.0	600	57.16
난방/급탕	114	110	-	-	-	-	-	105	50.8	55.0	360	35.66

표 196 EHP 및 패키지에어컨 장비용량

설치위치	분류	냉방능력	난방능력	송풍기				소비전력(kW)	
		(W)	(W)	구분	형식	풍량 (CMM)	정격출력 (W)	냉방	난방
102동 주민공공시설	냉방	11,000	-	실외기	Propeller	60	125	2.8	-
관리사무소	냉난방	7,200	8,500	실내기	Sirroco	18.2	85	2.29	2.56
				실외기	Propeller	58.5	125		
방재실	냉난방	11,000	13,200	실내기	Sirroco	30	154	3.35	3.6
				실외기	Propeller	76	125		

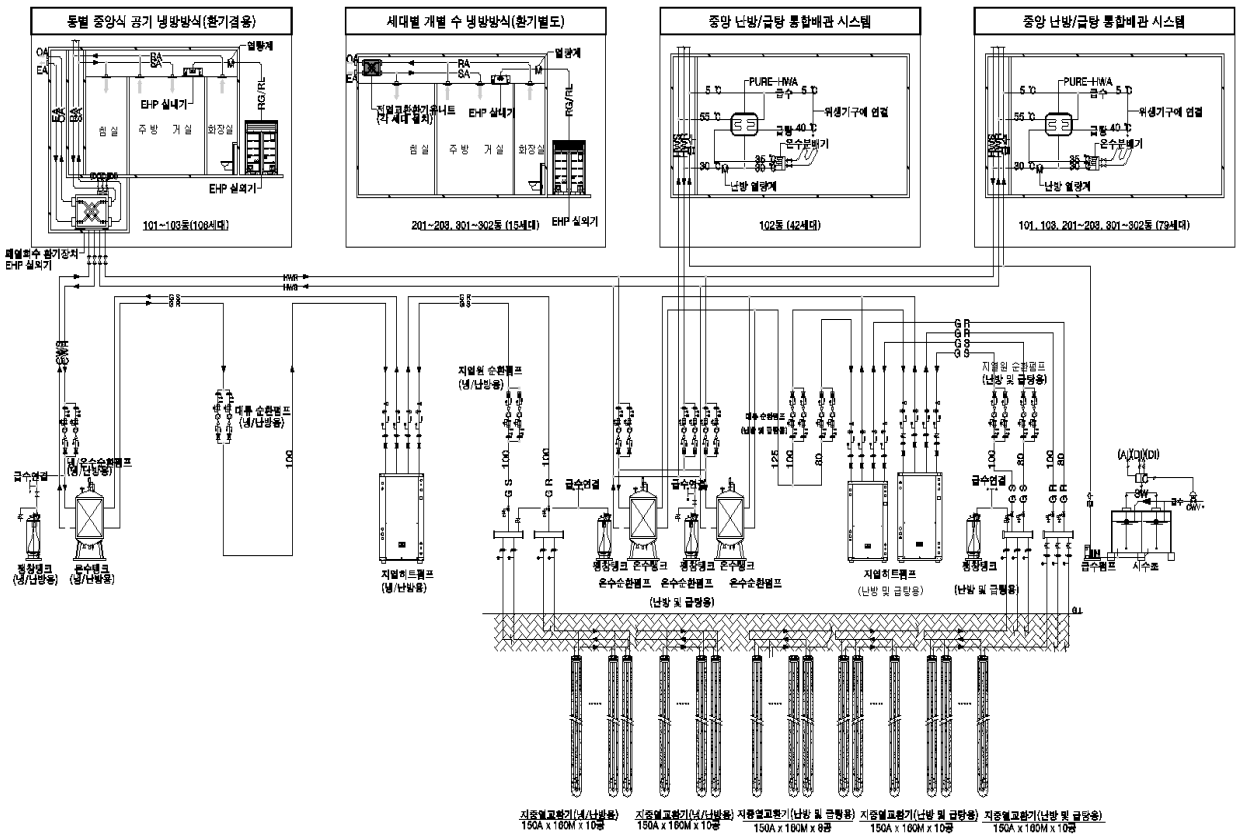


그림 242 제로에너지주택 실증단지 지열흐름도

- 공조 및 환기설비

1) 공조 및 환기덕트

(1) 101 ~ 103동 : 동별 중앙형 폐열회수 환기장치 이용한 냉방 및 환기설비 적용

(2) 201 ~ 203동, 301 ~ 302동, 홍보관, 마을회관(근생-2) : 개별 전열교환 환기장치 적용

(3) 기계실, 전기실, 발전기실, 우수조, 주거/비주거저수조 : 제3종환기 강제급/배기 적용

(4) 지하주차장에 발생되는 일산화탄소 검출기(CO) 농도제거를 위한 유인팬 적용

표 197 폐열회수환기장치 장비용량

설치 위치	풍량 (CMH)	기내정압 (mmAq)	기외정압 (mmAq)	소비전력 (kW)	온도효율(%) 냉방	온도효율(%) 난방	PRE HEATER	장비크기 (mm)
101동	4,000/4,000	76/28	37/37	6	84.5	84.5	22(5.5x4step)	4,562x1,404x2,298
102동	5,500	-	36	2.73		84.0	27	6,500x1,564x2,600
103동	4000,4000	76/28	36/36	6	84.5	84.5	22(5.5x4step)	4,562x1,404x2,298

표 198 전열교환 환기장치 장비용량

설치 위치	수량	풍량(CMH) 강	풍량(CMH) 중	풍량(CMH) 약	소비전력(W) 강	소비전력(W) 중	소비전력(W) 약	기외정압(Pa) 강	기외정압(Pa) 중	기외정압(Pa) 약	온도효율(%) 냉방	온도효율(%) 난방	본체치수(mm) L x H x W
201동	2	71	48	40	200	150	100	100	100	100	68	80	650 x 650 x 320
202동	2												
203동	9												
301동	1												
302동	1												
홍보관	1	240	216	180	550	500	450	150	150	150	51	76	770 x 400 x 742
마을회관	3												

표 199 FAN 장비용량

용도	수량	형식	규격	풍량 (CMH)	정압 (mmAq)	모터 (kW)	설치위치
지하2층 주거 기계실 급기	1	다익형(SS)	#6	20,000	29	3.7	지하2층 기계실
지하2층 비주거 기계실 급기	1	다익형(SS)	#2	3,000	31	1.5	지하2층 기계실
지하2층 전기실 및 발전기실 급기	1	다익형(SS)	#5	19,000	32	5.5	지하2층 기계실
지하2층 주차장 급기	1	다익형(DS)	#5	19,000	20	2.2	지하2층 팬룸-1
지하1층 주차장 급기	1	다익형(DS)	#5	18,000	19	2.2	지하1층 팬룸-3
101~103동 PIT층 급기	3	IN-LINE	D 680	3,000	26	0.4	101~103동 PIT층
지하2층 주거 기계실 배기	1	다익형(SS)	#6	20,000	29	3.7	지하2층 기계실
지하2층 비주거 기계실 배기	1	다익형(SS)	#2	3,000	33	1.5	지하2층 기계실
지하2층 전기실 및 발전기실 배기	1	다익형(SS)	#5	19,000	36	5.5	지하2층 기계실
지하2층 주차장 배기	1	다익형(DS)	#5	19,000	20	2.2	지하2층 팬룸-2
지하1층 주차장 배기	1	다익형(DS)	#5	18,000	19	2.2	지하1층 팬룸-4
근생(마을회관)화장실배기	1	IN-LINE	D 450	1,300	22	0.4	마을회관 사무실
근생화장실 배기	1	IN-LINE	D 450	1,200	27	0.4	근린생활시설-6
101~103동 PIT층 배기	3	IN-LINE	D 680	3,000	26	0.4	101~103동 PIT층

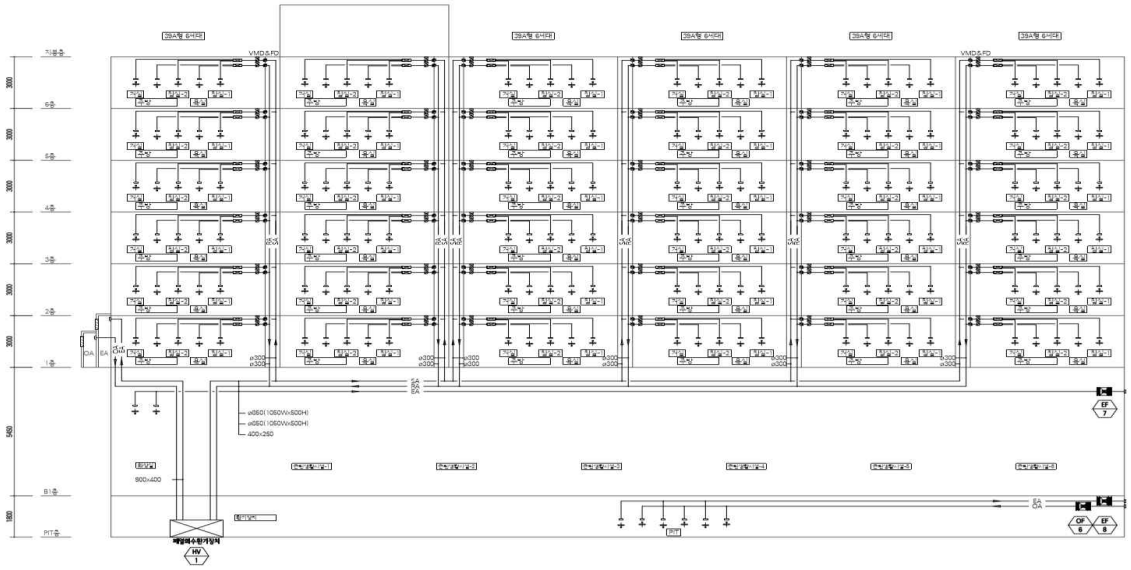


그림 243 제로에너지주택 101동 환기덕트 계통도

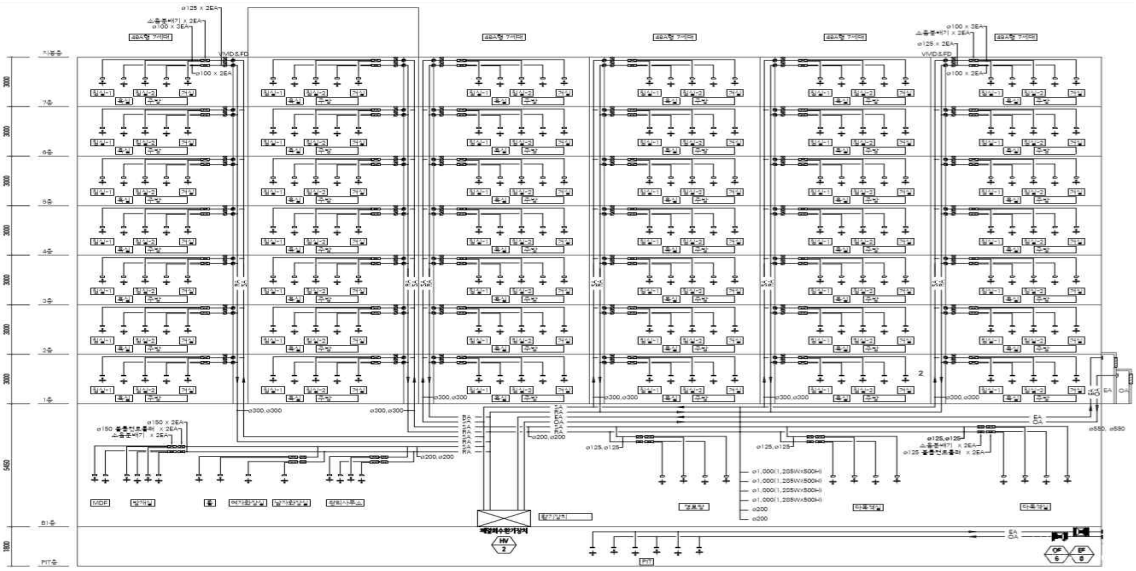


그림 244 제로에너지주택 102동 환기덕트 계통도

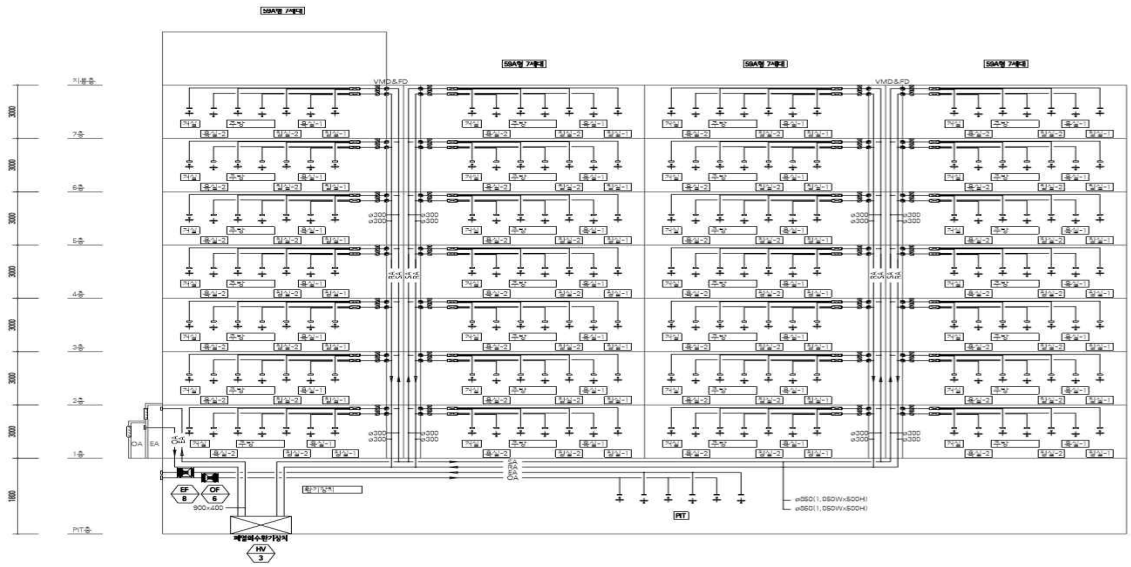


그림 245 제로에너지주택 103동 환기덕트 계통도

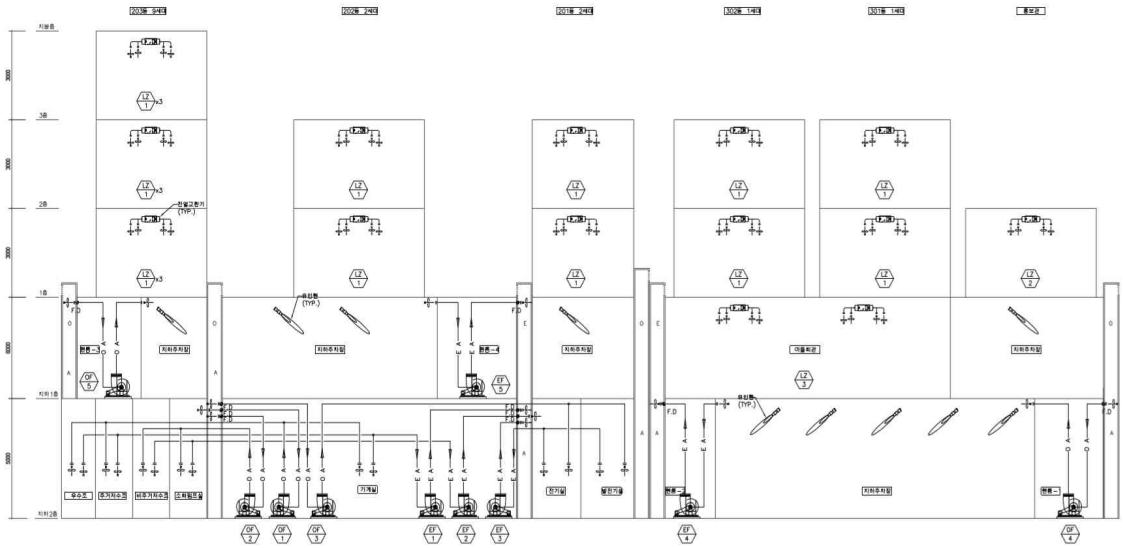


그림 246 제로에너지주택 201~3동, 301~2동,홍보관 환기덕트 계통도

2) 공조배관 :

(1) 중앙공급방식으로 신.재생에너지 시스템 중 지열히트펌프로 냉수 생산하여 냉수공급

- 아파트 101동, 102동, 103동 : 동별 중앙형 환기장치에 냉수를 공급 공기냉방 적용
- 홍보관, 마을회관 : 천정형 팬코일유니트에 냉수를 공급 하여 냉방

(2) 개별냉방시스템으로 단독세대, 연립주택, 주민공동시설에는 개별 EHP로 계획함.

<중앙공급방식의 지열히트펌프의 냉수를 단독, 연립 공급시 순환계통에서의 열손실 고려하여 개별 방식을 채택함,>

(3) 중앙공급방식으로 신.재생에너지 시스템 중 지열히트펌프를 이용한 온수를 아파트, 단독주택, 합벽주택, 연립주택 에 공급하여 바닥온수판넬 에의해 난방을 하고 홍보관, 마을회관, 경로당 에는 천정형 팬코일유니트에 의해 난방을 한다.

표 200 냉수/온수 탱크 장비용량

용도	형식	수량	용량 (LIT)	규격 (mm)	재질	보온
난방/급탕	입형	2	8,000	2,100 x 2,300	STS-316	50mm그라스울 + 0.45mm 칼라강판
냉방	입형	1	8,000	2,100 x 2,300	STS-316	50mm그라스울 + 0.45mm 칼라강판

표 201 EHP 싱글 및 실내기 장비용량

분류	설치위치	분류	수량	냉방능력 (W)	난방능력 (W)	송풍기			소비전력(kW)	
						형식	풍량(CMM)	정격출력(W)	냉방	난방
1WAY 카세트 냉방전용	201동 단위세대	실내기	2	3,200	-	Cross Flow	-	47	1.1	-
		실외기				프로펠러식	32.0	-		
	202동 단위세대	실내기	2			Cross Flow	-	47	1.1	-
		실외기				프로펠러식	32.0	-		
	203동 단위세대	실내기	9			Cross Flow	-	47	1.1	-
		실외기				프로펠러식	32.0	-		
	301동 단위세대	실내기	1			Cross Flow	-	47	1.1	-
		실외기				프로펠러식	32.0	-		
	301동 단위세대	실내기	1			Cross Flow	-	47	1.1	-
		실외기				프로펠러식	32.0	-		
1WAY카세트 냉난방전용	MDF실	실내기	1	4,000	5,000	Cross Flow	11	47	6.4	8.1
		실외기	1			프로펠러식	58.5	43		

표 202 팬코일유니트 장비용량

분류	설치위치	수량	냉방조건				난방조건				송풍기	
			냉방열량 (kcal/h)	유량 (LPM)	입구 수온	출구 수온	난방열량 (kcal/h)	유량 (LPM)	입구 수온	출구 수온	풍량 (CMH)	정격출력 (W)
4-WAY	마을회관 (근생-2)	8	3,150	10.5	7	12	5,050	4.3	55	35	780	110
	홍보관	1										
1-WAY	마을회관 (근생-2)	3	2,150	7.5	7	12	3,200	2.7	55	35	420	110

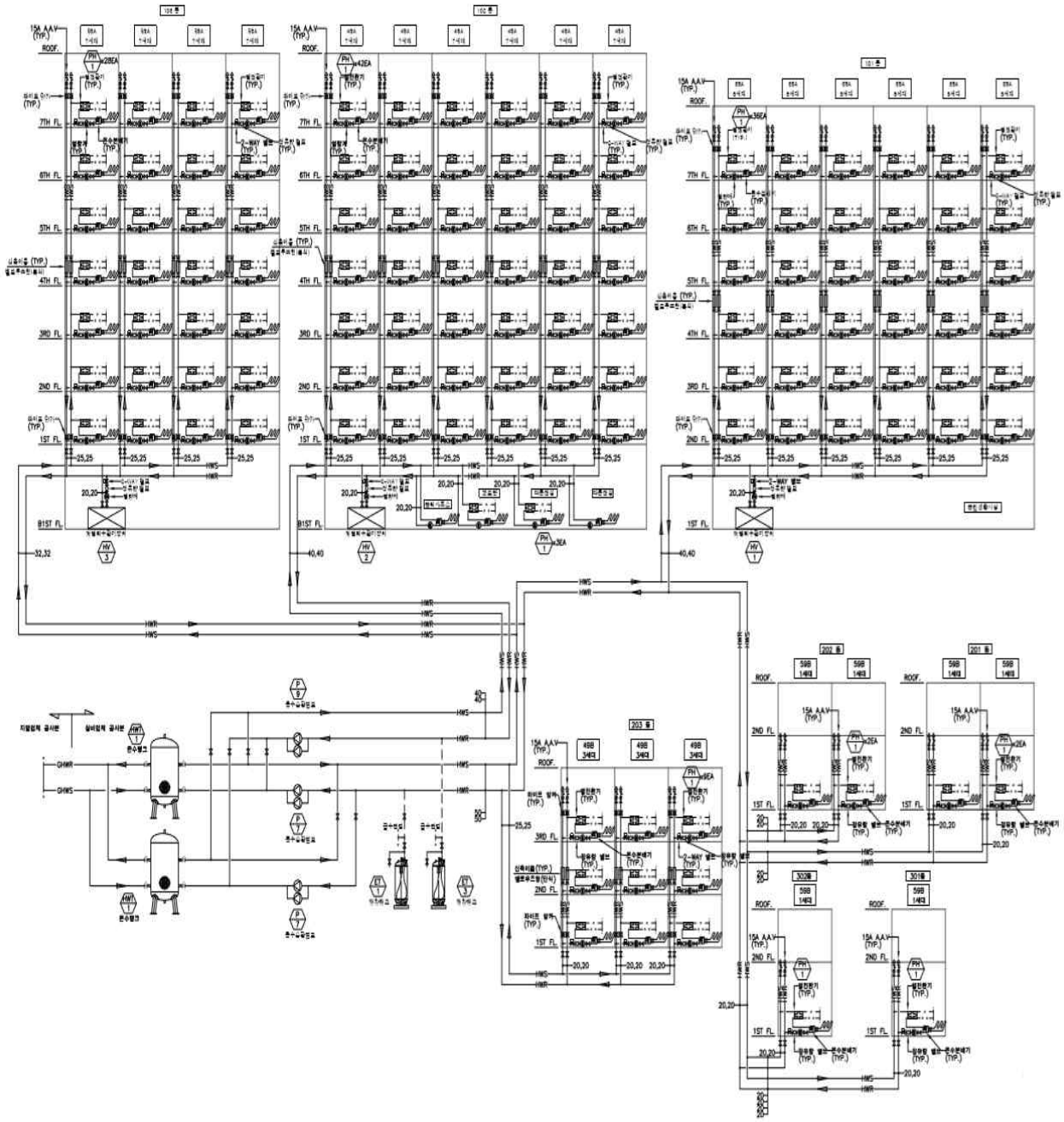


그림 247 제로에너지주택 급탕 및 난방 배관 흐름도

- 위생설비

1) 급수설비 : 주거/비주거 구분하여 부스터펌프 2대 적용으로 상향 공급방식 계획

2) 급탕설비 : 지열히트펌프에서 생산된 온수를 급탕열전환기를 통해 공급

3) 오배수설비 : 분리식하수관로에 따른 오수관로 연결, 주민공동시설 오배수패키지펌프 설치

표 203 PUMP 장비용량

용도	수량	형식	유량(LPM)	양정(m)	모터(kW)	구경(D)
급수펌프(주거용)	1SET	부스터	240x2	50	5.5x2	100
급수펌프(비주거용)	1SET	부스터	50x2	24	1.1x2	50
우수펌프(청소용)	1SET	부스터	30x2	26	0.4x2	65
기계실배수펌프	3	수중형	400	17	3.7	80
기계실배수펌프	2	수중형	200	17	1.5	50
주차장배수펌프	2	수중형	50	9	0.2	50
온수순환펌프(101,103,201~203,301~302동)	2X2	인라인형	60	18	1.5	32
냉수순환펌프(101,103,201~203,301~302동)	2	인라인형	60	22	2.2	32
온수순환펌프(102동)	2	인라인형	60	14	1.1	32
급탕대류펌프	3	인라인형	70	6	0.36	50
주민공동시설 오,배수용	1SET	탱크	150	12	0.95x2	-

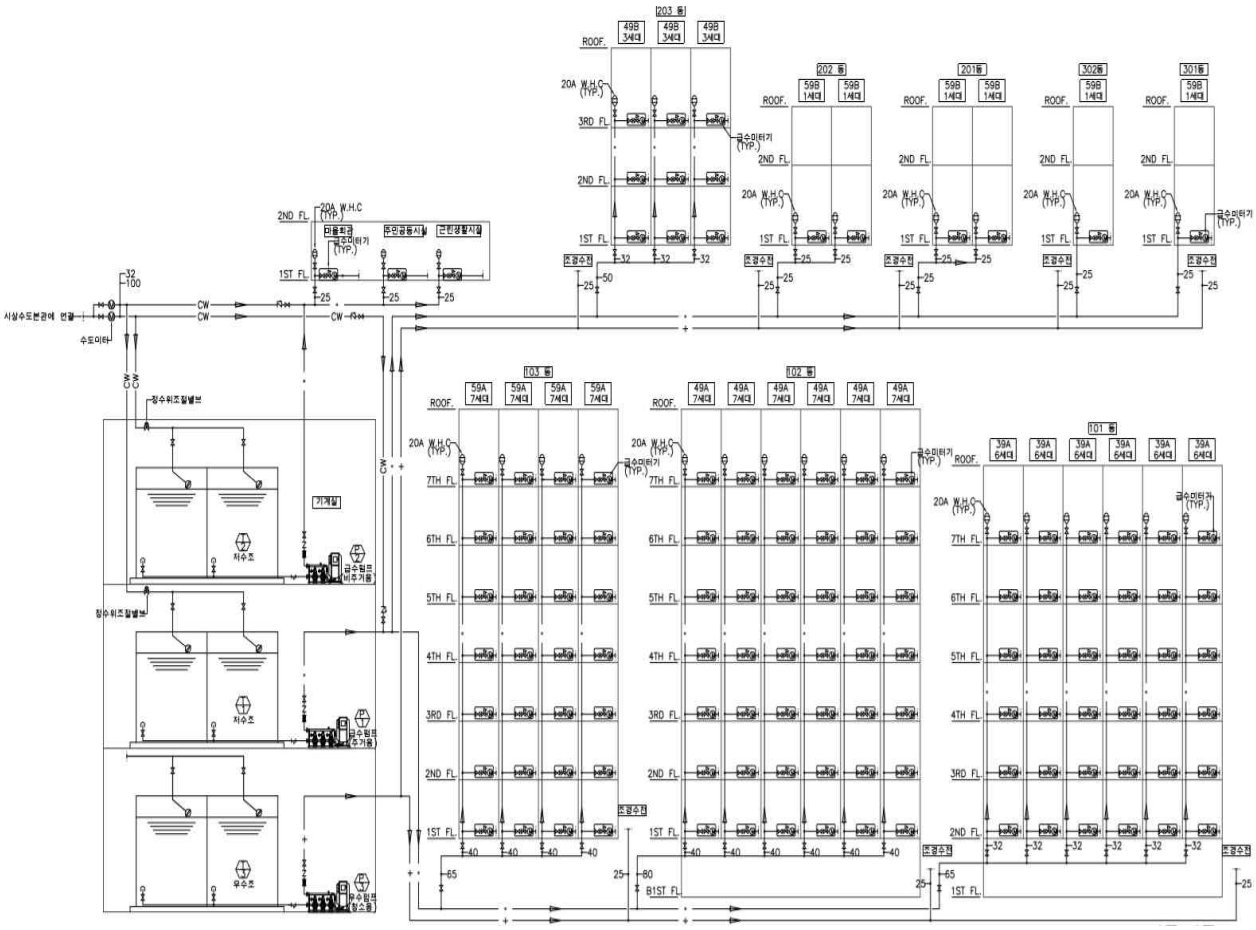


그림 248 제로에너지주택 급수배관 흐름도

- 소화설비 : 소화기, 스프링클러설비, 옥내소화전설비, 연결송수관설비 적용

표 204 기계소방 장비용량

용도	수량	형식	유량(LPM)	양정(m)	모터(kW)	구경(D)	
						흡입	토출
스프링클러 및 옥내소화전 주 펌프	2	다단볼류트	1,450	70	37	150	125
스프링클러 및 옥내소화전 보조펌프	1	웨스코	60	70	3.7	40	40
스프링클러 및 옥내소화전 압력탱크	1	압력탱크	용량 : 422A x 859H (100리터)				

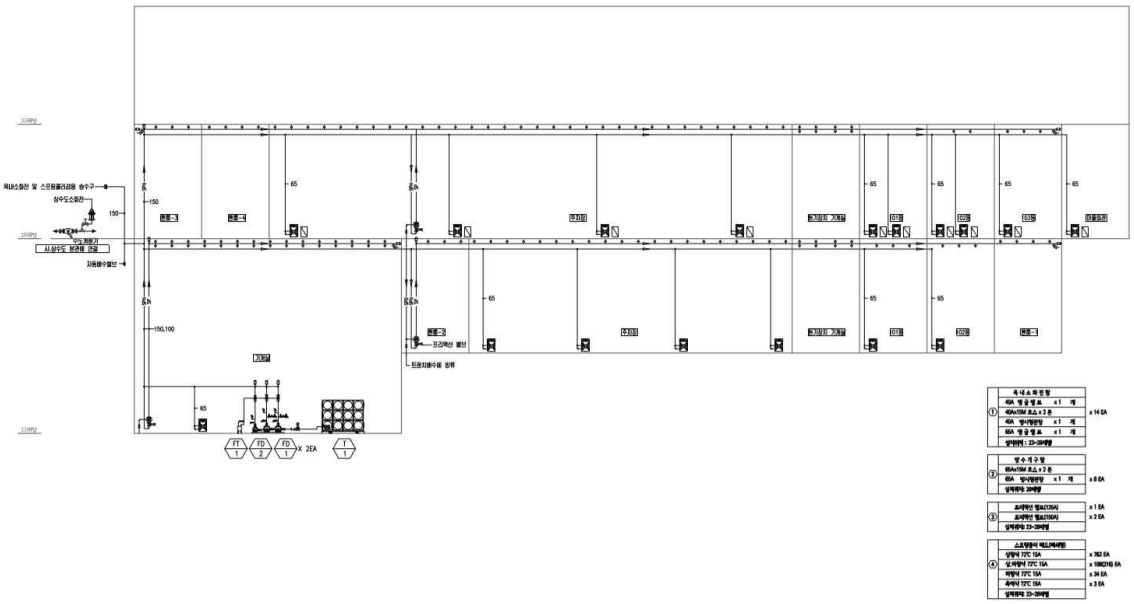


그림 249 제로에너지주택 주차장 소화배관 계통도

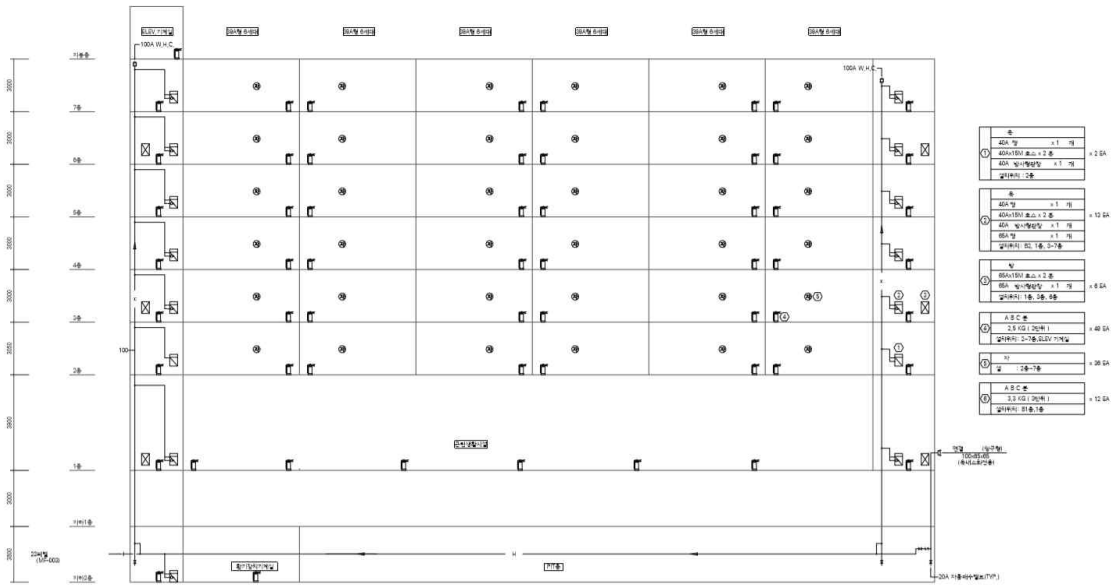


그림 250 제로에너지주택 101동 소화배관 계통도

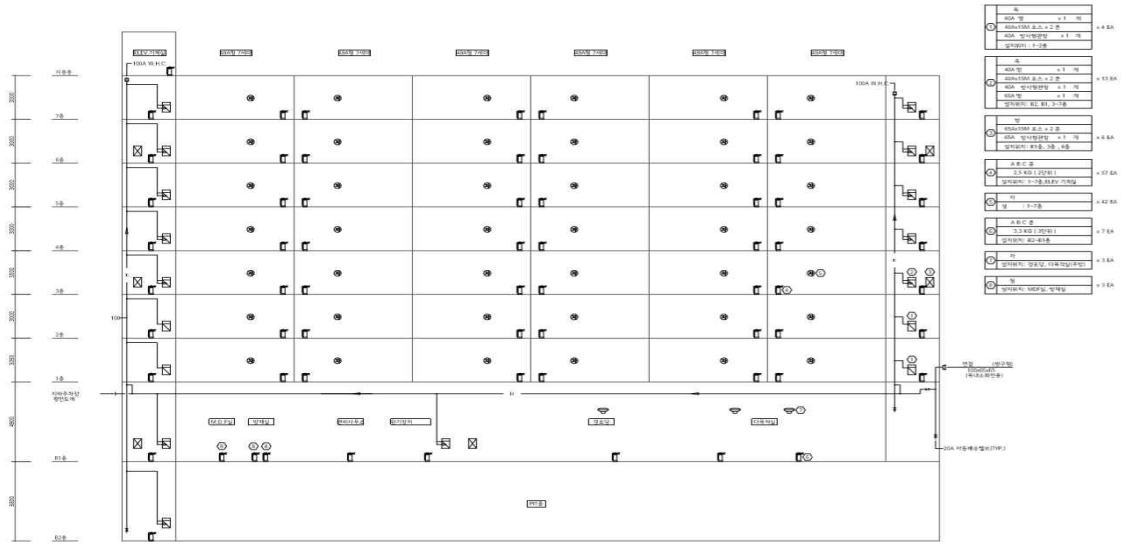


그림 251 제로에너지주택 102동 소화배관 계통도

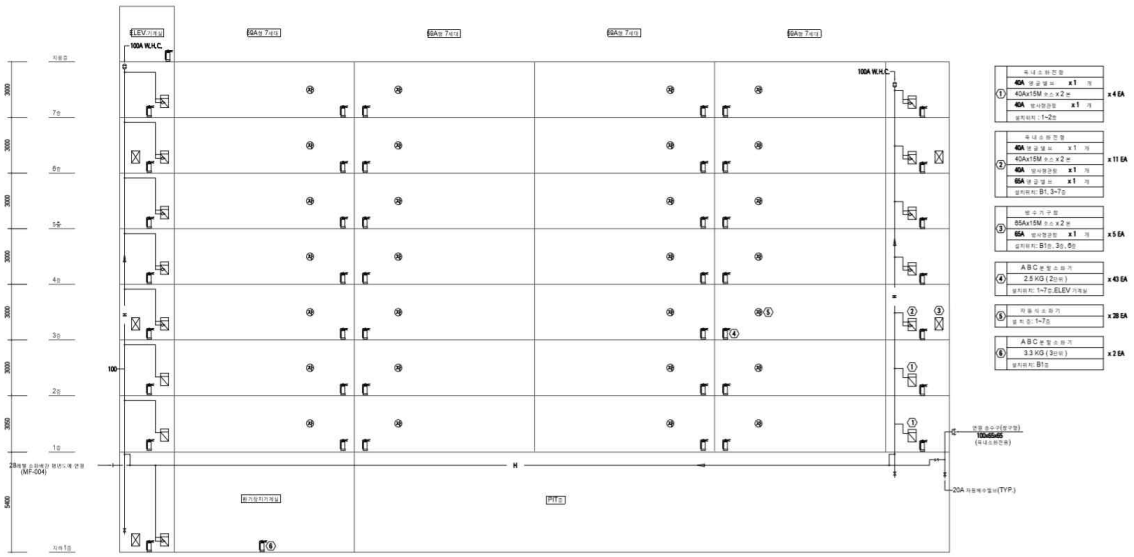


그림 252 제로에너지주택 103동 소화배관 계통도

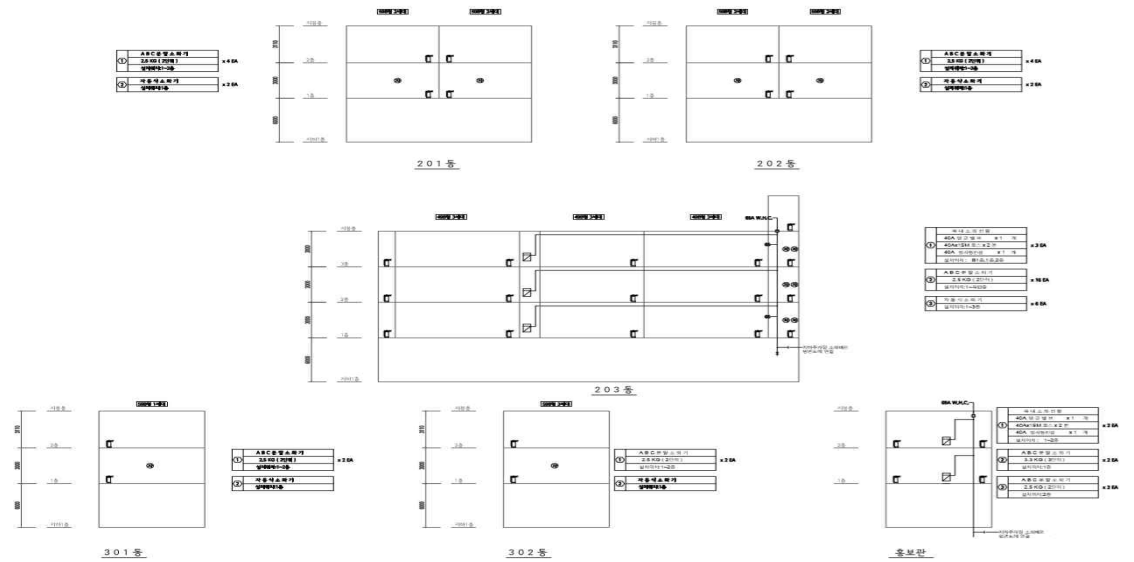


그림 253 제로에너지주택 201~203, 301~302동, 홍보관 소화배관 계통도

- 자동제어 : 중앙제어방식(DDC) 적용

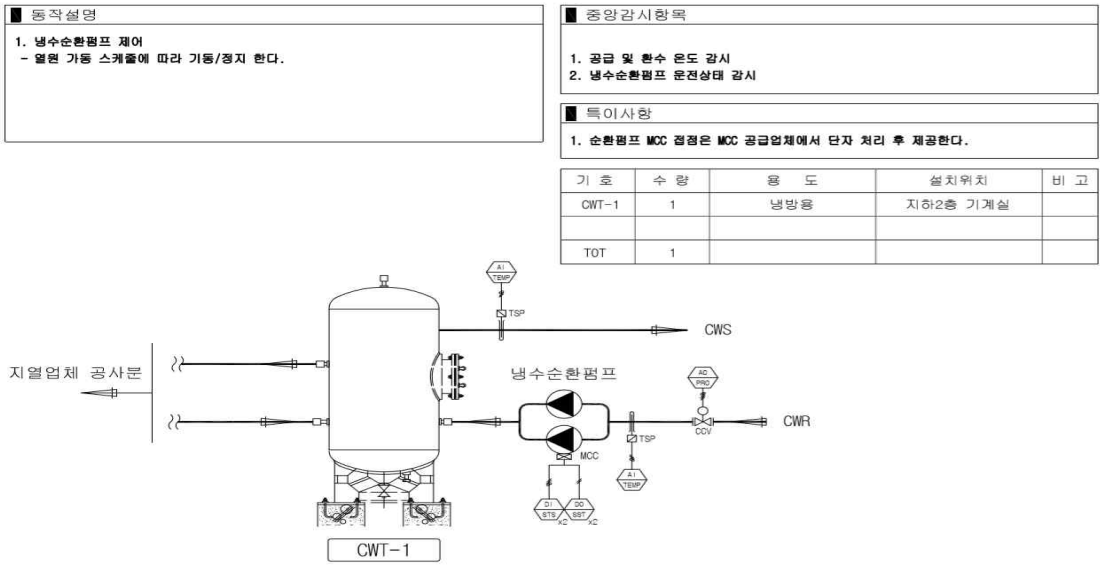


그림 254 냉수탱크 자동제어 계통도

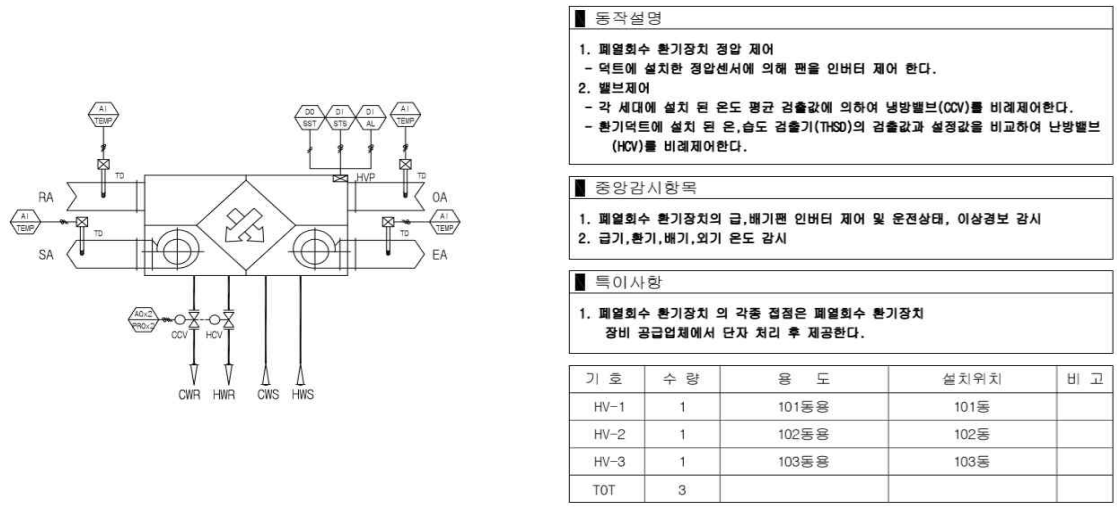


그림 255 폐열회수 환기장치 자동제어 계통도

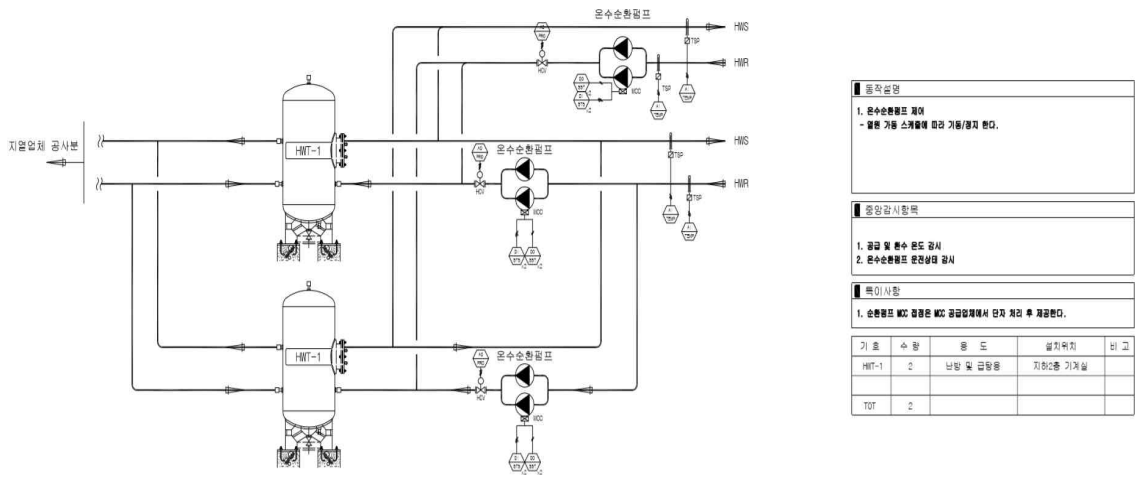


그림 256 온수탱크 자동제어 계통도

■ 동작설명

1. 저수조 수위제어
 - 저수조 수위가 수위조절지시기(LIC)의 설정치에 도달되면 급수밸브(CWV)를 개방하여 저수조 수위를 일정하게 유지한다. (LOCAL 제어)

■ 중앙감시항목

1. 저수조 레벨 및 고수위/저수위 경보 감시
2. 부스타펌프 제어반 운전상태, 경보 감시

■ 특이사항

1. 부스타펌프 운전상태 및 알람접점은 판넬 공급업체에서 단자처리 후 제공한다.

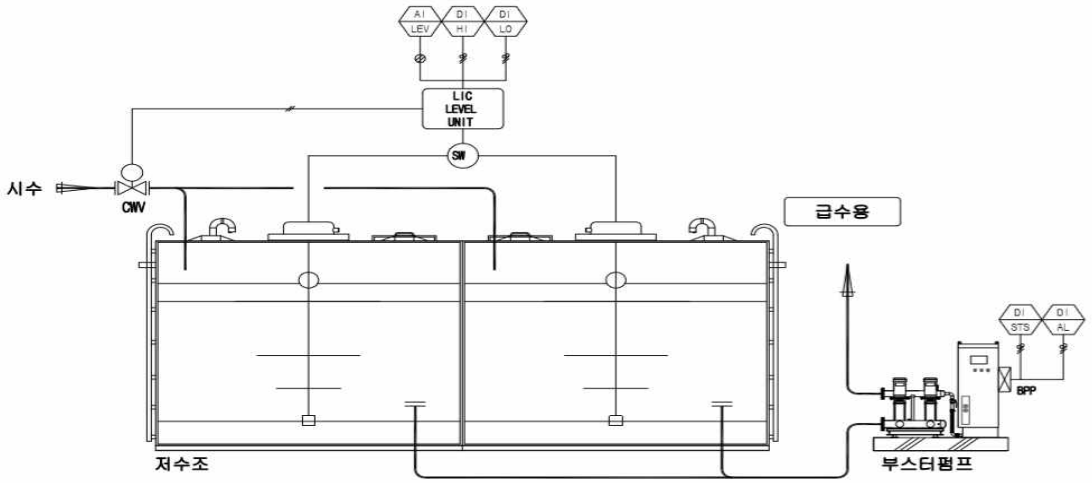


그림 257 저수조 자동제어 계통도

■ 동작설명

1. 우수조 정수위밸브(WV) 수위제어
 - 우수조 수위가 수위조절지시기(LIC)의 설정치에 도달되면 급수밸브(WV)를 개방하여 우수조 수위를 일정하게 유지한다. (LOCAL 제어)
2. 우수조 우수밸브(RV) 제어
 - 우수배관에 설치 된 액체유동스위치(FS)의 상태값에 의하여 일정시간 이후에 우수조의 수위가 설정수위 이하일 경우 우수밸브(RV)를 OPEN하여 우수조의 수위를 일정하게 유지한다.

■ 중앙감시항목

1. 우수조 레벨 및 고수위/저수위 경보 감시
2. 부스타펌프 제어반 운전상태, 경보 감시
3. 액체 유동 상태 감시

■ 특이사항

1. 부스타펌프 운전상태 및 알람접점은 판넬 공급업체에서 단자처리 후 제공한다.

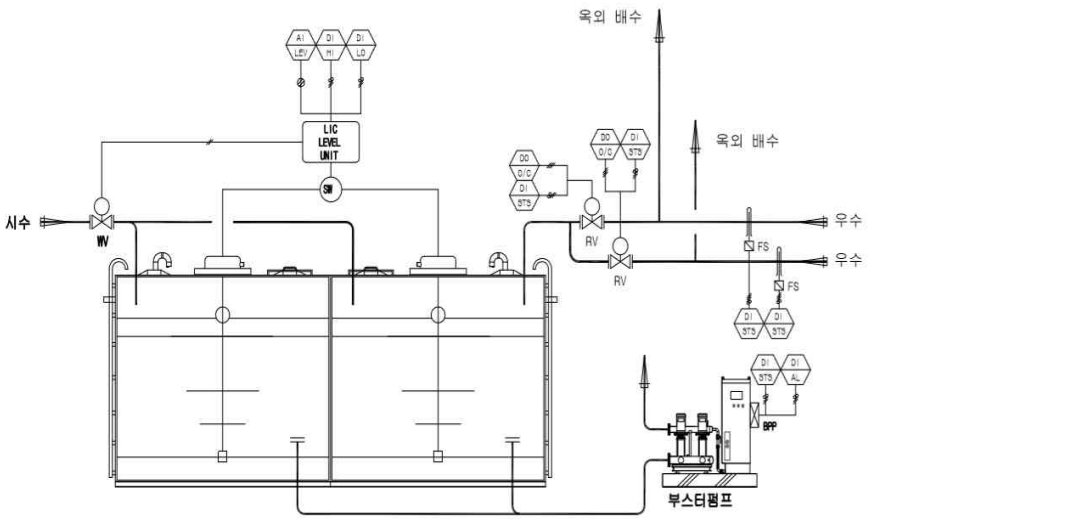


그림 258 우수조 자동제어 계통도

동작설명

1. 배수탱크 수위제어
 - 배수탱크의 수위가 수위조절기(LS)의 설정치에 도달되면 펌프를 기동시켜 배수탱크의 수위를 일정하게 유지한다.(평상시:1EA기동(교번제어),HIGH시 : 2EA기동(순차제어))

중앙감시항목

1. 배수탱크 고수위

기 호	펌프수량	탱크수량	용 도	설치위치	비 고
P-4	3	1	기계실 배수용	기계실	"B"
P-5	2	1	기계실 배수용	기계실	"A"
P-6	2	1	주차장 배수용	23레벨 휀룸	"A"
TOT	7	3			

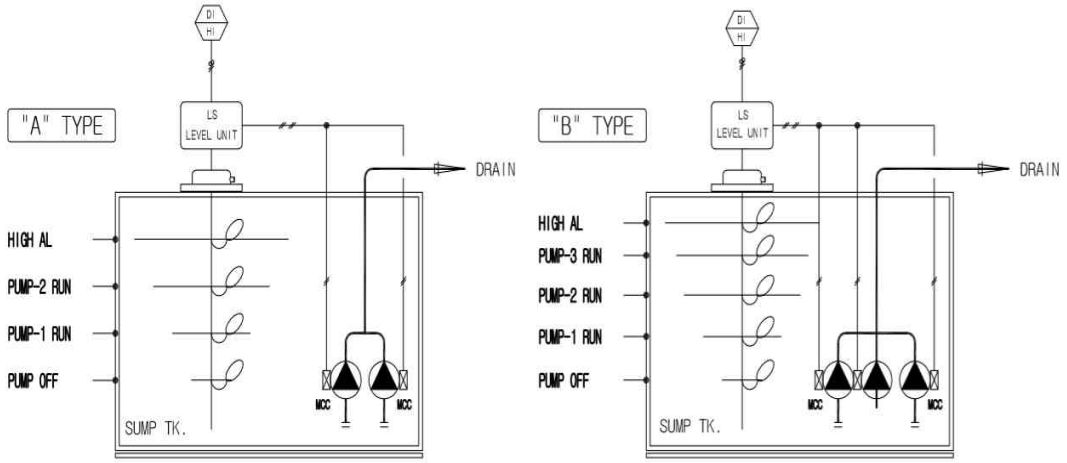


그림 259 배수탱크 자동제어 계통도

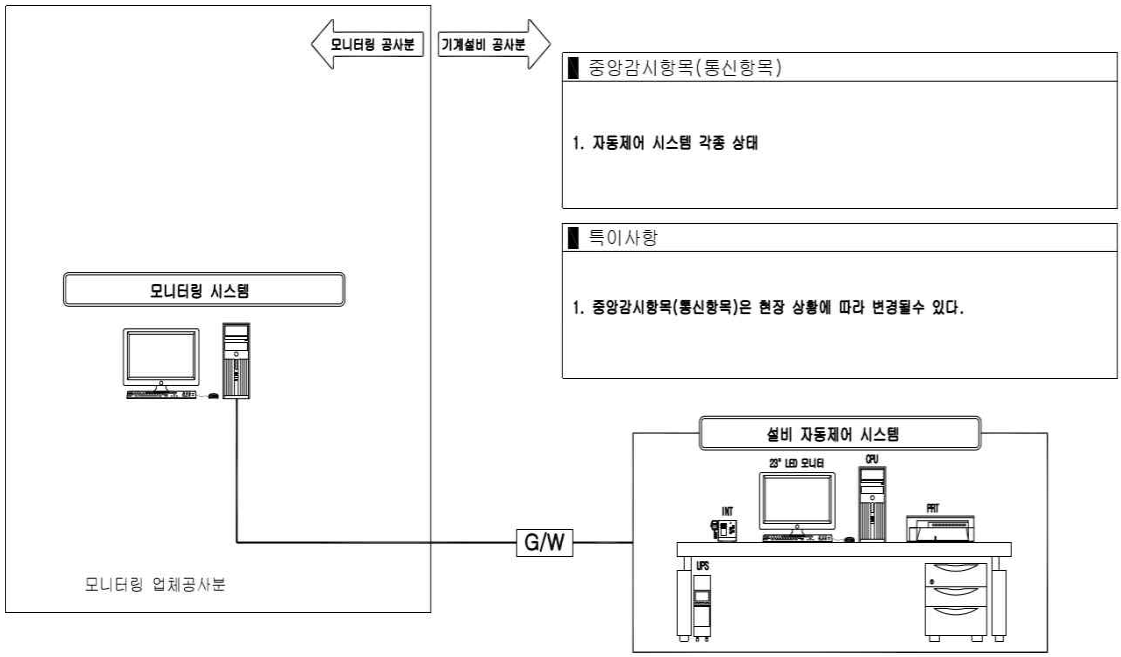


그림 260 지열 자동제어 계통도

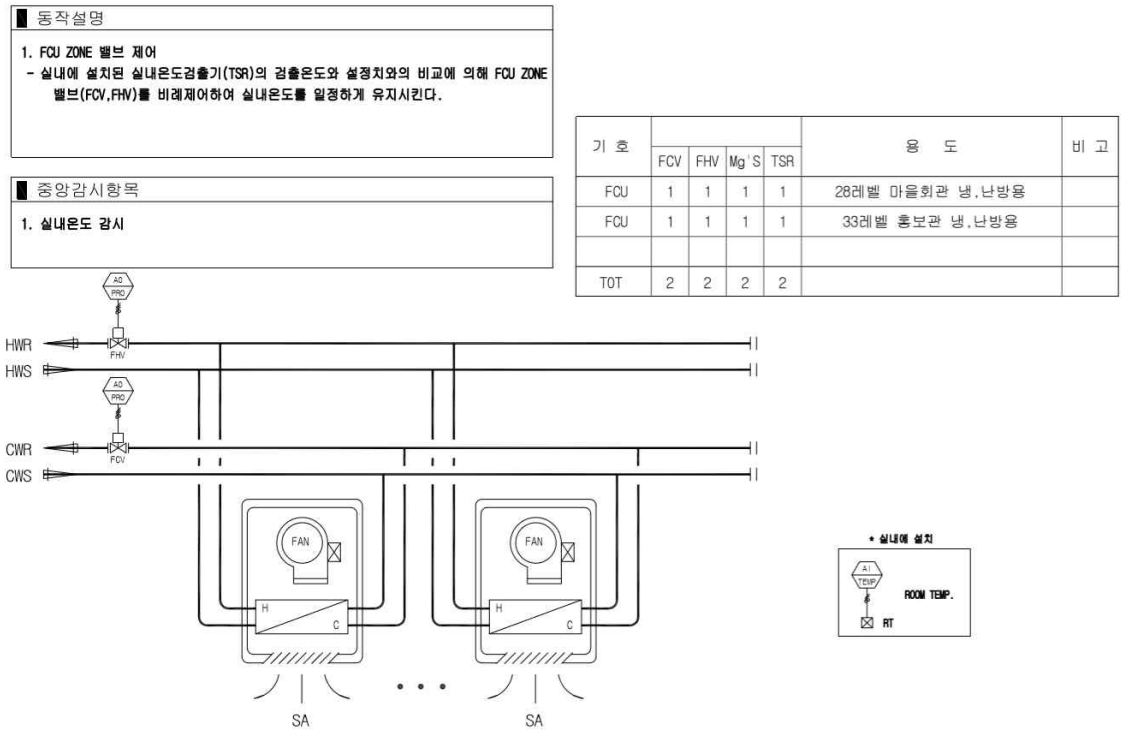


그림 261 FCU 자동제어 계통도

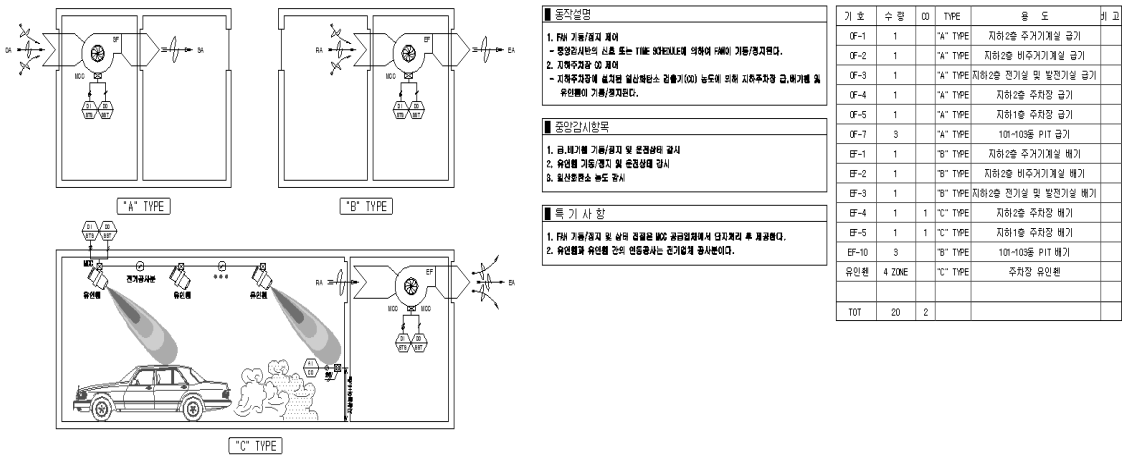


그림 262 FAN 자동제어 계통도

◦ 중앙형 환기장치 수급방안 및 비교 검토

- 아파트동 (101동, 102동, 103동) 중앙형 환기설비로서 각 동별 지하층에 설치.
- 102동 의 환기장치는 독일 PHI인증을 득하기 위한 조건을 만족하여야 함.
- 국내 공기조화 시스템에서 적용이 미미한 중앙형 환기방식으로서 국내산 장비는 성능 검증이 안 되어 있어 수입장비 적용으로 검토.
- 수입장비 사용으로 설치이후 지속적인 소모품 공급 등 유지관리에 대한 방안마련 필요.
- 102동의경우 PHI인증 획득을 목표로 환기장치는 PHI인증제품 사용을 기준으로 하며,아파트 3개동의 중앙형 환기장치 선정시 제시한 상기 사양(시스템에어, 플랙트우즈)으로 적용시 주택성능에 문제가 없을 것으로 판단되며, 설치이후 모니터링을 통하여 PHI인증제품인 외산완제품과 국내조립제품의 비교 검증이 필요하며 중앙형 환기장치의 국내보급이 점차 증가 되므로 국내 장비업계의 기술 개발이 필요하다.

표 205 중앙형 환기장치 비교 표

구 분		설계 권장 기준	Zehnder (젠더)	System Air (시스템에어)	Flakt Woods (플랙트우즈)
이미지		-			
제조사		None	Zehnder (독일)	System Air (독일)	FlakWoods (스웨덴)
모델		None	Zehnder ComfoAir XL 4000	MARK-I3 7000DC	EU 31
유효온도교환효율		87 % 이상	85 %	87 %	84 %
유효전열교환효율		87 % 이상	None	None	84 %
유효열교환효율		(PHI) 75 % 이상	(PHI) 85 %	(PHI) 87%	84% (AHRI)
전체전기에너지소비량		0.45 Wh/㎥ 이하	0.42 Wh/㎥	0.43 Wh/㎥	0.35~0.65 Wh/㎥
습기회수율		70 % 이상	None	None	84.5%
최대환기량		4,000 ㎥/h 이상	4,000 ㎥/h	6,200 ㎥/h	4,000 ㎥/h
기밀성(누기율)		3 % 이하	3 % 이하	2.3 %	1.90 %
쾌적한최소급기온도		16.5 ℃ 이상	16.5 ℃	16.2 ℃	16.5 ℃
열교환기 TYPE		None	판형열교환기(현열)	판형 열교환기(현열)	Rotary형 열교환기(전열)
소음(최대치)		None	84.8 dB	79.6 dB	83.3 dB
휀		None	EC 모터 (인버터기능)	EC 모터 (인버터기능)	EC 모터 (인버터기능)
필터등급		None	OutdoorairfilterF7 ExtractairfilterG4	OutdoorairfilterF7 ExtractairfilterG4	OutdoorairfilterF7 ExtractairfilterG4
by-pass		가능	가능	가능	가능
인증서		PHI (독일패시브인증협회)	PHI (독일패시브인증협회)	PHI (독일패시브인증협회)	Eurovent (유럽공조협회), AHRI (미국냉난방협회)
특장점		· 제로에너지주택 실증단지 구축을 위한 고성능 폐열회수 환기장치 (중앙형) 설계 권장사항 · 102동은 PHI인증기준으로 PHI인증 제품 적용	· PHI 인증품임 · 설계요구사양인 필요기외정압에 미달(정압충족을 위해 상위모델로 변경 필요) · 상위모델 변경에 따른 금액 증가 · Zender 사 국내 공급 에이전시없음 (국내시장 공급불가)	· PHI인증품임 · 설계요구사양인 필요기외정압 등 모든 항목 충족 · 원안에 비해 금액에 상대적으로 저렴함 · Global 회사로 '메네르가'의 모기업	· 설계요구사양인 필요기외정압 충족 · 원안에 비해 금액이 상대적으로 저렴함 · Global 회사로 국내법인설립 운영중 · 국내 법인을 통해 납품 신뢰성 보증 및 유지관리에 유리함 · Eurovent, AHRI 인증제품으로 주요성능 이원안과 동등함
금 액	101동		49,451,000	49,451,000	133,000,000	46,000,000
	102동		214,230,000		174,000,000	
	103동		49,451,000	49,451,000	133,000,000	46,000,000
적용가능여부				X (수입불가)	◎ (수입가능) → 102동적용	◎ (주요부품수입, 국내조립) →101,103동적용

◦ **지열시스템 이용한 복합에너지 시스템 안정성 검토**

- 열원설비를 지열시스템 한가지로 방식으로 적용되어 있어 시스템오류, 장비 고장, 장기간사용시 지중열화현상 등으로 성능 저하시 대처가 불가능하여 예비 열원장치 적용을 검토.
- 예비 열원 장비로서 현장시공 및 유지관리를 고려하여 공사비가 저렴한 도시가스 열원을 이용한 고효율 가스보일러 적용이 유리한 것으로 검토 됨.

표 206 열원 Back-up 시스템 검토방식에 따른 비용표

100% Back-up	1) 지역난방 인입	(1) 지역난방 인입분담금	: 2.1억	3.1억	주기
		(2) 열교환기	: 0.5억		공사금액은 설계예가로 작성 됨 (급탕부하량은 PHI인증기준 적용)
		(3) 배관공사	: 0.5억		
	2) 고효율 온수 보일러	(1) 보일러 (240,000 kcal/h)	: 0.35억	0.65억	
		(2) 가스배관 공사	: 0.15억		
		(3) 연도공사	: 0.15억		
	3) 전기보일러	(1) 전기보일러(125 kW x 2대)	: 0.22억	0.72억	
		(2) 전기공사	: 0.5억		
50% Back-up	2) 고효율 온수 보일러	(1) 보일러 (150,000 kcal/h)	: 0.3억	0.54억	
		(2) 가스배관 공사	: 0.12억		
		(3) 연도공사	: 0.12억		
	4) 전기보일러	(1) 전기보일러(125 kW x 1대)	: 0.11억	0.61억	
		(2) 전기공사	: 0.5억		

◦ **지열 시스템 모니터링 검토**

- 실증단지 열원공급 시스템인 지열히트펌프 계통에서의 냉방, 난방, 급탕 각각의 에너지 소요량 분리계측 할 수 있도록 하여야 한다.
- 공사용 도면을 분석하여 모니터링 열량계, 전력량계, 센서등을 필요한 위치에 설치하도록 검토 함.
- 현안(공사용 도면) 과 개선안

표 207 지열 모니터링 유량계에 대한 현안과 변경안 구성

현안	(1) 냉난방 유량계	1대	지열 자동제어 공사비 분
	(2) 급탕 유량계	1대	
	(3) 전체 전력량계	1대	
	지열시스템 통합 COP 측정 가능 하도록 설계,시공 함.		
변경(안)	(1) 냉난방 열량계	1대	지열 자동제어 공사비 증가
	(2) 급탕 열량계	2대	
	(3) 히트펌프 전력량계 각1대	3대	
	(4) 순환펌프 전력량계	3대	
	(5) 대류펌프 전력량계	3대	
	각 히트펌프 별 전력량계 및 적산열량계를 설치하여 냉.난방 및 급탕의 COP 측정 (실증단지는 5대 에너지 분리계측 필수)		

◦ **지열 시스템 히트펌프, 지중열교환기 계통 및 저탕조(온수탱크) 효율개선 검토**

- 설계 중간과정과 설계완료 이후의 냉방, 난방, 급탕부하의 적정성 재검토 필요
- 냉방, 난방부하는 패시브 건축으로 계획되어 PHPP계산에 의해 부하량 산정 되었으며 외부 브라인드 적용으로 냉방시 필요부하량이 현저히 절감되어 아파트(101동, 102동, 103동)의 경우 중앙형 환기장치의 환기풍량으로도 냉방이 가능하게 설계되었으며, 거주자의 생활패턴에 의해 브라인드를 올리고 생활하게 되면 필요 냉방 부하량이 증가하게 되어 세대별로 필요시 에어컨을 추가로 설치가 가능토록 건축계획에 반영됨.
- 개별세대의 경우 냉방설비는 개별 에어컨 적용하는 것으로 계획 함
- 최종 건축도면 및 적용설비를 기준으로 냉방,난방 필요 부하량을 재검토 하였으며 급탕용량은 한국인의 온수사용 성향을 고려하여 PHPP기준이 아닌 에너지공단 기준으로 검토 하여 저탕탱크의 용량을 증가하는 것으로 변경 적용 함.

1) 부하 검토

표 208 지열 시스템 부하 비교 검토

구 분	설계안	검토안
난방부하	148 kw	128 kW
냉방부하	143 kw	106 kW
급탕부하	117 kw	248 kW

2) 축열탱크 용량 검토

표 209 지열 시스템 축열탱크 용량 비교 검토

구 분	설계안		검토안	
냉,난방용	7 Ton	1대	8 Ton	1대
온수용	7 Ton	1대	8 Ton	2대

- 실증단지 전체의 열원을 지중열교환기에 의해 공급되고 있으며 주거단지 열사용량 특성상 난방, 급탕부하가 많고 냉방이 상대적으로 적은 것을 알 수 있다.
- 장기간 사용하면 지중에서의 열화현상이 발생하여 지중열교환기의 효율이 급격히 떨러지므로 지중에서의 열평형에 개선에 대한 검토.
- 지중열교환기의 배관 존닝 과 배치를 효율적으로 개선하여 지중열화 현상을 방지할 수 있도록 계획.

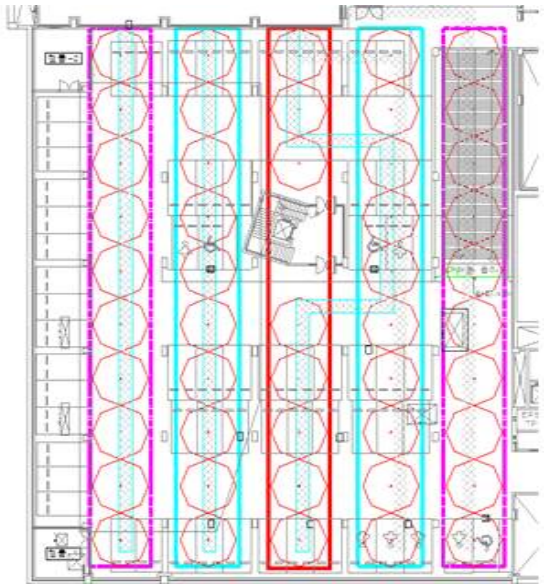
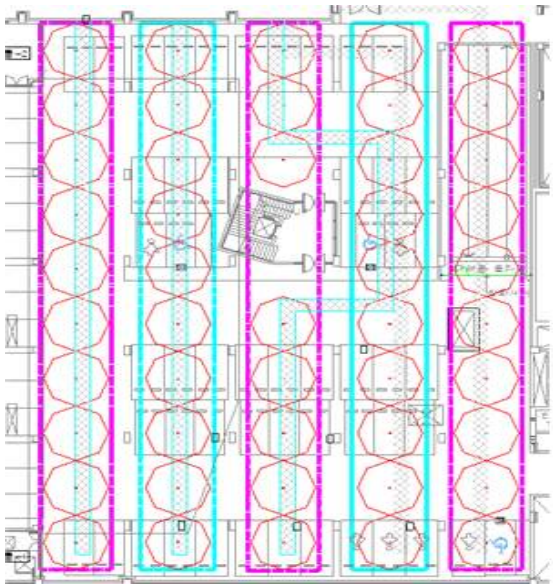
3) 지열히트펌프 용량 검토

표 210 지열 히트펌프 용량 비교 검토

구 분	설계안		검토안	
냉,난방용히트펌프	냉방 114 kW , 난방 109kW	2대	냉방 188 kW , 난방 179 kW	1대
급탕용 히트펌프	150 kW	1대	170 kW (50RT)	1대
			105 kW (30RT)	1대

4) 지중열교환기 배관계획 검토

표 211 지중 열교환기 천공 및 배관 계획 검토

설 계 안	변 경 안
	
지중열교환기 (냉/난방용)	지중열교환기 (예비)	지중열교환기 (냉/난방용)	지중열교환기 (급탕용)	지중열교환기 (급탕용)	지중열교환기 (급탕용)
지중열교환기 (급탕용)	지중열교환기 (급탕용)	지중열교환기 (냉/난방용)	지중열교환기 (냉/난방용)

◦ **액티브 시스템 시운전 보고서**

- 2017년 9월 25일(월), 26일(화) 양일간 시운전을 한 결과 대체적으로 시공이 잘 되었고, 각 개별 시스템의 기능도 원활하나 부분적으로 연구단이 계획한 목표치에 도달하지 않는 부분이 있으므로 차후 보완이 필요함

1) 지열에너지 생산 시스템

(1) 25일 냉수 생산

· 히트펌프의 성능계수(COP) 점검

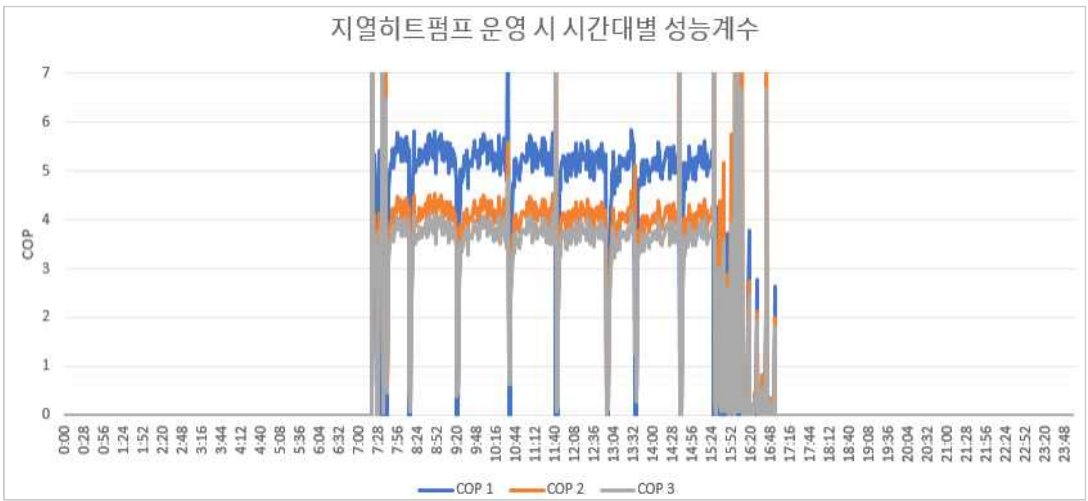


그림 265 지열히트펌프 운영 시 25일 냉수 생산 시간대별 성능계수

① 히트펌프 자체만의 성능계수

- COP 1 = 열에너지생산량/히트펌프전력소비량 = 672.1/131.3 = 5.12

② 히트펌프와 지중 순환펌프를 고려할 때의 성능 계수

- COP 2 = 열에너지생산량/(히트펌프+순환펌프 전력량) = 672.1/172.4 = 3.90

③ 히트펌프와 지중 순환펌프, 저탕조로 가는 대류펌프까지 고려할 때의 성능 계수

- COP 3 = 열에너지생산량/(히트펌프+순환펌프+대류펌프 전력량) = 672.1/192.6 = 3.49

(2) 26일 냉수 생산 (50RT)

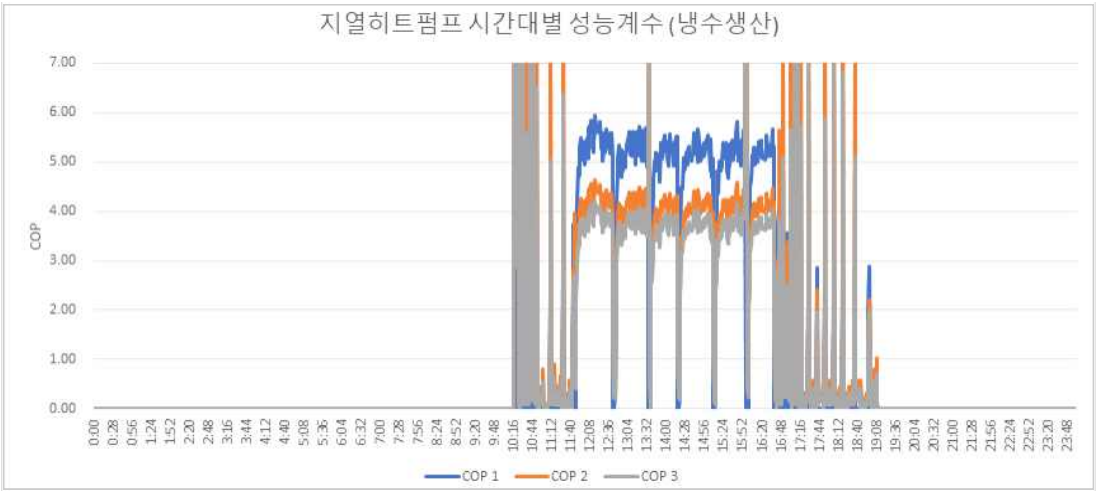


그림 266 지열히트펌프 운영 시 26일 냉수 생산(50RT) 시간대별 성능계수

① 히트펌프 자체만의 성능계수

- COP 1 = 열에너지생산량/히트펌프전력소비량 = 432.9/84.3 = 5.13

② 히트펌프와 지중 순환펌프를 고려할 때의 성능 계수

- COP 2 = 열에너지생산량/(히트펌프+순환펌프 전력량) = 432.9/124.4 = 3.48

③ 히트펌프와 지중 순환펌프, 저탕조로 가는 대류펌프까지 고려할 때의 성능 계수

- COP 3 = 열에너지생산량/(히트펌프+순환펌프+대류펌프 전력량) = 432.9/143.1 = 3.03

(3) 26일 온수 생산1 (50 RT)

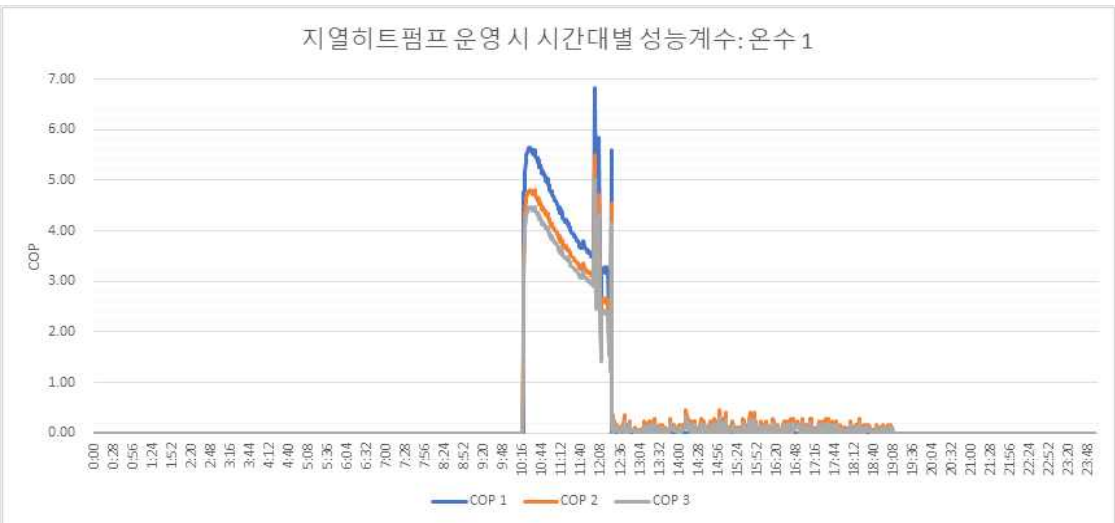


그림 267 지열히트펌프 운영 시 26일 온수 생산(50RT) 시간대별 성능계수

① 히트펌프 자체만의 성능계수

- COP 1 = 열에너지생산량/히트펌프전력소비량 = 410.4/95.4 = 4.30

② 히트펌프와 지중 순환펌프를 고려할 때의 성능 계수

- COP 2 = 열에너지생산량/(히트펌프+순환펌프 전력량) = 410.4/157.7 = 2.60

③ 히트펌프와 지중 순환펌프, 저탕조로 가는 대류펌프까지 고려할 때의 성능 계수

- COP 3 = 열에너지생산량/(히트펌프+순환펌프+대류펌프 전력량) = 410.4/188.9 = 2.17

(4) 26일 온수 생산 2 (30 RT)

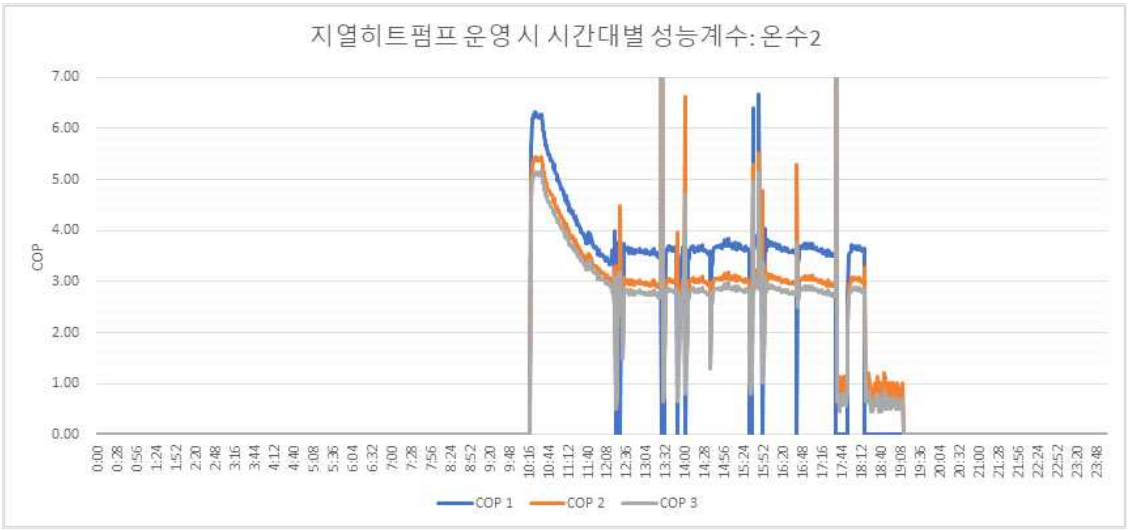


그림 268 지열히트펌프 운영 시 26일 온수 생산(30RT) 시간대별 성능계수

① 히트펌프 자체만의 성능계수

- COP 1 = 열에너지생산량/히트펌프전력소비량 = 613.4/155.7 = 3.94

② 히트펌프와 지중 순환펌프를 고려할 때의 성능 계수

- COP 2 = 열에너지생산량/(히트펌프+순환펌프 전력량) = 613.4/188.6 = 3.25

③ 히트펌프와 지중 순환펌프, 저탕조로 가는 대류펌프까지 고려할 때의 성능 계수

- COP 3 = 열에너지생산량/(히트펌프+순환펌프+대류펌프 전력량) = 613.4/201.9 = 3.04

(5) 지열에너지 생산평가

· 지열히트펌프의 운영과 열에너지 생산은 계획했던 목표에 충분히 도달하여 원활하게 작동을 함.

① 지열히트펌프의 생산 온도 도달

표 212 지열히트펌프의 생산 온도 도달 및 목표달성표

	25일 냉방 운전	26일 냉방/급탕 운전		
	냉방(50 RT)	냉방(50 RT)	급탕(50 RT)	급탕(30 RT)
목표부하출수온도 [℃]	7	7	54	54
도달 온도 [℃]	6	6	53	54.2
목표 달성	○	○	○	○

② 저탕조 운영 목표 도달

표 213 저탕조의 운영 목표 도달 및 목표달성표

	25일 냉방 운전	26일 냉방/급탕 운전		
	냉방(50 RT)	냉방(50 RT)	급탕(50 RT)	급탕(30 RT)
목표 온도 [℃]	7	7	54	54
도달 온도 [℃]	7.1	7.1	52.2	52.8
목표 달성	○	○	△	△

③ 지열히트펌프의 성능계수(COP) 평가

표 214 지열히트펌프의 성능계수(COP) 평가표

	25일 냉방 운전	26일 냉방/급탕 운전		
	냉방(50RT)	냉방(50RT)	급탕(50RT)	급탕(30RT)
제조사 표준 사양서[14]	5.05	5.05	3.86	3.89
히트펌프 COP	5.12	5.13	4.30	3.94
총 COP 1[15]	3.90	3.48	2.60	3.25
총 COP 2	3.49	3.03	2.17	3.04

☞ 냉난방, 급탕용 지열에너지 생산에는 연구단의 목표치에 도달한 것으로 보임. 다만 순환펌프와 대류펌프의 전력소비도 운영상 고려해야 하므로 펌프운영을 더 효율적으로 하는 운영 스케줄의 적용이 추후 필요함

2) 중앙형 열회수 환기장치

(1) 열회수형 환기장치 운영

· 101동 : 환형(로터리식) 열교환기

① 24일 운영에서는 급기덕트(SA)의 온도가 목표온도 15 ℃ 이하로 내려가지 않고, 25일 운영에서도 15 ℃ 이하로 내려가지 않음. 냉수관의 밸브가 100 % 열렸음에도 15 ℃ 이하로 내려가지 않는 이유는 전 세대를 3단으로 했을 때 예상 풍량의 30 % 이상 초과를 했으므로 환기장치의 풍량을 줄이면 15 ℃ 이하로 갈 수 있음

② 대체적으로 급기덕트(SA)는 냉수 공급에 의해 일정 온도를 유지하고 있고, 각 세대가 최대 풍량으로 열어놓았으므로 풍량을 2단으로 줄이고, 중앙형 환기장치의 급기량을 줄이면 더 효율적으로 급기구의 온도를 조절할 수 있을 것으로 보임

③ 열회수효율은 냉방을 하지 않고 운영했을 때 (25~26일) 데이터가 손실되었거나 저장장치에 옮기지 못해 자세히 알 수는 없으나 한밤중에는 목표치을 달성한 것으로 보임

· 102동 : 판형 열교환기

① 25일 운영에는 급기덕트(SA)의 온도가 15 ℃를 유지하고 냉수공급 밸브가 100 % 이하

14) 제조사의 성능계수는 부하측과 열원 측의 온도에 따라 변동이 되므로 참고 사항이고, 실제 성능을 나타내는 지표는 조건을 맞추어서 비교해야 가능함.

15) 동일 히트펌프의 총 COP는 저탕조 상태와 순환펌프, 대류펌프의 운영 스케줄이나 운영 전략에 따라 차이가 나므로 추후에 연구를 통해 최적화를 시켜야 함.

로 열려도 온도를 유지하는 것으로 보아 대체적으로 잘 작동하고 있음

② 열회수 효율 계산에 필요한 충분한 데이터 확보가 되지 않음. 짧은 구간에서는 현열 회수효율이 90 %를 상회함

- 103동 : 환형(로터리식) 열교환기

① 25일 운영에 급기덕트(SA)의 냉방시 온도가 15 ℃ 목표온도에 도달. 103동은 공급 풍량이 설계 풍량보다 약간 적은 상태이므로 풍량을 증가시켜 목표온도 도달 여부를 점검해야 함.

② 다른 측정 기간에는 15 ℃ 이하로 내려가지 않았으므로 103동의 냉수공급 시스템 점검이 필요함

2) 열회수형 환기장치 운영 평가

- 환기장치의 작동도 원활하고 냉방기능도 잘 가동하고 있으나 101동의 풍량이 많은 상태에서 목표온도 15 ℃에 도달하지 못하므로 풍량을 줄여 점검을 해야 함.
- 열회수효율은 좀 더 기간을 두고 운영하면서 점검해야 함. 또한 겨울철에 운영을 하면서 점검을 해야 함.
- 101동과 103동의 전열회수효율은 각 덕트에 습도를 측정하는 장치가 없으므로 각 세대의 습도로 간접 추정할 수 있으나 정확도가 많이 떨어짐.

☞ 중앙형 열회수형 환기장치의 운영은 원활하나 급배기량이 연구단 목표치를 초과하므로 풍량을 약간 낮추거나 높여야 하고, 층별로 세대 내 급배기량의 불균형이 발견되었으므로 오차범위 내에서 세대 내 급배기량의 균형을 맞출 필요가 있음.

3) 난방·급탕 시스템

(1) 난방 시스템

난방시스템 점검은 현실적으로 실내외 온도가 높아 차후 입주 전 세대를 대상으로 실시할 예정

(2) 급탕 시스템

- 난방과 급탕을 동시에 세대내로 공급하는 통합배관 형식이므로 열교환기를 중심으로 점검
- 동일 입상관에서 세 세대나 네 세대의 급탕을 열교환기 성능 내에서 동시에 최대로 개방하고 (15 LMP 이하) 대상 세대에 가서 급탕 온도를 측정
- 한 입상관에서 동시에 최대로 급탕을 사용해도 급탕 공급온도가 유지가 됨.
- 급탕 사용량의 한도 내에서 문제가 없을 것으로 예상
- 전 세대가 아침 피크 시간에 동시에 사용할 때 급탕온도 유지는 차후에 실제 입주자가 있을 때 지열 온수 생산과 저탕조 운영을 보고 판단 가능하나 문제가 없을 것으로 예상.

☞ 세대별 급탕공급이 원활하게 되고 급탕 온수도 목표치에 도달함. 다만 열교환기의 표시부분과 실제 온도가 불일치하는 세대가 발견되었으므로 차후에 점검을 해야 함. 급탕열량계가 설치되어 있으나 열량계의 출력정보가 연구단에서 제시한 종류를 만족하지 못해 차후에 공

급업체에서 수정하기로 함

4) 순환펌프의 운영 최적화

- 기존의 주택에서 하는 방식대로 제어량 검출을 하거나 순환펌프를 제어해서는 제로에너지 주택이나 패시브하우스에서 순환펌프를 운영하는 전력량이 많아질 수 있으므로 최적화 방법을 찾아내야 함. 추후 과제로 1년 이상 운영 후 최적화 방안 도출

5) 지열히트펌프의 운영 최적화

- 전력소모를 최소화하기 위하여 히트펌프의 운영과 연동이 되는 펌프들의 제어를 최적화 시켜야할 필요가 있음. 추후 과제로 1년 이상 운영 후 평가하여 최적제어를 해야 함.

나. 제로에너지 주택단지 홍보

(1) D-1 제로에너지 주택단지 홍보관 구축

연구개요

■ 연구기관 : 프리모케이앤에스(주)

■ 연구기간 : 2013.10.14.~2017.10.13.(5차년)

■ 연구목표 :

◦ 지속 가능형 제로에너지 주택단지 홍보관 구축을 통해 지속적인 제로에너지 주택의 홍보

◦ 다양한 전시프로그램을 통한 제로에너지 주택기술 교육과 홍보로 보급 확대 및 인식개선

◦ 제로에너지주택 실증단지 홍보관을 통해 다양한 계층에 대한 체험을 통해 제로에너지주택에 대한 여러 가지 교육 및 실제 에너지 효율에 대한 정보제공

연구내용

◦ 제로에너지주택의 국내·외 사례를 통해 홍보관의 컨텐츠 제안방향 설정 및 기존 홍보관과 차별화된 컨텐츠 개발한다.

◦ 제로에너지주택의 소개와 교육이 가능한 자료 확보 및 교육 공간의 확보를 통해 제로에너지 주택의 우수성을 홍보할 기회 마련한다.

◦ 제로에너지 주택단지의 홍보관 구축을 위해 컨텐츠 제안과 인테리어 도면 작업을 통해 효율적인 공간 계획과 컨텐츠의 효과적인 배치계획으로 홍보관 구축 전 가이드라인을 제시한다.

◦ 제로에너지 주택 실증단지 구축 현장을 고정 카메라로 촬영하여 현장의 전반적인 모습을 타임렙스 영상으로 촬영하여 시공 과정과 시공기술에 대한 과정을 홍보관 내부 전시존에 상영하여 관람객을 위한 홍보 교육용 자료 및 공정 확인용 자료로 활용한다.

◦ 대국민 홍보를 위해 제로에너지 기술관련 기술과 관련 자재의 실물을 전시하여 직접적인 체험 교육이 가능한 공간으로 구성하여 교육에 질을 높이고 전시 진행이 자연스럽게 연결 될 수 있도록 하여 보다 쉽고 재미있게 제로에너지 주택 홍보와 인식개선에 기여한다.

◦ 기존의 타 기업 및 기관의 홍보영상은 기술적인 부분과 특 장점을 위주로 소개를 하는 영상인 반면, 제로에너지주택 실증단지 프로젝트의 당위성을 이야기함과 동시에 타깃 층(일반인)의 눈높이에 맞는 보다 쉽고 편안한 내용으로 기획하여 홍보관 뿐만 아니라 유투브, 전시장 등의 다양한 장소에서 교육 자료로 다양하게 활용할 수 있도록 제작 활용한다.

연구성과

■ 홍보영상제작 2건(추가)



그림 269 2014년 05월 제로에너지 홍보영상 제작/수정

■ 홍보부스제작 2건(추가)



그림 270 2014년 국토교통 기술대전 홍보부스 제작



그림 271 2014년 올해의 건축가 100인 국제전 홍보물 제작

■ 홍보관 구축 1건



그림 272 유사 사례조사 및 컨텐츠 조사



그림 273 유사 사례조사 및 컨텐츠 조사



그림 274 1차 디자인 작업 및 컨텐츠 제안



그림 275 2차 디자인 작업 및 컨텐츠 제안



그림 276 3차 디자인 작업 및 컨텐츠 제안

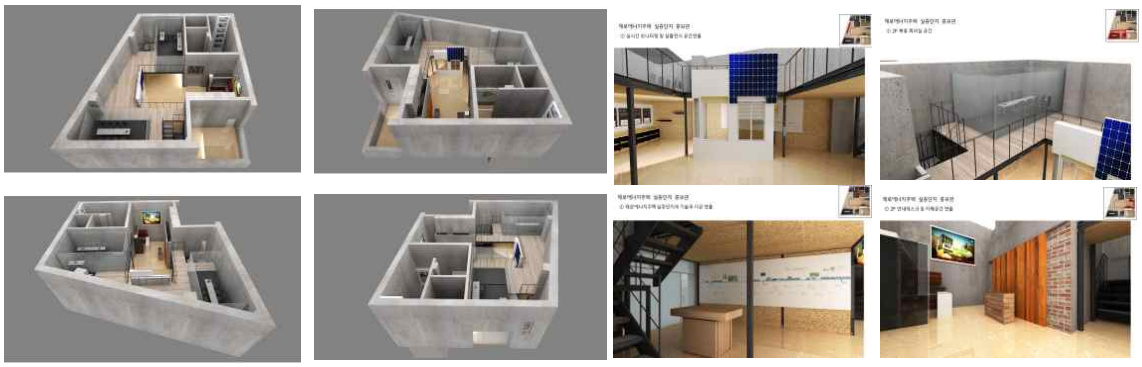


그림 277 4차 디자인 작업 및 컨텐츠 제안



그림 278 5차 디자인 작업 및 컨텐츠 제안



그림 279 6차 디자인 작업 및 컨텐츠 제안

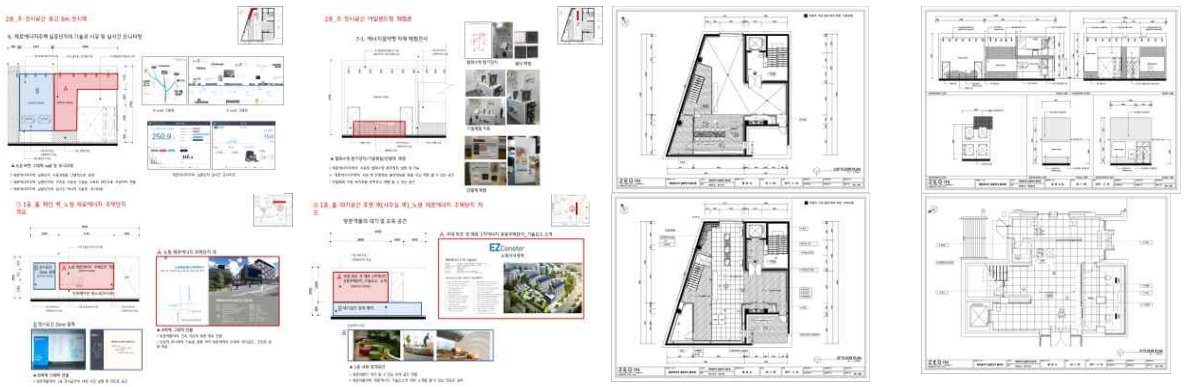


그림 280 7차 디자인/도면 작업 및 컨텐츠 제안

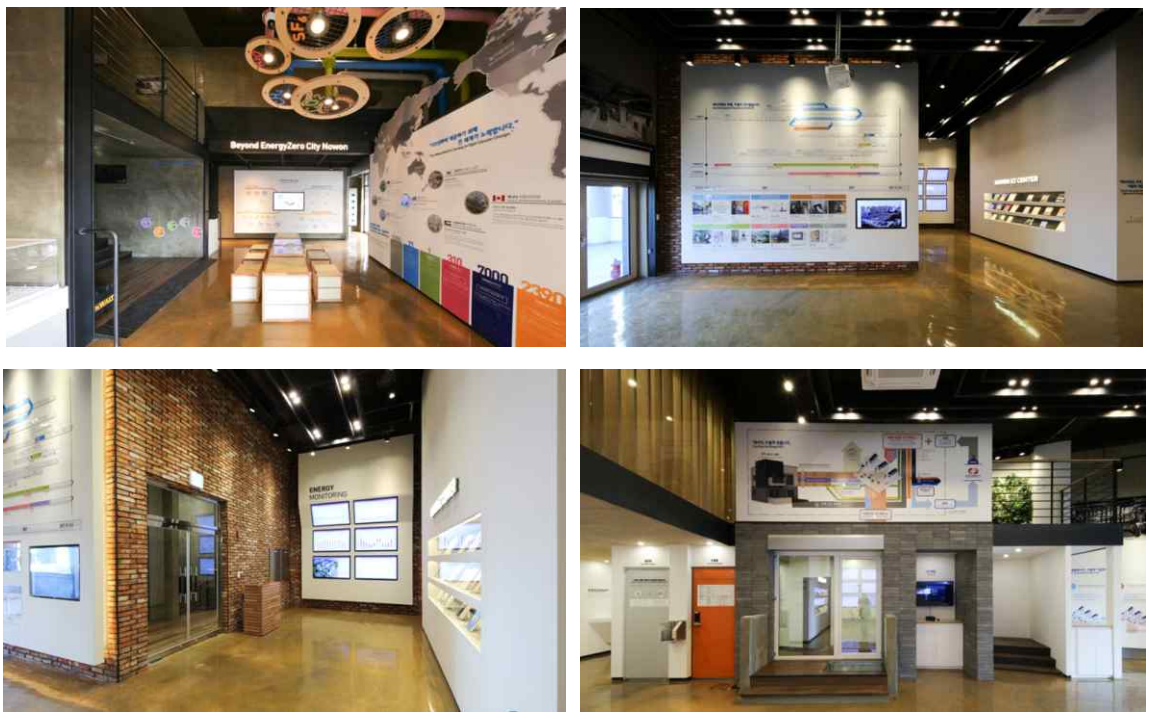


그림 281 홍보관 구축 완료 1

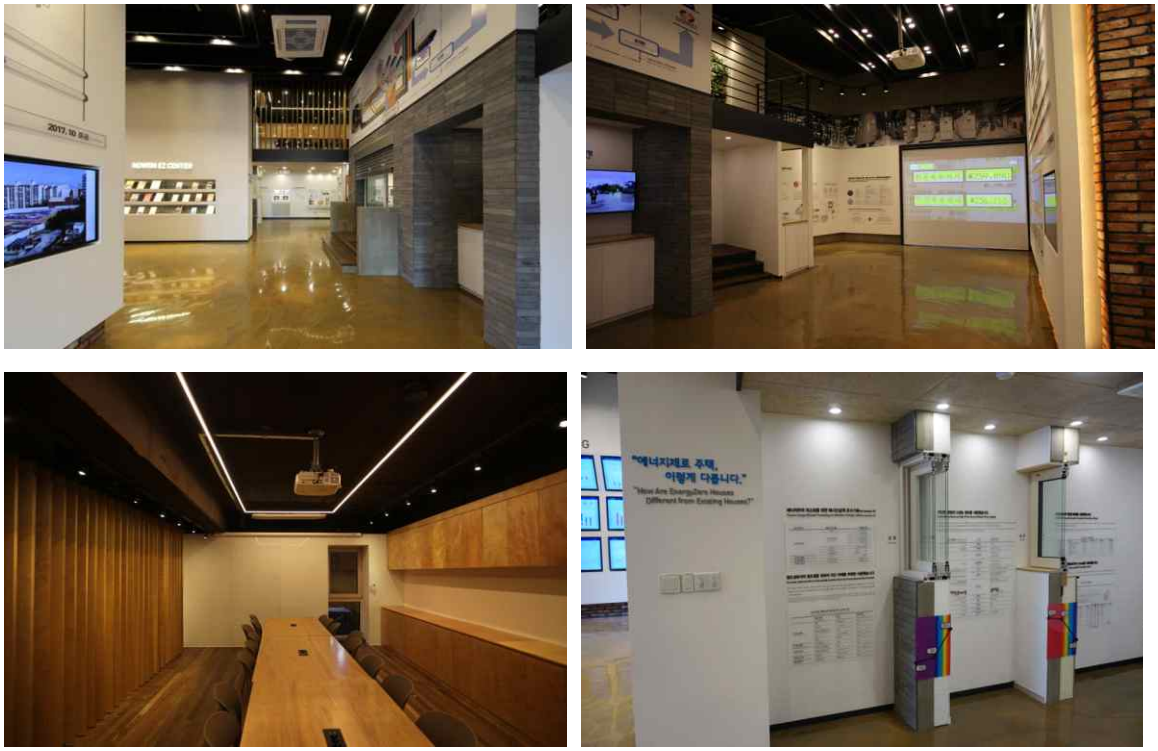


그림 282 홍보관 구축 완료 2

■ 목업주택 컨텐츠 제작 1건(추가)



그림 283 목업주택 컨텐츠 디자인 및 제작

■ 타임랩스 영상 제작 1건(추가)



그림 284 2015년 10월 타임랩스 카메라 및 영상 제작

(2) D-2 제로에너지 주택단지 다큐멘터리 제작

연구개요

■ 연구기관 : 프리모케이앤에스(주)

■ 연구기간 : 2013.10.14.~2017.10.13.(5차년)

■ 연구목표 :

◦ 본 연구과제의 목적은 제로에너지주택 실증단지의 국민인식개선과 이해를 위한 다큐멘터리 제작 및 방영으로 제로에너지 주택단지에 대한 국민의 긍정적 이미지 구축, 확산

◦ 제로에너지 주택의 장점, 효율 등을 지상파 방영을 통행 제로에너지 주택 보급 확대/인식개선

◦ 제로에너지 주택단지의 대국민인식개선과 이해를 위한 다큐멘터리 제작 및 방영을 통해 제로에너지 주택의 보급/확산

연구내용

◦ 해외 성공적인 제로에너지 주택 사례 조사를 바탕으로 자료 수집 및 기획을 통해 다큐멘터리 제작 및 지상파 방영하여 제로에너지 주택의 우수성을 널리 홍보 한다.

◦ 조사 된 해외 선례국가 방문 계획 수립 및 촬영 계획 등을 수립 후 지상파 방영을 위한 방송사 컨택 작업 등 통해 홍보 방안을 마련한다.

◦ 지속적인 홍보를 위해 연구기간 동안 순차적으로 다큐멘터리를 제작/방영하여 제로에너지 주택에 대한 관심을 지속적으로 가질 수 있도록 시나리오를 구성하여 방영 한다 .

◦ 제로에너지 주택 실증단지 홍보관 구축이후 촬영 및 방영된 다큐멘터리 영상을 홍보/교육용 자료로 활용 할 수 있도록 제작 단계부터 교육에 필요한 내용들이 담길 수 있도록 시나리오를 계획하여 활용한다.

연구성과

■ 다큐멘터리 영상 제작 2건, 7건(추가)

- 제로에너지 주택실증단지 다큐멘터리 1부

▼ 제로에너지주택 1부

※ 프로그램 편성 : SBS 생방송 투데이 (월 ~ 목요일 18:05 ~ 19:20)
※ 기획의도
: 겨울철 난방비가 급증 하는 가운데, 에너지를 적게 쓰는 신기술을 이용해 일반 주택보다 냉·난방의 에너지 소모량을 50% 줄이고,
태양광 등 신재생 에너지를 활용해서 '돈을 버는' 주거환경 제로에너지주택에 대한 비교/검증
※ 촬영 스케줄 : 11월 4째주
: 노원에코센터 -> 노원구청-> 공릉동 보건지소-> 중랑천 생태교육관
※ 프로그램 제목 : '돈버는 집의 비밀' 제로에너지 주택
※ 방송일 : 2014년 11월 25일(화)



다큐멘터리 제로에너지 주택 (1부)

- 제로에너지 주택실증단지 다큐멘터리 2부

▼ 제로에너지주택 2부

※ 프로그램 편성 : SBS 생방송 투데이 (월 ~ 목요일 18:05 ~ 19:20)
※ 기획의도
: 곰팡이 질병 등 주거 환경에 대한 우려의 목소리가 커지는 가운데 건강과 경제성을 동시에 만족시키는
'인간, 사회, 에너지, 환경복지'의 꿈을 실현한 제로에너지 건축물의 현주소를 들여다보자!
※ 촬영 스케줄 : 11월 5째주
: 제로에너지 실증단지 -> 익산 패시브 하우스
※ 프로그램 제목 : '건강 돈 모두 잡았다' 제로에너지 주택
※ 방송일 : 2014년 12월 2일(화)



다큐멘터리 제로에너지 주택 (2부)

- 제로에너지 주택실증단지 다큐멘터리 3부

▼ 제로에너지주택 3부

※ 프로그램 편성 : SBS 생방송 투데이 (월 ~ 목요일 18:05 ~ 19:20)
※ 기획의도
: 우리나라 사람들의 집에 대한 인식과 해외국가의 패시브하우스에 대한 인식과 견해를 통해 패시브 하우스의 필요성과 중요성 도출
패시브하우스의 주요 장점과 구조 소개
※ 촬영 스케줄 : 2월 3째주
: 오스트리아 인스브루크
※ 프로그램 제목 : '살기 좋은 집 만들기' 집이 진화한다, 패시브 하우스
※ 방송일 : 2015년 3월 16일(월)



다큐멘터리 제로에너지 주택 (3부)

- 제로에너지 주택실증단지 다큐멘터리 4부

▼ 제로에너지주택 4부

※ 프로그램 편성 : SBS 생방송 투데이 (월 ~ 목요일 18:05 ~ 19:20)
※ 기획의도
: 우리나라의 패시브하우스의 현주소와 전문가의 인터뷰를 통하여 필요성을 인지
해외 국가의 패시브하우스의 규모와 정책에 대한 소개
※ 촬영 스케줄 : 2월 3째주
: 동탄 캥거루 패시브하우스, 하이델베르크 반슈타트
※ 프로그램 제목 : '살기 좋은 집 만들기' 미래를 짓다! 패시브 하우스
※ 방송일 : 2015년 3월 23일(월)



다큐멘터리 제로에너지 주택 (4부)

- 제로에너지 주택실증단지 다큐멘터리 5부

▼ 제로에너지주택 5부

※ 프로그램 편성 : SBS 생방송 투데이 (월 ~ 목요일 18:05 ~ 19:20)
※ 기획의도
: 패시브하우스의 장점과 해외 국가의 정부지원상황을 파악하고 국내의 패시브하우스의 사례를 확인
※ 촬영 스케줄 : 2월 4째주
: 독일 하이델베르크, 오스트리아 인스브루크, 성남 삼평동 우체국(패시브 하우스), 포천시 경로당(패시브 하우스)
※ 프로그램 제목 : '살기 좋은 집 만들기' 에너지 제로, 패시브 하우스
※ 방송일 : 2015년 3월 30일(월)



다큐멘터리 제로에너지 주택 (5부)

- 제로에너지 주택실증단지 다큐멘터리 6부

▼ 제로에너지주택 6부

※ 프로그램 편성 : SBS 생방송 투데이 (월 ~ 목요일 18:05 ~ 19:20)
※ 기획의도
: 해외국가의 패시브 하우스 건축 시스템을 들여다보고 국내 패시브 하우스의 현주소를 알아보자.
우리나라의 패시브 하우스 연구와 실행에 대한 준비와 노력, 정부의 정책 확인
제로 에너지 실증단지 소개
※ 촬영 스케줄 : 2월 4째주
: 독일 하이델베르크, 프랑크프루트, 공릉 보건지소(패시브 하우스)
※ 프로그램 제목 : '살기 좋은 집 만들기' 지구를 위한 건강한 집, 패시브 하우스
※ 방송일 : 2015년 4월 6일(월)



다큐멘터리 제로에너지 주택 (6부)

- 일요특선 다큐멘터리 ‘숨은 돈을 잡아라, 에너지 ‘

※ 프로그램 편성 : SBS 일요 특선 다큐멘터리 53회 (2015년 11월 1일 07:20)

※ 기획의도

: 신재생에너지를 이용한 국내 발전현장을 비롯해 항공기용 태양광 배터리 등 에너지의 효율성을 높이기 위한 기술개발, 그리고 세계 환경 수도라 불리는 독일의 프라이부르크 현지 모습을 통해 신재생에너지의 가치와 성장 가능성을 짚어보고 에너지를 대하는 새로운 시각을 함께 고민해 보는 시간

※ 프로그램 제목 : ‘숨은 돈을 잡아라, 에너지’

※ 방송일 : 2015년 11월 1일(일) 07:20



다큐멘터리 제로에너지 주택 (7부)

- 새로운 주거의 패러다임, 제로 에너지 주택!

※ 프로그램 편성 : SBS 일요 특선 다큐멘터리 (2017년 11월 24일 07:20)

※ 기획의도

: 냉난방비, 전기비 걱정 없는 서민들을 위한 친환경 제로에너지 주택

주택도 새로운 패러다임이 필요한 시대, 이상화탄소를 줄이고 에너지를 스스로 만드는 신 개념 주택 만들기 프로젝트

※ 프로그램 제목 : ‘새로운 주거의 패러다임, 제로 에너지 주택’

※ 방송일 : 2017년 11월 24일(금) 07:20



다큐멘터리 제로에너지 주택 (8부)

- 주거의 패러다임이 바뀐다, 제로 에너지 주택

※ 프로그램 편성 : SBS 일요 특선 다큐멘터리 (2017년 12월 08일 07:20)

※ 기획의도

: 대한민국에서 가장 고질적인 문제인 주거! 하지만 주거보다 더 큰 문제 겨울철 난방비 폭탄을 해결할 대한민국 주거의 패러다임을 바꿀 친환경 제로 에너지 주택을 소개합니다.

※ 프로그램 제목 : ‘주거의 패러다임이 바뀐다, 제로 에너지 주택’

※ 방송일 : 2017년 12월 08일(금) 07:20



다큐멘터리 제로에너지 주택 (9부)

■ 노원 에너지제로 홍보영상 제작 1건(추가)

• 노원 에너지제로 하우스 홍보영상

※ 프로그램 편성 : 자체 사용

※ 기획의도

: 주택의 새로운 패러다임 제로에너지 주택, 새로운 주거환경을 위한 실험, 4년여 간에 걸친 프로젝트, 한국 최초의 제로에너지 주택단지, 2017년 겨울 노원 에너지제로 주택의 문이 열립니다.

※ 프로그램 제목 : ‘노원 에너지제로 하우스 홍보영상



홍보영상

\

(3) D-3 홈페이지 및 홍보물 제작

연구개요

■ 연구기관 : 프리모케이앤에스(주)

■ 연구기간 : 2013.10.14.~2017.10.13.(5차년)

■ 연구목표 :

◦ 제로에너지주택 실증단지 국민인식개선과 이해를 위한 교육 및 단지 활용화 방안 연구 및 실현

◦ 국내·외 제로에너지주택단지 비교를 통한 입주자 행동강령제시 방안 연구 및 제작

◦ 국민적 관심도 증대를 위한 단계별 제로에너지주택 실증단지 국내외 홍보계획 수립 및 실현

연구내용

◦ 제로에너지 주택실증단지 연구단 홍보 브로슈어

- 제로에너지 주택실증단지 구축 사업에 대한 이해를 도모하기 위한 간결하고 함축적인 홍보물 기획 및 제작.
- 제로에너지주택의 조감도, 실증단지의 모델과 설계 철학, 건축 개요 등을 알기 쉽게 표현 할 수 있도록 Design 하여 쉽게 각인 될 수 있도록 제작

◦제로에너지 목업주택 브로슈어

- 목업주택 브로슈어는 제로에너지주택 최적화 디자인 개발 및 실증단지 구축에 대한 이해 도모를 위한 홍보물로써 제작되었음.
- 제로에너지주택에 대한 건축 개요, 구체적인 기술요소, 조경 계획 등 실 소비자들이 궁금해 하는 내용을 쉽게 Design함으로써 Message 전달이 쉽게 될 수 있도록 제작하였음.

◦ 제로에너지주택 실증단지 B.I

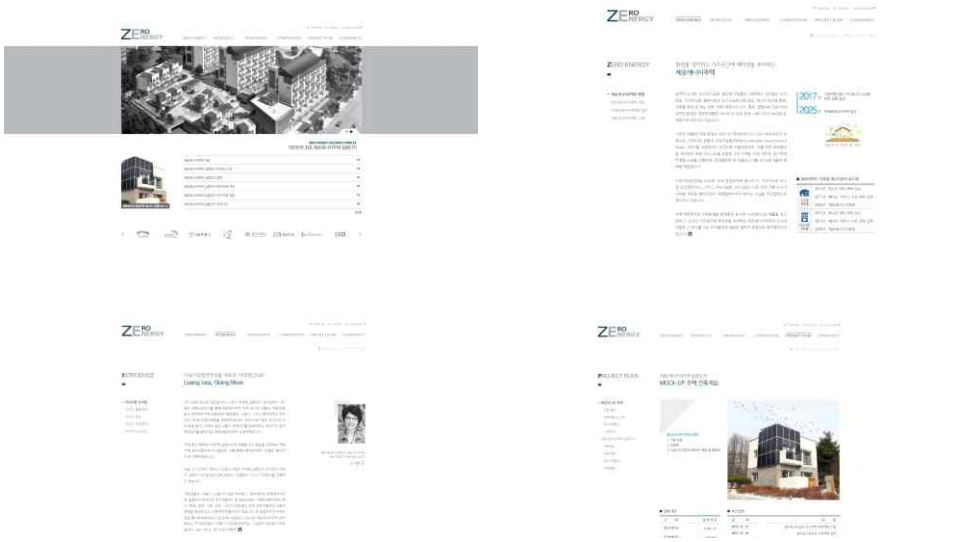
- 제로에너지주택 실증단지에 대한 Brand Identity 개발을 통해 제로에너지주택 실증단지를 대표하는 Image를 통해 쉽게 사람들로 하여금 각인 될 수 있도록 제작하였음.

◦ 제로에너지주택 홈페이지 제작

- 제로에너지주택 웹사이트 최적화 모델 개발 및 실증단지 구축 사업에 대한 일반인 및 관계자의 이해를 도모하기 위해 웹사이트로 제작, 접근성을 높였음.
- 제로에너지주택의 개념, 해외 사례들, 연구단 소개와 함께 철학을 담고, 커뮤니티 부분을 강조하여 의견 공유와 이해를 돕도록 함.
- 지속적인 업데이트 및 유지관리를 통해 홈페이지의 활용성을 높이고 효율적인 운영이 가능 하도록 함.

연구성과

■ 홈페이지 제작 1건



■ 홈페이지 관람예약 시스템 구축 1건(추가)

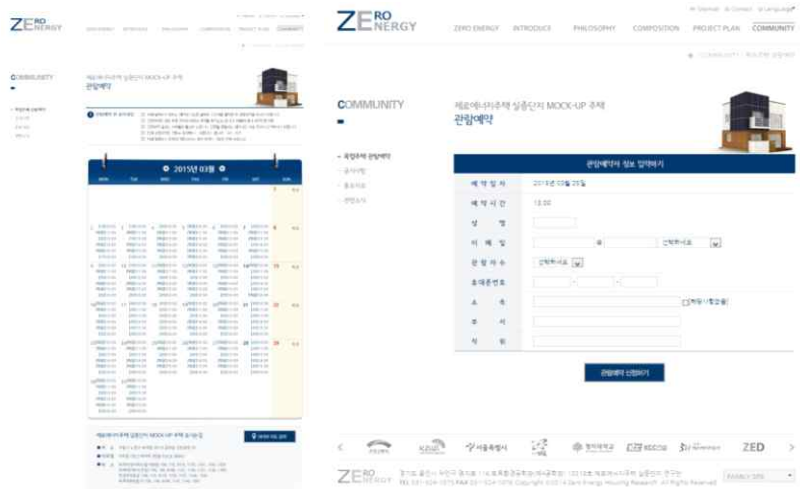


그림 306 제로에너지주택 관람예약 시스템 추가 구축

■ 홈페이지 영문/중문 페이지 제작 1건(추가)



그림 307 홈페이지 영문 페이지 제작

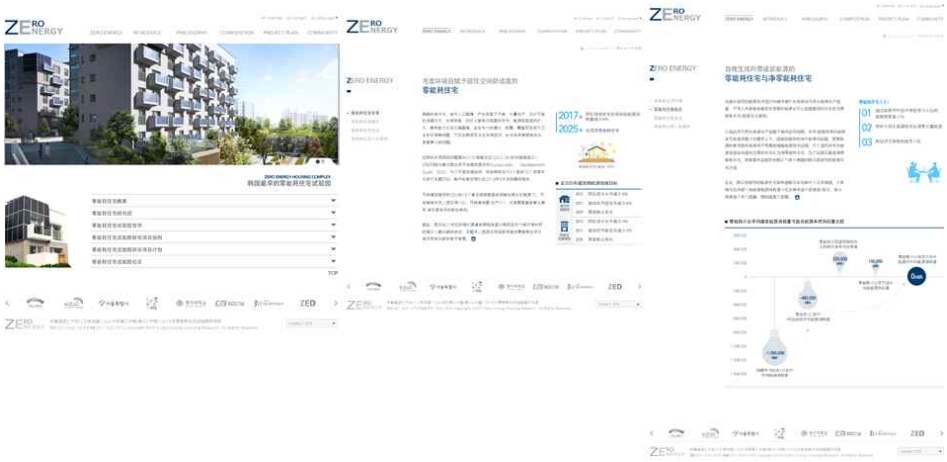


그림 308 홈페이지 중문 페이지 제작

■ 홈페이지 리뉴얼 작업 1건(추가)



그림 309 홈페이지 리뉴얼 작업

■ 홍보물 제작 2건(추가)



그림 310 목업주택 브로슈어 /실증단지 홍보 브로슈어

■ 디자인 출원 4건

- 제로에너지 실증단지 홍보물 디자인 출원



2차년, 3차년 제로에너지 실증단지 홍보물 디자인 출원

- 제로에너지 실증단지 홍보물 디자인 출원



그림 311 4차년, 5차년 제로에너지 실증단지 홍보물 디자인 출원

3.4 3세부과제

가. 제로에너지 성능 검증방법 개발

(1) E-1 주택에너지 및 쾌적성 성능평가 지표개발 및 기준수립

연구개요

■ 연구기간 : 1차년도 ~ 5차년도(2013.10 ~ 2018.04)

■ 연구목표 : 5대에너지 분리계측을 통한 실증단지 에너지성능평가 모니터링 기법 최종 도출

연구내용

■ 제로에너지주택과의 비교를 위한 기존 공동주택 에너지사용비용 및 에너지 소비패턴 분석

- 우리나라에서는 에너지경제연구원에서 매년 '에너지 총조사 보고서'를 발간하고 있으며, 연간 사용되는 모든 에너지 유형(산업, 수송, 상업, 공공 및 가구 부문)으로 나누어 각 부문별 특성에 따라 에너지 소비구조 및 행태 조사 결과를 제시하고 있다.
- 가정부문의 경우 총에너지 소비량, 가구당 소비량, 1인당 소비량을 제시하고 있으나, 이는 최종 전체 사용량에 대한 정량적 값만을 제시하고 있어, 주택의 유형(단독, 공동주택)에 따른 사용량, 사용 패턴 등의 추가적 연구가 필요하다.
- 제로에너지 주택 실증단지는 공공임대주택의 특성에 따른 에너지 수요 결정 요인 분석을 위하여 가구원의 수, 직업, 연령 등에 따른 에너지 사용 패턴 및 비용에 관한 설문조사를 실시하였다.
- 임대주택 가구부분의 에너지원별 소비구조 및 소비행태를 분석하여 자료 기반 구축을 통해 에너지 정책 수립 및 실증단지 계획의 기초 자료로 활용하고자 하였다.

• 기존 국민임대주택 설문조사 개요

- 서울시 소재 강동구, 노원구 지역의 국민임대주택에 거주하는 입주민을 대상으로 설문조사를 실시하였으며, 조사 방법은 일지형, 자기 기입식 방법으로 조사하였다.
- 설문조사 기간은 2014년 3월 1일(토)부터 2014년 3월 9일(일)까지 9일간 실시하였고, 주중 5일(월~금, 평일 평균 1일 사용), 주말2일(토 · 일, 주말 평균 1일 사용)의 데이터를 취합하였다.
- 설문조사에 활용된 유효 표본의 수는 국민임대주택 310가구(강동구 155세대, 노원구 155세대)이다.
- 강동구는 2011년 1월 준공, 노원구는 2009년 12월 준공한 공공임대주택으로 분양주택, 장기전세주택, 국민임대주택으로 구성되어 있다. 이 중 국민임대주택은 강동구 371세대, 노원구 264세대이며, 난방방식은 두 단지 모두 지역난방을 사용하고 있다.
- 설문조사에 활용된 조사대상 면적은 강동구 49㎡, 노원구 39㎡ 및 49㎡이다.
- 본 연구의 1차년도는 동절기 난방, 급탕 에너지 사용 패턴에 관한 설문을 진행하였으며, 2~3차년도에 하절기를 대상으로 동일한 설문조사를 실시할 예정이다.

- 설문기간의 기온[16]은 최저기온 영하 4.6℃, 최고기온 영상 11.9℃이며, 평균 기온은 영상 2.9℃, 강수는 없었다.
- 설문조사의 내용은 아래 표와 같다.

[표 226] 설문조사 주요 내용

구분	주요 사항	조사 항목
1	주택에 관한 기본 사항	가구면적, 주택층수 및 주택방향 커튼 설치여부, 복도창호 설치여부 현 주소 거주 기간, 실(방)의 구성
2	가구에 관한 사항	가구원수 및 가구원 구성 세대소득수준 세대원 나이, 성별, 직업
3	가전기기 보유현황	TV, 세탁기, 에어컨, 냉장고, 컴퓨터, 선풍기, 청소기, 전기장판, 전기밥솥, 전자레인지, 모니터, 오디오 보유수
4	에너지 사용 비용	난방사용료 세대 전기 사용료 급탕사용료 공용 전기 사용료
5	에너지 사용 비용의 적정성	난방비용의 적정성 전기사용료의 적정성 급탕비용의 적정성 공용전기료의 적정성
6	임대료 및 임대료 적정성	월임대료 및 연간 임대 보증금 조사 월임대료 및 연간 임대 보증금의 적정성
7	에너지 사용 스케줄	환기횟수, 급탕사용시간 실(방)별 난방사용시간(방1, 방2, 방3, 거실, 주방, 기타)

① 설문데이터 분석 개요 - 대상가구 기본 정보

- 대상가구 기본 정보 : 전체 조사 대상자의 가구 면적별 비율은 면적 49㎡, 64.8%, 면적 39㎡, 35.2%이며, 층수별 분포는 1 ~ 5층, 38.1%, 6 ~ 10층 44.2%, 11 ~ 15층 17.7%의 비율로 나타났다.
- 가구별 전면의 향은 남향이 74.5%, 동향 19.4%, 서향 6.1%이며, 거실의 전면부 커튼을 설치하고 있는 가구는 62.9%, 커튼 미사용 37.1%로 나타났다. 대상 공동주택의 경우 복도식 형태로 복도의 창호 설치에 관한 조사를 실시하였으나, 복도 창호 설치가 96.8%로 대부분의 세대가 복도 창호를 설치하는 것으로 나타났다.
- 에너지 사용 패턴 조사를 위하여 실내공간의 온도 설정 여부 및 설정 온도 분포를 조사하였으며, 19℃ 미만 설정은 18.1%, 20 ~ 21℃설정은 27.7%, 22 ~ 23℃ 설정은 21.6%, 24℃이상은 11.0%, 설정하지 않음이 21.6%의 분포로 나타났다.
- 거주기간의 비율은 3년 미만이 53.6%, 3년 이상이 46.1% 분포로 나타났으며, 베란다 확장의 경우 50.0% 정도가 확장한 것으로 나타났다.
- 가구원의 소득수준은 150만원 미만이 41.9%, 150 ~ 200만원 29.4%, 200 ~ 250만원은 15.5%, 250 ~ 300만원은 11.3%, 300만원 이상은 1.9%로 나타났다

16) 기상청, 지상관측자료, 일별자료 참고



[그림 312] 지역, 가구면적, 층수별 비율



[그림 313] 전면의 향, 커튼 유무, 복도 창호 유무 비율



[그림 314] 베란다 확장 유무, 거주기간, 실내 설정 온도별 비율



[그림 315] 소득수준 및 가구원 수 비율

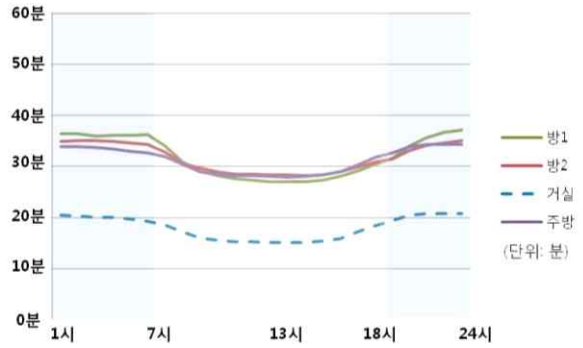


[그림 316] 가구원수별 직업 분포

- 가구원 수와 직업 분포를 살펴보면, 1인 가구에서는 무직/기타의 비중이 55%로 가장 높게 나타났고, 2~3인 가구에서는 직장인의 비중이, 4~5인 가구에서는 학생의 직업 분포가 가장 높은 것으로 조사되었다.

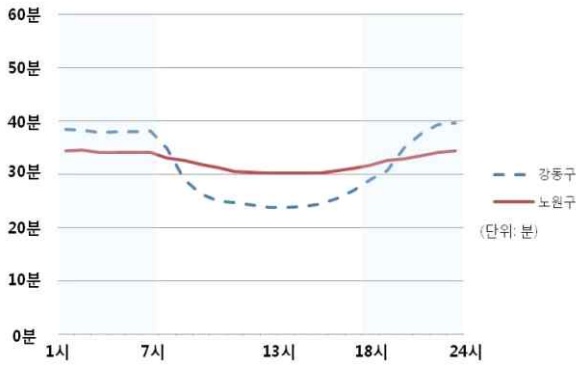
② 설문데이터 분석 결과 - 난방 에너지 사용

- 가구면적, 해당 층, 전면의 향, 거실커튼설치여부, 복도창호 설치 유무, 실내 온도 설정여부, 세대 소득수준 내역을 조사하였으나, 통계분석을 통해 에너지 사용량에 영향을 미치는 유의미한 수준의 요인은 발견되지 않았다.
- 본 연구의 설문조사는 기존 임대주택의 특성 파악 및 기반 데이터 구축을 위한 목적으로 실시한 것으로 의미가 있다. 또한 추후 표본의 수 확장, 하절기 데이터 취합, 제로에너지 주택단지 모니터링 결과 등을 포함한 자료 및 분석 결과는 주택정책 및 연구 분야에서 큰 의미가 있을 것으로 예상된다.
- 난방 에너지 사용 패턴 조사는 가구의 실별(방1, 방2, 거실, 주방) 자료를 조사하였으며, 실별 난방 조절(On-Off)이 가능하였으며, 24시간동안 사용하는 시간을 조사하였다.
- 연차실적계획서에서는 방1과 거실의 주요 내용을 기재하며, 이외의 내역은 '임대주택 가정용 에너지 소비행태 조사' 설문조사 보고서에 포함하였다.
- 실별 난방 에너지 사용 패턴 분석 결과 방1, 방2, 거실, 주방의 사용 패턴은 유사하게 나타나지만, 사용 시간은 거실의 경우가 방1, 방2, 주방보다 낮게 나타났다.
- 임대주택의 경우 가구 전체 난방 보다 방을 위주로 난방을 하는 것으로 판단된다. 실별 난방 에너지 사용 패턴은 임대주택뿐만 아니라 민간 분양주택의 사용 패턴 조사가 병행, 비교 분석이 필요한 것으로 판단된다.
- 지역별 난방에너지 사용 패턴은 강동구의 경우 야간의 사용량이 높고, 주간의 사용량이 낮다. 노원구는 야간과 주간의 사용 패턴이 유사하게 나타난다. 주간의 사용량은 강동구보다 노원구가 높으며, 야간 사용량은 노원구가 강동구보다 높게 나타났다.
- 이는 강동구와 노원구의 직업별 분포 차이 때문으로 해석되며, 강동구의 경우 무직/기타가 12.4%, 학생 24.2%, 노원구는 무직/기타 19.3%, 학생 20.4%로 노원구가 강동구에 비해 주간에 거주하는 무직/기타 비율이 높고 주간에 비거주하는 학생 비율이 낮은 것이 원인으로 해석된다.

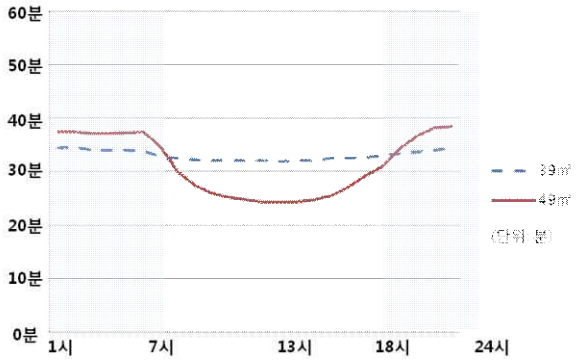


[그림 317] 실별 난방 에너지 사용 패턴

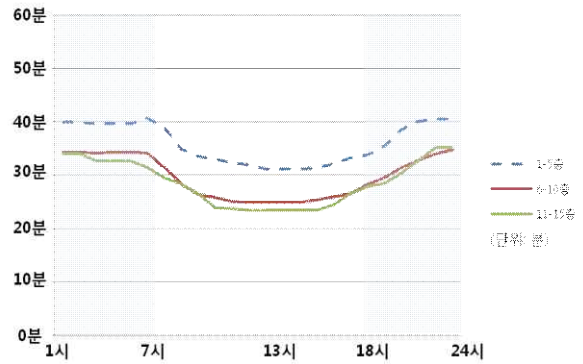
난방 에너지 사용 패턴 - 방1(큰방)



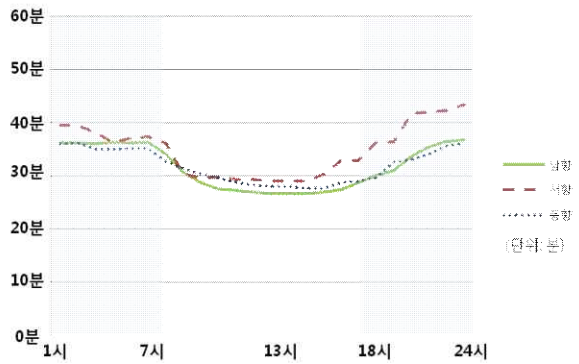
[그림 318] 지역별



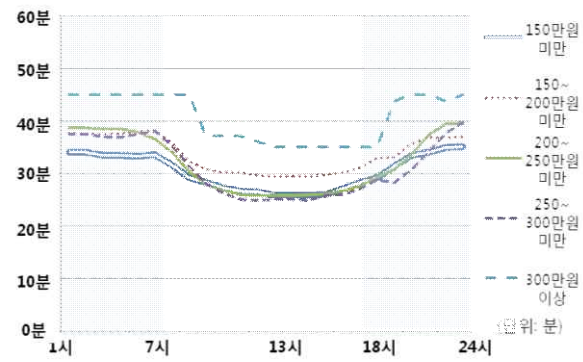
[그림 319] 가구면적별



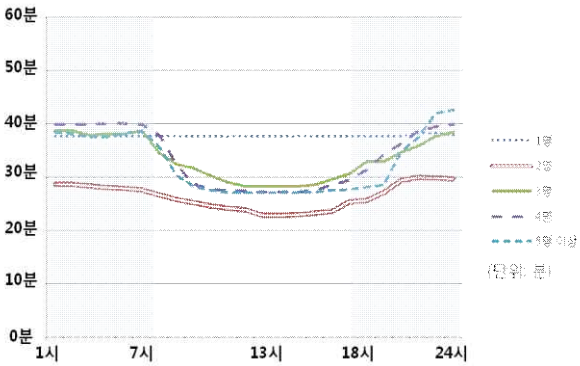
[그림 320] 층수별



[그림 321] 전면의 향별



[그림 322] 소득수준별



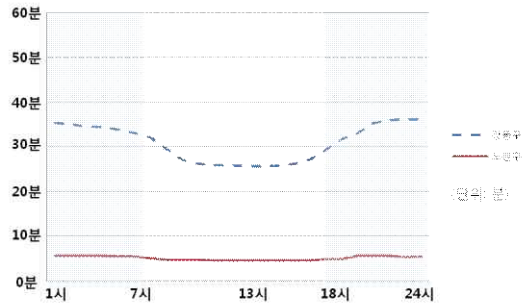
[그림 323] 가구원의 수별

• 가구의 난방에너지 사용 내역 중 방1(큰방)을 대상으로 한 설문조사의 결과는 다음과 같다.

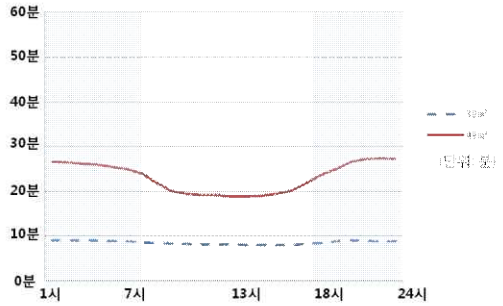
- 가구면적별 난방에너지 사용 패턴은 39㎡의 경우 매우 일정하게 나타나며, 49㎡의 경우 주간사용 보다 야간사용이 높은 것으로 나타났다. 이는 강동구가 노원구에 비해 상대적으로 면적이 큰(49㎡) 가구로 구성되었고, 무직자의 비율이 노원구에 비해 상대적으로 낮은 것이 주요 원인으로 해석된다.
- 층수별 패턴은 주간과 야간의 사용 패턴은 유사하게 나타나지만 1 ~ 5층의 경우 주변 동, 수목, 시설물 등에 의한 일조 차단으로 에너지 사용시간이 6 ~ 15층 가구보다 높게 나타났다.
- 전면의 향별 패턴은 남, 서, 동향이 유사하게 나타났으나, 서향의 경우 다른 향보다 야간의 사용시간이 높은 것으로 나타났다. 이는 주간시간의 일조량이 남, 동향 보다 낮아 야간 난방 에너지를 더 많이 요구하는 것으로 해석된다.
- 소득수준별 패턴은 주, 야간은 유사하게 나타났지만 소득수준이 낮은 경우가 에너지 사용시간이 낮게 나타나며, 소득수준이 300만원 이상인 경우가 약 시간당 5 ~ 10분정도 더 많이 사용하는 것으로 나타났다. 하지만 300만원 이상에 해당되는 집단의 가구 수가 6가구로 표본수가 적으며, 가구원의 수가 타 집단 보다 많아서 에너지 사용량이 높은 것으로 추정되어, 소득수준과 에너지 사용패턴과의 해석은 보다 많은 샘플 수가 확보되어 설명됨이 타당하리라 사료된다.
- 가구원의 수별 패턴은 3 ~ 5인의 경우 유사한 패턴을 나타내며, 1인의 경우 대부분 난방 시스템을 끄지 않고 24시간 동안 동일하게 가동하는 것으로 나타났다. 가구원수가 늘어날수록 야간 시간의 난방 에너지 사용이 높은 것으로 나타났다.
- 지역별 패턴은 노원구에 비해 강동구가 상대적으로 많은 거실 난방 에너지를 사용하는 것으로 조사되었다. 노원구의 경우 1 ~ 2인 가구가 43.9%를 차지하는 반면에 강동구는 1 ~ 2인 가구가 20.0% 정도로 가구원 수가 많을 경우 거실 사용 비율이 높으며, 1 ~ 2인 가구의 경우 개별 방을 사용하는 비율이 높아 면적이 높을수록 위와 같은 패턴을 보이는 것으로 판단된다. 두 지역의 주중과 주말 사용 패턴은 유사하게 나타났다.

• 가구의 난방에너지 사용 내역 중 거실의 설문조사 결과는 다음과 같다.

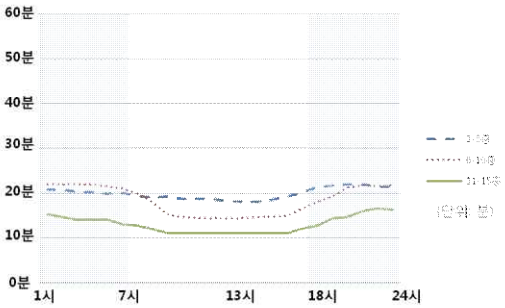
난방 에너지 사용 패턴 - 거실



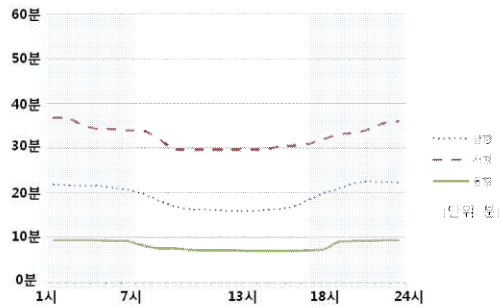
[그림 324] 지역별



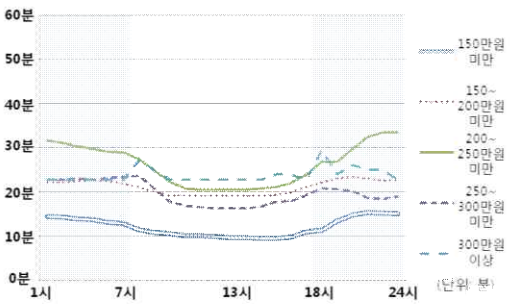
[그림 325] 가구면적별



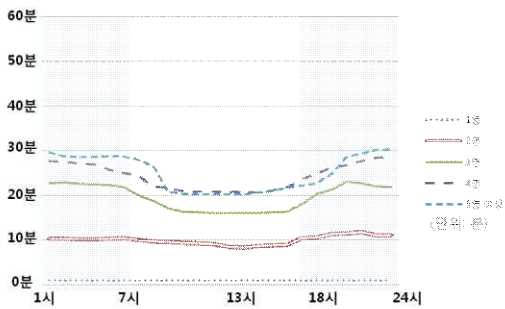
[그림 326] 층수별



[그림 327] 전면의 향



[그림 328] 소득수준별



[그림 329] 가구원수별

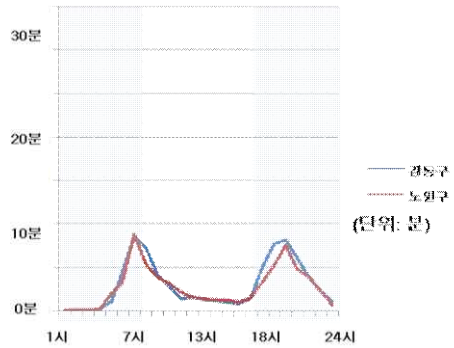
- 면적별 사용패턴 분석 결과 전체적으로 49㎡에서 더 많은 거실 난방 에너지 사용량을 나타냈으며, 17시에서 9시 사이의 야간 사용량이 높은 것으로 나타났다.
- 전면의 향(남향, 서향, 동향)별 거실 난방 에너지 사용을 비교한 결과, 전체적으로 '서향'에서 가장 많이 사용하며, '남향', '동향'의 순으로 거실 난방 에너지를 사용하는 패턴이 나타났다. 이는 전면의 향에 따라 거실, 즉 실내에 유입되는 태양에너지의 정도가 다르기 때문에 남향, 동향 보다 태양에너지 유입이 적은 서향의 경우가 더 많은 에너지를 사용, 위와 같은 패턴이 나타난 것으로 판단된다.
- 소득별 거실 난방 에너지 사용 패턴을 비교한 결과, '150만원 미만'의 가구에서 가장 낮게 나타났으며, 소득에 따른 에너지 사용 패턴은 거의 유사하게 나타났다. 그 외 '200 ~ 250만원 미만'의 경우 주가 보다 야간에 좀 더 높은 에너지 소비를 하는 것으로 나타났다.
- 가구원 수별 거실 난방 에너지 사용 패턴은 '1명'일 경우 24시간 동안 거실 난방 사용량

이 거의 없었으며, 9시 ~ 14시를 제외한 14시 ~ 24시, 1시 ~ 9시까지는 가구원의 수가 증가할수록 거실 난방 에너지 사용량이 증가하는 패턴을 보이고 있다.

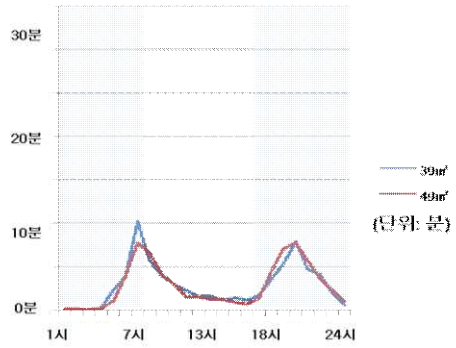
- 가구원 수별 거실 난방 에너지 사용은 주중과 주말 간 의미 있는 차이를 보이지 않았고, 다만 주중에 있어 가구원 수가 많아질수록 에너지 사용량은 더 많아지는 것으로 나타났다. 이는 가구원의 수가 많을수록 주간에 재실하는 인원의 비율이 높아 에너지 사용이 많은 것으로 해석된다.
- 거실과 방1의 가구원수별 난방에너지 사용 패턴과 비교하면 1인 가구의 경우 전체 공간을 모두 사용하기보다 개별 방을 사용하는 시간이 많으며, 거실사용 빈도는 매우 낮은 것으로 파악된다.
- 본 연구에서 실시한 설문조사를 통하여 임대주택의 난방 에너지 소비 패턴을 분석하였으며, 추후 민간 분양주택, 제로에너지 실증주택단지를 대상으로 유사한 설문조사를 실시, 실제 거주자의 행동 패턴, 스케줄에 따른 에너지 소비 절감 방안, 기반자료를 구축하고자 한다.

③ 설문데이터 분석 개요 - 급탕 사용

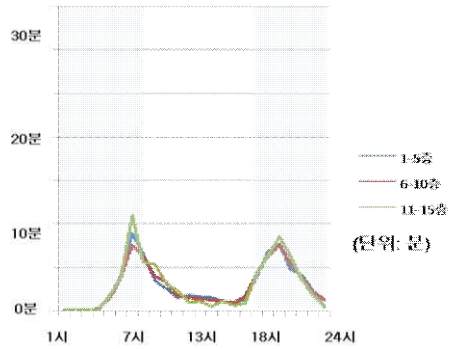
급탕 사용 패턴



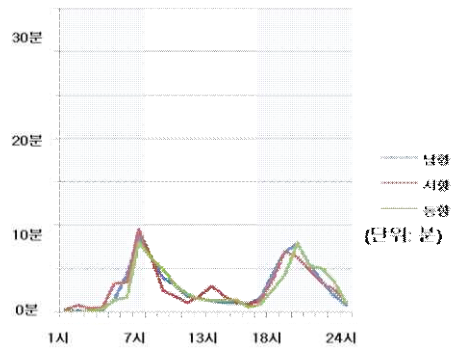
[그림 330] 지역별



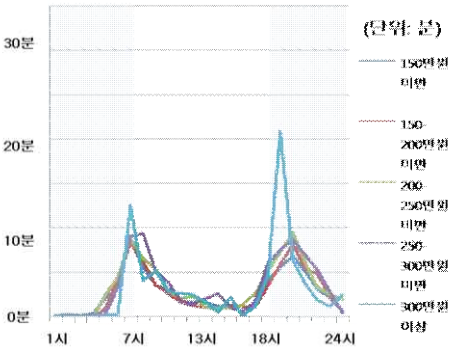
[그림 331] 가구면적별



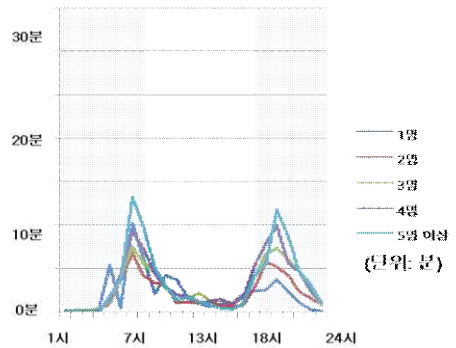
[그림 332] 층수별



[그림 333] 전면의 향별



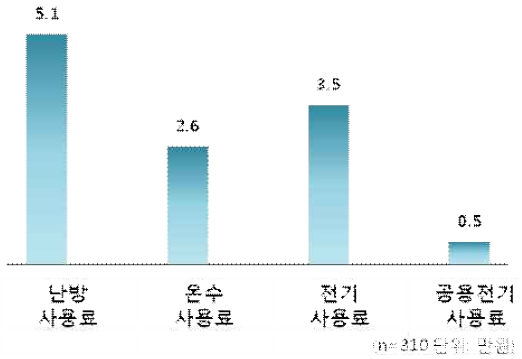
[그림 334] 소득수준별



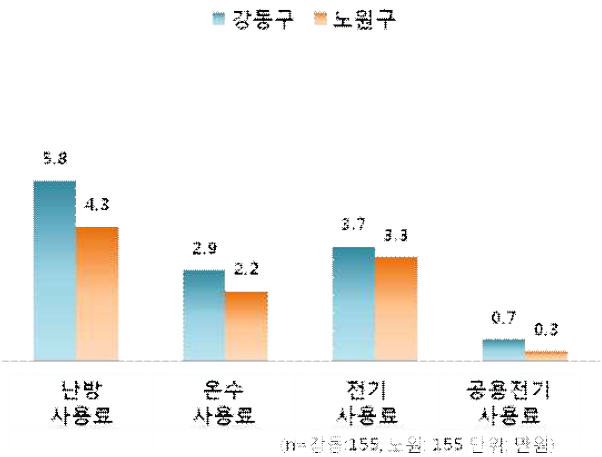
[그림 335] 가구원의 수별

- 급탕 사용 패턴 분석 결과 주중과 주말의 사용 패턴은 거의 유사하며, 24시간 중 출퇴근 시간을 제외한 주・야간시간의 사용량은 평균 2~3분정도로 나타났으나, 출퇴근 시간 전후의 경우 평균 5~10분 정도의 높은 사용량 패턴이 나타났다. 지역별, 가구면적, 층수, 전면의 향, 소득수준, 가구원의 수 등의 주요 요인들의 영향은 매우 낮은 것으로 판단된다.

④ 설문데이터 분석 개요 - 에너지 사용 비용 및 적정성

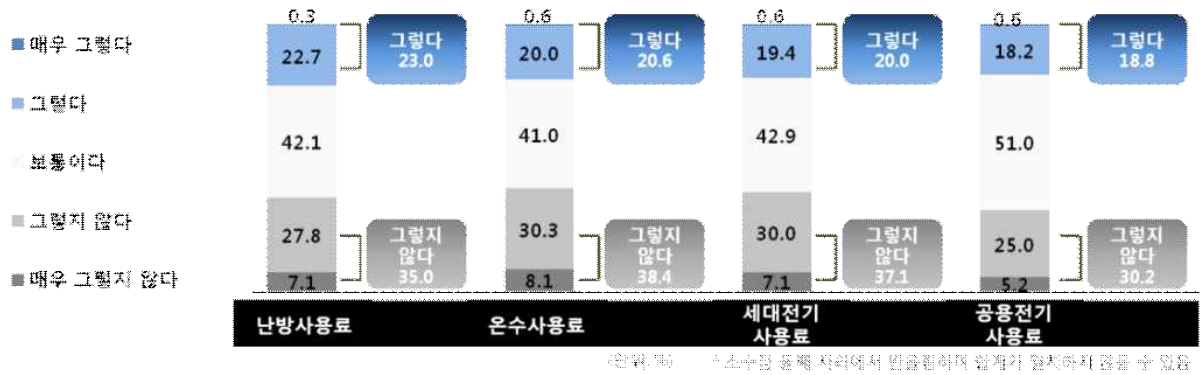


[그림 336] 에너지 사용 비용 분포



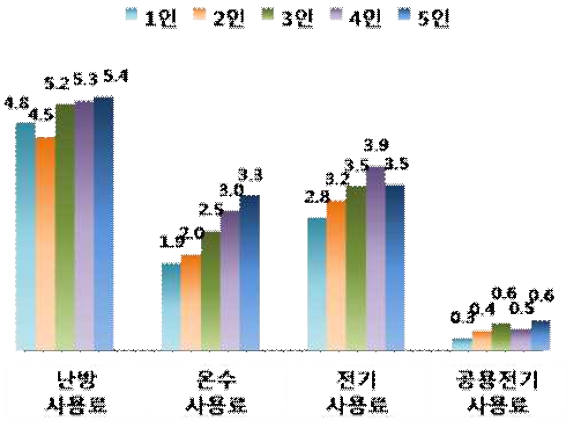
[그림 337] 지역별 에너지 사용 비용 분포

- 에너지 사용 비용에 있어 '난방사용료' 가 평균 5.1만원으로 전체 에너지 비용에서 43.6%로 가장 큰 비중을 차지하고 있고, 이 후 '전기사용료' 평균 3.5만원(29.9%), '온수사용료' 평균 2.6만원(22.2%), '공용전기사용료' 평균 0.5만원(4.3%)의 순으로 에너지 사용 비용이 지출되었다.
- 지역별로는 강동구의 에너지 사용비용이 노원구에 비해 분야별로 모두 높은 것으로 조사되었으며, 특히 난방사용료 부분에서 강동구가 5.8만원, 노원구 4.3만원으로 강동구에서 높게 나타났는데 이는 거주면적이 49㎡인 가구가 강동구에 더 많이 분포되어 있는 것이 원인으로 해석된다.

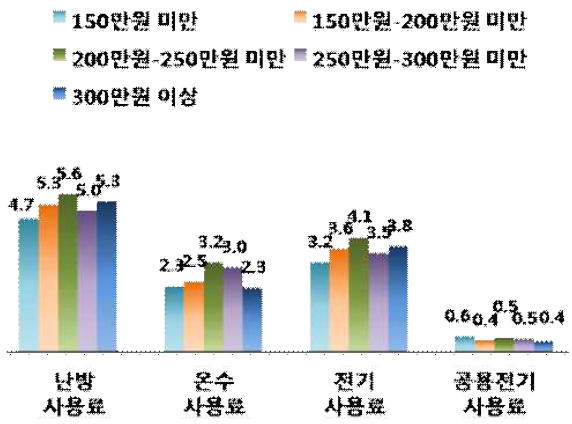


[그림 338] 에너지 사용비용의 적정성

- 동절기 에너지(난방, 온수, 전기, 공용전기)사용 비용의 적정성 조사 결과 4가지 항목 모두 적정하지 않다는 의견이 우세하였다.
- 다만, 적정하다고 응답한 설문 중 '난방사용료(23%)' 가 에너지 비용 가운데 가장 적정하다고 응답하였고, 또한 적정하지 않다고 응답한 설문에서는 온수사용료' 가 38.4%로 가장 적정하지 않다고 응답하였다.

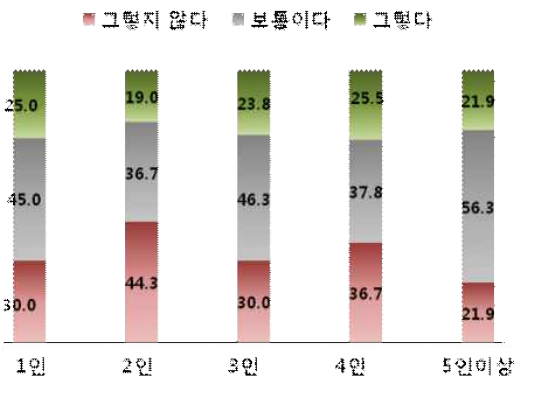


[그림 339] 가구원수별 에너지 사용비용의 적정성

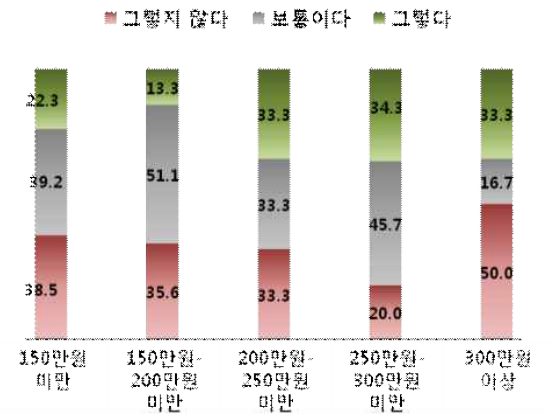


[그림 340] 소득수준별 에너지 사용비용의 적정성

- 에너지(난방, 온수, 전기, 공용전기)사용 비용은 대체적으로 가구원수가 많을수록 높게 나타났으며, 예외적으로 난방사용료의 경우 2인 가구(4.5만원)가 1인 가구(4.8만원)에 비해 다소 낮았고, 전기사용료는 4인 가구가 3.9만원으로 가장 높은 것으로 조사되었다.
- 소득수준별 에너지(난방, 온수, 전기, 공용전기)사용 비용의 차이는 소득과 에너지 사용 비용 간 선형관계가 나타나지 않았고, 소득 200 ~ 250만원 미만 가구가 에너지 사용 전 분야에서 가장 높게 나타났다.
- 가구원수별 난방사용료의 적정성 응답은 3인가구(23.8%), 4인가구(25.5%)가 다른 가구들에 비해 대체적으로 적정하다고 응답하였고, 소득 기준으로는 200만원 미만의 소득자를 제외한 전 구간에서 난방사용료가 적정하다고 응답하였다. 다만 300만원 이상의 고소득자의 경우 적정하지 않다는 의견이 적정하다의 의견보다 우세하여, 소득간 일관성 있는 패턴을 보이지는 않았다.

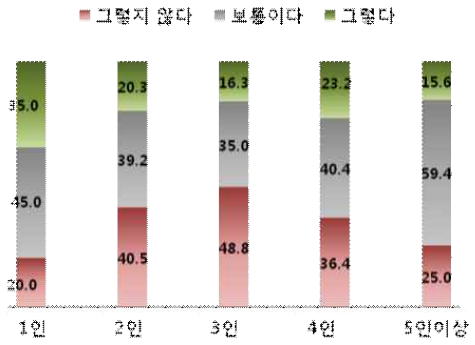


[그림 341] 가구원수별 난방사용료의 적정성

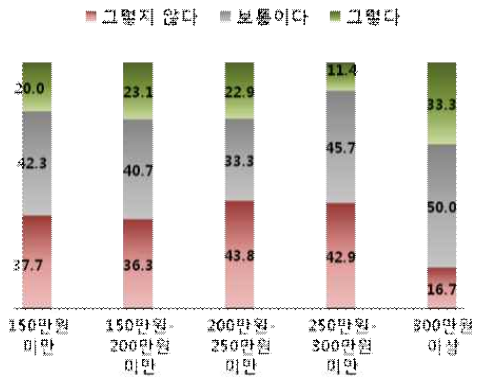


[그림 342] 소득수준별 난방사용료의 적정성

- 가구원수별 온수사용료의 적정성 응답은 대체적으로 적정하지 않다는 의견이 많았고, 특히 3인 가구에서는 '적정하지 않다' 는 의견이 48.8%로 가장 높았다. 소득별로는 200만원에서 300만원 미만에 속하는 가구에서 적정하지 않다는 의견이 높았다. 반면 소득 300만원 이상 가구에서는 다른 소득 구간에 비해 온수사용료가 적정하다고 응답하였다.

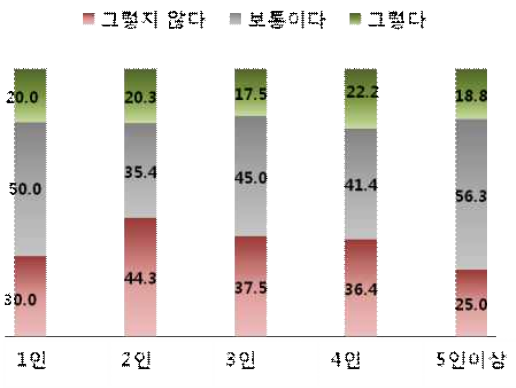


[그림 343] 가구원수별 온수사용료의 적정성

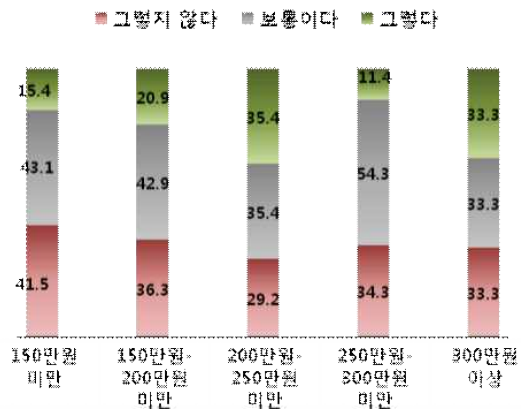


[그림 344] 소득수준별 온수사용료의 적정성

- 가구원수별 세대내 전기사용료의 적정성 응답 결과, 대체적으로 적정하지 않다는 의견이 많았고, 특히 2인 가구에서 '적정하지 않다' 는 응답이 44.3%로 가장 높았다. 또한, 소득별로는 150만원 미만 소득자가 전기사용료가 가장 적정하지 않다고 응답하였다. 그러나 소득 200만원 ~ 250만원 미만 가구에서 '적정하다' 는 의견이 35.4%로 다른 소득 구간에 비해 상당히 높게 응답하였다.

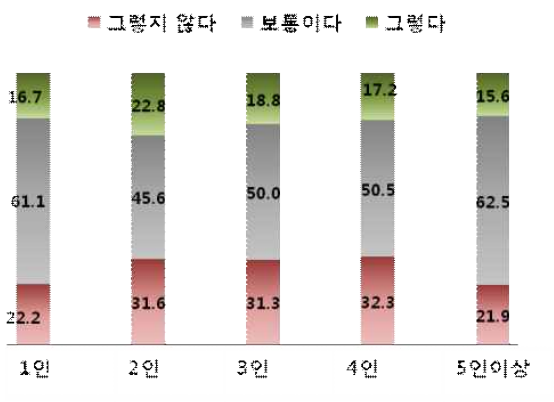


[그림 345] 가구원수별 전기사용료의 적정성

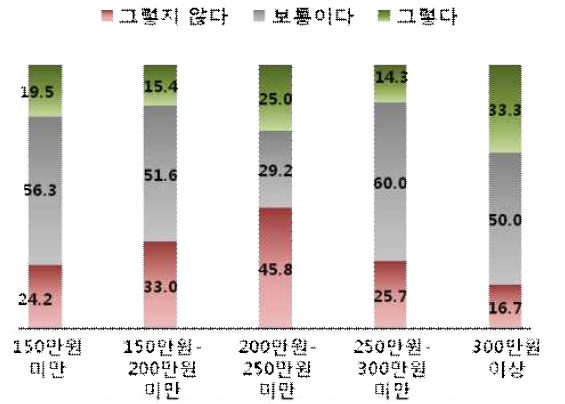


[그림 346] 소득수준별 전기사용료의 적정성

- 공용 전기사용료의 적정성 결과는 다른 에너지 사용비용의 응답에 비해 '보통이다' 의 의견이 상당히 많았다. 이는 공용 전기사용료의 범위 및 집행내용에 대해 응답자가 정확하게 인지하지 못한 결과로 해석된다.
- 가구원수별 공용 전기사용료의 적정성 응답은 대체적으로 적정하지 않다는 의견이 많았고, 특히 2 ~ 4인가구에서 적정하지 않다고 응답하였다. 소득별로는 200 ~ 250만원 미만 가구에서 공용 전기사용료가 적정하지 않다고 가장 높게 응답하였다.

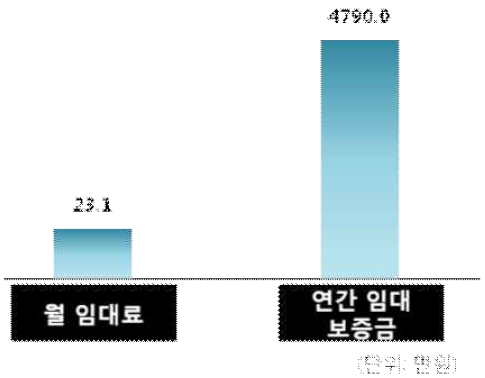


[그림 347] 가구원수별 공용전기사용료의 적정성

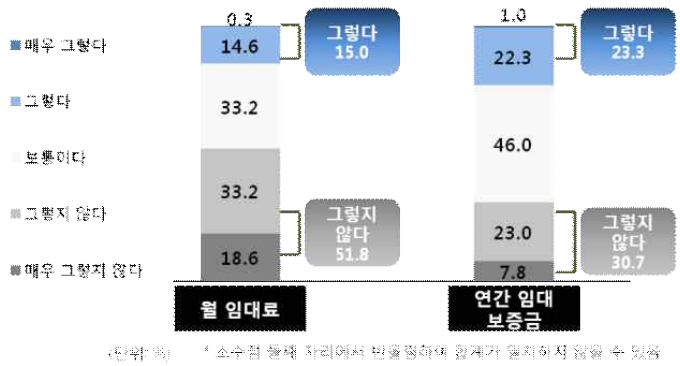


[그림 348] 소득수준별 공용전기사용료의 적정성

- 월 임대료와 임대보증금의 적정성 설문은 에너지 사용 비용을 포함한 주거 전반의 임대료와 임대보증금의 인식 정도를 측정하였다.
- 월 임대료는 평균 23.1만원, 연간 임대 보증금은 4,790만원으로 조사되었으며, 월 임대료에 대해서 15.0%가 적정하다는 의견을 나타낸 반면, 적정하다는 의견의 세 배 이상인 51.8%가 월 임대료가 적정하지 않다고 응답하였다. 또한 연간 보증금은 23.3%가 적정하다고 응답하였고, 30.7%가 적정하지 않다고 하였다.

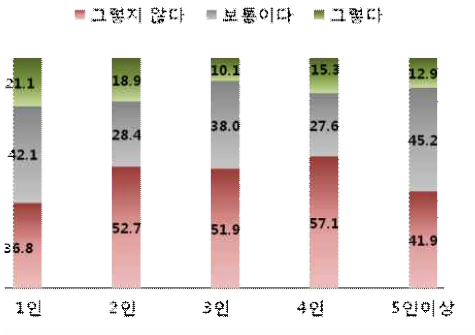


[그림 349] 월 임대료/연간 보증금

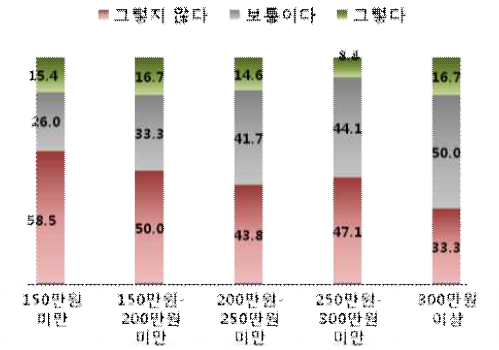


[그림 350] 월 임대료/연간 보증금 적정성

- 가구원수별 월 임대료의 적정성 응답은 대체적으로 적정하지 않다는 의견이 우세하였고, 특히 2 ~ 4인 가구 에서는 절반 이상이 임대료가 적정하지 않다고 응답하였다. 동일하게 소득수준별로 역시 임대료가 적정하지 않다는 의견이 높았으나, 소득 수준이 높을수록 적정하지 않다는 의견이 다소 감소하는 추세를 나타냈다.

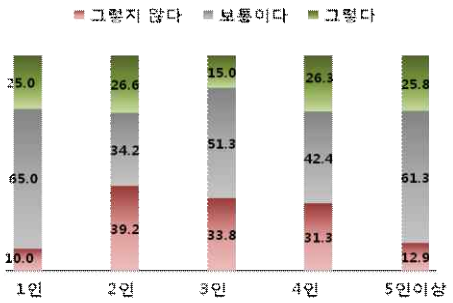


[그림 351] 가구원수별 임대료 적정성

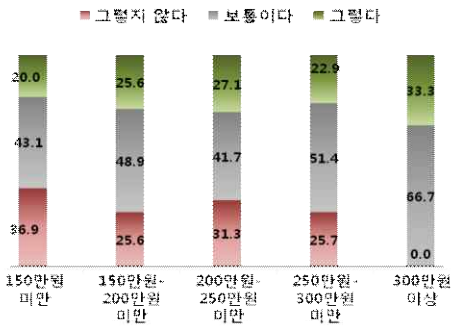


[그림 352] 소득수준별 임대료 적정성

- 임대보증금의 적정성은 가구원수별 큰 편차를 나타내었고, 대체적으로 가구원수가 많을수록 임대보증금 적정성에 대한 불만은 줄어드는 것으로 조사되었다. 소득별로는 소득이 높을수록 임대보증금에 대한 불만은 적게 나타났으며, 특히 300만원 이상의 경우 임대보증금에 대한 불만은 전혀 없는 것으로 응답하였다.



[그림 353] 가구원수별 임대보증금 적정성



[그림 354] 소득수준별 임대보증금 적정성

⑤ 기존 국민 임대주택의 에너지 및 쾌적성 특성 분석

- 제로에너지 실증주택단지의 성능평가 및 기준수립을 위하여 기존 임대주택의 특성 분석 및 기초자료를 수집하였다. 기존 국민임대주택 2개 단지를 대상으로 에너지 소비 패턴 및 에너지 사용 비용의 적정성을 설문조사 하였고, 이를 통해 기존 국민임대주택의 에너지 소비 패턴 특성과 거주자가 인식하는 에너지 사용 비용 및 전반적인 임대료에 대한 의견을 분석하였다.
- 기존 국민임대주택의 에너지 소비 패턴은 주중과 주말 간 의미 있는 차이를 보이지 않았고, 난방의 경우 실별 사용패턴이 상이하게 나타나며, 거실, 주방보다 개별 방의 사용이 높게 나타났다. 또한 가구면적별, 층수, 전면의 향, 소득수준, 가구원의 수, 지역에 따라 에너지 소비 패턴이 다르게 조사되었다. 특히 거주자의 특성 중, 거주자의 직업과 거주자의 수가 에너지 소비 패턴에 영향을 미치는 것으로 조사되었다.
- 급탕의 경우 출퇴근 시간 전후의 에너지 사용량이 평소보다 2배 정도 높았으며, 영향요인(가구면적별, 층수, 전면의 향, 소득수준, 가구원의 수, 지역 등)에 따라 에너지 사용량 변화는 크지 않은 것으로 조사되었다.
- 또한 전반적으로 에너지 사용비용(난방, 온수, 전기, 공용전기)에 있어 적정하지 않다는 부

정적 의견을 나타내었고, 특히 온수사용료는 사용에 비해 요금이 가장 적정하지 않다고 응답하였다.

- 기존 국민임대주택의 에너지 소비패턴 설문조사를 통하여 아래 표와 같이 기반 데이터를 수집하였으며, 개별 세대(300세대)의 데이터를 자료화하여 3,4차년도의 에너지 및 쾌적성의 성능분석 및 검증의 기반 데이터로 사용하고자 한다.

[표 227] 기초자료의 프레임워크

<table>
<tr><th>분류</th><th>내역</th><th colspan="2">분류</th><th>내역</th></tr>
<tr><td rowspan="6">건축물
개요</td><td>(프로젝트명)</td><td colspan="2">조명밀도</td><td>침기량</td></tr>
<tr><td>위치</td><td colspan="2">기기밀도</td><td>인체발열부하</td></tr>
<tr><td>용도</td><td colspan="2">재실밀도</td><td>공조시스템</td></tr>
<tr><td>층수</td><td colspan="2" rowspan="3">스케줄</td><td>난방기간</td></tr>
<tr><td>층고(천정고)</td><td>냉방기간</td></tr>
<tr><td>층수</td><td>재실스케줄</td></tr>
<tr><td rowspan="4">거주자</td><td>거주자 수</td><td colspan="3">난방설정온도</td></tr>
<tr><td>연령</td><td colspan="3">냉방설정온도</td></tr>
<tr><td>직업</td><td colspan="2" rowspan="2">구역</td><td>공조존 면적</td></tr>
<tr><td>급여</td><td>비공조존 면적</td></tr>
<tr><td rowspan="3">면적</td><td>대지면적</td><td rowspan="3">벽체구성</td><td>외벽</td><td rowspan="3">재료
R-Value
두께</td></tr>
<tr><td>건축면적</td><td>지붕</td></tr>
<tr><td>연면적</td><td>지반</td></tr>
</table>

- 이러한 DB의 구축은 이후 운영관리를 통한 모니터링 결과와 비교 검토 가능하며, 연간 에너지 사용량 결과분석에 있어 에너지 사용에 큰 영향을 미치는 요인분석이 가능하며, 국가 차원의 에너지 소비 패턴 및 운영관리 계획 수립에 있어 중요한 기반 자료로 사용될 수 있다.

- 위의 내역은 건축물의 개요, 거주자 내역, 건축물의 성능, 운영 스케줄 등의 내역을 포함하고 있다. 추후 연구 진행에 따라 DB의 구성은 추가적으로 포함될 예정이다.

■ 건축물 에너지 성능평가 기법 관련 문헌조사

• 선행 연구문헌

- 안기언[17], 건축물 에너지 성능평가를 위해 개발된 기존 툴의 경우 다양한 단계(BESTEST, IEA Annex 10, ANSI/ASHRAE 등)를 통해 검증되었으나, 비표준화된 시뮬레이션 프로세스로 인한 시뮬레이션 결과물의 검증이 어려운 문제점을 제기하였다. 동적시뮬레이션(EnergyPlus)을 이용한 시뮬레이션의 문제점으로 현실과 가장 근사한 결과값 도출을 위한 수많은 데이터의 입력은 사용자의 주관적 판단으로 인한 객관성 및 신뢰성 저하, 입력변수의 정보 부족으로 인한 혼란, 입력변수의 불확실성 및 해결방안 부재, 시뮬레이션 모델 및 그 결과에 대한 검증도구 부재, 툴 사용의 당위성 부재 등을 제시하였다.
- 안승호[18], 에너지 효율 가이드라인과 정책에 따른 종합적, 정량적 에너지 소비량 평가가 가능한 예비 평가 프로그램 개발 방안을 제시하였다. 예비평가를 위하여 ISO 13790(Monthly Calculation Method)을 기반으로 개발하고자 하였으며, 이를 위하여 1차에너지 저감 영향도 기술요소 평가, 입력요소의 DB화(입력 간편화), 신재생에너지 시스템 적용, 급탕 및 조명의 입력으로 서울시 건물 에너지 소비총량 인증과 관련된 BESS(Building Energy Simulation for Seoul)을 제시하였다. BESS 프로그램의 검증을 위하여 BESS와 Esp-r프로그램 비교 시뮬레이션을 실시하였으며, 공동주택 1개 세대를 대상으로 하여 향별 난방 에너지 요구량을 분석, 남향 기준 BESS 프로그램이 3.26% 높게 나타났다. 예비 평가 프로그램 개발시 정밀시뮬레이션 실시에 따라 사전 효율계수를 산정으로 적용한 값의 결과로 오차범위가 낮게 나타난 것으로 판단하였다.
- 권장혁[19], 간이평가 법기반의 ECO2 프로그램과 동적 해석 기반의 EnergyPlus의 비교 검토를 통하여 건물 열부하에 미치는 영향이 큰 건축적 설계변수(벽체 열관류율, 창 열관류율, 일사취득비율, 일사취득비율, 창면적비, 내부발열량, 환기량)의 변화에 따른 에너지 요구량을 분석하였다. 대상은 업무시설이며, 건축물 프로파일의 경우 ECO2 내역을 설정하여 EnergyPlus에 동일하게 적용하였다. 다양한 입력 변수의 변화에 따른 에너지 요구량 분석 결과 평균 13.0%의 차이가 나타났으며, 4.7~28.8%의 분포로 나타났다.
- 박두용[20], 동적 프로그램의 시뮬레이션을 통하여 공동주택 단위세대의 난방에너지 소비량을 분석, 평가도구의 특성을 파악하고 난방에너지 소비량에 영향을 미치는 요인을 분석하였다. 대상 공동주택은 판상형이며, EnergyPlus(비공조존 제외 모델링)모델과 eQUEST(공조공간의 내부 벽체는 동일하다는 가정)모델을 비교 분석 하였다. 개별 요인을 최고 효율로 적용하였을 경우 전체 오차는 0.1~3.8%의 분포로 나타났다. 이러한 차이는 eQUEST의 경우 내부벽체의 열성능은 동일하게 산정되지만, EnergyPlus의 경우 내부벽체의 열손실량도 고려되는 요인과, 2차열전달의 대류열전달계수값의 차이에 의한 결과로 분석하였다.
- 김은정[21], 건축물 에너지 성능평가를 위하여 사용되고 있는 평가 툴을 대상으로 에너지효

17) 안기언, 설계단계에서 동적 시뮬레이션 툴을 이용한 건물에너지 성능분석의 쟁점들, 한국건축친환경설비학회, 2012
18) 안승호, 김재민, 장관석, 이성락, 주덕훈, 서울시 건물 에너지 성능 예비 평가 툴 개발, 대한건축학회 학술발표대회, 2011
19) 권장혁, 장향인, 김민규, 박효순, 서승직, 건물에너지평가도구와 동적해석프로그램의 연간냉난방요구량 해석 및 비교, 대한설비공학회, 하계학술발표대회, 2012
20) 박두용, 윤갑천, 김강수, EnergyPlus와 eQUEST를 이용한 공동주택의 난방에너지소비량 비교분석에 관한 연구, 한국태양에너지학회 논문집, 2013

율등급 예비인증 등급을 평가 하였으며, ECO2-OD, BESS, 친환경주택성능 성능평가 소프트웨어 Ver 1.3의 시뮬레이션을 실시하였다. 에너지효율등급 및 친환경주택의 건설기준 성능을 기반으로 하였으며, 통합된 기준주택을 설정하여 3개의 툴별 평가를 실시하였다. 하지만 ECO2-OD의 경우 주거 프로필이 구현되지 않아 업무용으로 시뮬레이션을 진행하였다. 그 결과 친환경주택 프로그램 기준 BESS의 경우 0.04%, ECO2의 경우 34.36%의 차이가 나타났다. 이는 ECO2-OD의 경우 주거가 아닌 업무시설의 프로필이 적용되어 나타난 차이로 판단되며, BESS의 경우 유효한 오차범위가 나타나는 것으로 분석하였다.

- 주덕훈[22], 건축물 에너지 성능평가를 위해 개발된 기존 툴의 경우 다양한 단계(BESTEST, IEA Annex 10, ANSI/ASHRAE 등)를 통해 검증되었으나, 비표준화된 시뮬레이션 프로세스로 인한 시뮬레이션 결과물의 검증이 어려운 문제점을 제기하였다. 동적시뮬레이션(EnergyPlus)을 이용한 시뮬레이션의 문제점으로 현실과 가장 근사한 결과값 도출을 위한 수많은 데이터의 입력은 사용자의 주관적 판단으로 인한 객관성 및 신뢰성 저하, 입력변수의 정보 부족으로 인한 혼란, 입력변수의 불확실성 및 해결방안 부재, 시뮬레이션 모델 및 그 결과에 대한 검증도구 부재, 툴 사용의 당위성 부재 등을 제시하였다.

• 선행 연구문헌 조사 결과

- 건축물의 에너지 성능평가 기법과 관련된 선행 연구문헌 조사 결과, 기존 개발되어 사용되고 있는 건축물 에너지 성능평가 기법은 매우 다양한 것으로 나타났다. ISO 13790, DIN V 18599와 간은 간이법(Monthly), 동적분석(Hourly)의 성능평가 기법들이 정의, 적용되고 있으며, 이를 기반으로한 성능평가 도구의 신뢰도 분석을 수행하는 연구문헌이 대부분으로 나타났다.
- 현재 개발된 도구의 경우 제로에너지 성능평가를 목적으로 개발되지 않았으며, 일반적인 건축물 에너지 성능평가를 목적으로 한다. 대부분의 성능평가 도구는 건축물의 에너지 요구량, 소요량, 1차에너지 소요량을 산정할 수 있다.
- 또한 선행 연구문헌은 대부분이 기존 성능평가 도구의 간이법 및 동적분석 신뢰도에 관한 비교 분석 문헌이 대부분이며, 제로에너지 주택단지의 성능평가 목적 및 범위, 특성을 반영한 성능평가 도구에 대한 제안이 필요한 것으로 판단되었다.

21) 김은정, 최소라, 홍용석, 김경호, 신축 공동주택에서의 에너지 성능평가 툴에 대한 비교 분석, 대한건축학회 춘계학술발표대회, 2014

22) 주덕훈, 김현배, 이종인, 고종철, 김호진, 안승호, 한세희, 공동주택 사례를 이용한 Dynamic simulaion program 및 Monthly Calculation Method 비교연구, 대한설비공학회 동계학술발표대회, 2011

표 228 선행연구 문헌조사 결과

논 문		연도	비교 툴	결 과
1	설계단계에서 동적 시뮬레이션 툴을 이용한 건물에너지 성능분석의 쟁점들	2012	툴의 특성 분석 (EnergyPlus)	동적시뮬레이션(EnergyPlus)을 이용한 시뮬레이션의 문제점 제시 많은 데이터 입력으로 인한 객관성 및 신뢰성 저하, 입력변수의 정보 부족으로 인한 혼란, 입력변수의 불확실성 및 해결방안 부재, 시뮬레이션 모델 및 그 결과에 대한 검증도구 부재, 툴 사용의 당위성 부재 등을 제시함
2	서울시 건물 에너지 성능 예비 평가 툴 개발	2011	BESS Esp-r	남향 대상주택 기준 Esp-r이 BESS보다 3.2% 높게 평가됨, 요구량의 패턴은 유사함 BESS와 Esp-r의 경우 0.04%로 유사한 결과로 나타남
3	건물에너지평가도구와 동적해석프로그램의 연간냉난방요구량 해석 및 비교	2012	EnergyPlus ECO2	대상 모델의 연간 냉난방 요구량 분석 비교 변수 증감에 따른 변화는 두 프로그램 일치, 결과 값은 평균 13.0% 차이
4	EnerygPlus와 eQUEST를 이용한 공동주택의 난방에너지소비량 비교분석에 관한 연구	2013	EnergyPlus eQUEST	평가대상 공동주택의 벽체, 창호의 열관류율 및 G-value, 환기횟수, 난방 설정온도, 보일러효율 변화에 따른 난방에너지 소비량 변화 분석 eQUEST가 EnergyPlus(비공조존 제외 모델링) 보다 약 10% 정도 높게 평가됨
5	신축 공동주택에서의 에너지 성능평가 툴에 대한 비교 분석	2014	ECO2,BESS 친환경 주택 성능평가 툴	ECO2의 경우가 BESS 및 친환경 주택 성능평가 툴(2개는 유사함) 보다 약 25.6% 낮게 평가됨, ECO2는 업무용 건축물 BESS는 주거용 건축물이 적용된 결과로 차이가 나는 것으로 분석됨(ECO2-OD로 분석 업무용만 적용 가능)
6	공동주택 사례를 이용한 Dynamic simulaion program 및 Monthly Calculation Method 비교연구	2011	BESS Esp-r	Dynamic simulaion program 및 Monthly Calculation Method를 기반으로 개발된 2개의 툴(BESS, Esp-r)을 대상으로 향별 평가 실시, 동향 1%이하, 서향 8%이하, 남향 4%이하, 북향 7%이하의 오차범위로 분석되며, 이는 유효한 결과 분석함
7	그린리모델링 건축물 운영을 통한 실측값과 에너지 시뮬레이션 예측값에 대한 상관관계 연구	2014	CE3 실측값	CE3 결과값과 실측 데이터를 비교, 냉난방 및 조명에너지 요구량의 경우 35.4%, 30.5% 과다 예측, 태양광 총생산량 및 급탕에너지 요구량의 경우 46.9%, 28.3% 낮게 예측됨, 또한 시뮬레이션 입력요인 분석, 개선방안 제안, 예측 결과의 오차범위 고찰 필요성을 제안함

■ **기존 개발된 건축물 에너지 성능평가 도구 특성 분석**

- ECO2, e-BESS, PHPP, EnergyPlus 4개의 기존 개발된 건축물 에너지 성능평가 도구를 대상으로 특성 분석을 실시하였으며, 개발 목적, 분석 방식, 적용 건축물 용도, 기상데이터, 사용 스케줄, 설계분야(열교, 단열, 기밀, 차양), 설비분야(열원, 공급 및 분배, 급탕, 존별 적용방식, 조명), 신재생에너지 분야(태양광, 태양열, 지열, 풍력), 결과정보의 제공방식, 사용자 편의성, 제로에너지 검증 가능여부 등의 내역을 검토하였다.

• ECO2

- 국내 ‘건축물 에너지절약설계기준‘에 따른 ’ 건축물 에너지 소비 총량제 ‘의 건축물의 에너지 성능 평가를 위하여 개발된 프로그램으로 ’ 에너지관리공단에서 배포, ISO 13790

을 기반으로 하고 있다. 월평균 기상데이터를 기반으로 난방, 냉방, 조명, 급탕, 환기 5대 에너지 분야를 산정하며, 에너지 요구량, 에너지 소요량, 1차에너지 소요량을 산정한다.

- ECO2는 국내의 건축물 유형 및 프로필, 시스템에 적합하게 개발되어졌으며, 또한 인증제도 및 정부의 정책에 따른 건축물 성능평가에 적합하게 개발되었다.
- 하지만, 다양한 건축물 유형 및 시스템 등의 적용 측면에서의 부족한 측면이 있으며, 이를 개선, 제로에너지 건축물의 평가 방안에 적합한 개선안이 필요한 것으로 판단된다.

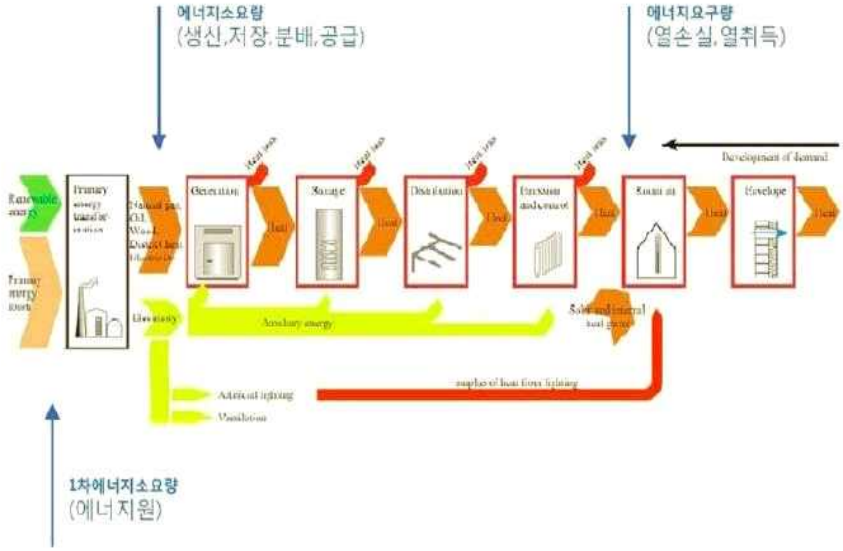


그림 355 ECO2 에너지 산정 흐름도

• e-BESS

- e-BESS는 국제표준 ISO 13790(Monthly Calculation Method) 및 독일의 건물에너지 성능 평가규격 DIN V 18599를 기반으로 개발된 프로그램으로 국내 실정 및 정책에 적합한 평가기준 제시 및 예측을 방안을 위하여 개발되었다. 이는 최소한의 입력 데이터를 기반으로 시뮬레이션 되며, 사용자의 편의성을 향상을 위하여 최소한의 입력 데이터를 기반으로 상대적으로 낮은 에너지 절감 기술들에 대하여서는 평균값을 취하도록 고안된 웹(WEB) 기반의 에너지소비총량제 예측을 위해 개발된 프로그램이다.
- 주거 및 비주거용 건물 전반에 걸쳐 설계, 설비, 신재생에너지 시스템에 관련된 특성을 반영하여 건축물의 에너지 분석을 실시하며, 난방, 냉방, 조명, 급탕, 환기 분야의 에너지 요구량, 소요량, 1차에너지 소요량 등을 분석, 에너지 소비 총량제의 결과를 제공한다.

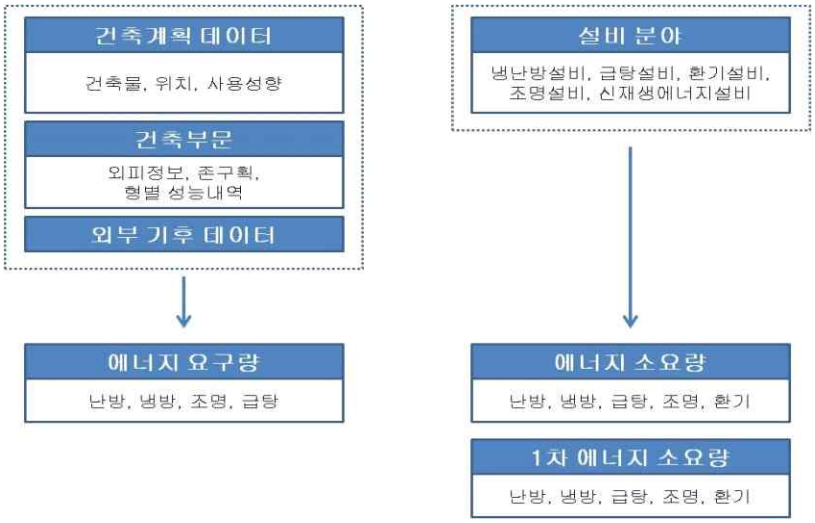


그림 356 e-BESS 에너지 소요량 산정 흐름도

• PHPP

- PHPP(Passive House)는 독일의 패시브 하우스 기관(Passive House Institute)에서 패시브 하우스의 확산 및 인증을 위하여 개발된 건축물 에너지 성능평가 프로그램이다. 건축물의 외피(벽체, 창호, 문 등)의 전열 및 환기에 의한 열손실열량 및 일사획득, 실내발열(인체, 조명, 기기 등)에 의한 열획득량을 산정하여 연간 단위면적당 부하량을 산정한다. 이외 열교, 태양열 온수 급탕, 태양광 등의 친환경 요소의 성능평가를 통하여 산정한다. PHPP는 재실자가 상시 거주하며, 공조를 하는 공간만을 대상으로 한다.
- PHPP의 경우 유럽의 독일의 기후를 기반으로 개발된 평가 기법(도구)으로 무엇보다 국내 실정의 적합성 여부를 확인할 필요가 있다.

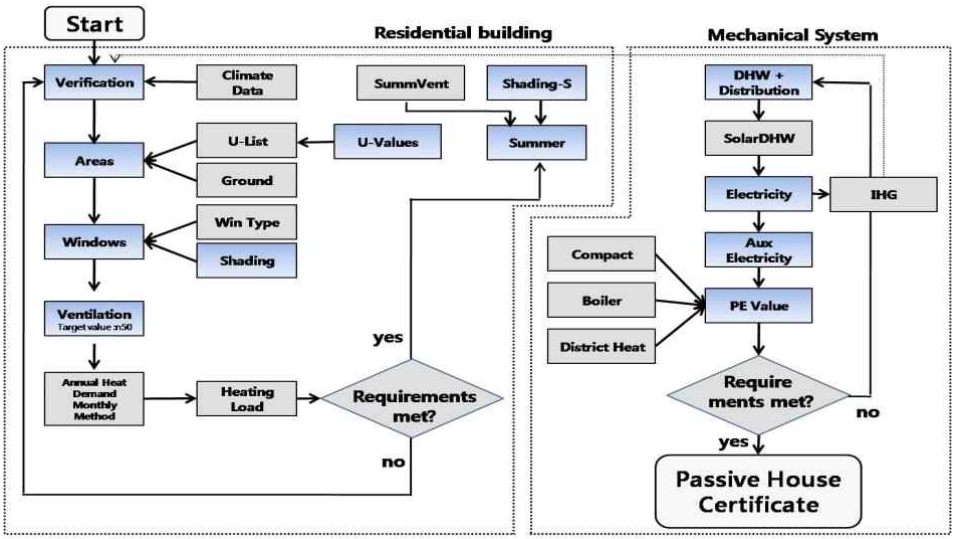


그림 357 PHPP 에너지 산정 흐름도

• Energy Plus

- EnergyPlus는 미국 에너지성(DOE, Department Of Energy)에서 미국 냉동공조학회(ASHRAE, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers)의

기준을 따르고 있으며, 건축물의 열평형 모델을 기반으로 개발되었다. 다양한 건축 환경을 반영하여 건축물의 부하를 산정할 수 있으며, 실부하, 시스템부하, 플랜트부하 등의 통합적인 시뮬레이션 해석이 가능하다. 하지만 건축물 에너지 성능평가에 관한 많은 정보와 지식이 수반되지 않으며, 시뮬레이션 수행이 어려우며, 수행 결과값의 신뢰성이 떨어지게 된다.

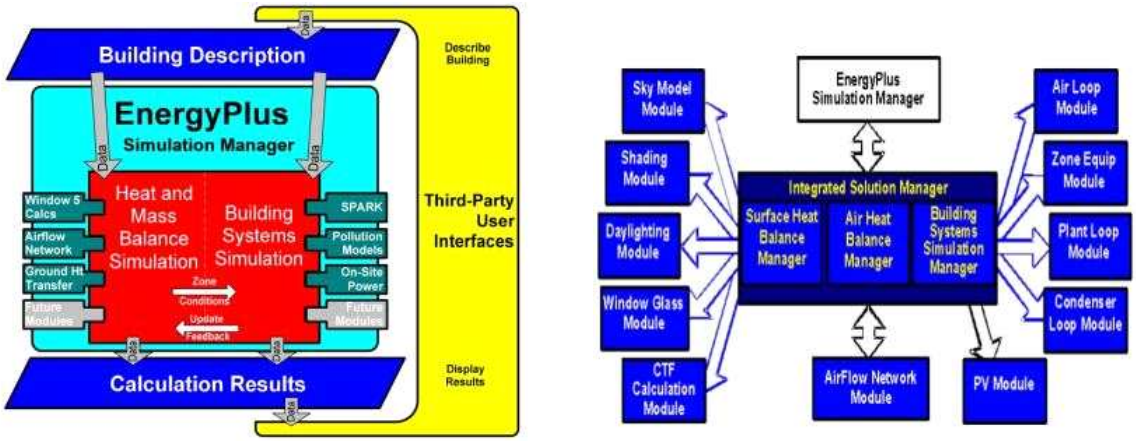


그림 358 Energy Plus 에너지 산정 흐름도

- 성능평가 툴 특성 분석 결과
  - ECO2, e-BESS, PHPP, EnergyPlus 4개의 성능평가 툴을 대상으로 개발 국가, 목적, 분석방식, 적용건축물의 유형, 기상데이터, 사용 프로필, 설계 및 설비, 신재생 분야별, 결과 정보의 제공 방식, 사용자의 편의성, 제로에너지 검증 가능여부를 검토하였다. 4개의 에너지 성능평가 도구의 특성 분석을 실시하였으며, 결과 내역은 아래표와 같다.
  - ECO2, e-BESS의 경우 국내에서 개발되었으며, PHPP는 독일, EnergyPlus는 미국에서 개발되었다, 개발 목적은 ECO2, e-BESS, PHPP의 경우 건축물의 에너지에 관련된 정부 정책 및 인증제도에서 사용하기 위하여 개발되었으나, EnergyPlus의 경우 국가기관(DOE)에서 건축물 에너지 성능평가를 위한 보급 및 인증 평가용으로 개발되었다.
  - 분석방식은 ECO2, e-BESS, PHPP의 경우 ISO 13790에 따른 월평균 기상데이터를 기반으로 산정되는 간이법(Monthly)을 적용하였으며, PHPP의 경우 ISO 13790 이외 독일의 기준 DIN v18599를 기반으로 개발되었다. EnergyPlus의 경우 가장 상세한 분석이 시행되는 동적분석방식(Hourly)을 적용하고 있다. 이러한 분석방식의 차이로 인하여 동적분석방식은 다양한 변화를 상세하게 분석 가능한 특성을 가지고 있다. EnerygPlus의 경우 연간 에너지 소요량 및 시간단위의 에너지 소요량 패턴 및 피크 부하 등의 상세 내역도 분석 가능하다.
  - 건축물 용도의 경우 주거, 비주거로 나뉘어져 있으며, ECO2는 11개 건축물 용도로 분류 사용 스케줄 DB를 구성하고 있다. e-BESS는 주거, 비주거 유형 23개를 DB로 구성하고 있으며, PHPP는 주거, 비주거 유형으로만 DB를 구성하고 있다. EnerygPlus의 경우 DB를 구성하고 있지 않으며, 사용자가 사용 유형에 적합한 데이터를 구성하여 기입하도록 되어 있어 가장 많이 유형을 시뮬레이션 가능하나, 사용자의 입력데이터에 따라 시뮬레이션 결

과가 상이하게 산정될 가능성이 높다.

표 229 도구 특성 분석 - 개요

구분	ECO2	e-BESS	PHPP	EnergyPlus
개발	한국	한국(서울시)	독일	미국
목적	인증평가용 (건축물에너지효율등급)	인증평가용 (건축물 에너지소비총량제 및 녹색건축물 인증제도)	건축물 에너지 소비량 평가용(패시브하우스 인증평가용)	건축물 에너지 소비량 평가용(국가기관 보급)
평가 방식	Monthly (ISO 13790,간이법)	Monthly (ISO 13790 & DIN V18599, 간이법)	Monthly (DIN V18599)	Hourly (BLAST &DOE-2, 동적시뮬레이션)
건축물 유형 (DB)	11개	2개(주거, 비주거23개 유형)	주거, 비주거 (비주거DB 아직 부정확함)	모든 유형
기상 데이터	ECO2 서버 표준프로파일 (13개 지역 월평균데이터 적용)	한국태양에너지 학회 서울지역 표준 기상 데이터 * 수직면 전일사량 :16방위 벽체 모델 일사량 산정 DB구축(Esp-r)	PHPP 기후 DB (Asia, 한국, 서울or 전주) 또는 한국 패시브하우스협회 기후데이터 적용 가능 * 기상데이터 수정 가능함	DOE(미국 에너지성) 홈페이지 데이터 제공 (인천, 광주, 울산, 강릉) 한국 기상청 데이터 변환해서 사용가능

표 230 도구 특성 분석 - 설계분야

구분		ECO2	e-BESS	PHPP	EnergyPlus
사용 스케줄		용도별 프로필 DB 제공 (수정 불가능)		용도별 프로필 DB제공 or 사용자 입력가능	직접입력 (수정가능)
설계분야	열교	열교현상 분석 불가 (선형 열관류율 및 열교현상으로 인한 건물 물리적 변화를 하나의 계수로 적용(내단열, 외단열 보정계수 설정))		열교현상 분석 가능 (선형 열관류율 적용 가능)	열교현상 분석 가능 (선형 열관류율 적용 가능)
	단열	벽체, 창호별 (레이어 구성) 열저항, 두께, 열관류율, 창면적비 지정 가능, 구성 (레이어) DB 제공	벽체, 창호별(레이어 구성) 열저항, 두께, 열관류율 지정 가능 구성(레이어) DB 제공	벽체, 창호별 (레이어 구성) 열저항, 두께, 열관류율 지정 가능, 구성 DB 제공	벽체, 창호별(레이어 구성) 열저항, 두께, 열관류율 상세한 지정 가능
	기밀	침기율 (총량 입력)		환기율 (재실자, 급기 및 배기 요구량, 평균 환기량 산정)	침기율, 환기율 (총량 입력 또는 상세한 입력 기반 산정 가능)
	차양	차양적용 가능	차양적용 가능(종류, 블라인드 유무, 위치, 각도, 색상, 투과율)	차양적용 가능(차폐계수)	차양적용 가능(종류, 크기, 설치위치, 차폐계수, 반사율)

- 기상데이터의 경우 성능평가별 개발기관에서 기상데이터를 제공하지만, ECO2, e-BESS의 경우 국내에서 개발, 사용됨으로 국내의 기상데이터를 자동적으로 제공하고 있다. 하지만 PHPP, EnergyPlus의 경우 제공되는 기상데이터가 국내의 기후에 대한 내역이 특정 지역

만으로 한정되어 있으며, 기상데이터의 내역을 사용자가 수정 할 수 있게 되어 있어 이러한 과정에서 시뮬레이션의 결과가 상이 하게 산정될 가능성이 있다.

- 사용자 스케줄 또한 성능평가 도구에서 자동적으로 저장되어 있는 경우가 있으며, PHPP, EnergyPlus의 경우 사용자 스케줄 및 재실 밀도 등을 사용자가 수정할 수 있도록 되어 있다. 수정이 불가능하게 DB화 되어 자동적으로 기입되는 경우 사용자가 입력된 데이터에 관하여 상세한 내역을 확인 가능하도록 하여야 한다. 예측 단계에서 정확한 입력데이터의 확인이 불가능할 경우 예측결과와 운영에 따른 실 데이터의 오차가 커질 가능성이 매우 높다.
- 설계분야의 경우 열교, 단열, 기밀, 차양 적용 등에 대하여 검토하였으며, 단열성능의 경우 4개 성능평가 도구 모두 벽체, 창호별 레이어 구성 및 열저항, 두께, 열관류율의 입력에 따른 단열성능을 산정하여 적용하고 있으며, ECO2, e-BESS, PHPP의 경우 기본적인 외피의 구성 DB를 제공하고 있다.
- 열교에 대한 고려사항은 PHPP의 경우 외피 구성에 따른 선형열관류율(2차원 전열해석 별도 진행) 산정 값의 입력으로 열교현상에 관한 고려가 가능하다. 하지만 ECO2, e-BESS의 경우 열교현상의 분석 필요에 따라 선형 열관류율 및 열교현상으로 인한 건물의 물리적 거동을 하나의 계수로 적용, 내단열, 외단열 보정계수를 설정하여 산정하고 있다. PHPP, EnergyPlus의 경우 열교에 관한 내역이 분석은 가능하지만, 이를 분석하기 위해서는 평가도구의 교육이 필요하며, 상세한 입력 데이터가 요구됨으로 사용자의 편의성 측면에서는 비효율적인 것으로 판단된다.
- 기밀성능에 대한 고려사항은 PHPP, EnergyPlus의 경우 환기시스템 적용에 관련된 상세한 입력을 요구하며, PHPP의 경우 기밀테스트 결과를 입력(침기율) 또는 환기시스템 적용에 따른 평균 환기율 산출, 미적용시 표준값을 적용하도록 되어있다. 하지만 ECO2, e-BESS의 경우 침기율 총량을 기입하도록 되어 있다. 제로에너지 건축물과 같이 고효율의 에너지 절감 기술을 적용하기 위하여서는 기밀 성능의 평가가 정밀하고 이루어져야 건축물의 성능을 정확하게 예측 가능하다. 운영에 따른 실 데이터와의 차이가 이러한 내역에 도출될 가능성이 있다.
- 차양의 경우 종류, 블라인드 유무, 위치, 각도, 색상, 투과율 등을 기입하며, PHPP의 경우 크기, 위치 등을 입력하여 차폐계수가 자동으로 산출된다.
- 설비분야의 경우 열원의 종류, 공급 및 분배 방식, 급탕, 존별 적용 방식 등에 관한 내역을 조사하였으며, ECO2, e-BESS의 경우 국내에서 많이 적용되는 보일러, 지역냉난방, 신재생에너지 시스템, 폐열회수 시스템 등을 적용가능하며, 급탕의 경우 요구량을 기입, 열원기기에 따른 배관 범위, 축열탱크의 유무 등을 기반으로 산정한다. 존별 시스템의 경우 중복 설비 적용이 어렵다.

표 231 도구 특성 분석 - 설비분야

구분		ECO2	e-BESS	PHPP	EnergyPlus
설비분야	열원	보일러, 전기보일러, 히트펌프, 지역난방, 신재생 (사용연료, 압축식, 흡수식, 지역냉방, 수냉식, 공랭식 등)	보일러, 지역냉난방, 전기보일러, 신재생, 냉동기 (압축식, 흡수식, 지역냉방, 신재생)	보일러, 지역냉난방 신재생(EHP, 태양열, 태양광), 폐열회수	보일러, 전기보일러, 냉동기, 폐열회수(모든 열원 적용 가능)
	공급 및 분배	정풍량, 변풍량, 환기용(급/배기 팬 또는 환기장치, 환기조화기 등)	건물, 공조기(AHU), 1차순환(PRI), 냉각탑, 정풍량, 변풍량, 단순환기, 폐열회수, 설치안함(고효율열원기기 기타항목 직접입력)	냉방 급기, 감습 제어, 폐열회수, 패널 냉방	공조기(AHU), 팬코일(FCU) 등 모든 공급 방식 적용 가능 공조 존별 정풍량, 변풍량, 단순환기, 폐열회수 등 적용 가능
	급탕	급탕에너지 요구량 기입 열원기기에 따른 배관 설정, 계산방식(표준치,상세계산)	열원, 순환펌프별 동력, 제어형식, 공급방식 순환유무, 배관범위, 급탕 축열탱크 유무 등에 기반산정	급탕 요구 총량 기입 or 배관 기본 데이터 기반 급탕 요구량 산정, 태양열 급탕(집열기 데이터, 재실인원 등)	급탕 방식, 공급 및 환수온도, 분배, 배관, 혼합 방식, 펌프 등에 기반 산정
	존별 적용	1개실 냉난방시스템 2개 이상 중복 설비적용 안됨 바닥취출방식안됨	1개실 냉난방시스템 1개만 적용 가능	1개실 냉난방시스템 1개만 적용 가능	1개실 중복 설비 적용 가능함, 대부분의 공조 방식 적용 가능하지만 매우 복잡함
조명		존별 단위조명전력값 입력 (설계조도, 광원, 안정기형식, 등급, 반사갓유무, 조명제어시스템 유무, 자동조도조절장치 유무 등)	존별 입력값 기반 산정or 조명 밀도 입력 (점등시간, 밀도, 요구조도, 층고, 높이, 실지수, 종류, 보수율, 효율 조명률)	조명 비율, 고효율 조명 사용 비율, 조명제어	존별 입력값 선택 기입 기반 산정(스케줄, 조명밀도, 인당조명률, 조명비율, 효율)

- PHPP는 전기난방, 보일러, 지역난방, 패시브하우스 컴팩트 유닛(Passivehouse Compact Unit), 전기히트펌프(EHP) 등의 열원 시스템을 적용하능하며, 공기난방, 바닥난방, 라디에이터 등의 난방 공급시스템을 적용 가능하며, EHP이용, 급기냉방, 재순환냉방, 추가 제습에 관한 내역도 고려가능하다.
- 하지만 ECO2, e-BESS, PHPP의 경우 설비분야의 경우 국내에서 일반적으로 적용되는 시스템은 대부분 시뮬레이션 가능하나, 다양한 시스템의 중복 적용이 불가능하며, 신규 개발될 시스템의 적용이 불가능한 문제점이 있다. 또한 사용자 편의성 측면에서 제한된 시스템 적용과 간략화된 설비시스템 입력 방식 등으로 인한 결과값의 신뢰성이 낮아질 수 있을 것으로 판단된다.
- 신재생에너지 시스템은 태양광, 태양열, 지열은 모든 도구에서 시뮬레이션 가능하며, 풍력의 경우 EnergyPlus에서만 시뮬레이션이 가능하다. 하지만 생산량의 산정 방식이 ECO2, e-BESS, PHPP의 경우 입력데이터의 단순화로 인하여 예측 생산량과 운영에 따른 실 생산

량의 큰 차이가 예상되며, 운영에 따른 기상여건 및 시설관리 등에 따른 생산량 저감을 반영할 수 있는 보정계수의 마련이 필요한 것으로 판단된다.

표 232 도구 특성 분석 - 신재생에너지 분야

구분		ECO2	e-BESS	PHPP	EnergyPlus
신재생에너지	태양광	○ (유형, 방위, 면적, 성능, 효율, 축열, 셀종류, 모듈형식)	○ (면적, 각도, 셀종류, 모듈형식)	○ (개별적 산정 후 총량 기입)	○ (입력 데이터 多)
	태양열	○ (설치용량, 면적, 위치)	○ (용도, 집열기 유형, 방위, 면적, 성능, 축열탱크용량 등)	○ (설치용량, 면적, 위치)	○ (입력 데이터 多)
	지열	○ (난방, 냉방시로 열성능비 구분하여 입력, 1,2차 히트펌프의 총용량)	○ (용도, 효율(COP), 히트펌프 용량, 열교환기 유무, 팽창탱크 유무 및 용량)	X	○ (입력 데이터 多)
	풍력	X	X	X	○ (입력 v이터 多)

- 결과 제공 방식의 경우 제로에너지 정의에 적합한 1차에너지소요량 내역은 모든 도구에서 확인 가능하지만, 제로에너지 결과 확인을 위하여 최종 결과물의 2차 작업이 필요(1차에너지 소요량 및 신재생 생산량의 환산 및 대차대조 작업)한 것으로 판단되며, 사용자 편의성 측면에서는 ECO2,e-BESS의 경우 교육 병행시 비전문가도 사용가능하며, PHPP의 경우 교육 병행시 비전문가도 사용가능하지만, 선형열관류율의 산정 및 열교에 관한 내역, 외피 구성에 관한 상세한 내역 분석 등의 데이터가 제공, 사용자가 명확하게 파악하여야 할 필요성이 있어 비전문가 사용시 결과값의 신뢰도가 떨어질 수 있다.
- EnergyPlus의 경우 모든 입력데이터의 수정 및 확인이 가능하나 상세한 입력 데이터를 요구하며, 비전문가 및 전문가 또한 교육이 필수로 요구된다. 이는 사용자의 유형에 따라 결과값의 신뢰성이 상이 할 수 있으며, 전문가의 검토가 필요하다.
- 제로에너지 검증 가능여부는 4개 도구 모두 에너지 요구량, 소요량, 1차에너지 소요량, 신재생에너지 생산량 내역을 확인 가능하며, 결과제공 방식에 있어 제로에너지 건축물의 검증 여부 정보를 제공하는 방식으로 수정이 필요한 것으로 판단된다.

표 234 도구 특성 분석 - 결과 및 사용자 편의성, 제로에너지 검증 가능여부

구분	ECO2	e-BESS	PHPP	EnergyPlus
결과 정보 제공 방식	단위면적당 월별 냉난방 에너지 요구량, 연간 에너지 요구량, 소요량, 1차 에너지 소요량, CO2 발생량, 등급용 1차 소요량	단위면적당 월별 냉난방 에너지 요구량, 1차 에너지 소요량 및 사용량 온실가스 발생량 에너지 소비 총량	단위면적당 연간 최종에너지, 1차 에너지 요구량	1차 에너지, 최종에너지 모든 유형의 에너지 내역 시간단위 확인 가능 (신재생에너지 발전량 포함)
사용자 편의성	O (비전문가 사용 가능, 교육 필요)	O (비전문가 사용 가능, 교육 필요)	△ (비전문가 사용 가능, 교육 필수)	X (비전문가 사용 어려움, 교육 필수 및 전문가 검토 필수)
제로에너지 검증 가능여부	간단한 입력 / 제로에너지 검증 가능 결과값 분석 2차 과정 필요 및 표현 형식 수정 필요 국내 건축물의 제로에너지 검증 결과 도출 가능 (ECO2 : 1차 에너지 소요량 산출시 생산량 차감 e-BESS : 1차 에너지 소요량/신재생 생산량 개별 산정 가능)		설계분야 상세한 입력 제로에너지 검증 가능하나, 소요량 및 신재생 생산량 분석, 2차 과정 필요(요구량만 산정됨) (다양한 신재생 생산량 산정 방안 필요)	상세한 입력 제로에너지 검증 가능 결과값 분석 2차 과정 필요 비전문가 & 전문가 사용 편의성 현저히 낮음 모든 유형의 에너지 및 비용 내역 확인 가능

표 233 기존 개발된 건축물 에너지 성능평가 기법(도구)의 특성 분석

구분	ECO2	e-BESS	PHPP	EnergyPlus
개발	한국	한국(서울시)	독일	미국
목적	인증평가용 (건축물에너지효율등급)	인증평가용 (건축물에너지소비총량제 및 녹색건축물 인증제도)	건축물 에너지 소비량 평가용 (패시브하우스인증평가용)	건축물 에너지 소비량 평가용(국가기관에서 건축물 에너지 성능평가를 위해 보급)
	건축물 에너지 성능평가용			
평가 방식	Monthly (ISO 13790, 간이법)	Monthly (ISO 13790 & DIN V18599, 간이법)	Monthly (DIN V18599)	Hourly (BLAST &DOE-2, 동적 시뮬레이션)
	월평균 데이터 사용 간단한 입력		월평균 데이터 사용 but 상세한 입력데이터 필요	시간평균 데이터 사용 상세 입력데이터 필요
건축물 유형 (건축물 유형에 따른 DB)	11개	2개(주거, 비주거23개 유형)	주거, 비주거 (비주거DB 아직 부정확함)	모든 유형
	공동주택 평가 가능			
기상데이터	ECO2 서버 표준프로파일 (13개지역 월평균데이터 적용)	한국태양에너지 학회 서울지역 표준 기상데이터 * 수직면 전일사량: 16방위 벽체 모델 일사량 산정 DB구축 (Esp-r)	PHPP 기후 DB (Asia, 한국, 서울or 전주) 또는 한국패시브하우스협회 기후데이터 적용 가능 * 기상데이터 수정 가능함	DOE(미국 에너지성) 홈페이지 데이터 제공 (인천, 광주, 울산, 강릉) 한국 기상청 데이터 변환해서 사용가능

구분		ECO2	e-BESS	PHPP	EnergyPlus
		국내 기상 데이터 사용 가능, 수정 불가능		국내 기상 데이터 사용 가능, 수정 가능	
사용 스케줄 (재실 및 설비 시스템의 가동 관련)		용도별 프로필 DB 제공 (수정 불가능)		용도별 프로필 DB제공 or 사용자 입력가능	직접입력 (수정가능)
		주거 용도 프로필 정해져 있음		주거 용도 프로필 수정 가능	
설계 분야	열교	•열교현상 분석 불가 •(선형 열관류율 및 열교현상으로 인한 건물 물리적 변화를 하나의 계수로 적용(내단열, 외단열 보정계수 설정))		•열교현상 분석 가능 •(선형 열관류율 적용 가능)	•열교현상 분석 가능 •(선형 열관류율 적용 가능)
	단열	•벽체, 창호별(레이어 구성) 열저항, 두께, 열관류율, 창면적비 지정 가능, 구성(레이어) DB 제공	•벽체, 창호별(레이어 구성) 열저항, 두께, 열관류율 지정 가능 구성(레이어) DB 제공	•벽체, 창호별 (레이어 구성) 열저항, 두께, 열관류율 지정 가능, 구성 DB 제공	•벽체, 창호별(레이어 구성) 열저항, 두께, 열관류율 상세한 지정 가능
	기밀	•침기율 (총량 입력)		•환기율(재실자, 급기 및 배기 요구량, 평균 환기량 산정)	•침기율, 환기율(총량 입력 또는 상세한 입력 기반 산정 가능)
	차양	•차양적용 가능	•차양적용 가능(종류, 블라인드 유무, 위치, 각도, 색상, 투과율)	•차양적용 가능(차폐계수)	•차양적용 가능(종류, 크기, 설치위치, 차폐계수, 반사율)
		•제로에너지 공동주택 에너지 성능평가시 설계분야(Passive) 고려하여야 하는 내역 : 열교, 단열, 기밀, 차양			
		•단열/기밀/차양 적용 가능하나, 열교분석 불가능		•열교 및 환기율 분석 가능	•단열, 기밀, 차양, 열교 분석 가능 •상세한 입력 요구됨
설비분야	열원	•보일러, 전기보일러, 히트펌프, 지역난방, 신재생 •(사용연료,압축식,흡수식, 지역냉방, 수냉식, 공랭식 등)	•보일러, 지역냉난방, 전기보일러, 신재생, 냉동기 •압축식, 흡수식, 지역냉방, 신재생	•보일러, 지역냉난방 •신재생(EHP, 태양열, 태양광), 폐열회수	•보일러, 전기보일러, 냉동기,폐열회수(모든 열원 적용 가능)
	공급 및 분배	•정풍량, 변풍량, 환기용(급/배기 팬 또는 환기장치, 환기조화기 등)	•건물, 공조기(AHU), 1차순환(PRI), 냉각탑, 정풍량, 변풍량, 단순환기, 폐열회수, 설치안함(고효율열원기기 기타항목 직접 입력)	•냉방 급기, 감습 제어, 폐열회수, 패널냉방	•공조기(AHU), 팬코일(FCU) 등 모든 공급방식 적용 가능 •공조 존별 정풍량, 변풍량, 단순환기, 폐열회수 등 적용 가능
	급탕	•급탕에너지 요구량 기입 •열원기기에 따른 배관 설정, 계산방식(표준치,상세계산)	•열원, 순환펌프별 동력, 제어형식, 공급방식 순환유무, 배관범위, 급탕 축열탱크 유무 등에 기반산정	•급탕 요구 총량 기입 or 배관 기본 데이터 기반 급탕 요구량 산정, 태양열 급탕(집열기 데이터, 재실인원 등)	•급탕 방식, 공급 및 환수온도, 분배, 배관, 혼합 방식, 펌프 등에 기반 산정
	존별 적용	•1개실 냉난방시스템 2개 이상 중복 설비적용 안됨 •바닥취출방식안됨	•1개실 냉난방시스템 1개만 적용 가능	•1개실 냉난방시스템 1개만 적용 가능	•1개실 중복 설비 적용 가능함, 대부분의 공조 방식 적용 가능하지만 매우 복잡함
		•제로에너지 공동주택 에너지 성능평가시 설비분야(Active) 고려하여야 하는 내역 : 설비시스템(열원, 공급, 분배 방식), 급탕 존별 적용 방식			
		•국내 설비시스템 대부분 적용가능, •하지만 신규 개발 또는 다양한 구성 설비시		•패시브 하우스 목적(요구량 산정에 적합	•설비시스템 종류 다양

구분		ECO2	e-BESS	PHPP	EnergyPlus
		스템 적용 불가능, 비전문가 시스템 구성 적용 어려움		함, 설비시스템 적용 간략화 되어 있음) 적용 가능한 설비시스템 종류 한정적임	•하지만 툴 사용측면 비효율적, 비전문가 사용 어려움, 분야별 전문가 검토 필요
조명		•존별 단위 조명 전력값 입력 •설계조도, 광원, 안정기형식, 등급, 반사갓유무, 조명제어시스템 유무, 자동조도조절장치 유무 등	•존별 입력값 기반 산정 or 조명 밀도 입력 •점등시간, 조명밀도, 요구조도, 층고, 작업면높이, 실지수, 조명방식, 종류, 보수율, 효율 조명률	•조명 비율, 고효율 조명 사용 비율, 조명 제어	•존별 입력값 선택 기입 기반 •스케줄, 조명밀도, 인당조명률, 조명비율, 효율)
		조명 성능 평가 가능(상세내역 입력 or 총량 입력)			
신재생에너지	태양광	○ (유형, 방위, 면적, 성능, 효율, 축열, 셀종류, 모듈형식)	○ (면적, 각도, 셀종류, 모듈형식)	○ (개별적 산정 후 총량 기입)	○ (입력 대이터 多)
	태양열	○ (설치용량, 면적, 위치)	○ (용도, 집열기 유형, 방위, 면적, 성능, 축열탱크용량 등)	○ (설치용량, 면적, 위치)	○ (입력 대이터 多)
	지열	○ (난방, 냉방시로 열성능비 구분하여 입력, 1,2차 히트펌프의 총용량)	○ (용도, 효율(COP), 히트펌프 용량, 열교환기 유무, 팽창탱크 유무 및 용량)	X	○ (입력 대이터 多)
	풍력	X	X	X	○(입력 대이터 多)
		•태양광, 태양열, 지열 적용 가능(실 생산량 DB 비교 필요)	•태양광, 태양열, 지열 적용 가능(실 생산량 DB 비교 필요)	•태양광, 지열, 태양열 적용 가능	•적용 가능 하지만 시스템 적용을 위한 상세한 입력이 요구됨 •비전문가 사용 어려움, 전문가 검토 필요함(on site & off site 가능)
결과 정보 제공 방식		•단위면적당 •월별 냉난방 에너지 요구량 •연간 에너지 요구량, 소요량 •1차 소요량, CO2 발생량 •등급용 1차 소요량	•단위면적당 •월별 냉난방 에너지 요구량 •1차 에너지 소요량 및 사용량 •온실가스 발생량 •에너지 소비 총량	•단위면적당 •연간 최종에너지, •1차 에너지 요구량	•1차 에너지, 최종에너지 •모든 유형의 에너지 내역 시간단위 확인 가능(신재생에너지 발전량 포함)
		•단위면적당 월별 냉난방 요구량, 연간 소요량 및 생산량 내역 확인 가능 •하지만 제로에너지 결과 확인을 위해 최종 결과물 2차 작업 필요(1차 에너지 소요량 및 신재생 생산량	•단위면적당 연간 에너지 소요량 및 생산량 내역 확인 가능 •하지만 제로에너지 결과 확인을 위해 최종 결과물 2차 작업 필요(1차 에너지 소요량 및 신재생 생산량 환산 및 대차대조)		•단위면적당, 시간/월별/연간 에너지 소요량 및 생산량 내역 확인 가능 •하지만 제로에너지 결과 확인을 위해 최종 결과물 2차 작업 필요(1차 에너지 소요량 및 신재생 생산량

구분	ECO2	e-BESS	PHPP	EnergyPlus
	환산 및 대차대조)			환산 및 대차대조)
사용자 편의성	0 (비전문가 사용 가능, 교육 필요)	0 (비전문가 사용 가능, 교육 필요)	△ (비전문가 사용 가능, 교육 필수)	X (비전문가 사용 어려움, 교육 필수 및 전문가 검토 필수)
제로에너지 검증 가능여부	•간단한 입력, 제로에너지 검증 가능,결과값 분석 2차 과정 필요 및 표현 형식 수정 필요, 국내 건축물의 제로에너지 검증 결과 도출 가능 (ECO2 : 1차 에너지 소요량 산출시 생산량 차감 e-BESS : 1차 에너지 소요량/신재생 생산량 개별 산정 가능)		•설계분야 상세한 입력, 제로에너지 검증 가능하나, 소요량 및 신쟁생 생산량 분석, 2차 과정 필요 (다양한 신재생 생산량 산정 방안 필요)	•상세한 입력, 제로에너지 검증 가능, 결과값 분석 2차 과정 필요 비전문가 & 전문가 사용 편의성 현저히 낮음, 모든 유형의 에너지 및 비용 내역 확인 가능

■ 시뮬레이션을 통한 기존 개발된 에너지 성능평가 도구(툴) 분석

- 제로에너지 주택단지 에너지 성능평가 기법 도출을 위하여 기존 개발된 에너지 성능평가 도구를 대상으로 제로에너지 건축물의 검증 가능 여부 및 도구별 특성 검토를 위하여 2개 모델을 대상으로 시뮬레이션을 실시하였다.
- 2개 대상 모델은 일반 기존 공동주택모델인 베이스 모델과 외피의 단열성능 및 고효율 설비, 신재생에너지 시스템을 적용한 에너지 절감형 모델로 설정하였다.
- 본 연구에서 시행된 에너지 성능평가 도구 분석은 2개 모델의 에너지 성능을 평가하기 위함이 아닌 평가 도구의 특성을 분석하기 위한 데이터 확보를 목적으로 하였다. 에너지 절감형 모델의 경우 실증단지 계획안을 기반으로 구성하였으나, 4개 평가 도구에 동일한 입력데이터를 적용하기 위하여 초기 입력데이터 개수의 단순화로 인하여 총괄에서 연구한 실증단지 성능 예측 내역과 상이할 수 있다.
- 4개의 성능평가 도구 중 ECO2, e-BESS의 경우 국내에서 사용, 비전문가 및 전문가의 사용 편의성을 고려하여 개발되었기 때문에 입력데이터가 범위가 작으며, 입력 방식이 매우 간편하게 되어 있다. PHPP, EnergyPlus의 경우 상세한 입력데이터를 요구하고 있으며, 이러한 특성 때문에 4개의 성능평가 도구를 동일한 입력데이터의 범위와 방식으로 시뮬레이션을 수행하는 것이 어려가지 문제가 있으며, 동일한 유형의 입력데이터, 범위, 방식 등을 적용하기 위하여 입력데이터를 단순화하였다.
- 이러한 과정에서 PHPP, EnergyPlus에서 요구되는 입력데이터가 ECO2, e-BESS에서는 입력 할 수 있는 내역이 아닌 경우, 또는 ECO2, e-BESS에서 DB화 되어 있어 내역을 선택만 할수 있고 수정, 확인이 어려운 경우는 PHPP, EnergyPlus에서 동일하게 입력하지 못하는 경우 등의 문제점이 발생되었으며, 최대한 유사한 방식으로 시뮬레이션을 진행하기 위하여 최소한의 입력데이터만을 동일하게 입력하여 시뮬레이션을 실시하였다.
- 베이스 모델 및 에너지 절감형 모델을 대상으로 기존 개발된 성능평가 기법(도구)의 시뮬레이션 평가를 실시하였다. 4개의 평가 툴의 입력 데이터를 동일하게 하기 위하여 기본적인 건축물 개요 및 설비시스템, 신재생에너지 시스템의 적용은 동일하게 하였으며, 평가 툴의 특성에 따라 반영되지 못하는 분야의 경우는 결과값에 반영, 주석을 표시하였다.

- 에너지 성능평가 기법(도구)별 특성이 있음으로 동일한 입력데이터를 적용하기 위하여 기본 입력데이터는 단순화함으로 인하여 기법(도구)별 수정 가능한 내역을 기법(도구)에서 제공하고 있는 DB를 기준으로 적용하였다.

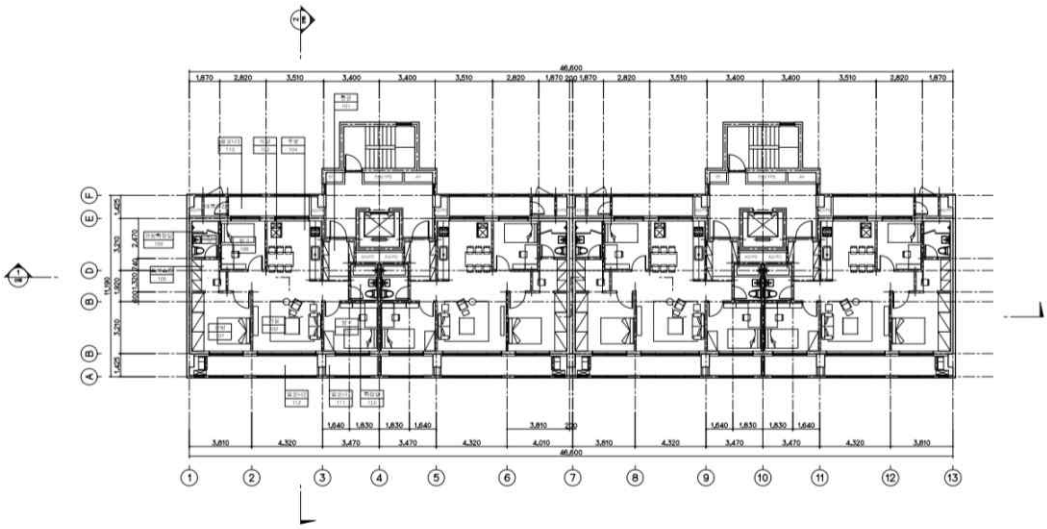
• 시뮬레이션 대상 가구 1. - BASE Model

- 1-1세세부의 국내 공동주택 표준 유형 분석 연구의 결과를 기반으로 베이스 모델을 설정하였으며, 유형이외의 입력데이터는 SH공사 2010년에 지어진 공동주택의 기존주택을 기준으로 구성되었다. 베이스 모델의 유형은 판상평 공동주택이며, 계단식, 4개 가구 유닛으로 구성하였으며, 전면향은 남향으로 비확장형이다. 면적은 84㎡이며, 15층 건물의 7층 가구를 대상으로 하였으며, 중앙 위치 세대를 기준으로 시뮬레이션 하였다.
- 베이스 모델의 설계분야 데이터는 외벽, 지붕 및 지반 벽체의 열관류율은 0.395, 0.396 W/㎡K으로 설정하였으며, 외기에 면하는 창호는 2.1 W/㎡K 으로 설정하였다.
- 설비 분야의 경우 국내 공동주택에 적용되는 지역난방 개별 보일러 및 개별 에어컨을 적용하였으며, 난방설정온도 20℃, 냉방설정온도 26℃으로 설정하였다.
- 사용 스케줄의 경우 성능평가 기법(도구)에 따라 수정 할 수 없는 경우가 있음으로 개별 성능평가 기법(도구)에서 제공하는 DB를 기준으로 설정하였으며, 설정 DB를 제공하지 않을 경우 연구 문헌 및 유사 시뮬레이션 시행 내역을 기준으로 적용하였다.
- 베이스 모델의 경우 국내에서 일반적인 유형의 건축물을 기준으로 작성하고자 하였으며, 이를 위하여 1-1세세부에서 수행하고 있는 표준 모델의 연구 자료를 토대로 구성하였다. 베이스 모델의 경우 2,3차년도 연구진행에 따라 입력데이터 및 유형은 변경 될 수 있다.

• 시뮬레이션 대상 가구 2. - 에너지 절감형 모델

- 에너지 절감형 모델은 제로에너지 실증단지 계획안을 기반으로 모델링 하였으며, 시뮬레이션 입력값은 아래 내역과 같다. 실증단지 계획안을 기반으로 모델링 하였으나, 기밀성능에 관한 내역은 반영하지 않았으며, 중앙세대를 기준으로 외피(벽체, 창호)의 단열 성능 향상, 지열, 태양광 시스템 생산량으로 난방, 냉방, 급탕, 조명, 환기를 공급하는 방식에 대하여 적용하였다.
- 판상형 공동주택으로 복도형이며, 모델링 모델에서는 확장형을 적용하였다. 전면향은 남향이며, 면적은 49㎡ 으로 층고 및 천정고의 높이, 냉난방 설정온도의 경우 베이스 모델과 동일하게 적용하였다.
- 설비 시스템의 경우 지열 시스템을 통한 난방, 급탕, 냉방 전력을 공급하며, 폐열회수장치를 이용한 환기시스템을 적용하였다. 신재생에너지 시스템은 태양광 발전 시스템을 적용하였다.(태양광 설치 면적 및 용량은 실증단지 전체 설치 내역의 면적당 설치 면적으로 산정하여 적용함). 외피의 성능은 외벽, 지붕 및 지반의 열관류율 0.153 W/㎡K으로 적용, 외부 창호는 0.98 W/㎡K으로 적용하였다. 이는 독일 패시브 하우스 기준에 준하도록 설정하였다.

표 235 베이스 모델 입력 데이터 구성

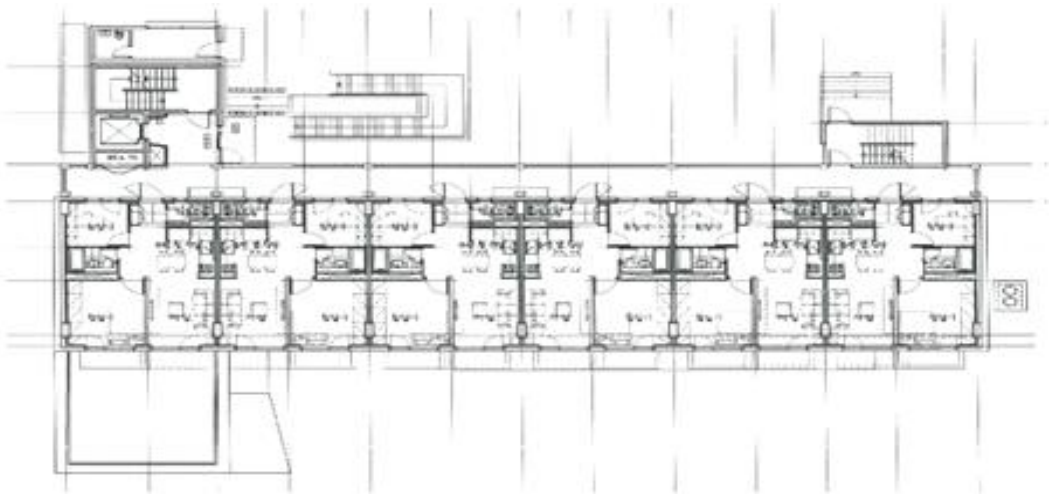


① 아파트 판상형 기준층 평면도
축척 1/200(A3)

건축물 유형	공동주택	전면 향	남향
면적	84 m2	창면적비	23.62 %
층수	7층	최소도입외기량	0.6 m^3 /(h m^2)
층고	3m	사용스케줄	평가 도구별 주거용 프로필
천정고	2.42	조명밀도	9.5 W/m2
세대위치	중앙세대	재실밀도	평가 도구별 주거용 프로필
난방 시스템	개별 보일러	냉방 시스템	개별 에어컨
난방 열원	천연가스	냉방 열원	전기
난방 시스템 용량	23.256 kW	냉방 시스템 용량	2.4 kW (COP 3.05)
급탕 시스템	개별 보일러	난방 설정온도	20℃
신재생에너지 시스템	-	냉방 설정온도	26℃

내부구성	재료	두께	U-Value	내부구성	재료	두께	U-Value
벽체1(외기간접)	실외열전달저항	-	0.395	벽체2(외기간접)	실외열전달저항	-	0.396
	콘크리트	180			벽지(비닐계)	0.5	
	압출법보온판1호	60			압출법보온판1호	18	
	석고보드	9.5			석고보드	90	
	벽지(비닐계)	0.5			벽지(비닐계)	60	
	실내열전달저항	-			실내열전달저항	-	
지붕, 바닥	위, 아래층 공조공간과 면함		0.396	창호	일반복층유리	16+16	2.1

표 236 에너지 절감형 모델 입력 데이터 구성



건축물 유형	공동주택	전면 향	남향
면적	49 m2	창면적비	49.07 %
층수	4층	최소도입외기량	0.6 m³ /(h m²)
층고	3m	사용스케줄	평가 도구별 주거용 프로필
천정고	2.42	조명밀도	9.5 W/m2
세대위치	중앙세대	재실밀도	평가 도구별 주거용 프로필
난방 시스템	지열히트펌프	냉방 시스템	지열+폐열회수장치
난방 열원	지열	냉방 열원	EHP(지열)
난방 시스템 용량	3 kW	냉방 시스템 용량	3.2 kW (COP 3.75)
급탕 시스템	순간온수기	난방 설정온도	20℃
신재생에너지 시스템	지열+태양광	냉방 설정온도	26℃

내부구성	재료	두께	U-Value	내부구성	재료	두께	U-Value
벽체1 (외기 간접)	실내표면 열전달열저항	-	0.153	벽체2 (외기 간접)	실내표면 열전달열저항	-	0.135
	외단열 마감시스템(EIPS)	20			압출법보온판1호	190	
	탐산칼슘계 단열재	10			탄산칼슘제 단열재	10	
	압출법보온판1호	160			콘크리트	200	
	탄산칼슘계 단열재	10			액체방수	-	
	콘크리트	180			시멘트몰탈	15	
	시멘트 몰탈	20			실내표면 열전달 열저항	-	
	실내표면 열전달열저항	-					
지붕,바닥	위, 아래층 공조공간과 면함(Adiabatic)(벽체1 동일)			창호	삼중 양면 로이코팅 유리	5+12+5 +12+5	0.98

• Energy Plus 모델링

- 시뮬레이션 수행의 모델링은 ECO2, e-BESS, PHPP의 경우 모델링을 개별적으로 시행하지 않으며, EnergyPlus의 경우 DesignBuilder 또는 Sketch-up을 이용한 모델링을 시행하고 있다. 본 연구에서는 EnergyPlus 시뮬레이션을 위하여 Sketch-up을 이용하여 모델링을 실시하였으며, 아래 그림은 1개 유닛을 구성한 내역이다.

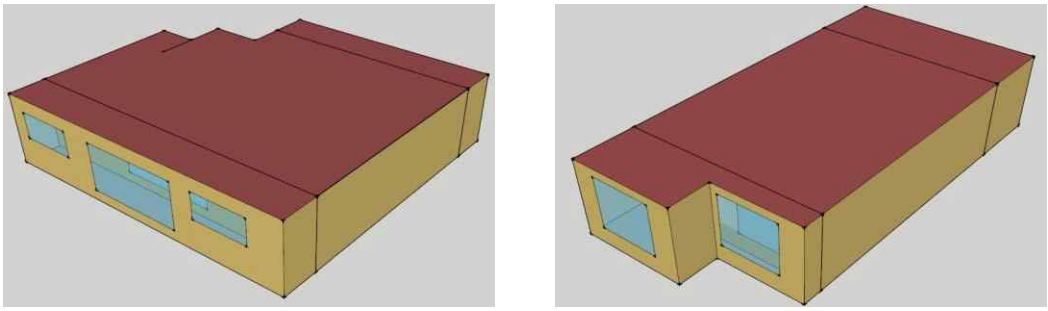
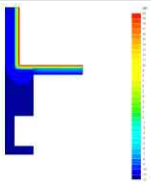
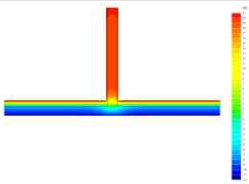
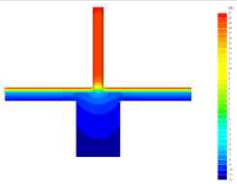
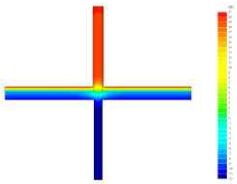
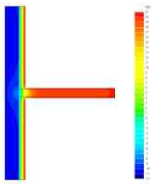
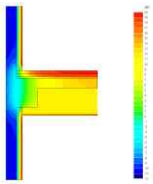
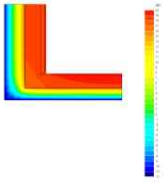
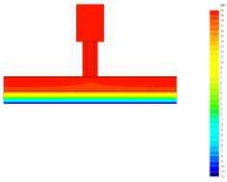
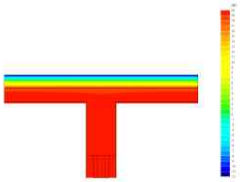
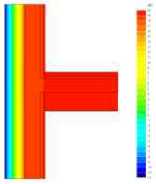
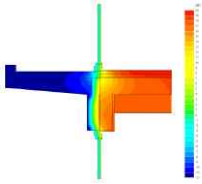
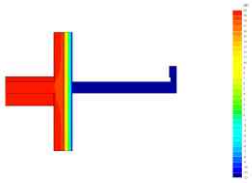


그림 359 베이스 모델, 에너지 절감형 EnergyPlus를 위한 DesignBuilder 모델링

• PHPP 열교관련 시뮬레이션

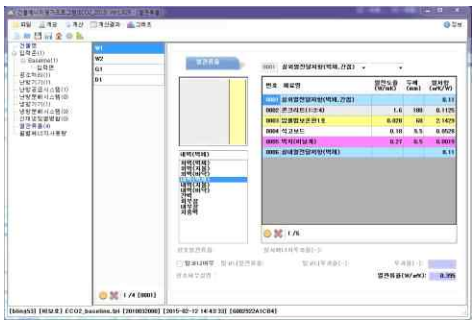
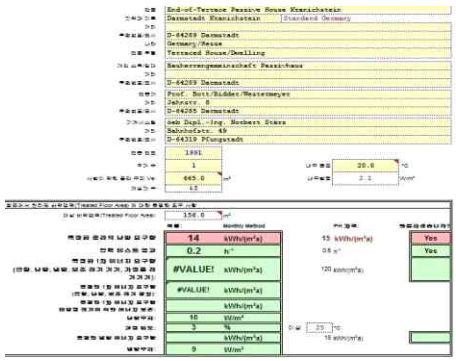
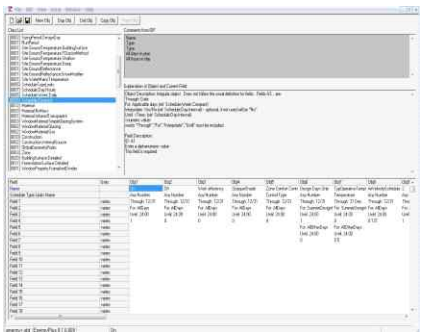
- PHPP는 열교분위에 대한 상세 시뮬레이션을 개별적으로 수행하였으며, 베이스 모델의 평면 5개 지점, 단면 3개 지점, 에너지 절감형 모델의 평면 3개 지점, 단면 3개 지점을 대상으로 수행하였다. 에너지 절감형 모델의 경우 외단열 시공에 따른 선형열관류율이 (-)으로 나타나, 열교로 인한 추가적인 열손실이 없는 것으로 판단된다.

표 237 PHPP 열교 시뮬레이션 결과

베이스 모델 평면 - A	베이스 모델 평면 - B	베이스 모델 평면 - C
		
베이스 모델 단면 - A	베이스 모델 단면 - B	베이스 모델 단면 - C
		
에너지 절감형 모델 평면 - A	에너지 절감형 모델 평면 - B	에너지 절감형 모델 평면 - C
		
에너지 절감형 모델 단면 - A	에너지 절감형 모델 단면 - B	에너지 절감형 모델 단면 - C
		

- 다음 표는 ECO2, e-BESS, PHPP, EnergyPus 시뮬레이션 수행 내역을 나타낸 표이며, 성능평가 기법(도구)별 입력 방식, 요구하는 입력 데이터의 종류가 상이함으로 인하여 비전문가 또는 전문가 사용에 있어 사용자의 유형에 따라 상이한 결과값이 도출될 가능성이 매우 높은 것으로 판단된다.

표 238 시뮬레이션 수행 내역

ECO2	e-BESS
	
PHPP	**EnergyPlus**
	

• 성능평가 툴의 시뮬레이션 결과(1차에너지 소요량 기준)

표 239 베이스 모델 시뮬레이션 결과

kWh/㎡y	난방	냉방	조명	급탕	환기	합계	평균 대비
ECO2	114.84	12.93	47.58	39.05	-	214.39	-0.53
e-BESS	130.86	14.41	47.69	38.83	-	231.78	7.54
PHPP	95.94	14.49	51.10	33.08	-	194.61	-9.71
E+	127.31	8.71	47.69	37.66	-	221.37	2.71
평균	117.24	12.63	48.51	37.16	-	215.54	-

- 베이스 모델의 시뮬레이션 결과 총량의 경우 e-BESS가 가장 높게 나타났으며, EnergyPlus, ECO2, PHPP 순으로 나타났다. 난방의 경우 총량과 동일한 순으로 나타났으며, PHPP의 경우 평균 보다 21.30kW/m2가 낮게 나타났다.
- 냉방의 경우 ECO2, e-BESS, PHPP는 유사하나, EnerygPlus의 경우 평균보다 3.92kW/m2가 낮게 나타났으며, 급탕, 조명의 경우 대부분 유사하게 나타났다. 난방 결과의 경우 PHPP는 열교에 의한 영향을 분석한 내역과 ECO2, e-BESS에서 내단열 설정으로 분석한 내역의 차일로 판단된다.

- 또한 난방 및 냉방의 결과값 차이는 성능평가 도구별 건축물 유형에 따른 프로필(사용자 스케줄, 내부발열 등) 내역의 차이로 판단되며, ECO2, e-BESS의 경우 수정이 불가능함으로 인하여 PHPP, EnergyPlus의 입력데이터 차이로 판단된다.
- 시뮬레이션 결과의 평균과 비교하였을 때 ECO2는 -0.53%, e-BESS는 7.54%, PHPP는 -9.71, EnergyPlus는 2.71%의 오차범위를 가지며, 이는 도구별 건축물 유형에 따른 프로필 및 기상데이터, 열교분석방식 등의 내역이 영향을 미치는 것으로 판단된다.

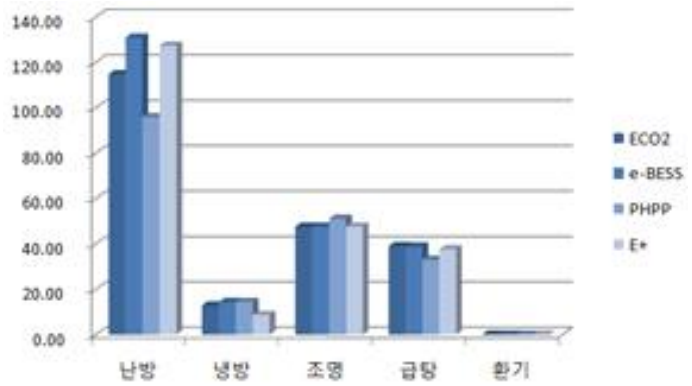


그림 360 베이스모델 대상 분석결과

- 에너지 절감형 모델의 경우 외피의 단열성능 향상 및 폐열회수시스템적용, 신재생에너지 생산 등의 내역을 적용한 것으로 전체 총량의 경우 e-BESS, PHPP, EnergyPlus, ECO2 순으로 나타났다. 난방의 경우 PHPP에서 열교 분석에 따라 난방 소요량이 매우 낮게 산정되었으며, ECO2, e-BESS의 경우 외단열 설정으로 통하여 열교에 따른 열손실 차단을 적용한 것으로 판단되나, PHPP와 비교시 매우 많은 차이를 나타내고 있다.
- 신재생에너지의 경우 지열, 태양광 시스템 적용으로 난방 및 급탕을 지열시스템, 냉방, 조명, 환기의 경우 태양광 시스템에서 공급되도록 설정하여 모든 에너지를 전력사용에 포함됨으로 1차에너지 소요량 산정시 환산계수(2.75)의 영향으로 베이스 모델 대비 높게 나타났다.(베이스 모델은 난방 및 급탕은 천연가스 보일러, 냉방은 전력 사용으로 설정함)
- 평균대비 총량은 ECO2는 -7.8%, e-BESS는 4.61%, PHPP는 2.78%, EnergyPlus는 0.41%의 오차범위로 나타났다. 신재생에너지의 경우 시뮬레이션 결과를 확인할 때 동일한 입력내역을 기반으로 하지만 도구별 입력방식, 산정방식에 따라 결과값이 상이하게 나타난다. 이는 평가 도구별 반영 특성이 다르며, 운영에 따른 생산량과의 오차를 산정하여 결과값이 반영할 수 있는 방안을 모색할 필요가 있을 것으로 판단된다.

표 240 에너지 절감형 모델 시뮬레이션 결과

kWh/㎡y	난방	냉방	조명	급탕	환기	신재생	합계	평균대비
ECO2	50.05	28.33	44.83	86.35	6.05	97.63	117.98	-7.8
e-BESS	61.11	27.89	45.07	91.63	6.08	97.93	133.84	4.61
PHPP	4.18	19.64	60.72	92.95	14.58	60.56	131.50	2.78
E+	51.40	19.70	41.74	88.44	5.80	78.60	128.48	0.41
평균	41.68	23.89	48.09	89.84	8.13	83.68	127.95	-

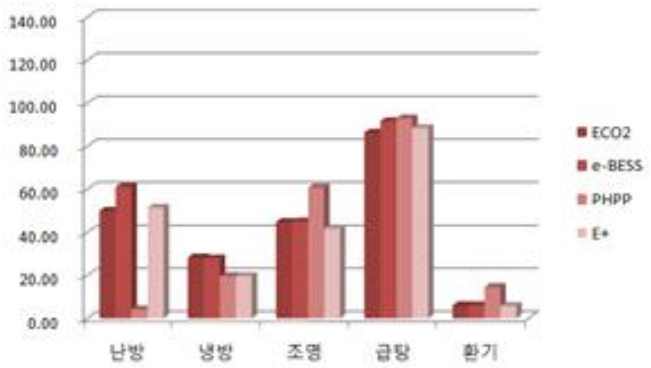


그림 361 에너지절감형 모델 대상 분석결과

- ECO2, e-BESS의 경우 국내에서 개발되었으며, 적용되는 시스템과 내역 등이 매우 유사하기 때문에 입력 방식, 요구 데이터 등이 유사하지만, PHPP, EnergyPlus의 경우 사용자가 입력하는 방식, 사용자의 유형에 따라 입력내역이 매우 상이 하며, 결과 또한 상이한 차이를 보이는 것으로 판단된다.
- EnergyPlus의 경우 요구되는 입력 내역이 정해져 있는것이 아니라, 사용자가 입력하고자 하는 방식이나, 입력 데이터의 종류, 사용자에 따라 입력방식이 상이하게 적용되며, 입력 데이터의 범위 및 개수가 매우 많고, 다양함에 따라 비전문가의 사용은 매우 어려울 것으로 판단, 결과값의 신뢰도가 매우 떨어지는 것으로 판단된다.

■ 실증단지 넷제로 달성여부 확인을 위한 에너지성능 모니터링 기본방향 수립

• 제로에너지 실증단지 에너지성능 모니터링 방향

- 1-2차년도 연구진행에 따른 결과, 제로에너지 주택단지에 적용될 제로에너지의 정의는 ‘1차에너지 ZERO’이며, 생산되는 1차에너지와 소비되는 1차에너지의 연간 합을 ‘0’으로 하는 것을 목표로 한다.
- 제로에너지 건축물의 정의는 미국 에너지성(DOE, Department of Energy)의 국립신재생에너지연구소(NREL, National Renewable Energy Institute)에서 제안한 에너지 독립건물 또는 넷제로 에너지 건물을 의미한다.[23] 넷제로 에너지 건물의 종류 조사 및 분석에 따라 넷제로 사이트에너지(Net-Zero Site Energy), 넷제로 일차에너지(Net-Zero Source Energy), 넷제로 이산화탄소 발생(Net-Zero Energy Emission), 넷제로 비용(Net-Zero Energy Cost) 등의 4개 유형으로 분류한다.
- 본 연구에서는 연구단에서 정의한 생산되는 1차 에너지와 소비되는 1차 에너지의 연간 합이 ‘0’이 되는 달성 목표를 추진하고 있으며, 유럽연합 각국의 제로에너지 산정에 포함된 에너지의 종류분석에 따라 난방, 냉방, 급탕, 조명, 환기에너지를 5대 에너지의 범위로 정하고 있다.
- 제로에너지주택 실증단지는 121세대가 사용하는 가정에서의 5대 에너지(난방, 냉방, 급탕, 환기, 조명) 및 공용전력(주차장, 복도 등) 소비량이 부지 내에서 지열과 태양광에 의해 생

23) 국토해양부, 제로에너지 주택 최적화 모델 개발 및 실증단지 구축, 1차년도 연차실적계획서, p79, 2014

산되는 양과 같거나 그 이상이 되는 '넷제로 1차 에너지'를 구현하는 데 목표가 있다.

- 실증단지 구축에 있어서 에너지성능 인증에 따른 목표는 공동주택 1개동 독일 패시브 인증, 녹색건축물 인증, 건축물에너지효율등급 1+++등급을 추진 중에 있다.
- 제로에너지 주택 실증단지를 구현하기 위해서는 101동에서부터 302동까지의 주거동과 102동 1차의 주민공동시설의 난방, 냉방, 급탕, 조명, 환기에 소요되는 에너지를 부족하지 않게 공급하면서 이 에너지소요량을 1차 에너지로 환산한 양보다 더 많은 재생에너지원천 열에너지와 전기에너지를 변환·생산해야한다.

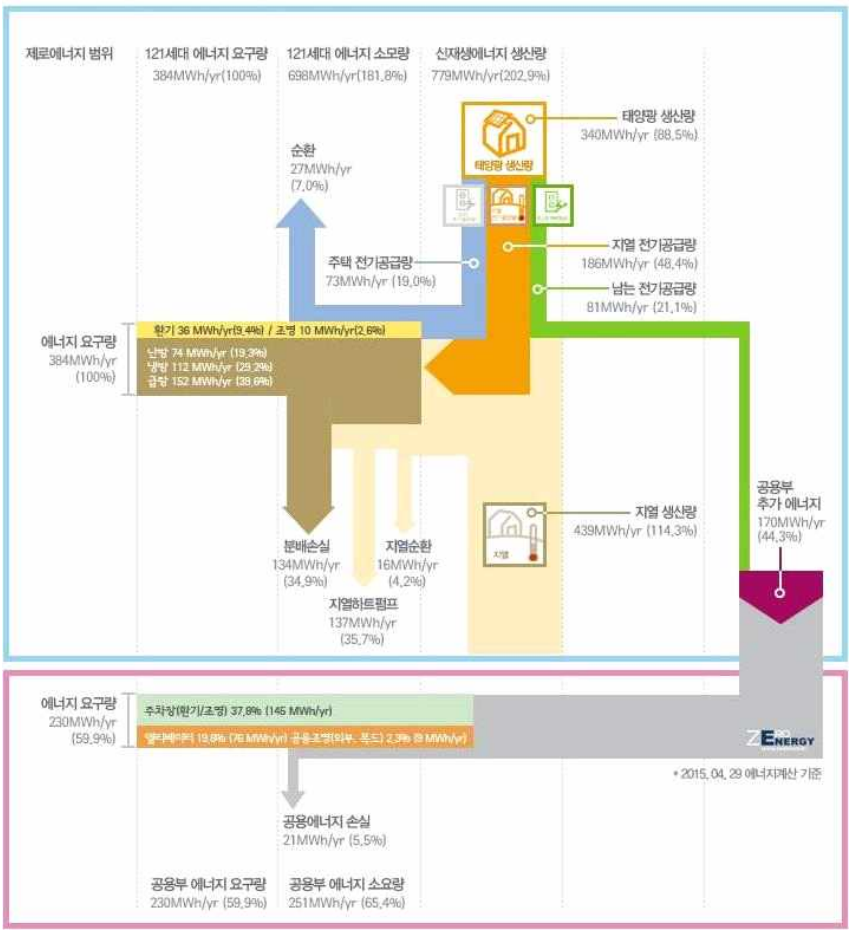


그림 362 제로에너지주택 실증단지 에너지밸런스 3차 계산

- 노원구 제로에너지 실증 단지는 5대 부하(냉방, 난방, 급탕, 조명, 환기)에 대한 에너지 소요량이 신재생 에너지에 의해 공급되는 5대부하 Net-Zero 달성을 목표로 하고 있다.

표 241 에너지 소요량 및 공급량

에너지 소요량		에너지 공급량	
에너지 요구량	에너지 손실 및 설비 효율	신재생 에너지 공급량	계통 전력
냉방 난방 급탕 조명 환기	순환 분배손실 지열순환 지열히트펌프	태양광(전기생산) 지열(열공급)	한국 전력 인입

- 따라서 건축물 수명 기간동안 지속적인 Net-Zero 에너지 달성을 위해서는 건축물 자체의 에너지 효율인 에너지 요구량을 유지하고, 에너지 손실을 줄이고, 설비 효율을 높이는 노력이 필요하다.
- 또한 신재생 에너지 공급량을 유지하기 위한 신재생 에너지 시설의 효율을 유지하는 것이 필요하다.

표 242 에너지 모니터링 필요성

요구사항	모니터링 필요성
에너지 수지	제로에너지 달성 여부에 대한 모니터링 필요 전체 부하 기준 Net-Zero 5대 부하 기준 Net-Zero
에너지 요구량 유지 혹은 저감	창호 및 단열재의 시공후 성능 평가 방안 필요 고단열, 고기밀, 고성능 창호의 기능 유지를 위한 성능 모니터링 방안 필요
에너지 손실 및 동력 설비 효율 개선	설비 효율 유지 및 낭비 제거를 위한 손실 및 효율 측정 방안 필요 순환 손실(환기 및 지열) 지열 히트 펌프 효율 열 및 전기 분배 손실
신재생 공급시설 효율 유지	신재생 에너지 생산 효율 개선을 위한 효율 측정 방안 필요 태양광 일사량 대비 발전량 지열 투입 전력대비 생산 열량
에너지 과소비 방지 방안 필요	입주민의 에너지 과소비에 의한 에너지 요구량 증가를 방지하기 위한 입주민 에너지 요구량 모니터링 필요

• 제로에너지 성능 모니터링 목적
- 제로에너지 성능 모니터링의 궁극적 목적은 제로에너지의 지속적인 Net-Zero 달성 및 거주 만족도 향상이다.

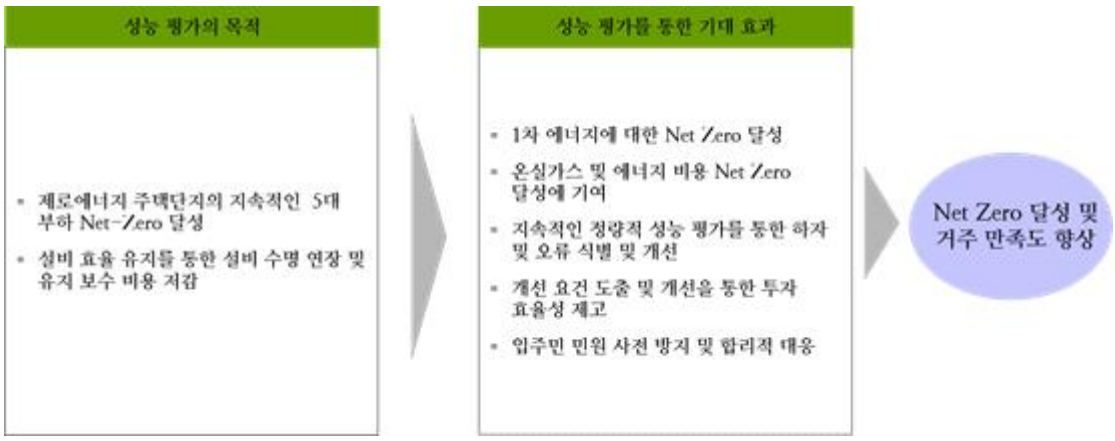


그림 363 제로에너지 성능 모니터링의 목적

- 제로에너지 달성을 위해서는 패시브 에너지 효율화 측면에서는 건축물 에너지효율 모니터링 및 베이스라인 설정을 위한 주기적인 성능평가 활동이 필수적이며, 액티브 에너지 효율화 측면에서는 에너지 공급 설비 모니터링, 에너지 분배 모니터링, 에너지 Peak Demand 모니터링 기능이 요구된다.

표 243 제로에너지 성능평가 핵심 활동

구분	핵심 활동	설명
패시브 에너지 효율화	고효율 설비 효율 평가	고효율 건축 기술을 활용하여 건축물의 에너지 부하를 최소화.(예, 패시브 건축 기술 적용, 고단열, 3중 창호 사용, 고기밀) 고효율 에너지 설비 사용을 통해 에너지 사용량을 낮춤(예, 조명을 LED로 교체) 건축물의 에너지 효율 평가를 통한 패시브 성능의 유지
	에너지 성능 측정 및 평가	건축물의 에너지 요구량을 측정 에너지 부하의 요구량 및 효율 측정 Base Line으로 설정하고 이를 성능 비교 설계시 및 도입시의 성능과 비교 효율 분석을 통한 교체, 재시공 등의 개선 작업 수행
액티브 에너지 효율화	에너지 공급 설비 모니터링	태양광, 지열, 바이오매스 등의 신재생 에너지 공급원을 설치 공급원의 출력 모니터링을 통한 효율 성능 평가
	에너비 분배 효율 모니터링	에너지 손실 모니터링 적정 분배 손실을 초과하는 손실의 방지 유지 관리를 통한 손실 억제
	에너지 Peak Demand 관리	거주민의 에너지 수요 관리를 통한 Peak Demand의 평탄화 거주민의 에너지 과소비 혹은 에너지 낭비 요소 제거

• 제로에너지 성능 모니터링 체계

- 지속적인 제로에너지화를 건축물의 에너지 효율(요구량) 이외에 에너지 수요 예측과 공급을 조정하고, 전체 최적화 측면에서 에너지를 관리하는 것이 필요하다.
- 제로 에너지 관리 프레임워크는 에너지 수요 및 공급 관리를 위한 체계로서, 에너지 수요측과 공급측을 최적 운영하여 제로 에너지 밸런스를 조정하는 기능과 거주자 관점의 에너지 서비스 관리, 설비 운영자 관점의 에너지 인프라 관리, 그리고 이러한 기능이 잘 수행될 수 있도록 성과 지표를 통해 모니터링하고, 개선이 가능하도록 하는 모니터링 기능을 포함하고 있다.
- 본 프레임워크는 에너지 서비스 관리, 에너지 운영 관리(에너지 수요 관리, 공급 관리, 운영 관리) 그리고 에너지 인프라 관리, 모니터링 영역으로 구성된다.

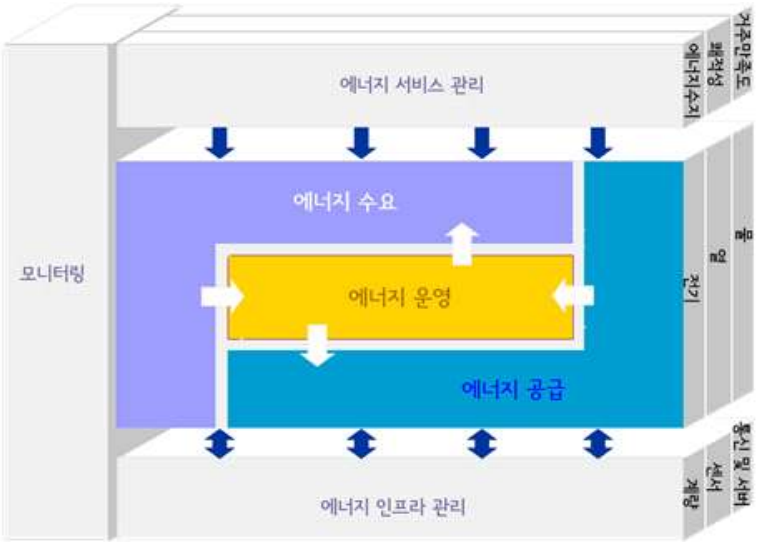


그림 364 제로에너지 관리 프레임 워크

- 에너지 서비스 관리는 관리 사무소 및 협력업체가 건축물의 입주자에게 제공하는 에너지 서비스의 품질을 관리하고, 운영 현황을 파악하는 영역으로, 에너지 인프라에 대한 경영 기능을 수행한다. 하부 요소로는 운영 현황 관리, 에너지 서비스 수준 관리(Service Level Management), 미터링 및 정산 관리가 있다.
- 에너지 운영 관리는 에너지 수요 관리, 에너지 공급 관리, 에너지 운영 관리로 세분화된다. 에너지 수요 관리는 베이스 라인 관리(CBL: Customer Base Load)와 수요 예측(Demand Forecasting), DR관리가 있다. DR 관리는 Peak Demand 완화를 위해 수요 감축을 수행하는 것으로, 부하 자원의 모집, DR 이벤트 발행, 검증의 기능을 포함한다.
- 에너지 공급 관리는 신재생 공급원 중 제어 불가능 공급 자원에 대해서는 발전 예측을 하고, 제어 가능 공급 자원에 대해서는 가용성 및 효율성을 점검하는 기능을 포함한다.
- 에너지 운영은 수요 자원과 공급 자원의 적절한 제어를 통해 온실가스 발생량을 최소화하도록 운전하는 기능을 포함한다.
- 에너지 인프라 관리는 계량기 및 센서, 통신 장비, 데이터베이스 및 서버 등의 가용성을 최대화하기 위한 활동으로 구성 관리, 상태 관리, 자산 관리, 예방 정비 관리 등의 기능을 포함한다.
- 제로에너지 성능 평가는 SPI(Energy Service Performance Index)와 에너지 지표, 쾌적성 지표를 통한 정량적 평가를 통해 수행되며, 연속 측정 및 측정 결과 공유를 위해 웹 기반의 모니터링 시스템을 구축하는 형태로 진행된다.
- 제로에너지 성능평가 체계는 프로세스 부분과 데이터 부분, 프리젠테이션 부분으로 구성되며, 향후 모니터링 시스템 구축을 위한 설계 자료로 활용된다.

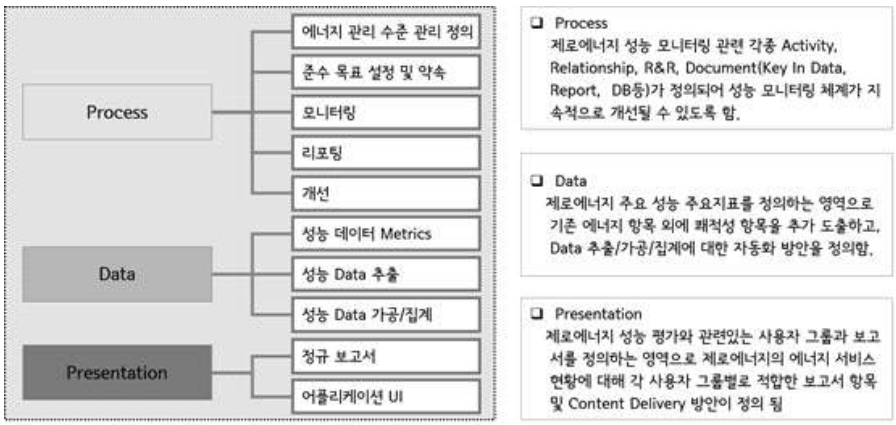


그림 365 제로에너지 성능평가 체계

- Data 영역에서는 성능 지표 항목을 정의하고 각 Data를 추출/가공/집계하는 시스템 개발 요건을 도출하며, Presentation 영역은 사용자 관점의 성능 지표별 측정 정보를 제공 할 수 있도록 사용자 그룹을 분류하고 그룹별 보고서를 정의하여 모니터링 시스템 개발 요건에 반영한다.

표 244 에너지 관리 프레임워크 세부기능

영역	세부기능	설명
서비스 데스크	서비스 데스크	입주민 및 관련자들의 협업 및 업무 진척을 위한 기능으로, Single Point Of Contact 기능을 제공 서비스 데스크는 건축물 내 입주자의 에너지(비용) 관련 민원, 정기적은 수선 및 유지보수 활동의 관리를 위한 유지보수 관리 기능, 1차 응대자가 신속하게 답을 문의자에게 전달할 수 있는 지식 관리 기능 제공
	민원 관리(SRM: Service Request Management)	제로에너지 건축물의 입주자 및 이해 관계자의 서비스 요청(service request)를 처리하고, 관리하는 기능
	유지보수 관리 (MRO:maintenance, repair, operation)	제로 에너지 건축물 및 설비에 대한 유지 관리 활동의 실행 여부, 결과 등을 관리하는 기능
	지식 관리	서비스 데스크가 신속하게 민원 및 요청을 처리할 수 있도록 known error 혹은 오류 사항 등을 저장하고, 관리하는 기능
에너지 수요 관리	CBL	고객 기준 부하(Customer Base Load)의 약자로, 건축물 입주자의 표준 사용 패턴을 관리 보통 전 10일 해당 시간 평균 사용(kW)를 통해 수요 감축시 감축에 따른 인센티브 지급 계산용으로 활용
	수요 예측	통계 기법을 활용하여 익일 수요를 예측하는 기능
	수요 감축	수요 감축 이벤트를 공지하고, 제로에너지 수용가(예, 주호)가 수요를 감축(Off, 출력조절)을 하는 기능 수요 감축 신호에 반응한 제로에너지 수용가(예, 주호)의 감축량을 계산하는 기능
에너지 공급 관리	신재생 발전 예측	기상에 따라 출력이 결정되는 태양광 및 풍력의 출력을 예측하는 기능 기상청의 기상 예보 정보를 바탕으로 신재생 발전원의 사양 및 특성에 따라 발전량을 예측
	운전 계획 수립 및 스케줄링	예측된 수요량과 에너지 저장량, 신재생 발전 예측량을 고려하여 제어 가능 에너지 공급 자원(지열, 바이오매스, 배터리, 축열조)의 운전 계획을 수립하는 기능
	발전 출력 관리	발전 상태 및 에너지 공급량을 관리하는 기능
	에너지 저장 관리	에너지 저장 상태 및 저장량을 관리하는 기능
	성능(효율) 관리	에너지 생산 설비 및 저장 설비의 효율을 관리하는 기능
에너지 인프라 관리	계량 인프라 관리	전력량계 및 전력계, 열량계의 상태 관리 원격 검침 시스템까지의 통신 상태 관리
	전력 인프라 관리	수전 설비, 분전반 상태 관리, 신재생 발전 설비 관리
	열 인프라 관리	지열 및 바이오매스 보일러, 축열조 등의 열에너지 공급 및 저장시설관리
	IT 인프라 관리	모니터링 및 에너지 관리를 위한 서버 및 스토리지, 어플리케이션, 네트워크에 대한 관리
모니터링	이벤트	고장(장애)에 대한 실시간 관리 상태 변화에 대한 모니터링으로 메시지 베이스의 관리 기능
	상황 관리	각 설비에 대한 실시간 출력, 상태 관리 주로 인프라 요소에 대한 실시간 모니터링 기능 에너지 서비스 성능 지표(Energy Service Performance Index)에 대한 집계 및 시각화
	SPI	에너지 서비스 성능 지표(Energy Service Performance Index)에 대한 모니터링 기능
	에너지 지표 모니터링	에너지 지표에 대한 모니터링
	쾌적성 지표 모니터링	쾌적성 지표에 대한 모니터링

표 245 데이터 및 프레젠테이션 영역

영역	단계	항목	내용
데이터	1	성능 Metric	SPI 항목(Service Level, 제로 에너지 서비스 수준 관리를 위한 항목) 및 에너지, 쾌적성 지표 항목(Operational Level, 에너지 운영상의 성능을 관리하기 위한 항목) 정의 기준 정보를 정의
	2	성능 데이터 추출	성능 Data 추출은 성능 지표 항목 측정에 필요한 데이터를 여러 외부 시스템에서 모니터링 시스템이 사용할 수 있도록 물리적 위치를 옮기는 것을 말함 기존 시스템 관리 도구와 자동화 툴을 최대 활용한 데이터 생성 방법과 생성된 데이터를 모니터링 시스템으로 자동 이관하는 추출 방안 마련
	3	성능 데이터 가공 및 집계	계량, 계측 DB의 입력 데이터를 성능 지표별 데이터로 분류하여 필요한 값을 산정하기 위한 데이터 가공/집계 방안 정의 가공된 데이터는 기 정의된 기준정보와 산출식에 따라 서비스 수준 대표값으로 집계함
프리젠테이션	1	사용자 그룹	일반적으로 의사결정권자 그룹, 수용가, 관리 사무소(서비스 관리 그룹), 서비스 Delivery 그룹(협력업체, 공급업체)으로 정의함 건축물의 에너지 관련 사용자 그룹을 정의함
	2	보고서	에너지 서비스 수준에 대한 성능 및 관리 관점의 상세 보고서에서 부터 사용자 의사 결정 조직을 위한 요약 보고서, Trend 보고서 등을 정의 함 각 사용자 그룹의 이용 목적과 니즈에 알맞은 보고서 종류 정의 및 보고서 내용 구성

- 성능 모니터링 프로세스는 모든 Activity와 Relation들이 포함되어야 하며, 시스템화 대상 / 비 대상으로 구분하는 것이 필요하다. 이는 모니터링 시스템 개발을 위한 Input 화면 및 보고서 등의 Reference 들도 함께 정의하는 것이 필요하다.

표 246 세부 프로세스

단계	프로세스	내용
1	에너지 관리 수준 정의	에너지 서비스를 정의 에너지 서비스별 관리 수준을 정의하고 변경하며, 종료하는 프로세스를 기술함 서비스는 Performance Category, 준수약속(agreement) 항목, SPI(Service Performance Index)를 구분하여 관리함
2	준수 목표 설정 및 준수 약속 (agreement)	각 SPI별로 준수 목표를 설정함 준수 목표 설정 및 변경을 위한 절차 작성, 각 준수 목표에 대한 가점(비중)에 대한 정의등을 규정함 에너지 공급자(관리 사무소)와 건축물 수용가간 SPI 준수 목표, 각 준수목표간의 비중을 확정하고, 인센티브와 패널티를 결정한 후 협약(agreement)를 체결함
3	성능 지표 모니터링	Net Zero 준수율, 에너지 서비스 가용성, 에너지 비용 적합성, 실내 쾌적성, 사용자(입주자) 민원 지원 성과 척도, 에너지 서비스 만족도를 모니터링하여 성능 성과 지표의 달성 여부를 관리함 에너지 공급 설비의 효율 관리, 유지보수 및 변경 관리, 계량 데이터, 데이터 처리 시간 및 백업 관리 등을 모니터링하여 운영 단위의 서비스 성과 지표 항목을 관리함
4	성능 리포팅	산출된 성능 지표 Data를 기반으로 현재의 에너지 서비스 수준을 확인함 사용자 그룹에 따라 차별화 된 성능 보고서를 작성하고 제출함
5	개선 과제 도출	성과 검증회의를 통해 Data를 검증하고, 개선 사항을 확인하여 개선 계획서를 작성함 에너지 서비스 수준 결과에 따라 인센티브/패널티를 산출함 에너지 서비스 향상 회의를 통해 개선 사항에 대해 사용자의 의사 결정 그룹(예, 입주자 대표 회의)에게 보고함 제로에너지 서비스 만족도에 대한 결과를 분석하여 개선 과제를 도출함

- 각 부하에 대한 에너지 요구량은 다음과 같은 방법으로 측정하였다.

냉방부하 = ∑ 세대내 에어컨부하 + 지열냉열펌프 전기부하 난방/급탕부하(단지) = 지열히트펌프 전기부하 난방/급탕부하(세대) = ∑ 세대사용 열량 환기부하(단지) = 환기장치 전기부하 환기부하(세대) = 세대환기사용량 조명부하 = ∑ 세대내 조명부하

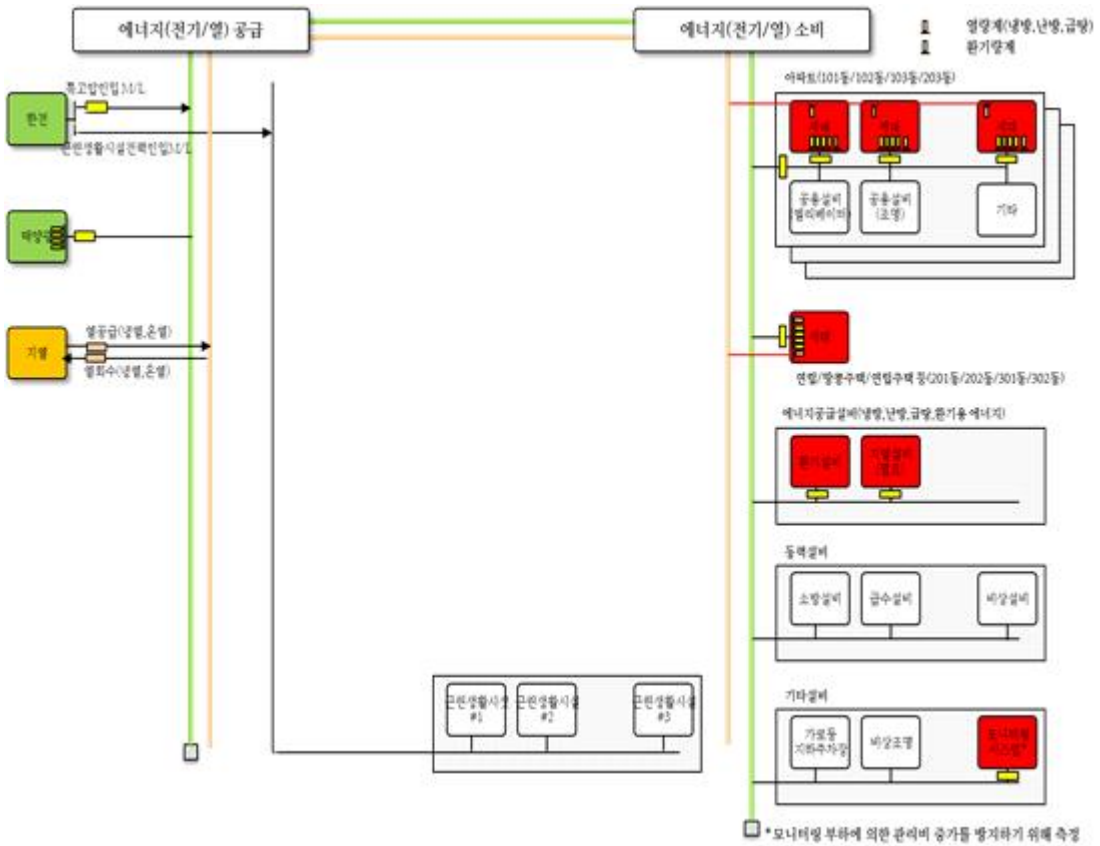


그림 366 에너지 계량 방안

• 제로에너지 성능 모니터링 기준 및 지표

- 제로에너지 성능 지표 기준은 거주자관점, 관리관점, 인프라 관점의 3가지 레이어로 구성된다.
- 거주자 관점은 주거 만적도 측면과 쾌적성, 에너지 비용 측면에서 성과 지표가 개발되며, 관리 관점은 에너지 운영 그룹과 건축물 에너지 효율에 대한 성과 지표를 다루고 있다.
- 인프라 관점은 제로에너지 주택 단지의 에너지 공급과 모니터링 인프라에 대한 성능 평가 지표를 수행한다.



그림 367 모니터링 기준

- 거주자의 주거 만족도는 현대 공동 주택의 거주자가 공통적으로 가지는 에너지 비용 절감 및 실내 거주 쾌적성 요구 사항을 반영하는 지표로서, 모니터링 체계의 가장 상단에 위치한다.
- 거주자의 주거만족도는 기대수준과 제공수준과의 차이에 의해 결정되는 정성적인 지표이므로, 거주자의 특수성에 의한 영향을 많이 받으므로, 이를 정량화하고, 제로 에너지 주택의 대표 지표로 사용하는데 제약이 존재하므로, 거주자 관점의 모니터링 지표를 도출하고, 이를 정규화 하는 방법이 필요하다.

표 247 거주자 관점의 평가 지표

분류	성능 지표	설명
주 거 만 족 도	에너지 상대 사용율	비교 대상 주택 대비 에너지 총량 비교율 및 에너지 비용 비교율 (제로에너지주택/기존주택*100%)
	온열 쾌적감	거주민 설문 조사를 통해 열적 쾌적 만족도를 산출
	제습 쾌적감	거주민의 설문 조사를 통해 여름의 제습 만족도를 산출
	제로에너지 건강 지수	제로에너지 입주민의 감기 건수 및 회복시간과 비교대상군(예, 서울시 전체)의 감기 건수 및 회복시간을 비교
쾌 적 성	온열 쾌적성	PMV중 착의량 등의 측정 곤란 항목에 대해서는 대표값을 입력하여 계산한 값
	공기 쾌적성	실내 공기질 지수를 바탕으로 측정
	수직 온도 변화율	실내의 바닥온도와 천정온도와의 차이
	온도 항상성	실내 온도의 변동폭을 계산
	외기 온도 대비 온도 항상성	외기 온도의 변화폭을 바탕으로 실내 온도의 변동폭을 계산
	제로에너지 쾌적성	온도, 습도, CO2농도, 기류 등의 정보를 바탕으로 제로에너지 쾌적성 지수를 계산
에 너 지 비 용	에너지 표준 비용	단위면적당 목표 쾌적 유지에 필요한 에너지 비용
	에너지 엥겔 지수	전체 에너지 비용중 5대부하(냉방, 난방, 급탕, 환기, 조명)가 차지하는 비용
	난방 비용	단위면적당 난방 에너지 비용
	냉방 비용	단위면적당 냉방 에너지 비용
	난방 감축 비용	단위면적당 난방 감축 에너지 비용(비교대상주택 대비)
	냉방 감축 비용	단위면적당 냉방 감축 에너지 비용(비교대상주택 대비)

- 에너지 최적 운영은 궁극적으로 연간 기준 Net Zero달성을 위하여 에너지 수요측(5대부하)와 공급측(신재생 발전)을 효과적, 효율적으로 운영하는 것을 의미한다.
- 따라서 에너지 최적 운영 활동은 에너지 에너지 수지 모니터링을 통하여 신재생 발전설비의 정상 동작 여부와 규정된 5대 부하내 사용 여부 및 과잉 사용 요소(낭비요소)를 점검하고, 이를 바탕으로 에너지 최적 공급 및 유지관리 활동을 수행하는 것이다.
- 결국 이러한 에너지 최적 운영 활동을 통해 제로에너지 주택의 에너지 총량을 줄이고, 주택단지의 에너지 비용(한전 등의 에너지 유틸리티에 지불하는 비용)을 최소화할 수 있다.
- 특히 에너지 부하 모니터링을 통한 Peak Demand 완화는 공동주택의 계약 용량을 줄여 공동주택의 관리비(에너지 비용)를 줄이는데 기여한다.

표 248 Net Zero 에너지 밸런스

영역	성능 지표	설명
Net Zero	건축물 Net Zero	건축물 단위로 계산 건축물의 전체 에너지 소요량과 건축물의 전체 에너지 생산량의 차이를 연간 단위로 계산
	수용가 Net Zero	건축물 단위로 계산 건축물의 전체 에너지 소요량과 건축물의 전체 에너지 생산량의 차이를 연간 단위로 계산
	난방 Net Zero	건축물 혹은 수용가 단위로 계산 건축물의 난방 에너지 소요량과 건축물의 전체 열량 생산량의 차이를 연간 단위로 계산
	냉방 Net Zero	건축물 혹은 수용가 단위로 계산 건축물의 냉방 에너지 소요량과 건축물의 전체 열량 생산량의 차이를 연간 단위로 계산
	급탕 Net Zero	건축물 혹은 수용가 단위로 계산 건축물의 급탕 에너지 소요량과 건축물의 전체 열량 생산량의 차이를 연간 단위로 계산
5대 부하 Net Zero	건축물 5대 부하 Net Zero	건축물 단위로 계산 건축물의 5대 부하 에너지 소요량과 건축물의 전체 에너지 생산량의 차이를 연간 단위로 계산
	수용가 5대 부하 Net Zero	건축물 단위로 계산 건축물의 5대 부하 소요량과 건축물의 전체 에너지 생산량의 차이를 연간 단위로 계산

표 249 에너지 건축물 효율

구분	영역	성능 지표	설명
건축물 효율	에너지 성능	단위면적당 난방에너지 소비량	단위 면적당 1년동안 난방 에너지 소요량을 kWh로 계산
		단위면적당 냉방에너지 소비량	단위 면적당 1년동안 냉방 에너지 소요량을 kWh로 계산
		단위면적당 1차에너지 소비량	단위 면적당 1년동안 1차 에너지 소요량을 계산
	단열 성능	기밀도	기밀 성능 측정
		외벽열관류율	열 관류율 측정
		선형열관류율	열 관류율 측정
		실내표면온도계수	실내 표면 온도 계수를 계산
		실내표면온도	하루 단위 실내 표면 온도 평균값 하루 단위 실내 표면 온도 변동값
공급설비 효율	단지기준 신재생 발전량	15분 단위의 신재생 발전량	각 인버터에서 공급되는 전력량
	발전 품질	전력 균일도(watt) 생산 전력 주파수 유효 전력 무효 전력	생산 전력 주파수 유효 전력, 무효 전력
	인정 발전력	한국전력에 판매되는 전력량	공급 초과 전력 중 한국 전력에 판매되어, 발전이 인정된 전력량
분배 효율	분배 손실	신재생 전력 분배 손실	인버터에서 측정한 생산 전력량과 실제 단지내 전력망으로 전달된 전력량과의 차이
		전력 분배 손실	한전 인입 전력량 및 신재생 생산 전력량 대비 각 부하에서 사용한 전력량 합과의 차이
		열 분배 손실	지열에서 생산한 열량과 각 수요처에서 사용한 열량과의 차이
에너지 수요 관리	단지기준 5대부하 전력량	15분 단위의 5대부하 전력량 (개별 부하, 5대 총부하)	개별전력:냉방, 조명,환기 설비가 사용하는 전력량 공통전력:난방, 급탕용 공급 설비가 사용하는 전력량
	주호기준 5대부하 전력량	15분 단위의 5대 부하	전기:냉방, 조명 열:난방, 급탕 전기: 환기 전력량 / 세대수
	Peak Demand	15분 평균 전력	각 주호에서 측정되는 전력(kilo watt) 단지 한전 전력계에서 측정되는 Peak Demand
	수요 평탄화	수요 평탄 지수	최대치와 최소치의 차이 분산값
	감축량	네가와트	동기 평균 사용량 대비 수요관리 이벤트 발생 후 감축량(CBL - 사용량 = 감축량)
	목표 준수율	사용 목표 준수율	에너지 사용 목표(kWh) 대비 실제 사용 전력량으로 met/miss로 성과를 측정

- 제로에너지 건축물은 에너지 생산 및 소비 설비 등의 에너지 인프라와 계량기 및 계측기, 통신 및 서버 등의 IT 인프라를 기반으로 구성된다.

표 250 IT인프라 관점의 성능지표

분류	성능 지표	설명
계량 인프라	계측기 고장율	전체 계측기중 고장 및 오류를 보이는 계측기의 비율
	계측 성공율	전제 계측기중 정해진 시간 내에 정상적으로 계측 데이터를 제공하는 계측기의 비율
	데이터 노이즈	전력의 경우 전류와 전압의 spark에 의해 노이즈가 발생함 이를 감안하여 보정하는 로직이 필수적으로 요구됨 전체 데이터 중 noise 발생율을 계산함
전력 인프라	목표 효율 준수율	신재생 공급 설비 목표 효율 준수율
	고장율	일정 기간 동안 비가용 시간
	재고장 시간	수리이후 다시 고장 날 때까지의 시간
	무효전력	무효전력
열 인프라	목표 효율 준수율	신재생 공급 설비 목표 효율 준수율
	고장율	일정 기간 동안 비가용 시간
	재고장 시간	수리이후 다시 고장 날 때까지의 시간
	출구 온도	출구 온도
	열 생산 소요 시간	가동 후 공급 가능한 열이 생산되는데 까지 걸린 시간
IT 인프라	통신 성공율	전체 계측 데이터 중 정해진 시간 내에 계측값을 서버로 전달하는 비율 서버에서 데이터 전송 제어 신호를 전달하고, 이에 대하여 계측기에서 값을 제공하는 경우 전체 계측기중 정상적으로 데이터를 전송하는 계측기의 비율
	서버 가용성	서버의 uptime을 계산 정해진 기간중 서버가 불안정하여 데이터 처리를 할 수 없을 경우 이에 대한 기간을 제외한 정상 처리 기간을 파악하여 서버 가용성을 계산함
	서버 응답 시간	서버에서 데이터 전송 제어 신호를 전달하고, 이에 대하여 계측기에서 값을 제공하는 경우 이에 소요되는 시간을 계산함
	네트워크 가용성	네트워크 가용 시간을 측정하여 계산함
	어플리케이션 응답 시간	사용자가 어플리케이션을 통해 성능 데이터 query를 요청하는 경우 요청받고 나서 데이터를 화면으로 표시하는데 까지 걸리는 시간 사용자 응답 시간으로 정의됨
	데이터 정합성	적산전력량 및 적산 열량을 통해 15분 단위의 전력량 및 열량 값을 추출하는 경우 하루 단위 96개의 데이터 set중 정상적으로 계산되는 set의 비율
	데이터 정확도	순시전력의 적분을 통해 계산된 사용량과 적산전력량을 통해 계산된 사용량과의 차이로 계산함

■ 제로에너지주택과의 쾌적성 비교를 위한 기존 공동주택 온열환경 실측(DB구축)

• 공동주택 온열환경 모니터링 개요

- 공동주택의 열쾌적 성능을 파악하기 위해 서울시 노원구에 위치한 S지구 임대주택 30세대를 대상으로, 2015년 11월 30일 부터 2월 25일까지 온열환경 모니터링을 실시하였다. 모니터링 대상 주택의 평면 및 온열환경 모니터링 위치는 그림7 과 같이 거실 중앙에 설치하였다.



그림 368 세대 내 온열환경 모니터링 위치

- 측정 대상 세대는 1층 최하층 세대, 캐노피 상부세대, 중간층 세대, 최상층 세대의 내측세대와 측벽세대로, 각 세대별 3일간 모니터링을 실시하였다.
- 온열 환경을 측정을 위해 사용한 측정기기는 다기능 종합환경 측정기기(Test 480)로, 표 14와 같이 흑구온도, 실내온도, 기류, 습도, 압력을 5분 간격으로 측정하였다.

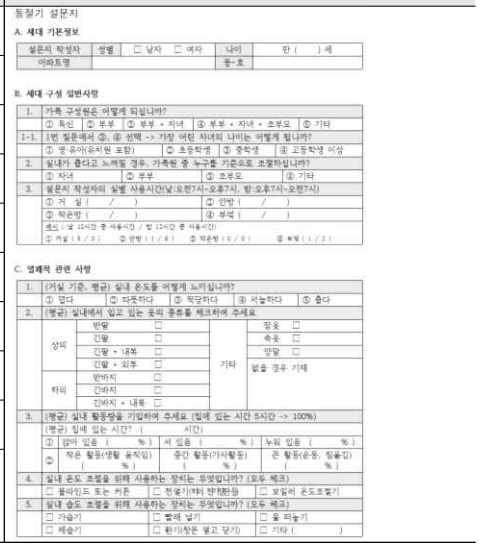
표 251 모니터링 측정항목 및 측정장비

측정 항목		사용장비	측정간격
실외	온도 (℃) 풍속 (m/s) 일사량(W/㎡)	2015년 1, 2월 서울지역 기상청 데이터 활용	1 hour
실내	흑구온도 (℃) (평균복사온도) 실내온도 (℃) 기류 (m/s) 습도 (RH %) 압력 (hPa)	온/습도 데이터로거 (Testo 480)	5 min
	표면온도 (℃)	적외선 온도계	-

• 재실자 거주형태 설문조사 개요

- 온열환경 성능을 파악하기 위해 각 세대별 모니터링 실시 시 거주자의 성별 및 스케줄, 동절기 착의량 등 에 관한 설문을 인터뷰 형식으로 실시하였으며, 설문 항목은 표 15와 같다.

표 252 설문 항목 및 설문지

측정 항목		설문지
기본 정보	성별	
	나이	
	거주 동/호	
세대 구성	가족구성원	
	거주 유형	
	거주자 스케줄	
열쾌적 관련 항목	착의량	
	시간대 별 온열 쾌적감	
	실내 활동시간별 행동	
	보일러 이외 온습도 조절장치	

• 거주자 설문 조사 결과

- 거주자의 착의량 및 활동량 등에 관한 평가를 위해 실시한 설문 조사 결과, 실내 주된 활동은 잠자기, 앉아 쉬기(TV 시청), 요리하기, 청소로 나타났다. 그에 따라 ASHRAE Standard 55의 각 활동별 활동량(요리 및 청소는 각 값의 평균값을 적용)을 확인한 결과, 착의량의 경우, 세대별, 성별에 따라 차이가 발생하였으며, 여자의 경우 남자보다 더 두껍게 옷을 입고 있는 것으로 나타났다. 남자의 경우, 동절기 얇은 티셔츠에 바지 또는 반바지(Sweat pants)를 입고 생활하며, 여자의 경우, 두꺼운 티셔츠에 치마 또는 바지를 입고 생활하고 있었다. 그에 따라 각 세대별의 착의량은 0.45 ~ 0.92로 평균 0.67로 나타났다.

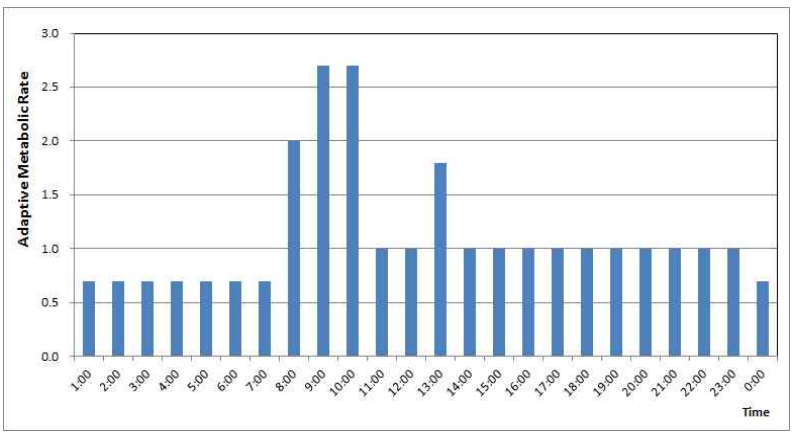


그림 369 거주자의 시간대별 활동량

• 온열환경 측정 및 평가결과

- 동절기 공동주택의 열적 쾌적성 평가를 위해 각 세대별 온열 환경 모니터링 시, 외기 온도는 및 일사는 서울 기상데이터를 확인한 결과 그림 9와 같으며, 평균 외기 풍속은 약 2.8m/s 인 것으로 나타났다.

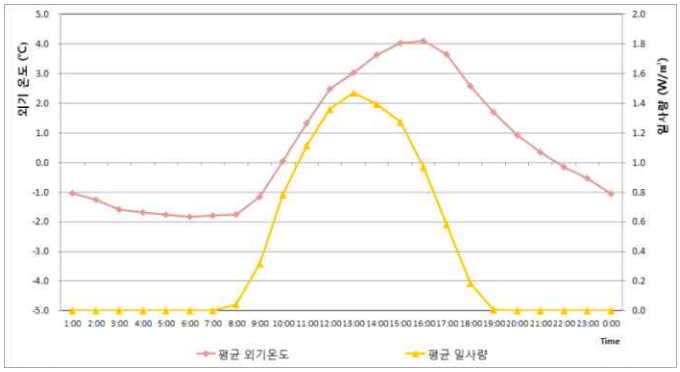


그림 370 평균 외기온도 및 일사량

① 모니터링 세대의 실내온도 분포

- 국내 에너지 절약설계기준에 따른 동절기 난방 설정온도 20~22℃로, 각 세대별 모니터링 결과 최대온도 26.3℃, 최저 온도 19.0℃로 평균 온도 22.1℃로 설계 기준과 유사한 것으로 나타났다. 그림 10은 측정 세대의 각 시간별 평균 온도의 빈도를 나타낸 것으로, 실내온도가 22℃ 이상인 경우가, 약 46% 이상인 것으로 나타났다.

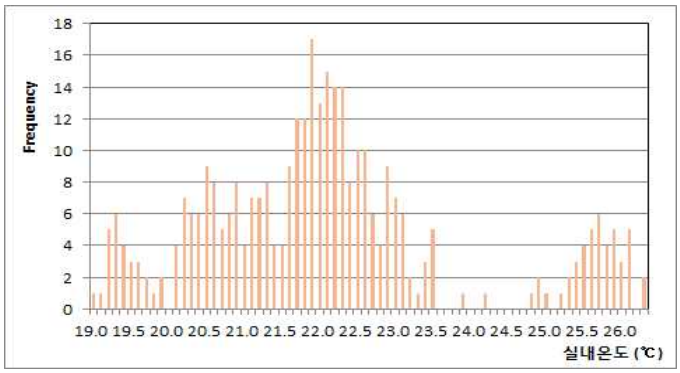


그림 371 세대 내 실내온도 분포

- 모니터링 된 실내 온도 중 최저온도인 19.0℃는 캐노피 상부 측벽 세대로, 다른 세대와 비교해 바닥면 및 측벽을 통해 외부로 빠져나가는 열량이 상대적으로 많아, 이러한 결과가 나타난 것으로 판단된다.

② 각 세대별 온열환경 평가

- 기존연구[24]에서는 외기온도 및 작용온도, 습도, 활동량, 착의량을 보정하여, PMVnew를 도

24) Humphreys M.A., Nicol J.F. (2002) The validity of ISO-PMV for predicting comfort votes in every-day thermal environments, Energy and Building, 34(6), 667-684

출하였으나, 본 연구에서는 거주자의 활동량(생활 패턴) 및 착의량 등에 관해 설문조사의 결과를 토대로 PMV 값을 분석하였으므로, PMV 결과 값을 그대로 적용하였다.

- 거주자들의 설문 및 온열 환경 모니터링 결과를 토대로 각 세대별 온열환경 쾌적성능 평가를 실시한 결과, 캐노피 상부층의 경우 아래와 같이 나타났다.



그림 372 캐노피 상부층 세대 열적 쾌적성능

- 캐노피 상부층의 경우, PMV의 쾌적 범위인 ±0.5내로 들어오는 시간이 거주자가 청소나 요리하기 등 활동량이 증가할 경우인 것으로 나타났으며, 그 외 앉아 쉴(TV 시청) 경우는 -1인 약간 서늘한 정도로 나타났다. 이는 실내 온도 모니터링 결과와 마찬가지로, 다른 세대와 비교해 외벽으로 손실되는 열량이 많기 때문인 것으로 파악된다. 또한 0 ~ 8시까지의 경우, 모니터링 위치가 거실 중앙(야간 시간 거실 보일러 Off)으로, 실제 거주자들의 수면 공간에서의 모니터링이 이루어지지 않아 이러한 결과가 나타난 것으로 판단된다.
- 측벽세대와 내벽 세대와의 차이는 거주자들의 활동량이 많지 않은 시간(휴식_TV 시청)에 약 0.5 정도 차이가 발생하는 것으로 나타났다.
- 최하층 세대에서 온열 환경을 모니터링 결과, 열적 쾌적 성능은, 아래와 같이 나타났다.

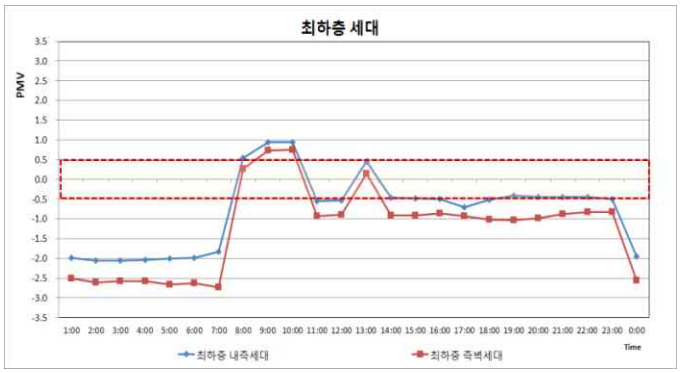


그림 373 최하층 세대 열적 쾌적성능

- 최하층 세대 또한 캐노피 상부 세대와 유사하게 거주자들의 활동량이 활발한 시간대에 쾌적 범위내로 결과 값이 들어오는 것으로 나타났다. 최하층의 내측 세대의 경우, 수면시간을 제외한 대부분의 거실 활동시간에 쾌적 범위 내로 들어오는 것을 확인하였으며, 측벽세대의 경우에는, 거실 활동 시간에도 휴식시간에는 캐노피 세대와 동일하게 PMV 값이-1인 약간 서늘하게 느끼는 것으로 나타났다.

- 중간층 세대에서 온열 환경을 모니터링 결과, 열적 쾌적 성능은, 아래 그림과 같다.

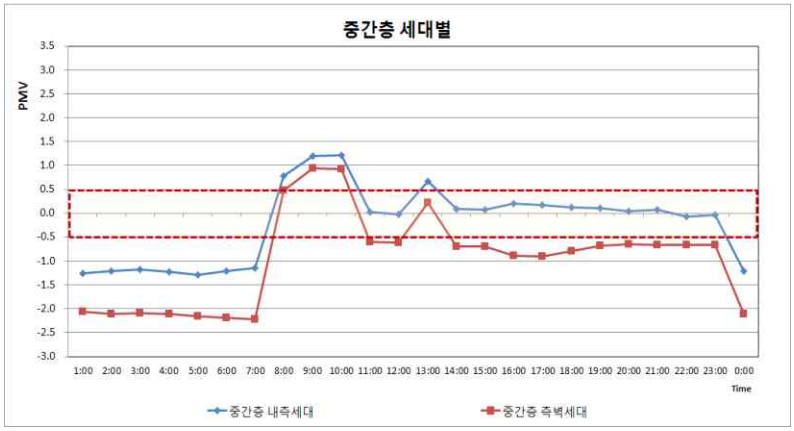


그림 374 중간층 세대 열적 쾌적성능

- 중간층 내측세대의 경우, 오전 요리 및 청소시간(PMV 값 +1.2)을 제외한 거실에서 활동하는 시간에는 쾌적 범위 내로 들어오는 것으로 나타났으며, 측벽세대의 경우, 휴식(TV시청, 19:00~23:00) 시에도 쾌적 범위에 가까운 값인 -0.6으로 나타났다. 설문 조사결과, 측벽세대의 경우 낮 시간동안(15:00~17:00) 에너지 절약을 위해 보일러를 Off 하는 것으로 나타나, 그 시간대의 열쾌적 성능 다른 시간에 비해 낮게 나온 것으로 파악되었다.



그림 375 최상층 세대 열적 쾌적성능

- 최상층의 경우, 다른 세대와 유사하게 내측세대가 측벽세대보다 열쾌적 성능이 좋은 것으로 나타났다. 거실에서 활동시간의 열적 쾌적성능은 내측세대의 경우, 거의 모든 시간에 만족하는 것으로 나타났으나, 측벽세대의 경우 야간시간(18:00~23:00)까지 약 -0.8로 거주자가 약간 서늘하다고 느끼는 것으로 나타났다.

• 각 세대별 온열환경 모니터링 결과

- 측정 기간 중 평균 외기 온도는 -2.4℃ ~ 4.4℃인 것으로 나타났다. 실내 온도의 경우, 19.0℃~ 26.3℃, 범위로 평균 온도는 22.1℃로 나타났으며, 흑구온도의 경우, 18.0℃~26.6℃로 평균 21.6℃ 나타났다.

- 실내 평균온도의 경우, 에너지 절약 설계기준값 인 20~22℃와 유사한 것으로 나타났으나, 22℃를 상회하는 빈도는 약 46%로 거주자의 열적 쾌적성 측면을 고려 시에는 기준을 달리해야 할 것으로 판단된다.
- 열적 쾌적성능 분석을 위해 각 세대별 거주자의 착의량 및 활동량 등에 설문을 실시한 결과, 실내에서의 주된 활동은 잠자기, 앉아 쉬기(TV 시청), 요리하기, 청소로 나타났다.
- 착의량의 경우, 세대별, 성별에 따라 차이가 발생하였으며, 여자의 경우 남자보다 너 두껍게 옷을 입고 있는 것으로 나타났다. 그에 따라 각 세대별의 착의량은 0.45 ~ 0.92로 평균 0.67로 나타났다.
- 공동주택 세대별 온열환경을 모니터링하고, 설문을 토대로 활동량 및 착의량을 통해 거주자의 열적 쾌적성능을 확인한 결과, 열적 쾌성 성능은 캐노피 상부 세대> 최상층 세대> 최하층 세대 >중간층 세대 순으로 확인되었다. 최상층의 경우, 야간의 쾌적성능은 캐노피 상부와 유사하나, 주간의 경우, 옥상면으로의 일사량을 통해 쾌적 성능이 최하층보다 높은 것으로 나타났다.
- 내측 세대와 측벽세대를 비교한 결과, 외기와 면한 벽면이 많은 측벽세대가 열적 불쾌적감이 더 높은 것으로 나타났다.
- 추 후, 본 연구의 결과를 현재 건설 중인 제로에너지 실증단지의 열적 쾌적 성능과의 비교 및 평가 자료로 활용하여, 제로에너지 단지를 측정하여 에너지 사용량에 따른 재실자의 쾌적성을 비교, 분석할 예정이다.

■ 실증단지 넷제로 달성여부 확인을 위한 에너지성능 모니터링 항목 및 지표도출

• 공동주택 쾌적성 모니터링 항목 조사

- 2차년도 연구진행에 따른 결과, 쾌적성을 평가하고 있는 온열환경 범위에 있어 대부분 사무용 건축물의 실내공간을 대상으로 실시한 실험 및 수치해석, 동적시뮬레이션을 통해 쾌적성 평가를 수행하고 있는 것으로 확인이 되었고, 이에 따른 평가방법으로는 미국냉동공조학회(ASHRAE), 국제표준 ISO7730, 유럽 실내환경기준 EN15251, 영국 CIBSE Guide A 등 해외에서 온열환경 6요소를 활용하는 PMV기반의 열쾌적모델과 적응쾌적모델인 Adaptive PMV를 가장 많이 사용하는 것으로 확인되었다.
- 하지만 실제 공동주택 거주자 대상으로 PMV환경요소를 실측 한 후 적용성 평가를 한 결과, 일정한 난방온도 설정에 의해 온도차이가 없어 Adaptive PMV쾌적범위인 -1.5～1.5사이에 거의 모든세대가 쾌적범위에 들어오는 것으로 확인할 수 있었다. 또한 온열환경 6요소 중 활동량과 착의량의 경우 시간대 별 주관적 판단에 의해 설정될 수 밖에 없는 요소이므로 ASHRAE에서 정하고 있는 7단계 온열감 척도로 정확한 결과를 얻지 못하였다.
- 이에 본 연구에서는 실증단지의 쾌적성능 모니터링 항목 도출을 위해 온열환경범위에서 더 나아가 실내환경 범위까지 고려하여 실제 거주자들의 쾌적감 만족도를 위해 추가적인 항목을 조사해봄으로써 향후 실증단지와의 쾌적성능을 비교하고자 한다.

• 학술연구사례를 통한 쾌적성 항목 조사

- 실내대기에 대한 쾌적성을 논할 때 실내라고 하면 건축물의 내부를 칭하므로, 건축분야에서 접근하는 실내쾌적성은 온열환경에 국한된 경우가 대부분을 차지하여 측정항목 또한 온도, 습도 등이었다. 그러나 에너지 절약 등의 이유로 건축물이 기밀화되고 내장재에 공업 합성물이 사용되어 실내대기오염 현상이 심각해짐에 따라 실내쾌적성의 지표로 사용하기에는 한계를 가지게 되었다.[25)]
- McFarland RA 등(1958)[26)]은 조명의 변화가 야간반응에 미치는 영향에 대해 연구하였으며, Chiang CM 등(1996)[27)]은 실내공기질에 관심을 가져 실내쾌적성을 평가하기 시작하여 실내환경에 대한 쾌적성을 온열환경과 대기오염도를 동시에 고려한 평가 연구를 지속적으로 하였다.
- 이임학 외(2012)[28)]는 실내환경의 쾌적성을 용이하게 평가하기 위한 평가로직을 개발하였는데 여기서 온열환경의 PMV, 조도 등의 온열쾌적성과 실내오염물질 중 실제 온라인이나 매스컴에서 많이 보도되었던 이산화탄소(CO2), 미세먼지(PM10), 휘발성유기화합물(VOCs) 총 5개항목을 선정하여 실험법으로 의해 평가로직이 만들어졌다.

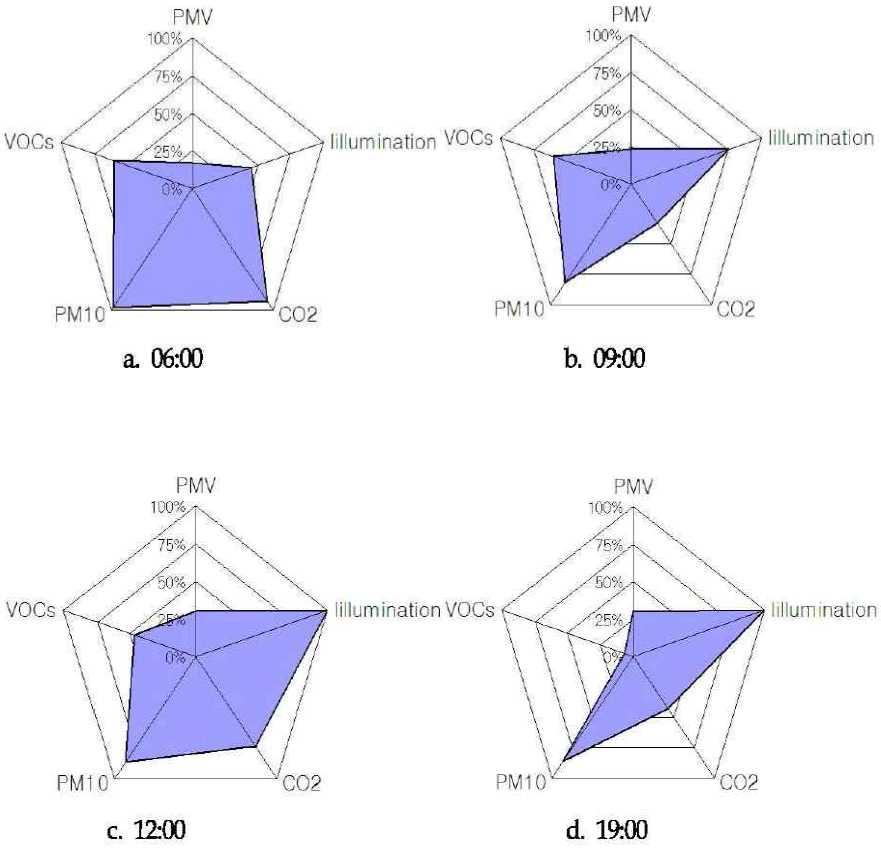


그림 376 지하쇼핑몰의 쾌적성 평가 결과

25) 이임학 외, 센서측정법을 이용한 실내쾌적성 평가기술에 관한 연구, 실내환경학회 논문집, Vol.9, No.1, pp.65~78, 2012.03
26) McFarland RA, Domey RG.(1958) Experiment studies of night vision as a function of age and changes in illumination. Highway Research Board Bulletin, 191, 17-32
27) Chiang CM, Chou PC et al., (2001) A methodology to assess the indoor environment in care centers for senior citizens, Building and Environment, 36, 561-568
28) 이임학 외, 센서측정법을 이용한 실내쾌적성 평가기술에 관한 연구, 실내환경학회 논문집, Vol.9, No.1, pp.65~78, 2012.03

• 실내환경 측정센서를 통한 쾌적성 항목 조사

- 2015년에 접어들어 환경측정에 대한 센서기술의 발달과 사물인터넷(IoT)기술, 무선인터넷 기술, 클라우드 데이터 소싱 기술과 스마트폰, 앱기술들이 연결되면서 수동적인 측정에서 벗어나 자동화기술로 변화되고 있다.
- 현재 시중에 나와 있는 자동화 실내환경 측정기기들을 조사해 본 결과, 아래와 같이 항목을 도출 할 수 있다.



그림 377 실내환경 측정 기기 및 측정 항목

- 실내환경 측정센서 항목구성을 살펴보면, 국내기기의 경우 온도, 습도, 소음, 이산화탄소, 미세먼지가 공통사항으로 구성되어있었으며, 차이점으로는 포름알데히드를 포함한 총휘발성유기화합물, 일산화탄소, 조도, 기압이 추가적으로 구성되어있다.

• 기존 공동주택과 실증단지 단 기술요소 비교를 통한 쾌적성 항목 도출

표 253 쾌적성 항목

구분	요소	검토사유		현재 검토중인 쾌적성 항목
		기존주택	실증단지	
공기환경	PM10 및 2.5(미세먼지)	PM10용 미드필터 사용	PM2.5용 초경량 필터 사용	미세먼지, VOCs, CO, CO2, 소음, PMV 지표 (온습도, 복사온도, 기류)
	VOCs(휘발성유기화합물)	합벽지+저비용 MDF 자재 사용	오염물질 저방출 실크벽지 사용	
	CO 및 CO2	취사용으로 가스렌지 사용	취사용으로 전기 인덕션 사용	
음환경	일상소음	내단열 및 더블로이 이중창 사용	외단열 및 더블삼중유리 삼중창 사용	
온열환경	온습도, 기류, 복사온도	내단열사용, 기밀성 고려X	외단열사용, 기밀테이프 사용	



■ 제로에너지주택과의 비교를 위한 기존 국민임대주택 전력사용량 분석(DB구축)

• 기존주택 전력사용량 분리계측을 통한 모니터링 시스템 점검

- 기존주택의 에너지사용 분리계측을 통한 실증단지 모니터링에 있어서 예상 문제점을 사전에 개선하고자 전력사용량에 대한 분리계측을 실시함.
- 실증단지의 5대에너지 분리계측 사용량과 기존 임대주택 5대에너지 사용량과의 비교를 위한 DB 구축을 함.

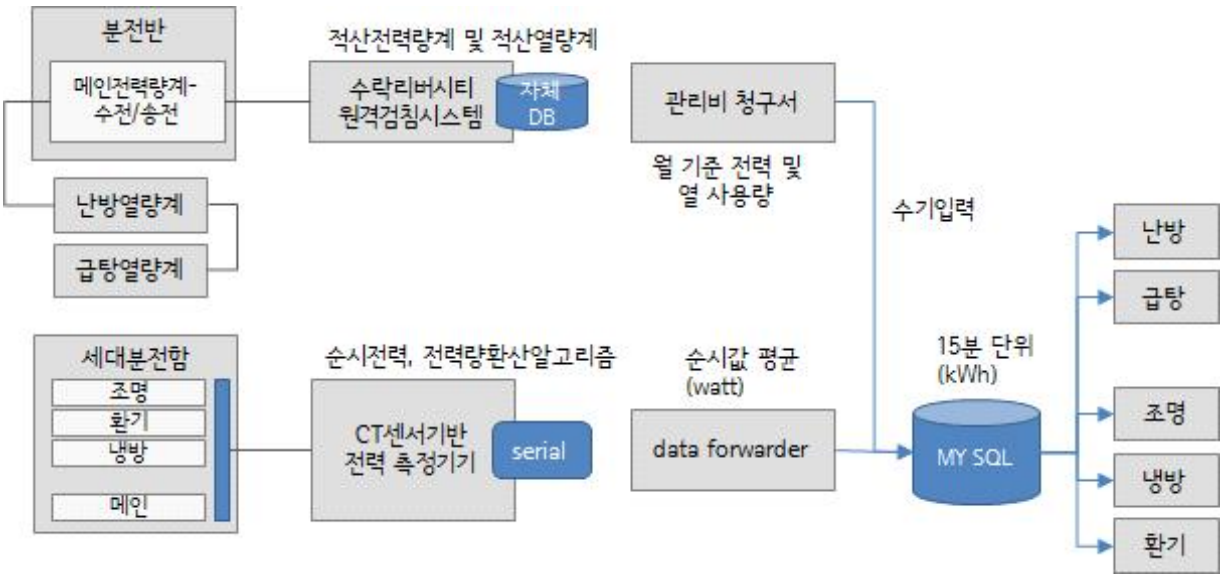
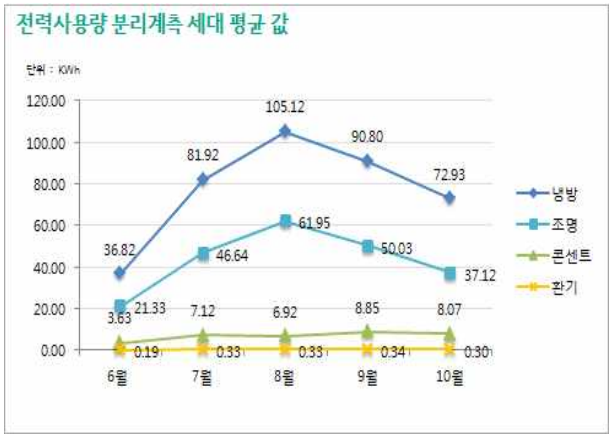


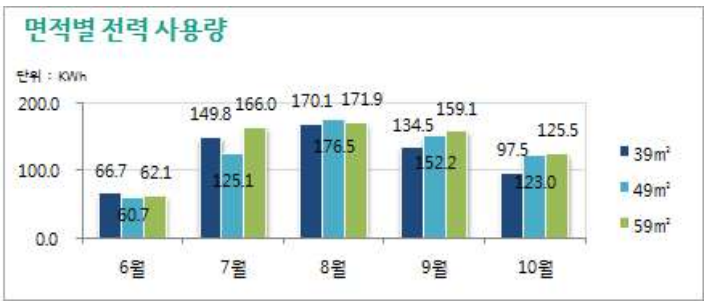
그림 378 기존주택 분리계측 계통도

- 노원에 위치한 임대주택단지를 대상으로 39㎡형 1세대, 49㎡형 32세대, 59㎡형 1세대로 전력사용량(냉방, 조명, 환기), 난방 및 급탕 사용량에 대한 DB를 구축함.
- 쾌적성 측정의 경우, 별도의 복합센서(NETAMO)를 통해 세대별 온도, 습도, CO2, 소음, 기압을 측정함.

• 기존주택 전력사용량 분리계측 결과







• 기존주택 전력사용량 분리계측 결과에 따른 문제점 도출

현재 시스템 구성의 문제점	해결 방안
데이터 집계 수작업 의존 • 열(난방, 급탕) 부하 측정이 수작업으로 진행되므로 • 데이터집계에 1달이 소요 • 한시간, 일간, 주간 단위 5대 부하 측정이 곤란	**데이터 집계 자동화** • 수락리버시티의 원격검침 데이터와 연동 • 현재의 한달 단위 집계 주기를 1시간 혹은 1일 주기로 단축 • 이를 위해서는 수락리버시티 관리사무소와의 논의필요
순시값 측정으로 오차발생가중 • 순시 전력을 전력량을 환산할때 오차가 발생하므로, 시간대별 적산전력량 값을 활용하여 보정하는 것이 필수적임 • 원격검침시스템과 연계가 되지 않아 오차가 발생 • 전력부하(냉방, 조명, 환기)의 실시간 분리계량 곤란	**적산 전력량 측정으로 데이터 안정화** • 현재 측정주기를 초당에서 10초당 혹은 1분 단위로 변경 • 15분 동안의 평균값(최대값 2개, 최소값 2개는 제외)을 활용하여, 적산전력량으로 환산 • 오차자동 보정로직을 개발하여 적용

■ 5대에너지 분리계측을 통한 실증단지 에너지성능평가 모니터링 기법 최종 도출

• 제로에너지 실증단지 에너지 모니터링 개요

- 제로에너지주택과 제로에너지주택은 에너지자립건물이라는 의미가 담겨있으며, 본 제로에너지 실증 단지 사업에서는 넷제로 에너지 주택을 외부 그리드와 연결이 되어있고 연간 건물의 사용에너지와 생산에너지가 대차대조에 의해 1차 에너지가 0인 건물이라고 정의하였다.

- 제로에너지주택과 제로에너지주택은 에너지자립건물이라는 의미가 담겨있으며, 본 제로에너지 실증 단지 사업에서는 넷제로 에너지 주택을 외부 그리드와 연결이 되어있고 연간 건물의 사용에너지와 생산에너지가 대차대조에 의해 1차 에너지가 0인 건물이라고 정의하였다.

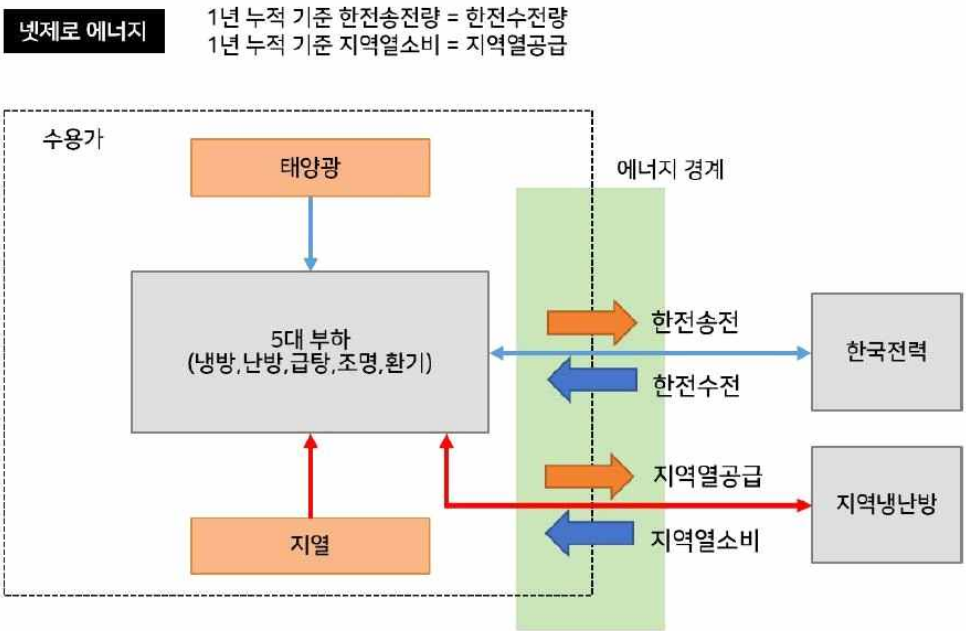


그림 379 제로에너지주택 실증단지 모니터링 개요

• 에너지 모니터링 목적

- 에너지 모니터링은 건축물의 에너지 사용량 및 생산량에 대한 모니터링을 통해 해당 건축물이 지속적인 Net Zero를 달성할 수 있는 정량적 정보를 제공하는데 목적이 있다.

✓ 본 실증단지의 Net zero 달성여부의 판단

✓ 국내외 공인기관의 에너지인증을 위한 데이터 제공

✓ 건축물에너지성능 모니터링을 통한 에너지사용에 따른 절감율 지속적 유지

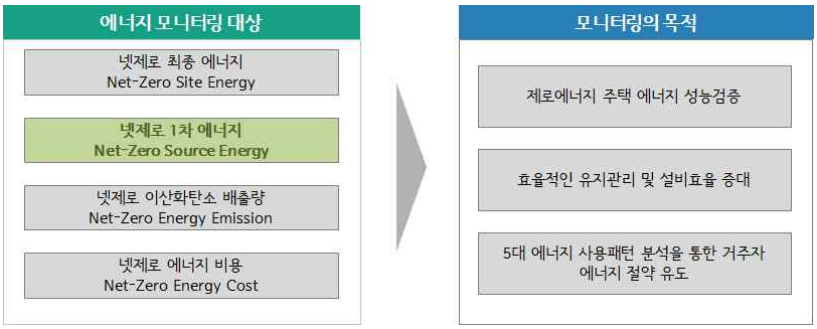


그림 380 에너지 성능평가 모니터링 가이드라인 기본방향

• 에너지 모니터링

- 에너지가 생산되고 소비되기까지의 과정으로 각 과정들의 에너지 변화량을 측정하고, 측정된 값들을 모니터링함으로써, 제로에너지 주택이 얼마만큼의 에너지를 생산하고, 소비되는지를 관리하며, 이를 통해 에너지 절감 유도 및 에너지 복지를 실현하는 방법이다.

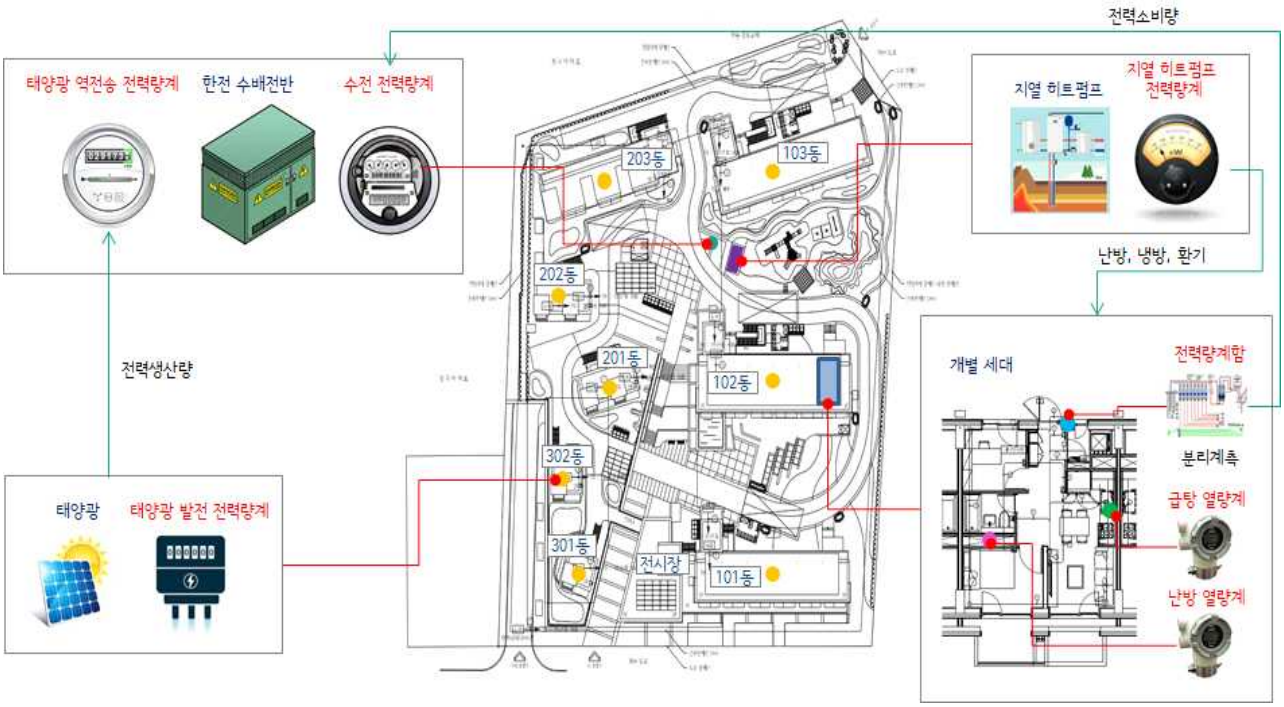


그림 381 실증단지 에너지 모니터링 시스템 구성(안)

• 쾌적성 모니터링

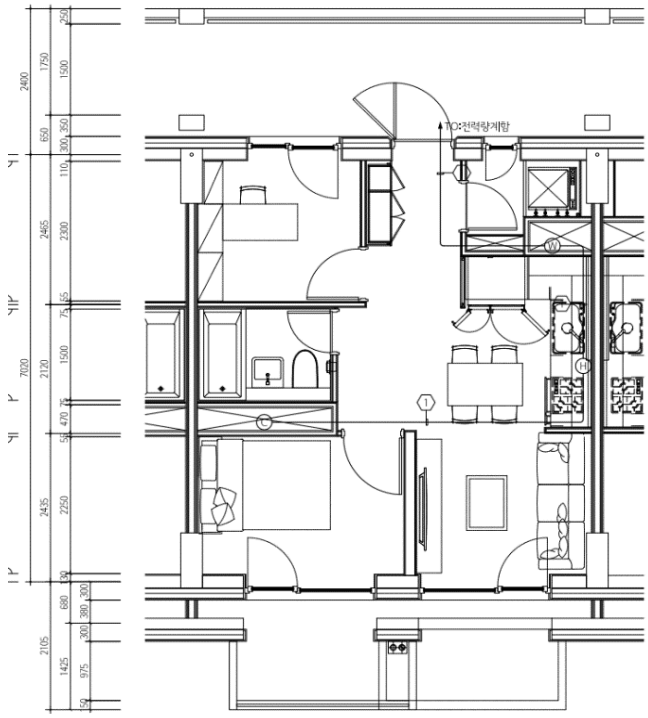
- 쾌적성 모니터링은 단지내의 입주자의 주거 환경에 대한 모니터링을 통해 제로에너지 주택의 쾌적성을 정량적으로 모니터링하여, 입주자의 쾌적한 거주 환경 유지와 에너지 적정 소비 정도 측정, 그리고 제로 에너지 주택의 성능 평가에 기여함을 목표로 한다.

• 주택유형별 모니터링 시스템

- 주택별 에너지 모니터링은 원격검침시스템과 홈 네트워크 설비를 통해 이루어진다. 특히 부하별 분리 계측은 홈네트워크의 세대 분전함에 설치된 에너지 미터를 통해 이루어진다.

분류	부하	측정기기	측정 시스템
아파트형 주택	메인	세대별 전력량계	원격검침시스템
	난방	세대별 열량계	원격검침시스템
	냉방	지열히트펌프(냉방)용 전력량계 – 추정	원격검침시스템
	급탕	세대별 열량계	원격검침시스템
	환기	환기설비용 전력량계 – 추정	원격검침시스템
	조명	세대 분전함 에너지 미터	홈네트워크 시스템
	콘센트	세대 분전함 에너지 미터	홈네트워크 시스템
개인주택형 (땅콩주택등)	메인	세대별 전력량계	원격검침시스템
	난방	세대별 열량계	원격검침시스템
	냉방	세대 분전함 에너지 미터	홈네트워크 시스템
	급탕	세대별 열량계	원격검침시스템
	환기	세대 분전함 에너지 미터	원격검침시스템
	조명	세대 분전함 에너지 미터	홈네트워크 시스템
	콘센트	세대 분전함 에너지 미터	홈네트워크 시스템

- 단위세대 에너지 모니터링 구성(원격검침시스템, 39A형 기준)

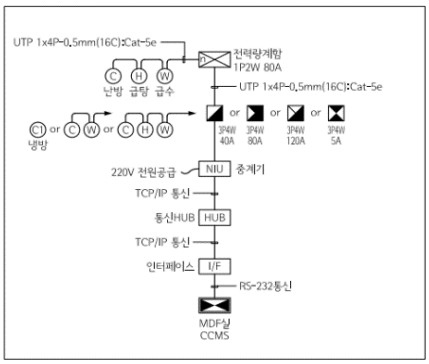


NOTE

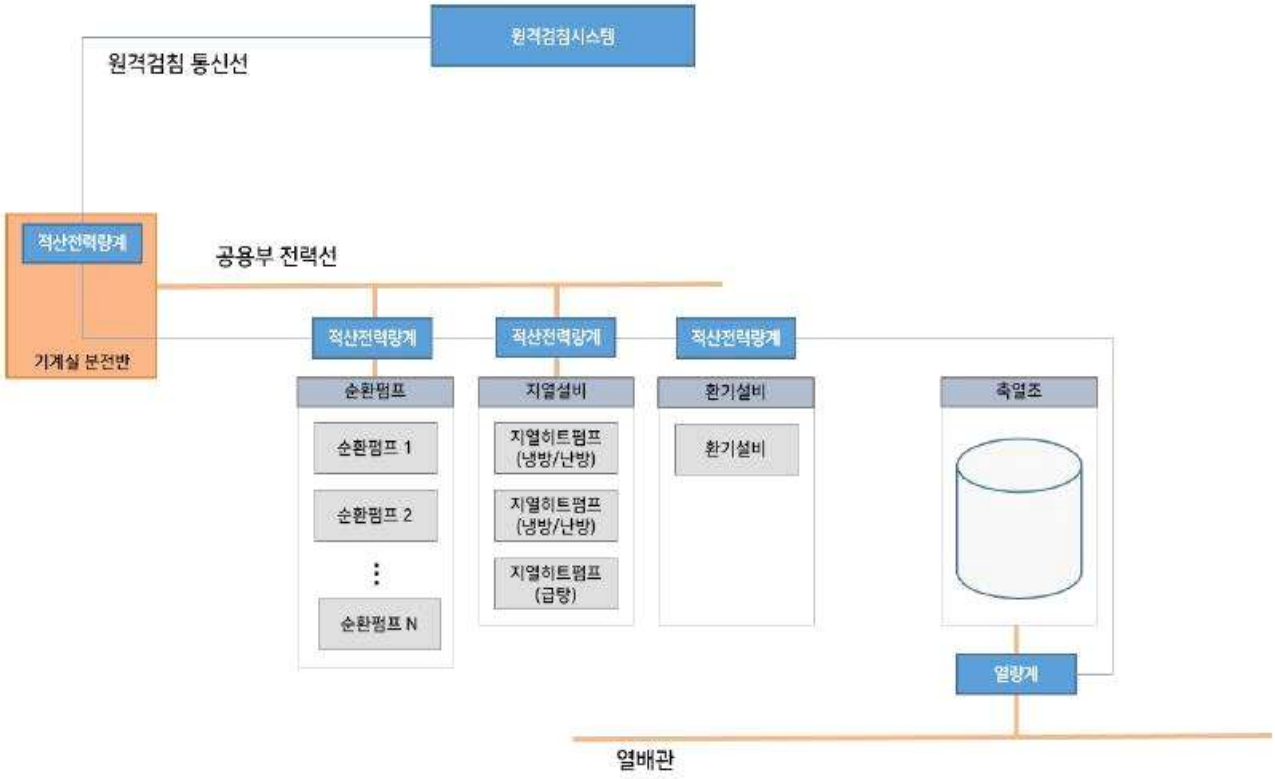
1. 배관 및 배선은 아래와 같다.
   ① : UTP 1x4P-0.5mm(16C):Cat-5e
2. 배관 및 배선은 전기 공사 작업분임.
3. 설비미터의 공급 및 시공은 설비 공사 작업분임.
4. 통신용 약전 CABLE TRAY 이용.
5. CABLE TRAY 내에는 배관 제외함.
6. 전력량계함내에 통신단자대 내장함.

심 벌	기 구 명	비 고
▷◁	전력량계함 nA세대용 :1P2W 80(20)A 4종검침(전기,급수,난방,급탕)	
Ⓦ	원격검침용 디지털 급수미터	
Ⓗ	원격검침용 디지털 급탕열량계	
Ⓒ	원격검침용 디지털 난방열량계	

BLOCK DIAGRAM



- 단지 내 난방 및 냉방, 급탕, 환기는 기계실에 위치한 지열 시스템, 순환 펌프, 환기 설비 그리고 축열조를 통해 제공된다.



- 지열설비(냉방 및 난방, 급탕용 지열 히트펌프 및 순환펌프)

측정 시스템	측정 항목	설명
원격검침시스템	냉난방 지열히트펌프 전력사용량	지열히트펌프의 냉방시의 전력사용량 난방시의 전력사용량을 측정함.
	급탕 지열히트펌프 전력사용량	지열히트펌프의 전력량을 측정함. 급탕시의 전력사용량을 측정함
	순환 펌프 전력사용량	순환펌프의 전력사용량을 측정함.
지열관리 시스템	전력사용량	지열관리시스템에서 자체 모니터링
	출구온도	지열관리시스템에서 자체 모니터링
	입수온도	지열관리시스템에서 자체 모니터링
	환수온도	지열관리시스템에서 자체 모니터링
	압력	지열관리시스템에서 자체 모니터링

- 신재생시스템(태양광발전)



• 에너지 모니터링 지침서 작성을 위한 목차구성(안)

1. 실증단지 에너지 모니터링 개요	1.1 실증단지 에너지 모니터링 개요	1.1.1. 제로에너지 주택의 개념	1.1.2. 넷제로 에너지 주택의 정의
		1.1.3. 실증단지 건축개요 및 배치도	
	1.2 모니터링 목적	1.2.1. 제로에너지 성능검증	1.2.2. 설비효율 증대 및 유지관리
		1.2.3. 거주자 에너지 절약 유도	
	1.3 모니터링 복합에너지시스템 적용 현황	1.3.1. 고효율 설비시스템	1.3.2. 신재생 시스템
2. 실증단지 에너지 모니터링 계측	2.1 에너지 모니터링 시스템 구성도	2.1.1. 단지 전체 모니터링 시스템	2.1.2. 홈넷 및 원격검침 시스템
		2.1.3. 주택유형별 모니터링 시스템	2.1.3. 공용및근린생활시설모니터링 시스템
	2.2 모니터링 측정 항목 및 내용	2.2.1. 모니터링 측정 항목	2.2.2. 넷제로 달성여부 평가
		2.2.3. 에너지 부하별 평가	2.2.4. 설비효율성능 평가
		2.2.5. 실내환경 성능 평가	
3. 실증단지 에너지 관리 시스템 구축	3.1 에너지 모니터링	3.1.1. 모니터링 시스템 개요	3.1.2. 모니터링 시스템 구성도
		3.1.3. 통합대시보드	3.1.4. 성능 모니터링
	3.2 데이터 연동 방안	3.2.1. 데이터 통합 구조	
	3.3 사용자별 모니터링 화면 구성	3.2.1. 거주자 에너지 절약 유도	3.3.2. 신재생 시스템
		3.3.3. 고효율 설비시스템	

그림 382 실증단지 에너지 모니터링 가이드라인 구성(안)

연구성과

■ E-1 공동주택 에너지 및 쾌적성 성능평가 모니터링 기준 및 분석방법 도출

- 간담회 1건
- DB구축 보고서 2건
- 세미나 1건
- 국내 학술발표 3건
- 국외 학술발표 1건
- 논문 1건
- 실증단지 모니터링 지침서 1건

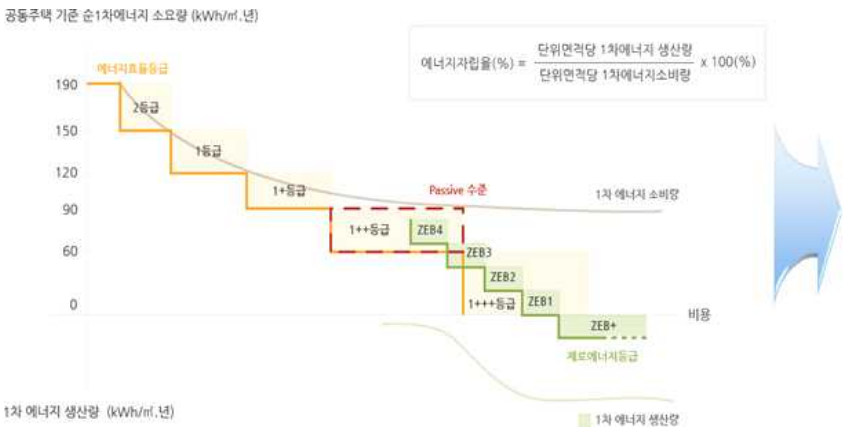
(2) E-2 제로에너지주택 단지 인증기준 개발

연구개요

- 연구기간 : 5차년도(2017.01 ~ 2018.04)
- 연구목표 : ‘건축물 에너지효율등급인증 및 제로에너지건축물 인증기준’에 의거 공동주택 제로에너지 인증기준 등급별 설계수준에 따른 공사비 분석

연구내용

- 추진 필요성 및 목적
  - 제로에너지건축물 인증을 받기 위해서는 어느 정도의 설계수준을 갖추어야하는지, 또한 인증등급 상승시 추가되는 소요공사비는 어느정도인지 그 영향을 분석하고자 함.
  - 제로에너지건축물인증 기준 : 건축물에너지효율등급 1++ 이상을 만족하고, 신재생에너지를 통해 에너지자립률(%)을 20% 이상 확보하였을 경우 제로에너지건축물 인증 등급을 부여



ZEB등급	에너지자립률
1	100% 이상
2	80 이상 100% 미만
3	60 이상 80% 미만
4	40 이상 60% 미만
5	20 이상 40% 미만

그림 383 제로에너지건축물인증 등급기준

■ 설계수준 및 공사비 분석 대상

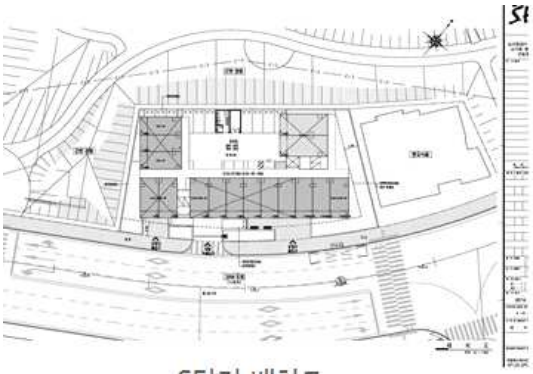
• 서울시 소재 중·소규모 단지 4개 선정

사업명	S단지			
대지위치	서울특별시 노원구 상계동			
대지면적	1,366.00㎡			
건축면적	689.06㎡			
건폐율	50.44%			
연면적	1,923.68㎡			
규모	지상1층~지상4층			
세대수	21A	21AS	31A	소계
	31	11	6	**48**

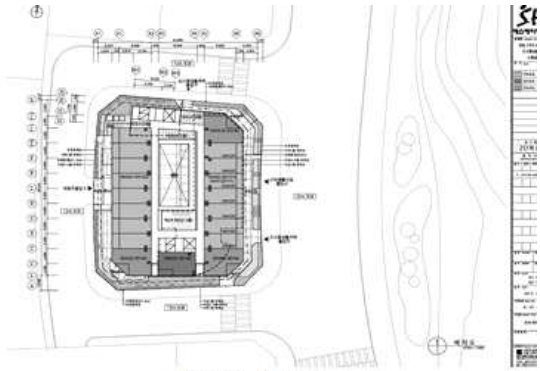
사업명	K단지					
대지위치	서울특별시 강동구 강일동					
대지면적	1,373.00㎡					
건축면적	823.22㎡					
건폐율	59.96%					
연면적	4,055.42㎡					
규모	지하1층~지상5층					
세대수	19A	19A1	30A	33A	33A1	소계
	53	7	4	8	4	**76**

사업명	G단지		
대지위치	서울특별시 구로구 고척동 156, 156-1번지		
대지면적	2,070.00㎡		
건축면적	1,221.93㎡		
건폐율	59.03%		
연면적	7,709.48㎡		
규모	지하1층~지상10층		
세대수	45	48	소계
	28	11	**39**

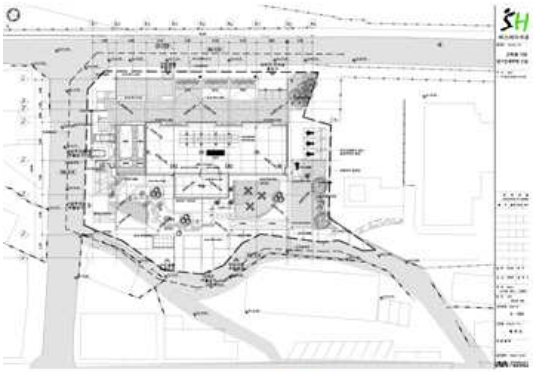
사업명	C단지						
대지위치	서울특별시 구로구 천왕2 국민임대주택사업지구 내 A-1						
대지면적	3,321.00㎡						
건축면적	1,505.57㎡						
건폐율	45.33%						
연면적	10,071.94㎡						
규모	지상1층~지상5층						
세대수	19	22	31	33	40A	40B	소계
	45	5	50	5	28	5	**138**



S단지 배치도



K단지 배치도



G단지 배치도

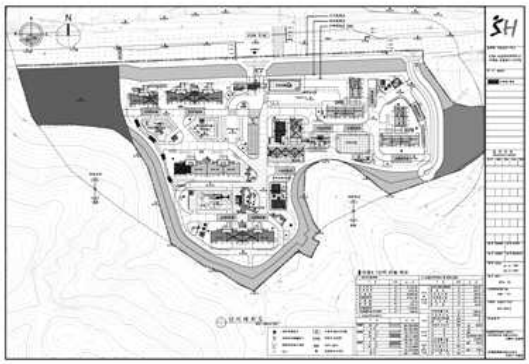


C단지 배치도

그림 384 중·소규모 4개단지 배치도

• 서울시 소재 대규모 단지 2개 선정

사업명	S2단지										
대지위치	서울특별시 양천구 신정동										
대지면적	21,730.00㎡										
건축면적	4,510.33㎡										
건폐율	20.76%										
연면적	64,693.85㎡										
규모	지하1층~지상20층										
세대수	39A	39S	49A	49S	49A1	49A1S	49B	59A	74A	84A	소계
	204	16	47	4	25	4	22	98	68	72	560



사업명	H단지					
대지위치	서울특별시 구로구 항동					
대지면적	50,079.00㎡					
건축면적	10,567.76㎡					
건폐율	21.10%					
연면적	158,655.22㎡					
규모	지하2층~지상18층					
세대수	39	49	59	74	84	소계
	75	75	686	216	118	1170

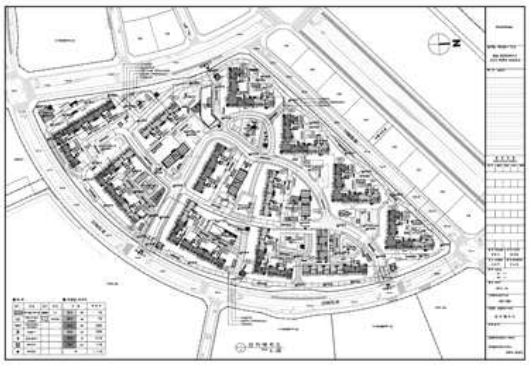


그림 385 대규모 2개단지 개요 및 배치도

■ 에너지성능 영향 계획요소 도출

• ‘건축물에너지효율등급’을 평가하는 공인프로그램인 ECO2입력항목을 계획요소로 분류하여, 1차에너지소요량에 영향이 큰 항목을 중심으로 건축, 기계, 전기. 신재생분야로 분류하여 19가지의 세부계획요소를 도출함

표 257 에너지성능영향 계획요소의 종류 및 주요변수

분야	계획요소의 종류		계획 요소별 주요 변수
건축(12)	외벽(3)	외기직면 외벽	단열재 종류 및 두께
		외기직면 측벽	
		외기간면	
	지붕	외기직면	
	최하층바닥		
	창호(3)	외기 직면	창호의 재료, 두께 및 구성조합
		외기 간면	
		발코니외측창	
	세대 현관문	외기 간면	단열성능에 따른 자재 종류
	거실 내 방화문		단열성능에 따른 자재 종류
	침기량		기밀 성능
	창면적비		벽체의 창면적비율
기계(3)	난방방식		지역난방 vs 개별난방등
	환기방식		강제환기 vs자연환기
	보일러효율		난방 및 냉방 효율
전기(1)	LED 조명기구		세대내LED조명 비율
신재생(3)	태양광 (PV)		미니태양광, 옥상태양광, BIPV
	지열		생산 용량(급탕)
	태양열		생산 용량(냉방, 난방, 급탕 등)

■ 에너지성능 영향 계획요소의 비용대비 성능평가

• 에너지성능영향 계획요소의 성능범위 설정

- LEVEL1은 2017년 이전 법규수준, LEVEL1-1은 2018년 현재법규수준, LEVEL2는 현재 법규수준에서 초과수준으로 가정하여 ECO2프로그램을 통해 '단위면적당 연간 1차에너지 소요량(kWh/㎡・yr)'으로 분석하여 계획요소별 에너지절감량을 확인함.

• 계획요소 수준별 소요공사비 분석

- 도출된 19개의 계획요소별로 LEVEL1~LEVEL2의 수준변화별로 서울주택도시공사의 일위대가표 및 제품스펙을 적용하여 소요공사비를 분석한 후, 비용성능지수 산출을 통해 '에너지성능영향 계획요소'의 우선순위를 도출함.

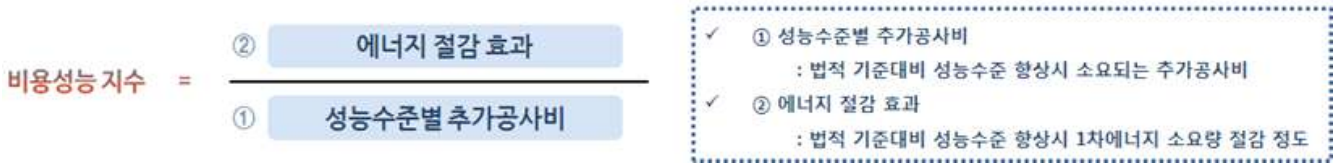


그림 386 비용성능지수 산출식 및 적용 개념

표 258 대상단지의 에너지성능 수준별 설계수준

분야	항목			현행법규 수준		현행법규 초과수준 가정
				LEVEL1	LEVEL1-1	LEVEL 2
				2017년 까지	2018년 이후	제품 스펙 및 성능
건축	외벽 및 측벽	외기 직면	열관류율	0.21 W/㎡K	0.17 W/㎡K	0.14 W/㎡K
				경질우레탄보온재105 mm	경질우레탄보온재135 mm	경질우레탄보온재 160 mm
		외기 간면	열관류율	0.28 W/㎡K	0.24 W/㎡K	0.18 W/㎡K
				경질우레탄보온재75 mm	경질우레탄보온재90 mm	경질우레탄보온재120 mm
	지붕	외기 직면	열관류율	0.15 W/㎡K	0.15 W/㎡K	0.13 W/㎡K
				경질우레탄보온재150 mm	경질우레탄보온재150 mm	경질우레탄보온재170 mm
	최하층 바닥	외기 직면	열관류율	0.18 W/㎡K	0.17 W/㎡K	0.13 W/㎡K
				경질우레탄보온재 95 mm	경질우레탄보온재120 mm	경질우레탄보온재 160 mm
	창호	외기 직면	열관류율 및 기밀성능	0.99 W/㎡K (법규:1.0)	0.99 W/㎡K (법규:1.0)	0.81 W/㎡K
				KCC:CBF270(T) 내/외5CL+12A+5LE	KCC:CBF270(T) 내/외5CL+12A+5LE	LG하우시스:D250-422GEGE 2A5 5CL+12A+5LE
		외기 간면	열관류율	1.59 W/㎡K(법규:1.6)	1.33 W/㎡K(법규:1.5)	0.99 W/㎡K
				LG하우시스:S115V-222FFG L1R5 5CL+12Ar+5LE	LG하우시스:PLS160-224FF GL1R6 6CL+12Ar+6LE	KCC:CBF270(T) 내/외5CL+12A+5LE
		발코니 외측창	열관류율	2.73 W/㎡K (법규:2.8)	2.276 W/㎡K (법규:2.4)	2.085 W/㎡K
				LG하우시스:B130-222FFGG 1A5 5CL+12A+5CL	LG하우시스:S7145222FFGD 1A51 5CL+12AIR+5LE	LG하우시스: 15N-222FFGE1A5 5CL+12AIR+5LE
	세대 현관문	외기 간면	열관류율	1.76 W/㎡K(법규:1.8)	1.76 W/㎡K(법규:1.8)	0.94 W/㎡K
				국일도어테크(주) : KD-고기밀성 결로방지 단열문	국일도어테크(주) : KD-고기밀성 결로방지 단열문	(주)삼선CSA : CSA-60T-1
	거실 내 방화문		열관류율	1.25 W/㎡K(법규:1.4)	1.25 W/㎡K(법규:1.4)	0.94 W/㎡K
				(주)삼선CSA : CSA-001-1	(주)삼선CSA : CSA-001-1	(주)삼선CSA : CSA-60T-1
기계	펌프제어 방식			인버터제어 (법규X, 일반적설계수준)	인버터제어 (법규X, 일반적설계수준)	-
	환기방식			자연환기	자연환기	전열교환기(기계환기) (난방75%/냉방50%)
전기	LED조명기구			고효율조명기기	고효율조명기기 평균조명밀도 10W이하	세대내 LED 50%이상 적용

■ 설계단계별 건축물에너지효율등급 산정(대규모 H단지 대상)

• 에너지성능영향 계획요소

No.	항목	레벨	성능	1차에너지 소요량 (누적) (kWh/㎡yr)	건축물에너지효율등급	신재생에너지 공급비율(%)	추가공사비(원) (누적)
법규 최소성능 LEVEL 1	외벽/측벽-외기직접	LEVEL 1	0.21W/㎡K 경질우레탄보온재 105mm 0.17W/㎡K 경질우레탄보온재135mm	157.2	◀ 2 등 급 (190미만)		
	외벽-외기간접		0.28W/㎡K 경질우레탄보온재 75mm				
	지붕-외기직접		0.15W/㎡K 경질우레탄보온재 150mm				
	최하층바닥-외기직접 (난방)		0.18W/㎡K 경질우레탄보온재 110mm				
	창호-외기직접		0.99 W/㎡K / (법규 : 1.0)				
	창호-외기간접		1.59 W/㎡K / (법규 : 1.6)				
	창호-발코니외측창		2.73 W/㎡K / (법규 : 2.8)				
	현관문-외기간접		1.76 W/㎡K / (법규 : 1.8)				
	거실 내 방화문		1.25 W/㎡K / (법규 : 1.4)				
	환기방식		자연환기				
	LED 조명기구		고효율조명기기				
법규 최소성능 LEVEL 1-1	외벽-외기직접(측벽포함)	LEVEL 1-1	0.17 W/㎡K 경질우레탄보온재 135mm	154.7	◀ 2 등 급 (190미만)		
	외벽 - 외기간접		0.24 W/㎡K 경질우레탄보온재 90mm				
	지붕 - 외기직접		0.15 W/㎡K 경질우레탄보온재 150mm				
	최하층바닥 - 외기직접		0.17 W/㎡K 경질우레탄보온재 120mm				
	창호 - 외기직접		0.99 W/㎡K / (법규:1.0)				
	창호 - 외기간접		1.33 W/㎡K / (법규:1.5)				
	창호-발코니외측창		2.276 W/㎡K / (법규:2.4)				
	현관문 - 외기간접		1.76 W/㎡K / (법규:1.8)				
	거실 내 방화문		1.25 W/㎡K / (법규:1.4)				
	환기방식		자연환기				
	LED 조명기구		조명밀도 10W 이하				
	신재생 에너지설비 설치 및 에너지 절약요소 (외단열공법)-10점 필수		소형태양광 127.91kW (250W/세대) ※ 전체 조명설비용량 대비 신재생에너지 용량 20%			0.47%	(337,682,400)
에너지성능 설계요소 LEVEL 2	외벽 - 외기직접 (측벽포함)	LEVEL 2	0.14W/㎡K 경질우레탄보온재 160mm	116.30	◀1+등급 (120미만)		
	외벽 - 외기간접		0.18W/㎡K 경질우레탄보온재 120mm				
	지붕 - 외기직접		0.13W/㎡K 경질우레탄보온재 170mm				
	최하층바닥 - 외기직접		0.13W/㎡K 경질우레탄보온재 160mm				
	최하층바닥 - 외기간접		0.18W/㎡K 경질우레탄보온재 110mm				
	창호 - 외기직접		0.81W/㎡K/(법규:1.0)				
	창호 - 외기간접		0.99W/㎡K/(법규:1.5)				
	창호-발코니외측창		2.085W/㎡K/(법규:2.4)				
	현관문 - 외기간접		0.94W/㎡K/(법규:1.8)				
	거실 내 방화문		0.94W/㎡K/(법규:1.4)				
	환기방식		기계환기 + 고효율 전열교환기(난방75%/냉방50%)				
	LED 조명기구		세대 내 LED 50% 이상 적용				
	신재생 에너지설비 설치 및 에너지 절약요소 (외단열공법)-10점 필수		소형태양광(5층이상) 127.91kW ※ 전체 조명설비용량 대비 신재생에너지 용량 20%			0.47%	(337,682,400)

■ 제로에너지 건축물 인증등급 및 등급별 소요공사비 분석 사례(대규모 H단지 대상)

• 현행법규 수준 및 서울시 신재생에너지 의무공급비율 적용 소요공사비 분석

적용 순서	항목	성능	1차에너지 소요량 (kWh/㎡yr)	건축물 에너지 효율등급	에너지자립률 (제로에너지등급)	초과소요공사비 (단위면적당 공사비)	신재생 에너지 설치비율 (%)
현행 법규	LEVEL1-1 수준	2018 현재 수준	154.7	2등급	-	-	-
법규 초과	LEVEL2 수준	현행법규 수준 초과적용	116.3	1+등급	-	▲337,682,400 (▲2,130/m2)	
서울시 신재생 에너지 의무 공급 비율 (4%)	신재생-미니태양광_ 5층이상	용량: 217kW(250w/세대)	85.50	◀1++등급 (90미만)	25.8% (제로에너지 5등급)	▲5,411,250,000 (▲34,107/㎡)	4.01%
	신재생-미니태양광_전층	용량:75.5kW(250w/세대)					
	신재생-옥상PV태양광	용량:672.4kW(7㎡=1kW)					
	신재생-벽면BIPV(남향)	용량:56kW(10㎡=1kW)					
1	신재생-벽면BIPV(남향)	용량:300kW(10㎡=1kW)	70.5	◀1++등급 (90미만)	40.9% (제로에너지 4등급)	▲10,928,490,000 (▲68,882/㎡)	6.62%
2	신재생-벽면BIPV(남향)	용량:392.54kW(10㎡=1kW)	47.3	◀1+++등급 (60미만)	60.3% (제로에너지 3등급)	▲18,495,330,000 (▲116,575/㎡)	13.79%
	신재생-벽면BIPV(남동향)	용량:401.14kW(10㎡=1kW)					
	신재생-벽면BIPV(남서향)	용량:30kW(10㎡=1kW)					
3	신재생-벽면BIPV(남서향)	용량:466.95kW(10㎡=1kW)	23.8	◀1+++등급 (60미만)	80.3% (제로에너지 2등급)	▲27,381,910,000 (▲172,587/㎡)	21.77%
	신재생-벽면BIPV(동향)	용량:450kW(10㎡=1kW)					
4	신재생-벽면BIPV(동향)	용량:244.24kW(10㎡=1kW)	-2.2	◀1+++등급 (60미만)	101.9% (제로에너지 1등급)	▲40,386,450,000 (▲254,555/㎡)	31.12%
	신재생-벽면BIPV(서향)	용량:830kW(10㎡=1kW)					

- '법규최소성능' 적용시, '건축물에너지효율등급 2등급'으로 분석되었으며, '에너지성능 설계요소 LEVEL2'를 적용할 경우 '건축물에너지효율등급 1+등급'으로 상향됨, 여기에 더해 '서울시 신재생에너지 의무 공급비율' 적용 시, '건축물에너지효율등급 1++등급' 및 '에너지자립률 25.76%'로 분석되어, '제로에너지건축물인증등급 5등급'에 해당
- '지열시스템'까지 적용하여야, '제로에너지건축물인증 1등급' 구현 가능함

연구성과

■ E-2 제로에너지 건축물 인증기준 등급별 설계수준 및 공사비 영향분석

- 논문 3건
- 공사비 분석 보고서 1건

나. 제로에너지 시공 및 운영관리 매뉴얼 개발

(1) F-1 제로에너지 운영 및 관리매뉴얼 개발

연구개요

■ 연구기간 : 2013.10.14. ~ 2018.04.13.(5차년도)

■ 연구목표 : 제로에너지 주택 실증단지 입주자 선정 가이드라인 및 운영관리매뉴얼 개발

연구내용

■ 제로에너지 주택 실증단지 입주자 선정 가이드라인 개발

○ 임대주택 입주자 선정관련 법 및 제도 분석

- 제로에너지 주택 실증단지는 국내 최초 화석에너지 “Zero”를 실현하기 위해 다양한 에너지 절약기술을 활용하여 5대 에너지(난방, 냉방, 급탕, 환기, 조명)의 사용량을 최소화하는 주택으로 국민임대주택으로 공급될 예정이다.
- 국민임대주택의 입주자 선정기준은 임대주택법으로 규정되어 있으나, 제로에너지 주택 실증단지의 도입 목적과 활용을 극대화할 수 있는 방안 마련을 위해 임대주택관련 법 및 제도를 분석, 관련사례 분석 등의 연구를 진행하였다.
- 임대주택법상 임대주택의 종류 및 제도를 살펴보면 크게 건설임대주택과 매입임대주택으로 구분되며 건설임대주택은 공공건설임대주택과 민간건설임대주택으로 구분된다.

표 264 임대주택법상 임대주택의 종류 및 제도의 개요

구분	건설임대주택		매입임대주택
	공공건설임대주택	민간건설임대주택	
임대보증금 및 임대료	“표준임대보증금 및 임대료”, 지역(수도권 및 비수도권)에 따른 임대보증금 상한가 규제 등 ※중형공공임대주택(전용85㎡초과) 민간건설 공공택지외 85㎡이하, 10년 임대주택의 경우 임대료는 제외	임대사업자가 결정 (제한없음)	임대사업자가 결정 (제한없음)
임대의무기간	5 · 10 · 30 · 50년	5년	5년
임차인자격 및 선정	무주택 세대주 ※주택공급에 관한 규칙이 정하는 바에 따라 선정	임대사업자가 결정(제한없음)	임대사업자가 결정(제한없음)
우선 분양전환 전환 의무	입주시부터 분양전환 당시까지 무주택 세대주 양도받은 경우 양도일부터 분양전환당시까지 무주택 세대주 선착순에 의해 입주한 경우 분양전환 당시까지 무주택인 임차인 등	임대사업자가 결정(제한없음)	임대사업자가 결정(제한없음)
매각가격 산정기준	임대주택법령의 산정 기준 ※중형공공임대주택(전용85㎡초과) 및 민간건설 공공택지외 85㎡이하, 10년 임대주택은 제외	임대사업자가 결정(제한없음)	임대사업자가 결정(제한없음)
국민주택기금 지원여부	지원(세대당 55~75백만원, 중도금 8백만원) ※국민임대 : 2,373~5,019백만원	지원없음	주택가격 1/2 범위 내에서 호당 60백만원 지원
주택관리	300세대이상, 승강기설치, 중앙난방의 임대주택은 의무관리		
특별수선 충당금	300세대이상, 승강기설치, 중앙난방의 임대주택은 의무관리		

- 서울시의 경우는 장기전세주택, 희망하우징, 장기안심주택, 협동조합형임대주택 등 다양한 유형의 임대주택을 공급하고 있으며, 유형별 특징은 다음과 같다.

표 265 서울시 공급 임대주택 유형별 특징

구분	내용
국민임대주택	내집 마련의 꿈이 쉽지 않은 무주택 국민의 주거안정을 위하여 정부(지방)재정과 국민주택기금의 지원을 받아 한국토지주택공사나 지방공사에서 건설(또는 매입)하여 장기간 임대하는 공공건설 임대주택
장기전세주택	국가, 지방자치단체, 한국토지주택공사 또는 지방공사가 임대할 목적으로 건설 또는 매입하는 주택으로서 20년의 범위에서 전세계약의 방식으로 공급하는 임대주택
공공임대주택	50년 공공임대(SH, LH) : 무주택 시민을 위하여 분양전환하지 않고 임대로만 거주할 수 있는 임대주택으로, 2년(임대차기간) 단위로 계약이 갱신되어 장기간 거주할 수 있는 주택 5년(10년)임대주택(LH) : 5년(10년) 임대기간 종료 후 입주자에게 우선 분양전환하는 주택 분납임대(LH) : 입주자가 입주시까지 집값의 일부만을 초기 지분금(30%)으로 납부하고 임대기간(10년)동안 단계적으로 잔여 지분금을 모두 납부하고 분양전환 받는 주택
영구임대주택	임대주택법에 의하여 영구적인 임대의 목적으로 건설된 공공건설 임대주택으로, 저소득 시민의 주거안정을 도모하기 위하여 저렴한 임대조건(보증금, 월임대료)으로 거주할 수 있는 주택
재개발임대주택	도시 및 주거환경정비법상 주택재개발사업, 도시계획사업에 따른 무주택 세대주인 철거민에게 특별공급하는 주택으로서 분양전환 되지 않는 임대주택
희망하우징	서울특별시 및 SH공사에서 매입한 다가구주택을 활용하여 "대학생 기숙사형 임대주택"으로 공급하는 주거시설
장기안심주택	무주택시민의 주거불안을 해소하고자 서울특별시에서 세입자에게 전세보증금을 지원하는 장기안심주택
다가구매입임대	도심 내 최저소득계층이 현 생활권에서 현재의 수입으로 거주할 수 있도록 기존의 다가구주택 등을 매입하여 저렴하게 임대
전세임대	도심 내 최저소득계층이 현 생활권에서 현재의 수입으로 거주할 수 있도록 기존주택에 대해 전세계약을 체결한 후 저소득층에게 저렴하게 재임대
원룸형임대	1인가구 증가추세에 맞춰 서울특별시 및 SH공사에서 원룸형주택을 건설·매입하여 저소득 1인 가구에 공급하는 소형 임대주택
협동조합형임대	공동의 목적을 가진 지역주민이 주택협동조합을 구성하여 건설단계부터 조합원의 욕구와 개성을 실제 설계에 반영하고 입주자간 커뮤니티 활성화를 통해 주거문화의 질을 높일 수 있는 맞춤형 임대주택

- 서울시는 다양한 임대주택의 유형을 제공하고 있으나 관련 법령의 한계로 인해 입주자 선정시 자체 방침을 통해 입주자를 선정하고 있는 실정이다.
- 임대주택 입주자 선정과 관련된 법체계를 살펴보면 「주택법」,「임대주택법」,「공공주택건설 등에 관한 특별법」등 7가지 법률이 있으며, 서울시 자치법규의 경우는「주택조례」,「도시 및 주거환경 정비조례」등 3개 조례와「공공임대주택 운영 및 관리규칙」,「장기전세주택 공급 및 관리 규칙」등 총 4개의 규칙으로 구성되어 있다.

표 266 임대주택관련 법령

법령		
법률	시행령/령	시행규칙/규칙
주택법	동법 시행령	동법 시행규칙
주택건설기준 등에 관한 규정	동법 시행규칙	
-	주택공급에 관한 규칙	
임대주택법	동법 시행령	동법 시행규칙
도시 및 주거환경정비법	동법 시행령	동법 시행규칙
공공주택건설 등에 관한 특별법	동법 시행령	동법 시행규칙
장애인, 고령자 등 주거약자 지원에 관한 법률	동법 시행령	동법 시행규칙
부도공공건설임대주택 임차인 보호를 위한 특별법	동법 시행령	-
장기공공임대주택 입주자 삶의 질 향상 지원법	동법 시행령	동법 시행규칙

- 관련 법령의 검토 결과, 제로에너지 주택 실증단지의 경우 사업시행 조건 및 연구 제안단계에서 제시한 “국민임대주택단지” 임을 고려할 때, 현행법상「주택공급에 관한 규칙」제32조의 규정을 기준으로 입주자 선정 기준을 작성해야할 것으로 판단된다.
- 다만 본 연구과제의 목적 달성을 위해 제로에너지 주거환경을 조성·유지할 수 있는 적절한 입주자 선정이 필요하다고 판단되어 현행 입주자 선정기준외에 서울시의 다양한 임대주택 입주자 선정기준에 대해 추가적인 검토를 진행하였다.

○ 서울시 맞춤형 임대주택 입주자 선정기준 사례조사
- 서울시의 경우 2012년 처음으로 수요자 중심의 맞춤형 임대주택을 문정동과 연남동에 “공공원룸주택” 유형으로 공급하였다. 기존 대규모 택지개발을 통해 아파트 위주로만 공급되는 임대주택의 관행을 벗어나 1~2인 가구를 위한 소규모 공공원룸주택의 공급을 시작으로 “쪽방 리모델링 주택”, “육아·예술인 대상 협동조합형 주택” 등 다양한 수요계층을 위한 임대주택 사업을 진행중이다.
- 이러한 맞춤형 임대주택 사업은 서울시 자체 방침으로 진행되며, 입주자 선정기준 또한 관련법에 크게 저촉되지 않는 범위에서 주택 특성별로 다양하다.
- 원룸형 임대주택의 경우 “1인 창조기업인 임대주택”, “1인 가구 원룸형”, “희망하우징(대학생)” 등 다양하게 공급되며 “1인 창조기업인 임대주택” 의 경우「1인 창조기업 육성에 관한 법률」에 의한 1인 창조기업 혹은 예비 창업자를 입주대상으로 한다.
- “1인 가구 원룸형” 주택의 경우는 가구원수가 2인 이상인 가구는 신청자격에서 제외되며, “희망하우징” 의 경우는 서울시 소재 대학교에 재학중인 학생을 입주대상으로 한다.

표 267 원룸형 임대주택 입주대상 조건

<table>
<tr><th>구분</th><th>입주대상 조건</th></tr>
<tr><td>1인
창조기업인
임대주택</td><td>입주자 모집공고일(2014.04.30) 현재 서울특별시에 거주하는 1인가구 무주택세대주(주민등록등본상 세대분리된 1인가구)로서, 1인 창조기업인 또는 예비창업자 기준에 해당되고 아래의 소득 및 자산보유 기준에 해당되는 자
※ 단, 지역의 특화를 위해 앱, IT 등 정보 및 기술서비스의 지식 서비스 업종
1인 창조기업 우대
<table>
<tr><th>구분</th><th>1인 창조기업 및 예비창업자 기준</th></tr>
<tr><td>1인
창조기업</td><td>입주자모집 공고일 현재 서울시에 거주하는「1인 창조기업 육성에 관한 법률」제2조 및 제3조, 동법 시행령 제2조에 따른 1인 창조기업</td></tr>
<tr><td>예비
창업자</td><td>「1인 창조기업 육성에 관한 법률」제2조 및 제3조, 동법 시행령 제2조에 따른 1인 창조기업을 창업하려는 예비 창업자.
※ 입주자 모집공고일 현재 다른 직장 근로자로 고용되어 있는 경우에는 예비창업자에서 제외</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>1인 가구
원룸형</td><td>일반공급
- 입주자 모집공고일 현재 서울특별시에 거주하는 1인 가구 무주택세대주로서, 본인 소득금액의 합이 가구원수별 가구당 월평균소득의 70%이하인 세대(가구당 월평균소득이 50%이하인 가구가 우선순위)
※ 가구원수가 2인 이상 가구는 신청자격 제외(결격)
우선공급
- 중소제조업체 청년근로자 : 입주자모집공고일 현재 만20세이상 만40세미만의 중소제조업체 청년근로자(임원 제외)로써 중소제조업체에 6개월 이상 근무한 자
※ 중소제조업체 근로자 : 상시근로자수 300인 미만 또는 자본금 80억 이하의 중소제조업체에 종사하는 근로자
- 기초생활수급자 :「국민기초생활보장법」제2조제2호의 규정에 따른 수급자</td></tr>
<tr><td>희망하우징</td><td>입주자모집공고일 현재 서울시 소재 대학교(전문대포함)에 재학 중인 학생(2014년도 1학기 입학예정자, 복학예정자 포함)
※ 제외자 : 신청인 및 신청인의 부모 · 배우자가 유주택자이거나 서울내 공공임대주택 거주자, 학점은행제학교, 사이버대학교, 방송통신대학교 및 대학원 재학생 제외
※ 우선 공급 대상 : 해당 지역 소재 대학에 재학중인 대학생</td></tr>
</table>

- 공통된 목적을 가진 사람들이 협동조합을 결성하여 주거공간을 실현하기 위해 건설된 협동조합형 임대주택은 조합의 목적에 따라 입주자 선정기준의 다양성을 가진다.
- “예술인 협동조합”의 경우 문화예술활동 등 공동목적을 위해 입주자들이 함께 어울려 살 수 있는 공동주택으로 「문화예술진흥법」에 따른 문화예술 분야에 종사하는 세대원이 있는 가구를 대상으로 입주자를 선정한다.
- “두레주택”의 경우는 입주자간 스스로 정한 생활규약을 통해 운영되는 주택으로 입주자 규약 등 의무이행에 동의하는 자를 입주대상으로 한다.

표 268 협동조합형 임대주택 입주대상 조건

구분	입주대상 조건
예술인 협동조합	「문화예술진흥법」에 따른 문화예술 분야에 종사하는 세대원이 있으며, 모집공고일 현재 서울특별시에 거주하고 본인과 세대원 전원이 무주택인 세대주로서 소득·자산요건의 기준을 모두 충족하고, 만리동 예술인 협동조합형 공공주택(가칭)의 조합원으로 가입 및 의무이행에 동의하는 자 ※ 「문화예술진흥법」에 따른 문화예술 분야 : 문학, 미술(응용미술을 포함한다), 음악, 무용, 연극, 영화, 연예(演藝), 국악, 사진, 건축, 어문(語文) 및 출판 등
두레주택	입주자 모집공고일 현재 서울특별시에 거주하고 본인과 세대원 전원이 무주택인 자로서 자산 및 소득기준을 모두 충족하고, 방학동 두레주택의 입주자 규약 등 의무이행에 동의하는 자

- 서울시 맞춤형 임대주택 사례 검토 결과, 임대주택이라는 큰 틀에서는 모두가 공통적으로 자산 및 소득요건을 기준으로 적용하고 있다. 이는 현행법상 임대주택이 「임대주택법」과「주택공급에 관한 규칙」에 의해 공급되는 법적 한계로 인해 다양한 수요자 및 입주대기자들이 존재함에도 불구하고 주택 시장의 다양성을 반영하지 못한 일률적인 기준에 의해 입주자를 선정하고 있음을 의미한다.
- 다만, 서울시에서 현재 공급을 진행한 일부 수요자 맞춤형 임대주택의 경우「주택공급에 관한 규칙」제32조(국민임대주택 입주자선정에 관한 특례)제18항 및 제19항에 따라 입주자 선정사항, 선정 순위, 입주자 관리 및 국민임대주택의 공급 비율 등의 한정된 부분에 한하여 시·도지사가 지역 여건에 따라 조정하여 입주자를 선정할 수 있는 규정을 적용하여 입주자의 우선순위 및 대상을 한정지어 모집한 것으로 검토되었다.

○ 제로에너지 주택 실증단지 입주자 선정 가이드라인 개발방향 수립

- 법적 기준이 적용된 국민임대주택이라 하더라도 사례 검토를 통해 임대사업자의 자율성이 확보된 입주자 선정 기준의 적용이 가능함을 검토하였다.
- 이에 따라 제로에너지 주택 실증단지의 목적 달성을 위해 ① 국민임대주택 입주자 선정기준과 ② 제로에너지 주택 맞춤형 입주자 선정을 입주자 선정 가이드라인 개발방향으로 설정하고 입주자 선정 가이드라인(안)을 제안하고자 한다.



그림 387 제로에너지 주택 실증단지 입주자 선정 가이드라인 개발방향

○ 제로에너지 주택 실증단지 입주자 선정 가이드라인(안)

- 국민임대주택 입주자 선정기준에 따른 제로에너지 주택 실증단지 우선공급 대상자는 “3자녀 이상 가구”, “65세 이상 직계존속 부양자”, “혼인기간 5년 이내로 자녀가 있는

신혼부부” 등으로 검토되었다.

- 일반공급 대상자의 선정기준은 50㎡미만의 경우 “무주택세대주로서 해당 세대의 월평균소득이 전년도 도시근로자 가구당 월평균소득(4인 이상인 세대는 가구원수별 가구당 월평균소득)의 70퍼센트 이하인 자에게 공급하되 전년도 도시근로자 가구당 월평균소득의 50% 이하인 자에게 우선공급”이며, 50㎡이상~60㎡이하인 경우 “무주택세대주(단독세대주를 제외한다)로서 당해 세대의 월평균 소득이 전년도 도시근로자 가구당 월평균소득의 70퍼센트 이하인 자이게 공급”으로 검토되었다.
- 제로에너지 맞춤형 입주자 선정기준으로는 제로에너지 주택 기술 체험 및 확산을 위한 “거주기간 제한형”, “순환형 임대주택” 등이 거론되어 법률 자문 등을 통해 현행법상 문제가 될 수 있는 부분에 대해 검토하였다.
- “거주기간 제한형”, “순환형 임대주택”은 다양한 시민들이 제로에너지 주택을 체험하도록 거주기간을 제한(6년 내외)하는 것으로 국민임대주택의 거주 가능기간(최대 30년)과 큰 차이점을 보인다.
- 이에 대한 법률 자문결과 ‘최대 거주기간을 30년보다 단기간으로 공고한 후 해당 기간 만료 시 퇴거시키는 것은 법령의 위반소지가 있을 수 있다’고 검토되었다. 또한 ‘임대차기간 만료 후 법에서 명시한 귀책 사유가 없는 임차인을 합법적으로 퇴거시키는 것 자체는 불가능하다’고 판단되었다.
- 관련 전문가 역시 법에 명시되어 있는 국민임대주택의 거주기간을 체험확산을 목적으로 제한한다는 것은 임대주택 공급자의 우월적 지위로 판단되며 이는 시민들의 비판을 받을 수 있다며 지양해야 한다고 주장하였다.
- 이러한 결과를 바탕으로 제로에너지 주택 실증단지 입주자 선정 가이드라인은 기존 국민임대주택의 입주자 선정기준을 토대로 개발하였다.

■ 제로에너지 주택 실증단지 운영관리매뉴얼 개발

○ 국내외 저에너지, 친환경 주택단지 운영관리 사례조사

- 제로에너지 주택 실증단지 운영관리매뉴얼 개발을 위해 국내외 저에너지, 친환경 주택단지 운영관리 사례조사를 진행하였다.
- 운영관리매뉴얼은 크게 “운영 및 유지관리 매뉴얼”과 “거주자 매뉴얼”로 구분하여 사례조사를 실시하였다.
- “운영 및 유지관리매뉴얼” 사례조사를 위해 공동주택 표준관리규약과 공동주택 관리이론 등을 검토하고 제로에너지 특성을 반영한 운영 및 유지관리방안 마련을 위해 국내외 녹색건축 인증제도 항목을 검토하였다.
- “거주자 매뉴얼”의 경우는 국내 임대주택 및 민간 건설 공동주택의 거주자 매뉴얼을 조사하였으며, 제로에너지 특성 반영을 위해 국내외 녹색건축물 거주자 매뉴얼을 조사하였다.
- 운영 및 유지관리방안 마련을 위해 공동주택 표준관리규약의 관리항목을 조사한 결과 사무관리, 인사관리, 회계관리 등 총 20여개의 운영 및 유지관리 항목으로 분류됨을 확인하였다.

표 269 공동주택 표준관리규약 관리영역(일부)

업무유형	관리항목	서울시	SH공사	LH공사	경기도	참여연대	시민단체
업무추진계획에 대한 공고 업무	사무관리	○					
사무용품 관리대장 업무		○	○				
채용관리, 인사고과의 방법	인사관리	○			○		
관리사무소 조세관련 장부비치 및 서류	회계관리	○					
내부 회계감사 또는 외부 회계감사 실시		○	○	○	○	○	○
각종 공사 및 용역계약 절차에 대한 규정	공사 및 용역 계약	○	○	○	○	○	○
각종 계약 서류의 관리 및 보관 업무		○	○	○			
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

- 공동주택 관리이론에 따른 공동주택 운영 및 유지관리 항목은 '운영관리', '유지관리', '생활관리'로 크게 구분되며 총 17개 하위 항목으로 분류됨을 확인하였다.

표 270 공동주택 관리이론 문헌에 따른 관리영역(일부)

구분	관리항목	공동주택관리론(방경식)	주거관리론(홍형옥, 유병선)	공동주택 관리체계(인택환)
운영관리	사무관리	○	○	○
	인사관리	○	○	○
	⋮	⋮	⋮	⋮
유지관리	건물관리		○	○
	설비관리	○	○	○
	⋮	⋮	⋮	⋮
생활관리	입주자관리	○	○	
	공동생활관리	○	○	
	⋮	⋮	⋮	⋮

- 공동주택 표준관리규약 및 공동주택 관리이론에 따른 기존 공동주택 관리영역 조사결과, 공동주택 관리영역은 크게 운영관리, 유지관리, 생활관리로 분류됨을 확인하였다. 또한 공동주택을 관리하는 주요 기관의 관리항목에 대한 분류체계가 각각 상이함을 알 수 있었다.
- 국내외 녹색건축물 인증제도에서의 관리영역을 살펴본 결과 국내 인증제도는 설비관리에 집중하고 있는 반면 국외의 경우, 사후관리 평가, 시운전, 에너지 데이터 관리 및 제어, 교육 등 다양한 영역에서 관리하고 있음을 확인하였다.

표 271 국내외 녹색건축물 인증제도에서의 관리영역

업무유형	관리항목	국내 G-SEED	영국 BREEAM	미국 LEED	일본 CASBEE	독일 DGNB
입주1년후 주택에 대한 POE 수행	사후관리 평가		○			
에너지 사용량 측정 및 평가			○	○		○
건물 준공후 일정기간 시운전	시운전			○		
주요 설비의 단계적인 관리지침	설비관리	○	○	○	○	○
필터, 청소, 보수주기에 대한 예방보전		○	○	○	○	○
에너지 소비 및 수요 데이터 기록 관리	에너지 데이터 관리 및 제어		○	○		○
에너지 소비 감소를 위한 관리					○	
건물관리자에 대한 정기적인 교육	교육		○	○		
에너지 사용 데이터의 공유			○	○	○	○
효율적인 사용을 위한 거주자 정보 교육			○	○	○	○

- 거주자 매뉴얼 개발을 위해 기존 공동주택 거주자 매뉴얼 구성항목을 조사하였다. 공공임대주택 및 민간 건설사 거주자 매뉴얼 구성항목 조사결과 크게 단지개요 및 안내, 입주안내, 주택 각 실별 사용안내, 하자보수 안내, 지역시설 및 참고링크 정보로 구성되어 있음을 확인하였다.

표 272 기존 공동주택 거주자 매뉴얼 항목

업무유형	SH공사	민간건설사 A	민간건설사 B
단지 개요 및 안내	○	○	○
입주안내		○	○
주택 내부 각 실별 사용안내	○	○	○
하자보수 안내	○	○	○
지역시설 및 참고 링크 정보	○	○	○

- 국내 거주자 매뉴얼의 경우 시설물 안내서 위주의 내용으로 구성되어 있음을 확인할 수 있었다. 다만 공동주택임에도 불구하고 공동생활 및 공동체 활성화에 대한 안내가 미비하여 향후 매뉴얼 제작시 이를 위한 안내가 필요한 것으로 검토되었다.
- 국내외 녹색건축물 거주자 매뉴얼 조사결과 국외 매뉴얼의 경우 녹색 건축물에 대한 정보, 에너지 소비 및 수요 데이터 기록관리, 에너지 절약을 위한 생활 안내를 매뉴얼에 포함하고 있음을 확인하였다.

표 273 국내외 녹색건축물 거주자 매뉴얼 항목

업무유형	기존 주택	국내 녹색건축 인증단지			국외 녹색건축 단지	
		남산	한강신도시	잠정	룸버쿤트	베드제드
단지 개요 및 안내	○	○	○	○	○	○
입주안내		○		○		
주택 내부 각 실별 사용안내	○	○	○	○	○	○
하자보수 안내	○	○	○	○	○	○
지역시설 및 참고 링크 정보	○	○	○	○	○	○
녹색건축물에 대한 정보					○	○
에너지 소비 및 수요 데이터 기록 관리					○	○
에너지 절약을 위한 생활안내					○	○

○ 제로에너지 주택 실증단지 운영관리매뉴얼 개발방향 수립

- 위 사례조사를 통해 제로에너지 주택 실증단지 운영관리매뉴얼 개발방향을 수립하였다.
- “운영 및 관리매뉴얼”의 경우는 기존 공동주택의 관리영역 분류를 활용하여 크게 운영관리, 유지관리, 생활관리로 구분하고 각각의 세부항목을 작성하였다. 세부항목은 제로에너지 주택 실증단지에 맞게 재구성하였다.
- “거주자 매뉴얼”의 경우는 기존 공동주택에서 사용하는 거주자 매뉴얼 구성항목에 녹색건축 안내, 에너지 데이터 관리, 에너지 절약 생활안내 등 제로에너지 주택과 관련된 항목을 추가하여 구성하였다.



그림 388 제로에너지 주택 실증단지 운영관리매뉴얼 개발방향

○ 제로에너지 주택 실증단지 운영관리매뉴얼(안)

- 기존 공동주택 운영관리항목과 제로에너지 주택 맞춤형 운영관리항목을 종합하여 운영 관리매뉴얼 체계를 다음과 같이 구성하고 세부항목을 작성하여 운영관리매뉴얼을 개발하였다.

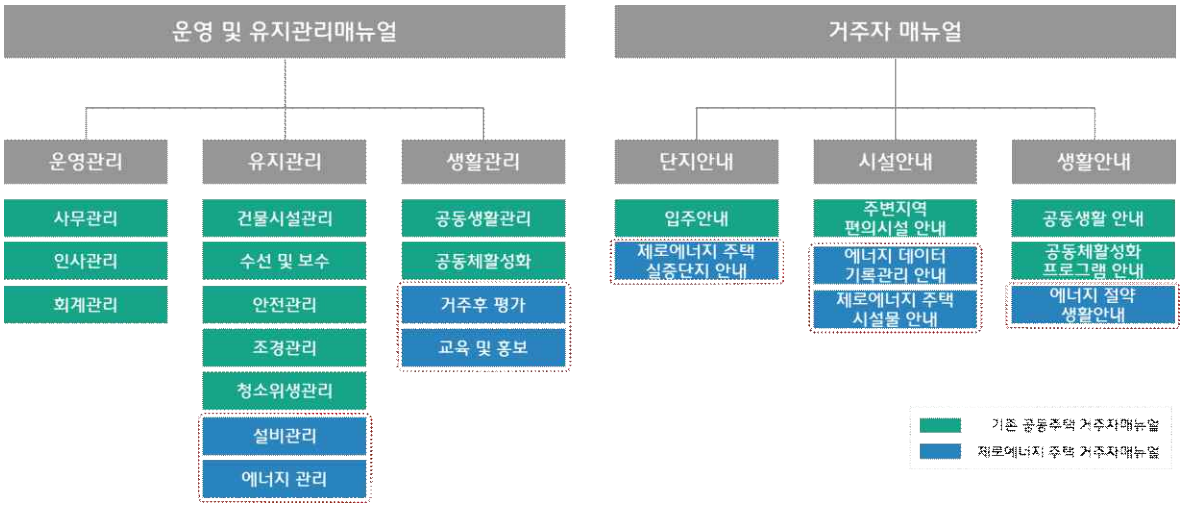


그림 389 제로에너지 주택 실증단지 운영관리매뉴얼 구성체계

연구성과

■ 제로에너지 주택 실증단지 입주자 선정 가이드라인 개발

- 논문게재 1건
- 세미나 1건
- 지침개발 1건

■ 제로에너지 주택 실증단지 운영관리매뉴얼 개발

- 국내외학술발표대회 3건
- 간담회 1건
- 정책제안 1건
- 지침개발 3건

(2) F-2 제로에너지 시공관리 매뉴얼 개발

연구개요

■ 연구기관 : ㈜제드 건축사사무소

■ 연구기간 : 2013.10.14.~2017.10.13.(5차년)

■ 연구목표 :

◦ 제로에너지 주택 실증단지 에너지 기술요소 도출 및 관리방안 연구

◦ 시공과정에서 활용 가능한 에너지 기술요소 별 체크리스트 작성

◦ 에너지 성능 및 기밀 성능 검증

◦ 제로에너지 기술관리 매뉴얼 작성

연구내용

◦ 제로에너지 주택 실증단지는 에너지요구량을 최소화하고 적정한 신재생에너지를 공급하여 난방, 냉방, 급탕, 환기, 조명 1차 에너지소요량을 제로를 목표로 구현되었다.

◦ 그러나 현재 국내에서는 제로에너지 건축물 구현을 위한 시공, 감리에 있어 가이드라인 및 업무 지침의 부재로 인한 시공 단계에서의 오류로 설계 시 계획된 에너지 성능을 구현함에 있어 어려움이 있기 때문에 1, 2차년 연구에서는 Mock-up 주택의 일반 감리 및 에너지 기술관리 실시 및 에너지 성능 검증을 통해 제로에너지 주택 시공 및 검증을 위해 필요한 요소를 도출하고, 이를 토대로 제로에너지 주택 실증단지 시공에 적용하였다.

◦ 3, 4, 5차년 연구에서는 건설사업관리 및 기술관리 방안을 추가적으로 연구하여 제로에너지주택 실증단지 구축에 차질이 없도록 하였으며, 에너지 성능 검증을 통해 제로에너지 성능 구현이 가능하도록 하였다. 그리고 시공 결과를 바탕으로 시공관리 매뉴얼을 작성하여 추후 제로에너지 주택 시장 보급을 위한 자료로 사용이 되도록 하였다.

■ 액티브, 패시브 기술요소 시공관리

◦ 제로에너지 기술요소에 대한 시공관리 각 부위별로 시공 공정에 따라 이루어졌다. 공사가 진행됨에 따라 전문 건설사업관리 업체를 통해 일반 건설사업관리와 병행하여 제로에너지 성능 구현을 위해 필요한 공정, 정밀한 시공이 필요한 부위 등에 대한 관리가 이루어 졌으며, 기술관리 매뉴얼 작성을 고려하여 각 부위별로 주요 시공관리 내용은 체크리스트를 작성하도록 했다.

◦ 제로에너지 기술요소는 패시브/액티브로 나뉘며 패시브 항목은 단열, 열교, 일사조절, 기밀, 기계환기, 액티브항목은 신재생에너지 항목으로 나누어 구분하였다. 각 항목별로 기술요소 시공관리 주요 내용은 다음과 같다.

표 277 제로에너지주택 실증단지 에너지 기술 관리 요소

구분		적용 기술 명
패시브	단열	• 단열재 성능유지 관리 - 현장 시험을 통해 품질(밀도, 무게, 두께, 휨)을 확인하였는가? - 단열재 보관 장소를 별도로 마련하였는가? (습기, 통기 여부, 지면에서 이격, 직사광선 노출여부, 화재위험) - 단열재는 제조 후 숙성기간(6~7주)이 지났는가?
		• 벽체 외단열 타설부착 관리 - 단열재 이음 및 연결부위를 우레탄 폼 등으로 충진 하였는가? - 단열재 이음 및 연결부위를 항상 청결하게 유지하도록 관리하였는가? - 단열재 벽체 시공 시 막힌 줄눈으로 시공되었는지 확인하였는가? - 단열재 마구리 부분 교차여부를 확인하였는가? - 폼타이 홀 천공시 수직도 및 정위치 천공이 이루어 졌는가? - 거푸집 제거 후, 단열재 파손예방을 위한 조치가 이루어 졌는가? - 후속공사 공정 단축을 위한 개구부 주변 형틀 작업이 이루어 졌는가? (창호 등의 개구부 주변 등 단열재 후부착 공정이 추가로 필요한 부위는 콘크리트 타설시 단열재를 비닐로 씌워 양생 후 분리가 가능하도록 하여야 함)
		• 벽체 외단열 후부착 관리 - 외부단열재 이음 및 연결부위를 우레탄 폼 등으로 충진 하였는지 여부를 확인하였는가? - 외부단열재 이음 및 연결부위를 항상 청결하게 유지하도록 관리하였는가? - 단열재 벽체 시공 시 막힌 줄눈으로 시공되었는지 확인하였는가? - 단열재 마구리 부분 교차여부를 확인하였는가? - 타설 부착부위와 단열재 평활도를 맞추기 위해서 붙임 몰탈이 두꺼운 떠붙임 방식을 지양하고 5㎜이내의 전면 밀착 방식을 적용 하였는가?
		• 바닥부위 단열재 관리 - 접합부위가 엇갈려 시공되어 틈새가 발생하지 않도록 관리하였는가? - 단열재 겹침 시공 시 하층의 단열재와 상층의 단열재를 엇갈려 시공함으로서 통줄눈 이음이 되지 않도록 시공하였는가? - 기초 단열재 깔기 작업 후 단열재의 이음부위는 전체를 비닐로 덮거나 테이프 등으로 마감하였는가? - 단열재위 철근배근용 스페이서는 단면적이 넓은 자재를 사용하여 단열재에 손상이 되지 않도록 하였는가?
		• 창호부위 단열재 관리 - 창호 벽체 이어치기 타설시 단열재가 파손되지 않도록 하였는가? - 단열재 위에 창호가 설치(고정)되므로 견고하게 고정 되도록 하였는가? - 단부측에 우수 유입이 되지 않도록 방수처리 상태를 확인하였는가? - 하인방 부위에는 적정한 경사를 확보하여 빗물받이에 빗물이 고이지 않도록 하였는가? - 창 상인방에는 화재를 고려하여 불연 소재의 단열재를 설치하였는가? - 창 하인방에는 압축강도 및 밀도가 높은 단열재를 설치하여 열교를 최소화하였는가?
		• 지붕층 단열재 관리 - 단열재가 습기에 노출되지 않도록 조치하였는가? - 단열재의 수축 · 팽창의 의한 방수층이 파손되지 않도록 조치하였는가? - 단열재는 엇갈림 배치로 인한 통줄눈이 생기지 않도록 설치하였는가? - 지붕에 설치되는 구조물로 인해 단열재 누락 및 파손부위는 없는가?
		• 외단열 부위 방수, 방습 관리 - 구체 바탕면 정리 시 크랙여부를 확인하였으며, 이에 대한 보강 조치를 하였는가? - 바탕면의 건조상태는 확인하였는가? - 단열재 부착 시 시트방수재가 파손되지는 않았는가? - 바닥면의 물구배 및 물고임 여부는 확인하였는가?

구분		적용 기술 명
	열교	• 외벽 돌출발코니 설치 시 열교차단 관리 - 발주시기와 현장에 반입 시 구조용 열교차단재의 제원이 도면과 같은지 확인하였는가? - 구조용 열교차단재 설치 시 위치 및 방향은 도서의 내용과 일치하는가? - 구조용 열교차단재의 제품간 틈은 벌어지지 않았는가? - 구조용 열교차단재의 제품간 틈 부위에 테이핑 작업을 하였는가? - 내·외부 슬래브 철근 배근 시 구조용 열교차단재의 철근과 결속이 잘 되었는지 확인하였는가? - 철근 결속 시 구조용 열교차단재의 철근 간격을 변형하지는 않았는가? (구조용 열교차단재의 철근이 평행을 유지하고 있는가?) - 콘크리트 타설 시 구조용 열교차단재의 정렬이 변형되지는 않았는가? - 구조용 열교차단재와 내·외부 슬래브 사이에 콘크리트가 밀실히 타설이 되어 있는가? - 콘크리트 타설시 열교차단재 상단에 콘크리트가 덮어지지 않았는지 확인하였는가?
		• 외부복도 설치 시 열교차단 관리 - 세대 구조부와 외부복도 구조부 분리 타설 시 구조부 사이의 외단열재 파손 또는 훼손 여부를 확인하였는가? - 세대 내 현관 바닥면, 외부복도 바닥면, 압축폴리우레탄 단열재 상부면이 수평을 이루는지 확인하였는가? - 콘크리트 타설시 콘크리트가 단열재 상부를 덮지 않도록 유의하였는가? - 복도에 도면대로 방수처리를 하였는지 확인하였는가? - 벽면과 만나는 부위에 누수조치가 되어 있는가?
		• 외벽 부착물 설치 시 열교차단 관리 - 부착물의 하중에 적합한 열교차단 앙카가 사용되었는지 확인하였는가? - 앙카설치를 위한 선 작업시 단열재 훼손을 최소화하고, 도면에 명시한 깊이로 천공되었는지 확인하였는가? - 앙카 설치를 위하여 벽체 천공시 수직을 잘 맞춰 시공하여 앙카가 틀어지지 않았는지 확인하였는가? - 안전과 관련된 난간 등의 고정을 위해 사용되는 중량부착물 고정앙카는 설치 후 흔들림이 없는지 확인하였는가?
		• 창호 및 문 설치 시 열교차단 관리 - 창호 하단에 설치될 압축폴리우레탄 열교차단재가 도면 규격에 맞게 재단되었는가? - 압축폴리우레탄 열교차단재가 EPDM열교차단패드 설치 후에 설치되었는가? - 열교차단재와 창호 하단이 틈새가 없는지 확인하였는가? - 압축폴리우레탄 바깥쪽에 설치되는 복합단열재와 기 시공되어 있는 단열재의 수직면이 일치하는지 확인하였는가? - 현관문 하단에 설치될 압축폴리우레탄 열교차단재가 도면에 맞게 재단되었는지 확인하였는가? - 압축폴리우레탄 열교차단재가 EPDM열교차단패드 설치 후에 설치되었는가? - 압축폴리우레탄 열교차단재의 수평을 맞추고, 설치되는 현관문과 완전히 밀착되었는지 확인하였는가? - 외부 복도측 도막방수가 방수턱 부위까지 도면과 같이 시공되었는지 확인하였는가?
	일사조절	• 실내 일사에너지유입 조절 - 블라인드 및 작동스위치를 위한 전기배선 작업이 되어있는지 확인하였는가? - 블라인드 고정용 브라켓과 외벽면 사이에 열교차단을 위한 고무패드 등을 사용하였는지 확인하였는가? - 블라인드 고정용 브라켓 주변의 단열재 후부착시 빈틈없이 설치되었는지 확인하였는가? - 블라인드 설치로 인한 단열재 결손 부위의 단열재 보강이 도면대로 되었는지 확인하였는가? - 블라인드 및 가이드레일의 수직 · 수평이 잘 맞춰져 작동에 이상이 없는지 확인하였는가? - 시 운전 시 각종센서를 통한 자동 제어가 정상 작동하는지 확인하였는가?

구분		적용 기술 명
		• 겨울철 태양입사량 극대화를 위한 투과형 발코니 설치 - 시공과정에서 발코니 난간이 설계 요구성능 대비 투과성능이 떨어지는 유리를 사용하지는 않았는가? - 유리난간의 높이는 도면 상 높이를 준수하였는가? - 유리난간의 접합 시공 디테일을 확인하여 안전성은 확보하였는가?
	기밀	• 외단열 벽체에 관통부위 기밀성능 관리 - 급·배기구 외벽 관통부위에 기밀테이프 및 기밀자재를 사용하여 기밀 시공하였는지 확인하였는가? - 급·배기구 외벽 관통부위에 기밀테이프 시공시 내·외부용 테이프를 용도에 맞게 시공하였는지 확인하였는가? - 슬리브 내부에 방화폼을 사용하여 충진 하였는가? - 배관 보온재를 시공하였는가?
		• 외단열 벽체에 창호 설치 시 기밀성능 관리 - 도면에 표현된 기밀테이프의 종류와 설치위치를 확인하였는가? - 기밀테이프 시공 전 부착 부위면에 이물질 정리를 하였는가? - 기밀테이프 부착부위가 들떠 있거나, 찢어진 구간은 없는지 확인하였는가? - 미장 마감 시 기밀테이프 면적의 75%이상이 콘크리트 구조체에 설치되어 있는지 확인하였는가? - 브라켓 설치부위에 기밀조치가 되어있는가? - 타 공정 진행 시 기밀테이프가 훼손되지 않도록 안전사항을 전달하였는가?
		• 외단열 벽체에 단열문 설치 시 기밀성능 관리 - 도면에 표현된 기밀테이프의 종류와 설치위치를 확인하였는가? - 기밀테이프 시공 전 부착 부위면에 이물질 정리를 하였는가? - 기밀테이프 부착부위가 들떠 있거나, 찢어진 구간은 없는지 확인하였는가? - 미장 마감 시 기밀테이프 면적의 75%이상이 콘크리트 구조체에 설치되어 있는지 확인하였는가? - 브라켓 설치부위에 기밀조치가 되어있는가? - 타 공정 진행 시 기밀테이프가 훼손되지 않도록 안전사항을 전달하였는가?
		• 통합분전반 기밀성능 관리 - 세대 분전반 전선 인입부에 기밀자재를 설치하여 분전반으로 침기되는 것을 방지하였는지 확인하였는가?
	기계환기	• 필터를 이용한 실내공기질 유지 관리 - 외기필터는 G4등급을 적용하였는가? - 급기필터는 F7등급을 적용하였는가? - 필터교환 등을 위한 환기장치 점검구가 설치되어 있는가? - 공사 중 환기덕트로 먼지나 이물질 등이 들어가지 않도록 위생관리가 되어있는가?
		• 외기 및 급기온도 조절을 통한 실내공기질 유지 관리 - 외기덕트에 프리히터를 적용하였는가? - 급기덕트에 지열순환 열교환기 적용하였는가? - 급기구 주변부 또는 프리히터 등 덕트가 기밀하게 시공되어 외기의 침기 부위가 없는가? - 급기구에서 프리히터까지의 배관을 도면에 적용된 단열재로 보온하였는지 확인하였는가? (덕트 결로 방지) - 급기구와 배기구의 위치를 이격하여 설치하거나 각기 다른 향을 향하도록 시공되어 서로 간섭이 없는지 확인하였는가?
		• 세대 내 교차환기(Cross Ventilation) 관리 - 실내문 하단에 공기순환용 틈을 확보하였는지 확인하였는가? - 실내 디퓨져 및 흡기구 주변에 지장물이 있어 환기 흐름에 방해를 끼치지 않는지 확인하였는가? - 제트 디퓨져 설치시 천장 마감면에서 20㎝ 정도 이격시켜 설치하였는지 확인하였는가?

구분		적용 기술 명
		• 열회수형 환기장치 덕트 열손실 최소화 관리 - 급 · 배기구 외벽 관통부위 주변의 콘크리트 바탕면을 정리하였는지 확인 - 급 · 배기구 외벽 관통부위에 기밀테이프 및 기밀자재를 사용하여 기밀 시공하였는지 확인하였는가? - 급 · 배기구 외벽 관통부위에 기밀테이프 시공시 내 · 외부용 테이프를 용도에 맞게 시공하였는지 확인하였는가?
		• 열회수형 환기장치 소음 최소화 관리 - 소음기가 도면대로 시공되었는지 확인하였는가? - 환기장치가 고정이 제대로 되어 흔들리지 않는지 확인하였는가?
액티브	태양광	• 지붕 태양광시스템 설치 관리 - 태양광 거치를 위한 구조물은 구조계산서의 내용과 일치하는지 확인하였는가? - 태양광 판넬 및 인버터의 사양과 설치수량은 도면과 일치하는가? - 태양광 판넬의 경사각도는 도면과 일치하는가? - 전기공사와 공사 업무분담에 관한 사전 협의를 진행하였는가? - 태양광 발전에 의한 모니터링 시스템과 연계가 되어 있는가?
		• 외벽 태양광시스템 설치 관리 - 태양광 거치를 위한 구조물은 구조계산서의 내용과 일치하는지 확인하였는가? - 열교차단앙카가 적용되었는지 확인하였는가? - 앙카플레이트와 구조물 사이에 고무패드, 에어로젤 등을 사용하여 열교를 최소화하였는지 확인하였는가?

■ 시공 공정별 액티브, 패시브 기술관리 매뉴얼 작성

◦ 기술관리 매뉴얼은 액티브, 패시브 기술요소와 시공관리 단계에서 검토되었던 내용을 종합하여 작성하였으며, 제로에너지 건축물 시공 시에 활용될 수 있도록 하였다.

◦ 매뉴얼은 단열, 열교, 기밀, 일사조절, 환기, 신재생 등의 기술요소를 바탕으로 하되, 이러한 기술요소는 건축물 각 부위에 있어 다양한 공정에 걸쳐서 고려되어야 하므로 현장 적용성을 고려하여 건축물 각 부위별 중심으로 위의 기술요소에 대한 매뉴얼을 작성하고자 하였다.

◦ 예를 들어 제로에너지 주택 실증단지의 돌출발코니 부위를 살펴보면 건축 시공 전반에 걸쳐 콘크리트 공사, 창호공사, 방수공사, 단열공사 등이 적용되게 되며, 이러한 시공 과정에서 기술관리가 이루어져야 돌출발코니의 열교차단이라는 목표를 달성할 수 있다.

◦ 기술관리 매뉴얼은 각 기술요소별 설명 및 현장적용에 따른 고려사항 등을 제시하고, 제로에너지주택 실증단지에 적용된 실제 사진 또는 참고도면, 기술관리 시 검토하여야 할 체크리스트로 구성하였다.

표 278 시공 공정별 액티브, 패시브 기술관리 매뉴얼(일부)

2.1.2 벽체 외단열 타설부착 시공관리

적용부위	- 외단열 벽체 (창호, 문등 개구부 주변 제외)
적용공정	- 단열공사
기술설명	- 타설부착은 구체 타설을 위한 거푸집 제작과정에서 단열재를 거푸집 대용으로 이용하여 타설과 동시에 단열재가 부착될 수 있게 하는 방법이고, 후부착의 경우 단열재 후면에 접착몰탈 등을 이용하여 타설된 구체 바깥쪽에 부착하는 방식이다. - 구체 타설 시 거푸집의 외부형틀을 단열재로 대체하여 시공하는 단열재 타설부착의 경우, 제로에너지 주택의 구조체와 단열재의 압밀시공으로 부착력이 좋고 내부 공기흐름을 차단함으로서 계획된 단열성능 확보가 용이하다는 장점이 있다. 단열재 타설부착의 공정은 다음과 같다.

[단열재 타설부착]

단열재 취부	
	1. 기준 먹줄치기 2. 단열재 세로줄눈부에 각재 고정 3. 단열재 세우기 가. 단열재 절단 가공 나. Seperater 구멍 가공 다. SP Joiner, 축볼트 셋 라. 각재 본체에의 판넬 가고정 마. 줄눈 백업재의 셋 4. 개구부 프레임 취부 5. 벽배근 - 내측거푸집 - 슬라브 거푸집 - 슬라브 배근 6 단열판넬 본 조임 7. 상단부 통로 및 수직정도의 확인 -배근
콘크리트 타설	
탈 형	
	-어긋남 조정 -하지 보수
외 피 취 부	
	-외장 시공
준 공	
	-검사 -시험

- 타설부착 시공공정에서는 단열재가 외측 거푸집을 대신하게 되므로 단열재의 정

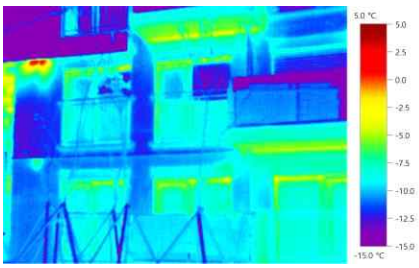
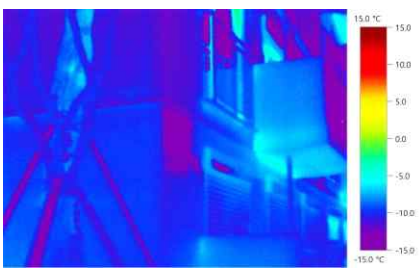
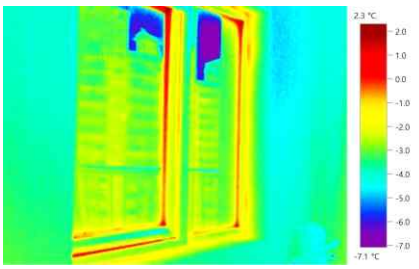
	밀 재단 및 폼타이홀의 정밀 천공이 중요하다. 그리고 콘크리트 타설 중 지지대 부실 등으로 인한 이형골조 발생시 수정작업에 따른 보수가 어렵고, 비용 과다증가 우려가 있으므로 지지작업 또한 철저히 하여야 한다. - 단열재를 외측 거푸집 대용으로 사용하므로, 내측 거푸집과 고정을 위해 단열재에 폼타이를 설치하기 위한 홀을 천공하여야 한다. 이때 수직도를 확인하여 정위치에 천공하도록 관리가 이루어져야 하며, 노원 에너지제로 주택의 경우 천공드릴의 IN → OUT 위치 가 2mm이상 날 경우 폼타이가 체결불가하여 수직도 확보를 위한 별도의 천공드릴 고정장치를 제작하여 시공성을 높이도록 했다. - 단열재 반입 규격과 단열재 설치면적을 고려하여 효율적인 자재관리가 이루어지도록 하며, 고정용 Anchor갯수와 위치를 사전에 확정하여야 한다. 특히 골조공사와 병행하여 진행되므로 주변 환경으로 인한 파손예방관리에 주의하여야 한다. - 창호 등의 개구부 주변에는 타설 부착이 이루어지지 않고, 구체 타설 이후 후부착 공정이 이루어짐을 고려하여, 창호주변에는 형틀을 선작업하여 후속공사를 단축하도록 했다. 단, 형틀을 선작업할 경우 지지대 간격 및 고정여부를 사전검토하여, 지지대 탈거 및 단열재 부착에 이상이 없도록 사전검토가 필요하다. - 거푸집 탈거 후, 마감공사 시까지 장기간 외부에 방치됨으로 노출된 단열재를 보호하기 위한 별도의 보양관리가 이루어져야 한다.

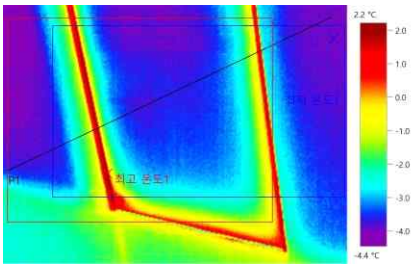
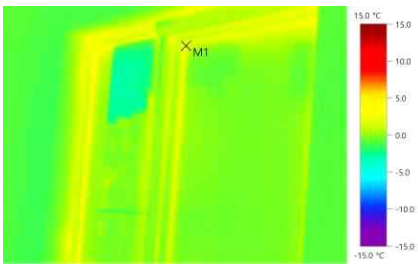
<table>
<tr><td>주요사진</td><td>
<table>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>[그림] 외부 거푸집(갱폼) 설치</td><td>[그림] 단열재 부착</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>[그림] 철근배근</td><td>[그림] 내부 거푸집(알폼) 설치</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>[그림] 콘크리트 타설</td><td>[그림] 각층 반복공정</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>체크리스트</td><td>
<table>
<tr><th>내 용</th><th>체크
(○ or X)</th></tr>
<tr><td>단열재 이음 및 연결부위를 우레탄 폼 등으로 충진 하였는가?</td><td></td></tr>
<tr><td>단열재 이음 및 연결부위를 항상 청결하게 유지하도록 관리하였는가?</td><td></td></tr>
<tr><td>단열재 벽체 시공 시 막힌 줄눈으로 시공되었는지 확인히였는가?</td><td></td></tr>
<tr><td>단열재 마구리 부분 교차여부를 확인하였는가?</td><td></td></tr>
<tr><td>폼타이 홀 천공시 수직도 및 정위치 천공이 이루어 졌는가?</td><td></td></tr>
<tr><td>거푸집 제거 후, 단열재 파손예방을 위한 조치가 이루어 졌는가?</td><td></td></tr>
<tr><td>후속공사 공정 단축을 위한 개구부 주변 형틀 작업이 이루어 졌는가?
(창호 등의 개구부 주변 등 단열재 후부착 공정이 추가로 필요한 부위는 콘크리트 타설시 단열재를 비닐로 씌워 양생 후 분리가 가능하도록 하여야 함)</td><td></td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>주의사항</td><td></td></tr>
</table>

■ 열교 및 에너지성능 검증

◦ 에너지 성능 검증은 열화상카메라 측정을 통한 열교 검증과 기밀성능 측정을 위한 기밀진단, 환기량 측정을 위한 TAB 측정으로 이루어졌다.

◦ 열화상카메라 측정은 구조적 열교발생을 최소화 하기위해 열교차단재가 적용된 돌출발코니 부위와 창호, 현관 등 기밀시공이 이루어진 부위를 중점적으로 측정이 이루어졌다.

	측정부위	측정시기	측정부위	열화상이미지
열교차단재시공부위	103동	2018년 1월 10일		
	103동 샘플세대	2018년 1월 10일		
	102동 전체	2018년 1월 10일		
기밀시공부위	102동 창호	2018년 1월 19일		

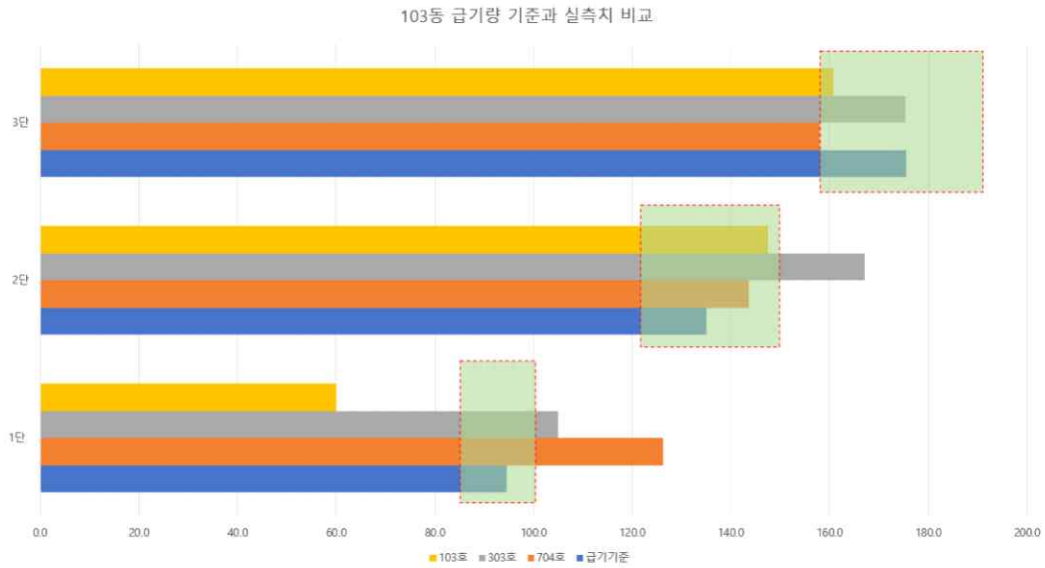
	측정부위	측정시기	측정부위	열화상이미지
	102동 현관	2018년 1월 19일		
	102동 창호	2018년 1월 19일		

◦ 기밀진단은 건물 외피의 틈새바람이 발생되지 않게 단열과 기밀이 연속되도록 시공되었는지 평가하는 방법으로 제로에너지주택 실증단지는 요구되는 기밀성능(0.6 [1/h]이하, @50Pa)을 달성하여야 한다.

◦ 기밀진단은 3차에 걸친 예비테스트와 에너지효율등급인증과 패시브인증 취득을 위한 본 진단까지 총 4회에 걸쳐 진행되었으며, 1,2차 예비 진단은 샘플 세대를 대상으로 하였고, 3차 예비진단과 본진단은 102동 전체동을 대상으로 실시하였다. 그 결과는 다음과 같다.

구분	측정부위	측정시기	측정내용
1차예비진단	102동 샘플세대	2016년 12월 1일	감압테스트 실시 결과 : n_{50} = 3.97 h^{-1} 세대 간 건식 벽체의 석고보드 틈새 및 조명,및 수직배관의 기밀확보 되지 않음
2차예비진단	103동 샘플세대	2017년 1월 19일	세대 간벽 기밀막 설치 가압테스트 실시 결과 : n_{50} = 3.18 h^{-1} 감압테스트 실시 결과 : n_{50} = 5.89 h^{-1} 환기구 및 기계전기 설비배관 기밀작업실시
3차예비진단	102동 전체	2017년 4월 25일	가압테스트 실시 결과 : n_{50} = 0.22 h^{-1} 감압테스트 실시 결과 : n_{50} = 0.23 h^{-1} 환기구 및 기계전기 설비배관 기밀작업실시
4차예비진단	102동 전체	2017년 8월 22일	본진단을 위한 기밀 조닝 재설정
본진단	102동 전체	2017년 9월 10일	가압테스트 실시 결과 : n_{50} = 0.46 h^{-1} 감압테스트 실시 결과 : n_{50} = 0.44 h^{-1}

◦ TAB진단은 패시브하우스 기준에 따른 세대별 급배기량을 측정하고자 실시하였으며 각 주동별로 10~20% 범위로 입상관 별로 대표적인 세대를 임의 선택하여 측정하였다.

측정샘플세대 선택	
측정결과	

◦ TAB결과 세대 내 급배기량 균형이 맞지 않는 부분이 발견되어, 전체 세대 내 환기장치 설정 풍량에 따라 각 세대별로 균일한 풍량이 공급되도록 댐퍼의 여닫는 각도를 다시 맞추도록 하였다. 이를 통해 공급 불균형으로 인한 누기나 침기발생을 줄이고, 환기장치에서 소모되는 전력량을 최소화하여 운영할 수 있도록 하였다.

연구성과

■ 세미나개최 2건

노원 그린빌딩 세미나 (2015.1.24.)





제로에너지주택 실증단지 기술관리 교육세미나 (2016.1.27.)





■ 학술대회 발표 2건

기후변화학회 2014 하반기 학술대회 발표



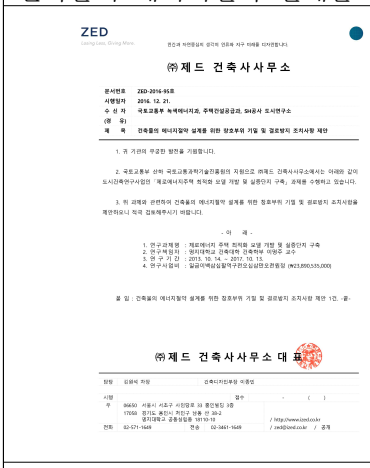
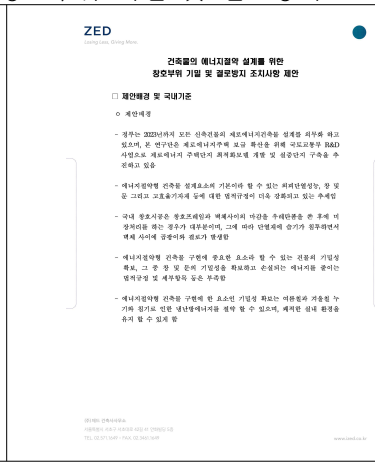
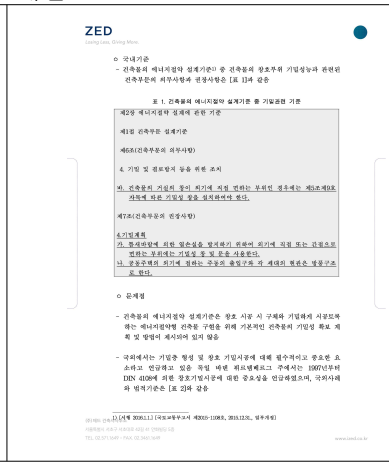


대한건축학회 2018 건축도시대회 설계 및 엔지니어링 사례연구 발표



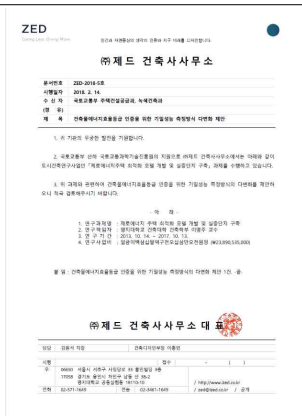
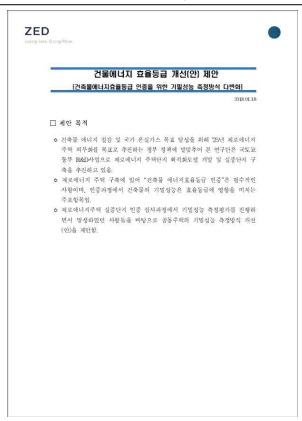
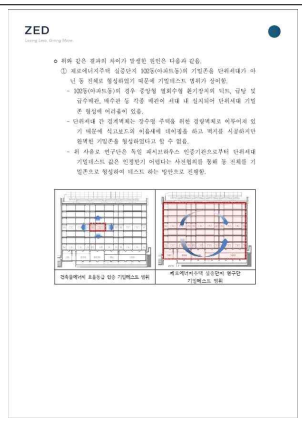
■ 지침제안 4건

건축물의 에너지절약 설계를 위한 창호부위 기밀 및 결로방지 조치사항 제안

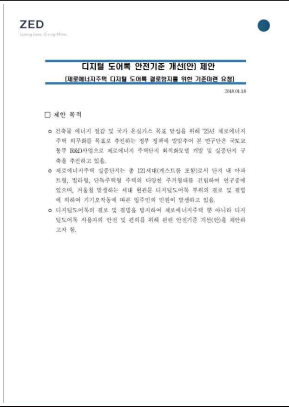




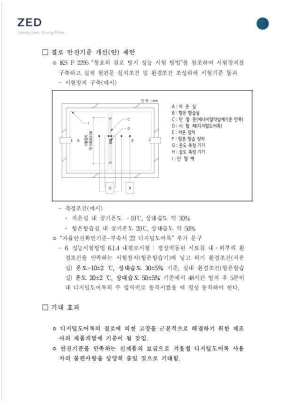
건축물의 에너지절약 및 하자방지를 위한 창 및 문 주변 외단열 시공방법 제안

건축물에너지효율등급 인증을 위한 기밀성능 측정방식 다변화 요청 정책제안

제로에너지주택 디지털 도어록 결로방지를 위한 기준마련 정책제안





다. 제로에너지 및 쾌적성 모니터링

(1) G-1 제로에너지 주택 단지 4대 IT 모니터링 시스템 개발

연구개요

■ 연구기관 : ㈜누리텔레콤

■ 연구기간 : 2013.10.14.~2016.03.13.(1차년~3차년)

연구내용

■ 제로에너지 모니터링 시스템 개발 성과

◦ 아키텍처 정의

❑ 기능 아키텍처

● 시스템 아키텍처

- 본 시스템은 개별 시스템과 통합 DB 그리고 어플리케이션 영역으로 구분된다.통합 모니터링 시스템은 master of master의 개념으로 개별 도구가 수집한 정보를 통합하여 시각화, 운영 정보를 제공하는 역할을 수행한다.

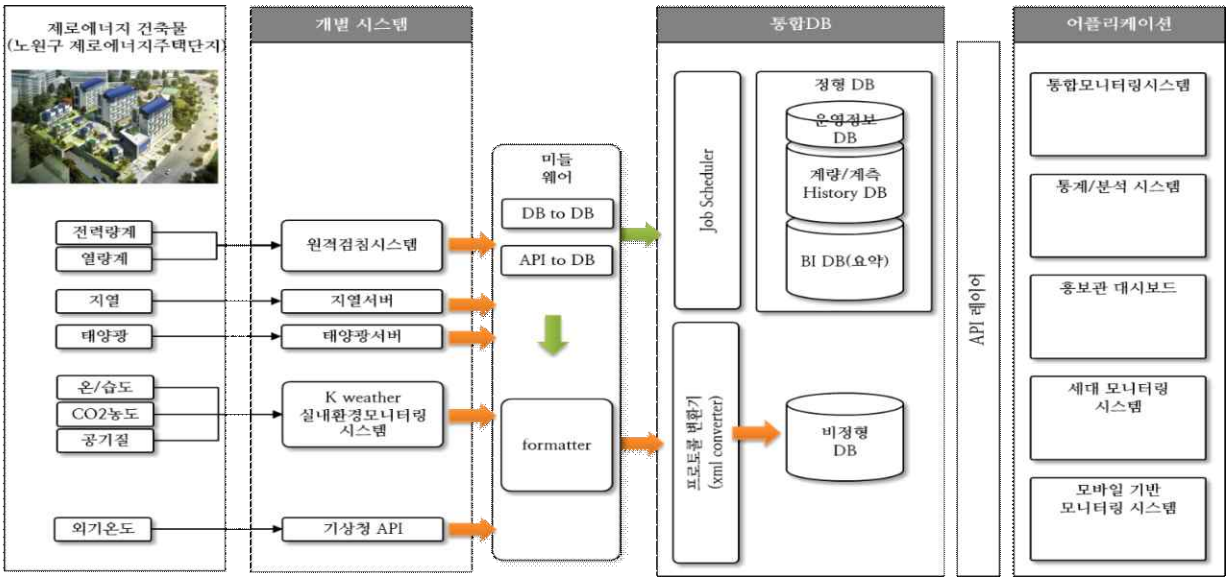


그림 429 제로에너지 모니터링 시스템 아키텍처

표 289 제로에너지 모니터링 시스템 내용

영역	설명
계량/계측 인프라	제로에너지 건축물에 설치된 에너지 계량 및 실내 환경 계측 인프라로, 적산 전력량계, 적산 열량계, 지열 및 태양광 시스템내 자체 계량기, 복합 쾌적성 센서(온도,습도,CO2농도,공기질등), 그리고 기상청의 외기 온도 정보(http 센서)를 포함한다.
개별 시스템	원격검침시스템, 지열 서버, 태양광 서버, 쾌적성 서비스 제공자의 시스템, 기상청 API 시스템등
미들웨어	개별 시스템에 저장된 데이터를 통합 DB로 이관하는 소프트웨어
통합 DB	운영정보, 이력데이터, 요약데이터를 가진 정형 DB와 비정형 DB로 구성된다.
API 레이어	데이터베이스에 저장된 데이터를 web service의 형태로 조회할 수 있는 기능을 제공
어플리케이션	사용자가 접속하는 웹 , 모바일 기반 어플리케이션으로 통합 모니터링 시스템, 통계분석 시스템, 홍보관 대시보드 시스템, 세대 모니터링 시스템, 모바일 기반 모니터링 시스템을 포함한다.

• 데이터 제공 서비스 모델

- 사용자는 http 프로토콜을 이용하여 웹 서버에 접근한다.

- 통합 모니터링 시스템은 3 tier로 구성되어, 웹 서버, 어플리케이션 서버, DB서버로 기능에 따라 구분된다. 이는 향후 확장성을 확보하기 위한 구조이다.

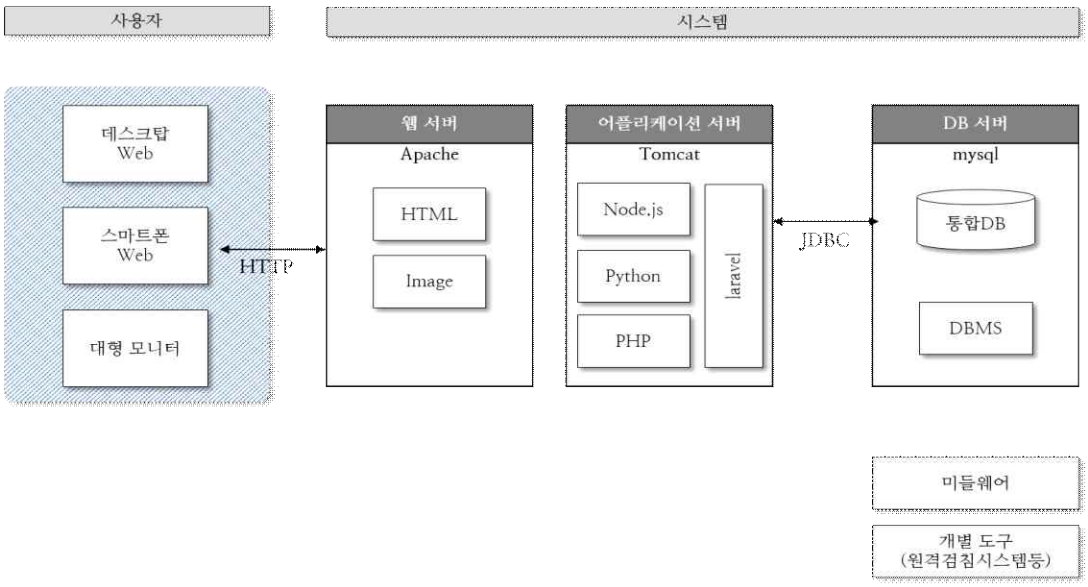


그림 430 통합 모니터링 시스템 데이터 제공 서비스 구조

• 소프트웨어 구성도

- 시스템 소프트웨어는 오픈소스를 중심으로 구현되었다.

- 서버의 활용성을 높이기 위해 가상 서버 솔루션인 VMware ESXi를 활용하여 서버 가상화 및 네트워크 가상화 환경을 구현하였으며, 본 가상화 환경에서 어플리케이션이 구동될 수 있도록 하였다.

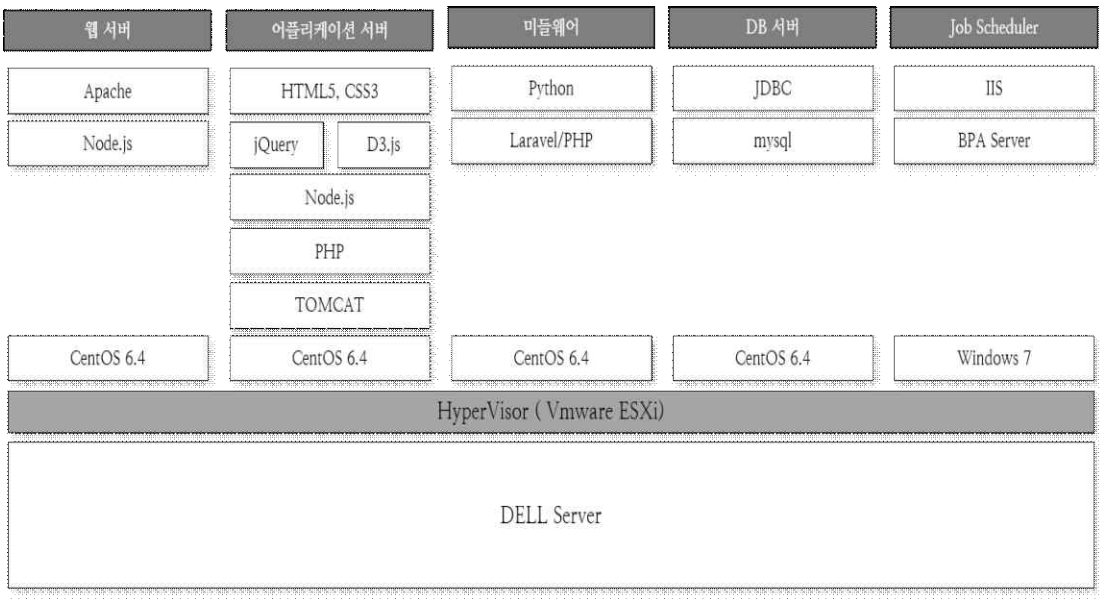


그림 431 제로에너지 모니터링 소프트웨어 구성도

❑ 기능 설계

표 290 모니터링 시스템 기능

구분		기능	주요기능목록
통합 모니터링	관리자	에너지소비 모니터링	5대 에너지원 통계(신재생발전량 대비) 전체 에너지 통계(신재생 발전량 대비) 세대별 사용량 전체 사용량 주기별(일/월/년) 사용량
		태양광 모니터링	신재생 발전량과 충전량 / 사용량 각 주기별 사용량에 대해 발전예측 인버터별, 주기별 발전량 통계분석
		위치별 분류별 사용량 통계	주기별 특정 날짜의 사용량,사용량비교, 요금조회 각 위치의 전기/수도 사용량 TOE환산을 위한 석유 환산량 관리
		설비별 Zone별 사용량 통계	계통별 설비, 주기별 사용량 모니터링 주기별 총 사용량과 요금, 최소/최대 사용량 주기별 전년 동주기 사용량 비교 및 총 사용량과 요금, 최소/최대 사용량 정보
		소비랭킹	소비순위별 세대정보 주기/단지별 검색
		고객정보 관리	세대 조회 서비스별 세대 조회 변경이력 조회
		사용량 이상고객	주기별 사용량 모니터링 주기별 총 사용량과 요금, 최소/최대 사용량 비교 주기별 전년 동주기 사용량 비교 및 총 사용량과 요금, 최소/최대 사용량 비교알람
		시스템관리	사용자 관리 / 권한관리 / 그룹관리
		설비/zone 관리	설비 트리구조 설비의 계통별 운전현황 그래프 설비목록, 운전상태, 운전 이력
		대쉬보드	제로에너지 성능지표 모니터링 쾌적성 성능지표 모니터링 5대 부하별 에너지 사용현황 공용부 에너지 사용현황 세대 에너지 사용현황 제로에너지 달성 현황 태영광 발전기 에너지 공급현황 지열 에너지 공급현황 이벤트
		레포트	에너지별 사용량, 통계 보고서 주기별 사용량, 통계 보고서
		시스템연계	원격검침DB, 홈네트워크DB, 쾌적성DB 통합구성 각 시스템간 인터페이스
	입주자	통계	에너지별 사용통계 (시간/일/주/월/년) 에너지별 요금통계 (시간/일/주/월/년) 에너지별 예상 사용량(주/월/년) 에너지별 예상 요금(주/월/년) 에너지별 요금추이 (일/주/월/년) 에너지 총비용 추이(일/주/월/년) 에너지 사용량 TOE기준 점유율(일/주/월/년) 콘센트별 사용통계(시간/일/주/월/년)

구분		기능	주요기능목록
			콘센트별 요금통계(시간/일/주/월/년) 주요가전별 사용통계(시간/일/주/월/년) 주요가전별 요금통계(시간/일/주/월/년)
		제로에너지주택	세대 5대에너지 사용량 통계 단지 제로에너지 달성률 제로에너지 주택 사용매뉴얼
		절약목표 설정	에너지별 사용량 목표설정 에너지별 목표달성 현황
		신재생에너지 발전	발전량 에너지 절감량 세대당 절감금액
통합 에너지 모니터링	관리자	에너지절약	에너지 절약팁 에너지 과소비 순위
	연구원	제로에너지	제로에너지 성능지표 상세 분석 단지/주동/주호별 분석 5대 에너지원별 분석 주호별 에너지분석 제로에너지 에너지 공급설비a 효율분석 계측 성공률 분석 패시브하우스 인증용 데이터 분석
쾌적성 모니터링	관리자	쾌적성 모니터링	세대별 온습도,CO2 단지 온습도, CO2 세대 위치별 표면온도
		쾌적성통계	세대별 온습도,CO2 통계(시간/일/주/월/년) 단지 온습도, CO2 통계(시간/일/주/월/년) 세대 위치별 표면온도 통계(시간/일/주/월/년)
	입주자	통계	세대별 온습도,CO2 통계(시간/일/주/월/년) 외기환경 통계
	연구원	제로에너지	제로에너지 성능지표 상세 분석 쾌적성 분석 패시브하우스 인증용 데이터 분석

◦ 화면설계

표 291 제로에너지 모니터링 시스템 화면 내용

시스템명	화면명	표시 정보
단지 에너지/쾌적성 모니터링 시스템	건물 실시간 측정값 모니터링	단지에 설치된 각 계량기 및 센서에서 측정된 값을 공간 정보 기반으로 표시 단지 기준(1) 동 기준(6) 층 및 중요 실 기준(30)
	에너지/쾌적성 실시간 모니터링	단지의 실시간 에너지 사용량 요약 단지의 실시간 5대 부하 사용량(부하별) 요약 단지의 실시간 쾌적 지수 요약 비교대상 주택群 대비 에너지/쾌적성 차이
	에너지 부하 모니터링	단지의 당일 15분 단위 에너지 사용량 단지의 5대 부하별 에너지 사용량(당일 15분 기준) 동별 당일 15분 단위 에너지 사용량 동별 5대 부하별 에너지 사용량 비교대상 주택群 대비 에너지 부하 차이
	쾌적성 모니터링	동별 당일 15분 주기의 쾌적성 지수 평균값 당일 15분 주기의 온도,습도,CO2농도 정보 평균값 당일 15분 주기의 쾌적성 지수 평균값 각 주호의 CO2 농도 각 주호의 온도 및 습도 각 주호의 쾌적성 지수 비교대상 주택群 대비 쾌적성 차이
	에너지 수지	당일 에너지 수지(적산 부하량 vs 누적 생산량) 당월 에너지 수지(적산 부하량 vs 누적 생산량) 금년 에너지 수지(적산 부하량 vs 누적 생산량)
	에너지 5대 부하 통계	시간/일/월 에너지 부하 통계 단지 기준, 동 기준, 주호 기준
	Net Zero 통계	에너지 소비량과 신재생 발전량간의 밸런스 단지 기준, 동 기준, 주호 기준
	쾌적성 통계 분석	주택단지내 실내 쾌적성 데이터의 조회 및 분석 단지 기준, 동 기준, 주호 기준
	로그인	로그인 화면
	사용자 관리 및 설정	사용자 비밀번호 변경, 사용자 등록 및 삭제
세대 에너지/쾌적성 모니터링 시스템	에너지/쾌적성 요약	세대의 실시간 에너지 사용량 요약 세대의 실시간 5대 부하 사용량(부하별) 요약 세대의 실시간 쾌적 지수 요약
	에너지 부하 모니터링	당일 15분 단위 에너지 사용량 5대 부하별 에너지 사용량(당일 15분 기준)
	쾌적성 모니터링	당일 15분 주기의 쾌적성 지수 당일 15분 주기의 온도,습도,CO2농도 정보
	에너지 비용	당일 에너지 비용 금월 에너지 비용
	에너지/쾌적성 공지 사항	관리 사무소 및 연구단의 에너지 공지 사항
	제로에너지 운영 매뉴얼	주택의 제로에너지 달성을 위한 환기,난방 매뉴얼
	에너지 5대 부하 통계	시간/일/월 에너지 부하 통계
	Net Zero 통계	에너지 소비량과 신재생 발전량간의 밸런스
	5대 에너지 비용 통계	5대 에너지 부하의 사용량에 따른 에너지 비용
	쾌적성 통계 분석	세대내 실내 쾌적성 데이터의 조회 및 분석
	로그인	로그인 화면
	사용자 관리 및 설정	사용자 비밀번호 변경, 관리 대상 세대 변경
연구자용	계량기 단위 통계 분석	계량기 단위

시스템명	화면명	표시 정보
에너지/쾌적성 통계 분석 시스템	계측기 단위 통계 분석	계측기 단위
	센서 단위 통계 분석	센서 단위
	에너지 생산/소비 통계 분석	관리 범위에 따른 통계값(최대,최소,평균)
	에너지 부하 통계 분석	관리 범위에 따른 에너지 부하 통계값 (최대,최소,평균) 시간/일/월 에너지 부하 통계 단지 기준, 동 기준, 주호 기준
	에너지 생산 모니터링	관리 범위에 따른 에너지 생산 부하 통계값 태양광 및 지열 설비별
	쾌적성 모니터링	관리 범위에 따른 실내환경/기상 정보 통계 쾌적성 지수 통계
	에너지 생산 효율 분석	태양광 효율 분석 지열 효율 분석
	에너지 수지 통계 분석	일기준 에너지 수지(적산 부하량 vs 누적 생산량) 월기준 에너지 수지(적산 부하량 vs 누적 생산량) 년기준 에너지 수지(적산 부하량 vs 누적 생산량)
	Net Zero 통계	에너지 소비량과 신재생 발전량간의 밸런스 단지 기준, 동 기준, 주호 기준
	로그인	로그인 화면
	사용자 관리 및 설정	사용자 비밀번호 변경, 사용자 등록 및 삭제
홍보관용 대시보드	메인	일일 에너지 밸런스 일일 에너지 부하 일일 에너지 생산
	전력 조류(power flow)	전력 조류(flow) 설비 상태 관리 설비 측정값 오류 점검
	열류(heat flow)	열 흐름 설비 상태 관리 설비 측정값 오류 점검
	관리 단위별 에너지 수지 조회 화면	15분단위 에너지 부하(sum) Hierarchy 구조(top down navigation) Sub sum 화면
	화면 관리 기능	
	로그인 기능	
	대시보드 기동 기능	

❑ 모니터링 화면

- 실시간 에너지 수급 현황



그림 432 제로에너지 모니터링 실시간 에너지 수급 현황 화면

표 292 제로에너지 모니터링 실시간 에너지 수급 현황 내용

오브젝트	설명
실시간 운영 현황	한전 인입전력 태양광 발전 출력 인버터 발전 출력 제로에너지 실증단지 인입전력
금일 통계	금일 피크 당월 피크 CO2 절감 실적 절감 실적
신재생 발전	금일 예상 발전량 금일 에너지 발전량 연간 예상 공급량
전력 수급 현황	한전 전력, 태양광, Balance
당일 에너지 수급 현황	Line chart, bar chart로 표시 에너저 생산량, 소비량, 신재생 발전량

❑ 에너지 공급 및 소비 현황

- 제로에너지 실증 단지의 조감도에 각 위치에서 수집되는 정보를 표시하는 화면이다.



그림 433 제로에너지 모니터링 에너지 공급 및 소비 현황 화면

표 293 제로에너지 모니터링 에너지 공급 및 소비 현황 내용

오브젝트	설명
날씨 정보	구름의 양을 기준으로 기상 정보를 표시 외기 온도를 표시
동별 소비량,발전량,밸런스	동별 5대부하 소비량 동별 전체 부하 동별 신재생 발전량을 표시
시간대별 생산량 및 소비량	시간대별 전체 단지의 생산량 및 소비량을 kWh단위로 표시함
신재생 에너지	금일 태양광 발전량 금일 지열 생산량 금일 예상 공급량
에너지 부하	냉방,난방,급탕,조명,환기부하 동력 부하
에너지 효율	금일 발전 효율과 금일 부하 효율을 표시

❑ 당일 에너지 소비 및 생산 현황

- 시간대별 신재생 발전량, 현재 부하, 목표 부하, 수요 감축량, 플러스 에너지를 표시한다.



그림 434 제로에너지 모니터링 당일 에너지 소비 및 생산 현황

표 294 제로에너지 모니터링 당일 에너지 소비 및 생산 현황 내용

오브젝트	설명
실시간 현황	신재생 발전:15분 단위 전력 생산량 및 열 생산량을 kWh로 표시 현재 부하: 전체 부하를 15분 단위의 kWh로 표시 5대부하 현재부하: 5대 부하를 15분 단위의 kWh로 표시 수요 감축: CBL대비 감축량을 표시(감축 발령후에만 표시함) 목표 부하: 당일 사용 한계 목표량을 표시
당일 누적 현황	전체 부하 누적량 및 사용 한도량을 표시 5대 부하 누적량 및 사용 한도량을 표시 태양광 발전의 누적 생산량 및 발전 목표량을 표시 지열의 누적 생산량 및 생산 목표량을 표시
동별 에너지 현황	동별 에너지 밸런스 정보를 kWh 단위로 표시 당일 누적 부하 당일 누적 5대 부하 당일 누적 에너지 생산량

❑ 금일 에너지 수급 현황



그림 435 제로에너지 모니터링 당일 에너지 수급 현황 화면

표 295 제로에너지 모니터링 당일 에너지 수급 현황 내용

오브젝트	설명
금일 에너지 수급 현황	당일 누적 에너지 생산량(kWh) 당일 누적 에너지 소비량(kWh) 플러스 에너지(당일 누적 에너지 생산량 - 당일 누적 에너지 소비량) 제로에너지 율: 에너지 생산/에너지 부하 * 100 으로 계산
15분 단위 에너지 생산 및 소비량 비교 차트	에너지 생산량 및 소비량을 15분 단위 데이터로 세분화 당일 0시부터 24시까지의 데이터를 line chart(에너지 생산량)와 bar chart(에너지 소비량)로 표시함
단지 계통 현황	한국전력 당일 누적 순전력량 한국전력 당일 누적 역전력량 제로에너지 실증단지의 5대부하, 일반부하를 당일 누적 전력량으로 표시함 지열 열생산량(당일 누적) 태양광 전력생산량(당일 누적)

❑ 동별 에너지 생산, 소비 현황

- 제로에너지 주택단지의 각 동별 신재생 발전량 및 에너지 소비량으로 각 동에 설치된 계량기의 정보를 최대한 표시한다.



그림 436 제로에너지 모니터링 동별 에너지 생산, 소비 현황 화면

표 296 제로에너지 모니터링 동별 에너지 생산, 소비 현황 내용

오브젝트	설명
태양광	태양광 발전 전력 태양광 설치 용량 일간 누적 발전량 월간 누적 발전량
한전 전력	현재 한전 공급 전력 당일 누적 일간 공급 전력량 금월 누적 월간 공급 전력량
공조 설비	환기 장치에서 현재 사용하는 부하 전력 환기 장치에서 사용한 당일 누적 일간 부하량 환기 장치에서 사용한 금월 누적 월간 부하량
층별 전력,전력량	층별 분전반에서 측정하는 전력 및 전력량 정보 당일 누적 일간 부하량 금월 누적 월간 부하량
부하별 현재값	공조 설비 스마트 콘센트 조명

❑ 전기 공급 현황

- 각 분전반에서 측정한 전력 및 전력량 정보를 표시함. 각 동의 대표 분전반을 이용하여 측정한다.



그림 437 제로에너지 모니터링 전기 공급 현황 화면

표 297 제로에너지 모니터링 전기 공급 현황 내용

오브젝트	설명
분전반	각 동의 분전반에 설치된 전력량계에서 측정한 값을 실시간으로 표시함. 주로 적산전력량 및 순시전력값을 표시함
동별 부하 비율	현재값 기준으로 각 동에 위치한 세대별 5대 부하량을 sum하여 각 부하 비율로 표시하는 화면
에너지 공급	각 동에 위치한 에너지 공급 설비의 공급량을 표시함 한국전력 인입량, 옥상 태양광, BIPV 태양광, 지열등
에너지 소비	냉방, 난방, 급탕, 조명, 환기 등의 제로에너지 5대 부하를 기준으로 현재 부하를 표시함

❑ 실내외 환경 모니터링

- 제로에너지 실증 단지의 외부 온도 및 내부 온도 차이를 표시하는 화면으로 비교 대상 주택의 냉난방 에너지 비용 대비 온도를 표시하는 화면이다.



그림 438 제로에너지 실내외 환경 모니터링 화면

표 298 제로에너지 실내외 환경 모니터링 내용

오브젝트	설명
표면 온도	내벽의 표면 온도 바닥의 표면 온도
외벽 표면 온도	외벽의 표면 온도
태양광 패널	태양광 모니터링 시스템에서 측정한 일사량, 판넬 표면 온도, 판넬 외부 온도, 표면 오염도를 표시함
외기 온도	금일 최대 온도, 최소 온도, 평균 온도를 기상청 정보를 바탕으로 표시함
기온 차이	외기 온도, 제로에너지 주택의 실내 온도, 비교 대상 주택의 실내 온도를 표시
냉난방 에너지	제로에너지 주택의 냉난방 전력량과 비교 대상 주택의 냉난방 전력량을 표시함

❑ 부하별 에너지 사용량

- 단지 전체에서 사용하는 냉방, 난방, 급탕, 조명, 환기 부하 및 기타 부하를 표시하는 화면이다.

- 15분 주기로 실측된 값을 준 실시간으로 표시하는 화면이다.



그림 439 제로에너지 부하별 에너지 사용량 화면

표 299 제로에너지 부하별 에너지 사용량 내용

오브젝트	설명
부하별 에너지 사용량	Line chart로 표시 냉방,난방,급탕,조명,환기, 기타 조명을 각 line으로 표시 전체 sum line 값을 표시
5대부하별 에너지 사용량	냉방,난방,급탕,조명,환기의 목표 사용량 대비 현재까지의 사용량을 표시함 당일 0시부터 측정시까지의 누적값을 표시함
기타 부하별 에너지 사용량	동력부하 및 기타 부하로서 5대 부하를 제외한 부하중 공용부로 사용되는 부하를 보여줌 주로 가로등 및 보안등, 모니터링 조명, 엘리베이터 전원을 대상으로 함

◦ 데이터 모델

표 300 데이터 엔터티 목록

엔터티 명칭	
기본정보	구성 마스터 에너지부하(대분류) 에너지부하(중분류) 에너지부하(소분류) 객체 구분 단지 에너지 네트워크 노드 운영자 정보 공급사 정보 사용자 정보 구성도 관리
구성관리	구성변경이력 구성유형대분류코드 구성유형소분류코드 관계정보(노드와 에너지 네트워크)
상황 관리	공지사항 실시간 상황이벤트 상황 원인 코드 상황접수 상황처리결과
모니터링 업무	제로에너지성능지표관리 모니터링 등록 정보 모니터링 요청 상세 및 변경 이력 작업요청
성능 관리	성능개선관리 성능개선관리상세 성능관리영역 성능분석관리 상세 성능이슈관리
용량 관리	에너지 설비 용량 계획 에너지 용량계획상세
보고서	정기보고서관리 정기보고서상세
데이터관리	JOB스케쥴링 결과 JOB스케쥴링 등록 계량 데이터 백업 작업 등록 정보

◦ 엔터티 목록

엔터티 명칭		비고
기본정보	구성 마스터	
	에너지부하(대분류)	
	에너지부하(중분류)	
	에너지부하(소분류)	
	객체 구분	
	단지	
	에너지 네트워크	
	노드	
	운영자 정보	
	공급사 정보	
	사용자 정보	
	구성도 관리	
구성관리	구성변경이력	
	구성유형대분류코드	
	구성유형소분류코드	
	관계정보(노드와 에너지 네트워크)	
상황 관리	공지사항	
	실시간 상황이벤트	
	상황 원인 코드	
	상황접수	
	상황처리결과	
모니터링 업무	제로에너지성능지표관리	
	모니터링 등록 정보	
	모니터링 요청 상세 및 변경 이력	
	작업요청	
성능 관리	성능개선관리	
	성능개선관리상세	
	성능관리영역	
	성능분석관리 상세	
	성능이슈관리	
용량 관리	에너지 설비 용량 계획	
	에너지 용량계획상세	
보고서	정기보고서관리	
	정기보고서상세	
데이터관리	JOB스케쥴링결과	
	JOB스케쥴링등록	
	계량 데이터 백업 작업 등록 정보	

◦ 엔터티 정의서

• 구성 마스터

시스템	ZEMS							
엔터티 명칭	구성마스터	엔터티 ID						
엔터티 설명								
별명(Alias)		주관 부서						
항목 명칭	동의어	타입	길이	NULL	PK	FK	INX	비고
구성ID					1			
공급사 ID								
지역ID								
담당자ID								
소분류어플리케이션ID								
구성유형대분류코드								
구성유형소분류코드								
BIM_ID								
모델명								
구성설명								
구성용도								
SRDP번호								
입고일자								
설치일자								
제각일자								
사용여부								
AMS자산번호								
시리얼번호								

• 에너지부하(대분류)

시스템	ZEMS							
엔터티 명칭	에너지부하(대분류)		엔터티 ID					
엔터티 설명	에너지부하대분류							
별명(Alias)			주관 부서					
항목 명칭	동의어	타입	길이	NULL	PK	FK	INX	비고
대분류에너지부하ID					1			
업무기능ID								
단지ID								
에너지부하명								

- 에너지부하(중분류)

시스템	ZEMS							
엔터티 명칭	에너지부하(중분류)		엔터티 ID					
엔터티 설명	중분류에너지부하정보							
별명(Alias)			주관 부서					
항목 명칭	동의어	타입	길이	NULL	PK	FK	INX	비고
중분류에너지부하ID					1			
대분류에너지부하ID								
에너지부하명								

- 에너지부하(소분류)

시스템	ZEMS							
엔터티 명칭	에너지부하(소분류)		엔터티 ID					
엔터티 설명	에너지부하소분류							
별명(Alias)			주관 부서					
항목 명칭	동의어	타입	길이	NULL	PK	FK	INX	비고
소분류에너지부하ID					1			
처리담당자								
중분류에너지부하ID								
에너지부하명								

- 객체 구분

시스템	ZEMS							
엔터티 명칭	객체구분		엔터티 ID					
엔터티 설명	객체구분정보							
별명(Alias)			주관 부서					
항목 명칭	동의어	타입	길이	NULL	PK	FK	INX	비고
시스템구분코드					1			
구성ID					2			
구분명								

- 단지

시스템	ZEMS							
엔터티 명칭	단지		엔터티 ID					
엔터티 설명	단지 정보							
별명(Alias)			주관 부서					
항목 명칭	동의어	타입	길이	NULL	PK	FK	INX	비고
단지ID					1			
단지명								
단지설명								

- 에너지 네트워크

시스템	ZEMS							
엔터티 명칭	에너지 네트워크		엔터티 ID					
엔터티 설명								
별명(Alias)			주관 부서					
항목 명칭	동의어	타입	길이	NULL	PK	FK	INX	비고
구성ID					Y			
BIM_ID								
설치장소								
고유 식별값								
Box/Module구분								
Node명					Y			

- 노드

시스템	ZEMS							
엔터티 명칭	노드		엔터티 ID					
엔터티 설명	노드정보							
별명(Alias)			주관 부서					
항목 명칭	동의어	타입	길이	NULL	PK	FK	INX	비고
구성ID					1			
Node Name								
IP_Address1								
CPU 개수								
CPU 속도								
메모리사이즈								
OS명								
OS버전								
디스크 용량								
설명								

- 운영자 정보

시스템	ZEMS							
엔터티 명칭	운영자		엔터티 ID					
엔터티 설명	운영자 인사정보							
별명(Alias)			주관 부서					
항목 명칭	동의어	타입	길이	NULL	PK	FK	INX	비고
운영자ID					1			
단지ID								
부서ID								
부서장ID								
직원구분								
직원명								
역할								
직위								
e-mail								
사무실전화번호								
이동전화번호								
사무실주소								
자택전화번호								
자택주소								

- 공급사 정보

시스템	ZEMS							
엔터티 명칭	공급사		엔터티 ID					
엔터티 설명	공급사 정보							
별명(Alias)			주관 부서					
항목 명칭	동의어	타입	길이	NULL	PK	FK	INX	비고
공급사 ID					1			
공급사명								
운영자번호								
공급사담당자명								
전화번호								
팩스번호								
e-Mail								

- 사용자 정보

시스템	ZEMS							
엔터티 명칭	사용자		엔터티 ID					
엔터티 설명	ZEMS 사용자 정보							
별명(Alias)			주관 부서					
항목 명칭	동의어	타입	길이	NULL	PK	FK	INX	비고
사용자ID					1			
사용자구분					2			
사원ID								
패스워드								
사용자명								
사용가능여부								
최종로그인정보								

- 구성도 관리

시스템	ZEMS							
엔터티 명칭	구성도관리		엔터티 ID					
엔터티 설명	구성도를 관리하기 위한 엔터티							
별명(Alias)			주관 부서					
항목 명칭	동의어	타입	길이	NULL	PK	FK	INX	비고
구성도ID					1			
담당자ID								
등록일자								
구성도종류								
구성도첨부파일								
버전								
비고								
소분류어플리케이션ID								
지역ID								

- 공지사항

시스템	ZEMS							
엔터티 명칭	공지사항		엔터티 ID					
엔터티 설명	ZEMS 공지사항을 보여주기위한 엔터티							
별명(Alias)			주관 부서					
항목 명칭	동의어	타입	길이	NULL	PK	FK	INX	비고
공지사항ID					1			
등록일시								
공지사항제목								
공지사항내용								
등록자								
수정자								
수정일시								

- 구성변경이력

시스템	ZEMS							
엔터티 명칭	구성변경이력		엔터티 ID					
엔터티 설명	구성변경이력을 관리하기 위한 엔터티							
별명(Alias)			주관 부서					
항목 명칭	동의어	타입	길이	NULL	PK	FK	INX	비고
변경일시					1			
구성ID					2			
변경항목					3			
BIM_ID								
변경전값								
변경후값								
변경Flag코드								insert/update/delete
비고								

- 구성유형대분류코드

시스템	ZEMS							
엔터티 명칭	구성유형대분류코드		엔터티 ID					
엔터티 설명	구성유형을 분류하는 엔터티							
별명(Alias)			주관 부서					
항목 명칭	동의어	타입	길이	NULL	PK	FK	INX	비고
구성유형대분류코드					1			
구분코드명								

- 구성유형소분류코드

시스템	ZEMS							
엔터티 명칭	구성유형소분류코드		엔터티 ID					
엔터티 설명	구성유형을 분류하는 엔터티							
별명(Alias)			주관 부서					
항목 명칭	동의어	타입	길이	NULL	PK	FK	INX	비고
구성유형소분류코드					1			
구성유형대분류코드					2			
구분코드명								

- 관계정보(노드와 에너지 네트워크)

시스템	ZEMS							
엔터티 명칭	노드_에너지 네트워크		엔터티 ID					
엔터티 설명	노드와 에너지 네트워크간의 관계정보							
별명(Alias)			주관 부서					
항목 명칭	동의어	타입	길이	NULL	PK	FK	INX	비고
네트워크장비구성ID					1			
노드구성ID					2			
Provider_BIM_ID								BIM의 선행 ID
Consumer_BIM_ID								Bim의 후행 Id
관계유형								increase/decrease…
사용여부								
비고								

- 작업요청

시스템	ZEMS							
엔터티 명칭	작업요청		엔터티 ID					
엔터티 설명	작업요청정보							
별명(Alias)			주관 부서					
항목 명칭	동의어	타입	길이	NULL	PK	FK	INX	비고
요청ID					1			
고객사명								
요청일시								
등록일시								
요청자								
사업단위								
승인요청일시								
승인일시								
처리상태								
요청내용								
요청요약								
요청사유								
요청유형								
요청자팀명								
담당그룹								
담당자								
요청구분								

- 제로에너지성능지표관리

시스템	ZEMS							
엔터티 명칭	제로에너지성능지표관리		엔터티 ID					
엔터티 설명	제로에너지성능지표 항목을 관리하기위한 엔터티							
별명(Alias)			주관 부서					
항목 명칭	동의어	타입	길이	NULL	PK	FK	INX	비고
항목코드					1			
항목구분								
항목명								
테이블명								
컬럼명								
설명								

- 모니터링 등록 정보

시스템	ZEMS							
엔터티 명칭	모니터링등록정보		엔터티 ID					
엔터티 설명	모니터링 등록현황 정보							
별명(Alias)			주관 부서					
항목 명칭	동의어	타입	길이	NULL	PK	FK	INX	비고
심각도					1			
Domain					2			
Origin					3			
Parameter					4			
Object					5			
ObjectClass					6			
구성ID								
어플리케이션ID								
노드담당자통보방법								
DB담당자통보방법								
어플리케이션담당자통보방법								
네트워크담당자통보방법								
전파범위코드								
모니터링항목owner								
모니터링유형(대)								
모니터링유형(소)								
모니터링대상								
처리상태								
모니터링주기								
모니터링주기유형								
임계값								
모니터링도구								

• 모니터링 요청 상세 및 변경 이력

시스템	ZEMS							
엔터티 명칭	모니터링요청상세및변경이력	엔터티 ID						
엔터티 설명	모니터링 요청상세 내용 정보							
별명(Alias)		주관 부서						
항목 명칭	동의어	타입	길이	NULL	PK	FK	INX	비고
변경일시					1			
심각도					2			
Domain					3			
Origin					4			
Parameter					5			
ObjectClass					6			
Object					7			
요청ID								
어플리케이션ID								
노드담당자통보방법								
DB담당자통보방법								
어플리케이션담당자통보방법								
네트워크담당자통보방법								
전파범위코드								
모니터링항목Owner								
모니터링유형(대)								
모니터링유형(소)								
모니터링대상								
처리상태								
모니터링주기								
모니터링주기유형								
임계값								
모니터링도구								

• 실시간 상황이벤트

시스템	ZEMS							
엔터티 명칭	실시간상황발생정보	엔터티 ID						
엔터티 설명	상황발생시 실시간 처리현황 통보를 위한 엔터티							
별명(Alias)		주관 부서						
항목 명칭	동의어	타입	길이	NULL	PK	FK	INX	비고
상황생성일시					1			
상황ID					2			
상황접수일시								
상황제목								
상황상세내역								
고객사명								
담당자								
담당부서								
담당자전화번호								
상황유형(대)								
상황유형(중)								
상황유형(소)								
심각도								

• 상황 원인 코드

시스템	ZEMS							
엔터티 명칭	상황원인코드		엔터티 ID					
엔터티 설명	상황원인정보코드							
별명(Alias)			주관 부서					
항목 명칭	동의어	타입	길이	NULL	PK	FK	INX	비고
상황원인코드					1			
상황원인코드명								

• 상황접수

시스템	ZEMS							
엔터티 명칭	상황접수		엔터티 ID					
엔터티 설명	상황접수정보							
별명(Alias)			주관 부서					
항목 명칭	동의어	타입	길이	NULL	PK	FK	INX	비고
상황요청접수번호					1			
운영자ID								
이벤트ID								
상황제목								
상담원명								
티켓처리상태								
단지ID								
사업단위ID								
대분류								
중분류								
소분류								
종료일시								
고객부서명								
최종변경일시								
근무지역코드								

- 상황처리결과

시스템	ZEMS							
엔터티 명칭	상황처리결과		엔터티 ID					
엔터티 설명	상황가처리된결과							
별명(Alias)			주관 부서					
항목 명칭	동의어	타입	길이	NULL	PK	FK	INX	비고
상황요청접수번호					1			
상황원인코드								
상황해결코드								
처리담당자ID								
처리담당자명								
처리담당그룹명								
상황접수시간								
해결일시								
심각도								
조치내역								
포트폴리오								
이관시간								
동일건물여부								
노드명								
최종변경일시								
향후대책번호								

- 성능개선관리

시스템	ZEMS							
엔터티 명칭	성능개선관리		엔터티 ID					
엔터티 설명	성능개선을위한정보							
별명(Alias)			주관 부서					
항목 명칭	동의어	타입	길이	NULL	PK	FK	INX	비고
성능이슈관리요청ID					1			
개선시작일								
개선완료일								
STATUS_CD								
개선방안								
성능개선유형_CD								
개선결과								
성능개선효과								
담당자								
담당자부서								

- 성능개선관리상세

시스템	ZEMS							
엔터티 명칭	성능개선관리상세		엔터티 ID					
엔터티 설명	성능개선을위한 상세정보							
별명(Alias)			주관 부서					
항목 명칭	동의어	타입	길이	NULL	PK	FK	INX	비고
성능이슈관리요청ID					1			
개선작업ID					2			
작업시작일								
작업완료일								
작업결과								
STATUS_CD								
담당자								
담당부서								

- 성능관리영역

시스템	ZEMS							
엔터티 명칭	성능관리영역		엔터티 ID					
엔터티 설명	성능관리영역정보							
별명(Alias)			주관 부서					
항목 명칭	동의어	타입	길이	NULL	PK	FK	INX	비고
영역ID					1			
영역명								

- 성능분석관리

시스템	ZEMS							
엔터티 명칭	성능분석관리		엔터티 ID					
엔터티 설명	성능분석관리정보							
별명(Alias)			주관 부서					
항목 명칭	동의어	타입	길이	NULL	PK	FK	INX	비고
성능이슈관리요청ID					1			
어플리케이션ID								
성능이슈관련영역대분류ID								
성능이슈관련영역소분류								
성능이슈원인_분석결과								
성능이슈원인유형_CD								
분석완료일								
분석시작일								
담당자								
담당자부서								
성능개선필요여부								
STATUS_CD								

- 성능관리항목

시스템	ZEMS							
엔터티 명칭	성능관리항목		엔터티 ID					
엔터티 설명	성능관리항목							
별명(Alias)			주관 부서					
항목 명칭	동의어	타입	길이	NULL	PK	FK	INX	비고
항목ID					1			
영역ID					2			
항목명								

- 성능분석관리 상세

시스템	ZEMS							
엔터티 명칭	성능분석관리 상세		엔터티 ID					
엔터티 설명	성능분석관리 상세정보							
별명(Alias)			주관 부서					
항목 명칭	동의어	타입	길이	NULL	PK	FK	INX	비고
성능이슈관리요청ID					1			
성능분석대상ID					2			
분석시작일								
분석완료일								
분석결과								
성능이슈원인유형_CD								
STATUS_CD								
담당자								
담당부서								

- 성능이슈관리

시스템	ZEMS							
엔터티 명칭	성능이슈관리		엔터티 ID					
엔터티 설명	성능이슈정보							
별명(Alias)			주관 부서					
항목 명칭	동의어	타입	길이	NULL	PK	FK	INX	비고
성능이슈관리요청ID					1			
비즈니스ID								
에너지부하ID								
성능이슈관련영역대분류								
이슈제목								
요청자								
요청내용								
요청일자								
요청부서								
처리완료일								
이슈제기유형_CD								
성능이슈원인유형_CD								
검토결과								
STATUS_CD								
종결사유								
담당자								
담당부서								
모니터링작업ID								

- 에너지 설비 용량 계획

시스템	ZEMS							
엔터티 명칭	용량계획		엔터티 ID					
엔터티 설명	용량계획정보							
별명(Alias)			주관 부서					
항목 명칭	동의어	타입	길이	NULL	PK	FK	INX	비고
년도					1			
소분류에너지부하ID					2			
설비 ID					3			
용량계획성과요약								

- 에너지 용량계획상세

시스템	ZEMS							
엔터티 명칭	용량계획상세		엔터티 ID					
엔터티 설명	용량계획상세정보							
별명(Alias)			주관 부서					
항목 명칭	동의어	타입	길이	NULL	PK	FK	INX	비고
년도					1			
소분류에너지부하ID					2			
설비ID					3			
용량항목_CODE								
예측용량								
개수								
용량예측설명								

- 정기보고서관리

시스템	ZEMS							
엔터티 명칭	정기보고서관리		엔터티 ID					
엔터티 설명	정기보고서관리를위한엔터티							
별명(Alias)			주관 부서					
항목 명칭	동의어	타입	길이	NULL	PK	FK	INX	비고
보고서ID					1			
고객사								
년월								
보고서명								
보고서TYPE								
등록자								
등록일								
수정일								
승인여부								
승인자								

- 정기보고서상세

시스템	ZEMS							
엔터티 명칭	정기보고서상세		엔터티 ID					
엔터티 설명	정기보고서에 COmment를 저장하기 위한 엔터티							
별명(Alias)			주관 부서					
항목 명칭	동의어	타입	길이	NULL	PK	FK	INX	비고
보고서상세ID					1			
보고서ID								
보고서Page								
COMMENT								

- JOB스케쥴링결과

시스템	ZEMS							
엔터티 명칭	Job스케쥴링결과		엔터티 ID					
엔터티 설명	BPA의 배치작업결과							
별명(Alias)			주관 부서					
항목 명칭	동의어	타입	길이	NULL	PK	FK	INX	비고
수행일시					1			
스케쥴링Job_ID					2			
성공여부								
소요시간								
재실행횟수								
Job명								

- JOB스케쥴링등록

시스템	ZEMS							
엔터티 명칭	Job스케쥴링등록		엔터티 ID					
엔터티 설명	BPA 의 배치작업등록현							
별명(Alias)			주관 부서					
항목 명칭	동의어	타입	길이	NULL	PK	FK	INX	비고
Job명					1			
대상노드								
Job스케쥴링노드								
실행시스템								
정기작업여부								
관련노드								
수행주기내용								
관련업무내용								
처리상태								
Job_Owner								
Parameter내용								
실행프로그램명								
비고								
선후행관련작업내용								
실행시작시간								
예상소요시간								

• 계량 데이터 백업 작업 등록 정보

시스템	ZEMS							
엔터티 명칭	계량데이터백업등록정보		엔터티 ID					
엔터티 설명	계량데이터 백업작업설정현황정보							
별명(Alias)			주관 부서					
항목 명칭	동의어	타입	길이	NULL	PK	FK	INX	비고
백업Job명					1			
백업노드								
백업대상노드								
백업장비								
등록일시								
백업담당자								
백업시작								
백업주기								
백업대상								
백업타입								
복구위치								
백업유형								
보존기간								
보존유형								

◦ 코드 관리

codeId	code	codeName	codeDesc	orderId	parentId
100	1	비즈니스	business	1	
101	1.1	사업주체	businessEntity	1	100
102	1.1.1	서비스	service	1	101
103	1.1.1.1	기능	function	1	102
200	2	위치	location	1	
201	2.1	사이트	site	1	200
202	2.1.1	빌딩	building	1	201
203	2.1.1.1	구역	sector	1	203
204	2.1.1.2	플랜트	plant	2	202
300	3	에너지	energy	1	
301	3.1	에너지원	energySource	1	300
302	3.1.1	전기	electric	1	301
303	3.1.2	열	heat	2	301
304	3.1.3	가스	gas	3	301
305	3.1.4	전기/열	water	4	301
306	3.2	단위	measureUnit	2	300
307	3.2.1	에너지	energyUnit	1	306
308	3.2.1.1	kW	kW	1	307
309	3.2.1.2	kWh	kWh	2	307
310	3.2.1.3	kJ	kJ	3	307
311	3.2.1.4	TOE	TOE	4	307
312	3.2.2	기상	weather	2	306
313	3.2.2.1	풍속	m/s	1	312
314	3.2.2.2	구름의양	%	2	312
315	3.3	설비	energyPlant	1	300
316	3.3.1	에너지공급설비	energySupplyFacility	1	315
317	3.3.1.1	제어가능설비	controlablePlant	1	316
318	3.3.1.1.1	원자력	nuclearEnergy	1	317
319	3.3.1.1.2	수력	hydroelectric	2	317
320	3.3.1.1.3	석유화력	petroleum	3	317
321	3.3.1.1.4	가스화력	naturalGas	4	317
322	3.3.1.1.5	석탄화력	coal	5	317
323	3.3.1.1.6	연료전지	fuleCell	6	317
324	3.3.1.1.7	목재	wood	7	317
325	3.3.1.1.8	에탄올	ethanol	8	317
326	3.3.1.1.9	바이오디젤	biodiesel	9	317
327	3.3.1.1.10	지열	geothermal	10	317
328	3.3.1.1.11	CHP	CHP	11	317
329	3.3.1.1.12	boiler	boiler	12	317
330	3.3.1.1.13	GHP	GHP	13	317
331	3.3.1.2	제어불가능설비	uncontrablePlant	2	316
332	3.3.1.2.1	태양	solar	1	331
333	3.3.1.2.2	풍력	wind	2	331
334	3.3.1.2.3	조력	tidal	3	331
335	3.3.1.2.4	삼투압	osmosis	4	331
336	3.3.1.3	저장설비	energyStorage	3	316
337	3.3.1.3.1	배터리저장장치	battery	1	336
338	3.3.1.3.2	축열조	heatStorage	2	336
339	3.3.1.4	수요자원	ZERObattPlant	4	316
340	3.3.1.4.1	실시간응동자원		1	339
341	3.3.1.4.2	1시간내응동자원		2	339
342	3.3.1.4.3	4시간내응동자원		3	339
343	3.3.1.4.4	6시간내응동자원		4	339
344	3.3.1.4.5	8시간내응동자원		5	339

codeId	code	codeName	codeDesc	orderId	parentId
345	3.3.1.4.6	12시간내응동자원		6	339
346	3.3.1.4.7	24시간내응동자원		7	339
347	3.3.1.4.8	48시간내응동자원		8	339
348	3.3.1.5	연계선	energyNetwork	5	316
349	3.3.1.5.1	HVAC	고압교류송전	1	348
350	3.3.1.5.2	HVDC	고압직류송전	2	348
351	3.3.1.5.3	FACTS	유연송전	3	348
352	3.3.2	에너지수요설비	energyDemandFacility	2	315
353	3.3.2.1	산업용		1	352
354	3.3.2.1.1	공조설비		1	353
355	3.3.2.1.2	온열공급설비		2	353
356	3.3.2.1.3	냉열공급설비		3	353
357	3.3.2.1.4	동력설비		4	353
358	3.3.2.1.5	조명설비		5	353
359	3.3.2.1.6	부대시설		6	353
360	3.3.2.2	가정용		2	352
361	3.3.2.2.1	냉방설비		1	360
362	3.3.2.2.2	난방설비		2	360
363	3.3.2.2.3	급탕설비		3	360
364	3.3.2.2.4	조명설비		4	360
365	3.3.2.2.5	환기설비		5	360
366	3.3.2.3	서비스용		3	352
367	3.3.2.3.1	공조설비		1	366
368	3.3.2.3.2	냉방설비		2	366
369	3.3.2.3.3	난방설비		3	366
370	3.3.2.3.4	조명설비		4	366
371	3.3.2.4	공공용		4	352
372	3.3.2.4.1	조명설비		1	371
373	3.3.2.4.2	신호설비		2	371
374	3.3.2.4.3	수도설비		3	371
375	3.3.2.4.4	통신설비		4	371
376	3.3.2.4.5	냉방설비		5	371
377	3.3.2.4.6	난방설비		6	371
378	3.3.3	에너지계측설비		3	315
379	3.3.3.1	전기		1	378
380	3.3.3.1.1	배전반		1	379
381	3.3.3.1.2	분전반		2	379
382	3.3.3.1.3	결선		3	379
383	3.4	연료		1	300
384	3.4.1	탄소배출연료		1	383
385	3.4.1.1	휘발유		1	384
386	3.4.1.2	LNG		2	384
387	3.4.1.3	LPG		3	384
388	3.4.1.4	전기		4	384
389	3.4.1.5	기타연료1		5	384
390	3.4.1.6	기타연료2		6	384
391	3.4.1.7	기타연료3		7	384
392	3.4.1.8	기타연료4		8	384
395	3.4.2	무탄소배출연료		2	383
396	3.4.2.1	우드팰릿		1	395
397	3.4.2.2	수소		2	395
398	3.4.2.3	기타연료7		3	395
399	3.4.2.4	기타연료8		4	395

◦ 프로세스 설계

❑ 데이터 연동

● 연동 정책

- 제로 에너지 관리 시스템은 개별 계측기를 원시 정보를 수집하여 처리하는 방식이 아니라 원격 검침 시스템의 데이터베이스에 저장된 에너지 데이터를 건축물 단위로 에너지를 관리하는 시스템이다.

- 연동 대상 시스템은 원격검침시스템, 태양광 관리 시스템, 지열 관리 시스템, 복합 쾌적성 시스템의 데이터 베이스와 기상청 시스템의 API 이다.

표 342 데이터 연동 내용

데이터 종류	연계 대상	연계 방식
에너지 수요 데이터	원격검침시스템	DB to DB
에너지 생산 데이터	태양광 관리 시스템 지열 관리 시스템	DB to DB
쾌적성 데이터	복합 쾌적 시스템(k weather)	DB to DB
기상 데이터	기상청 시스템	API to DB

● 에너지 수요 데이터 연계

- 원격 검침 시스템의 데이터 베이스에서 필요한 데이터를 추출하여 사용한다.

표 343 에너지 수요 데이터 연계 내용

순서	작업	내용
aimir의 원격검침DB에서 에너지 소비 및 생산 원시 데이터를 추출	에너지 수요 데이터 추출 (시간기준의 적산전력량)	aimir의 meteringdata_em(전기) aimir의 meteringdata_hm(열)
15분 kwh양으로 환산	추출된 적산전력량을 15분 단위의 데이터로 변환	적산전력량의 값을 활용하여 15분단위의 사용량을 계산
	추출된 적산전력량을 15분 단위의 데이터로 변환	적산전력량의 값을 활용하여 15분단위의 사용량을 계산
	추출된 적산열량을 15분 단위의 데이터로 변환	적산전력량의 값을 활용하여 15분단위의 사용량을 계산
15분 단위 데이터를 DB에 저장	15분 단위의 에너지량을 계산한 다음 이를 meter와 join하여 각 미터별 15분 값으로 DB에 저장	기준이 되는 값은 15분 단위의 사용량으로 매일(14시간) 96개의 데이터 세트가 만들어짐

- 데이터 추출 로직(대표 사례)은 다음과 같다.

```
<AMVARIABLE NAME="theDirectory">C:₩Orange₩workspace₩%GetTaskName%</AMVARIABLE>
<AMVARIABLE NAME="theSourceTable">meteringdata_gm</AMVARIABLE>
<AMVARIABLE NAME="theSourceTableIndex">2</AMVARIABLE>
<AMVARIABLE NAME="theParameter">121</AMVARIABLE>
<AMVARIABLE NAME="theIndexFile">%theDirectory%₩IndexTimeStamp.txt</AMVARIABLE>
<AMVARIABLE NAME="theIndex"></AMVARIABLE>
<AMVARIABLE NAME="theNewCount">0</AMVARIABLE>
<AMVARIABLE NAME="theLastStamp">0</AMVARIABLE>
<AMVARIABLE NAME="theTmpHistoryFile"></AMVARIABLE>
<AMVARIABLE NAME="theSensor"></AMVARIABLE>
<AMVARIABLE NAME="theSource"></AMVARIABLE>
<AMVARIABLE NAME="theDateYear"></AMVARIABLE>
<AMVARIABLE NAME="theDateMonth"></AMVARIABLE>
<AMVARIABLE NAME="theDateDay"></AMVARIABLE>
<AMVARIABLE NAME="theDateHour"></AMVARIABLE>
<AMVARIABLE NAME="theDateMinute"></AMVARIABLE>
<AMVARIABLE NAME="thePlant"></AMVARIABLE>
<AMVARIABLE NAME="theTOE"></AMVARIABLE>
<AMVARIABLE NAME="theTCO2"></AMVARIABLE>
<AMSET VARIABLENAME="theTmpHistoryFile">%theDirectory%₩tmpHistory.csv</AMSET>
<AMIF FILE="%theIndexFile%">
    <AMFILESYSTEM ACTIVITY="read_file" FILE="%theIndexFile%" RESULTVARIABLE="theIndex" />
<AMELSE />
    <AMSET VARIABLENAME="theIndex">%Format(Now,&amp;quot;yyyyMMdd000000&amp;quot;)%</AMSET>
</AMIF>
< A M S Q L O P E N C O N N E C T I O N
CONNECTIONSTRING="AM2a0nLdIkXqrJSSd10gxeusgZJ9HS1F5iyeknqdLcXkLIVSYh03ReMsIpJynSVF6uyVEnLdIIX4bJaSdB0ix
e1skIJ3XSEF+eya0ncdJQXr7JSScp0khf8smhJ3HSFF6mySUnQdJIXpbIbSfB0iBe6slRJhHSyF66yTkncdN0XibJISdx0lBf8snJJ/XTb
F72yUknUdI8XrrIASf10hxeoslpJmXS1F7OyTknLdIUXubIGSf50tReDsnpJ8HSrF5WyaUm5dOYX3LA=aME" />
<AMSQLQUERY RESULTDATASET="a">select YYYYMMDDHHMMSS,MDEV_ID,VALUE from %theSourceTable% where
YYYYMMDDHHMMSS &amp;gt; %theIndex% order by YYYYMMDDHHMMSS asc</AMSQLQUERY>
<AMSQLCLOSECONNECTION />
<AMLOOP TYPE="DATASET" DATASET="a">
    <AMINCREMENTVARIABLE RESULTVARIABLE="theNewCount" />
    <AMSET VARIABLENAME="theSensor">%a.MDEV_ID%</AMSET>
    <AMSET VARIABLENAME="theDateYear">%Left(a.YYYYMMDDHHMMSS, 4)%</AMSET>
    <AMSET VARIABLENAME="theDateMonth">%Mid(a.YYYYMMDDHHMMSS,5,2)%</AMSET>
    <AMSET VARIABLENAME="theDateDay">%Mid(a.YYYYMMDDHHMMSS,7,2)%</AMSET>
    <AMSET VARIABLENAME="theDateHour">%Mid(a.YYYYMMDDHHMMSS,9,2)%</AMSET>
    <AMSET VARIABLENAME="theDateMinute">%Mid(a.YYYYMMDDHHMMSS,11,2)%</AMSET>
    <AMSET VARIABLENAME="theTOE">%Round(a.VALUE*10550/10000000,5)%</AMSET>
    <AMSET VARIABLENAME="theTCO2">%Round(a.VALUE*955/10000000*0.637*44/12,5)%</AMSET>
    <AMFILESYSTEM                                                                    ACTIVITY="write_file"
FILE="%theTmpHistoryFile%">%theSensor%,%theParameter%,%theSourceTableIndex%,%theDateYear%,%theDateMonth%,%t
heDateDay%,%theDateHour%,%theDateMinute%,%a.VALUE%,%theTOE%,%theTCO2%</AMFILESYSTEM>
    <AMSET VARIABLENAME="theLastStamp">%a.YYYYMMDDHHMMSS%</AMSET>
</AMLOOP>
<AMFILESYSTEM ACTIVITY="write_file" FILE="%theIndexFile%" APPEND="no">%theLastStamp%</AMFILESYSTEM>
</AMLOOP>
```

• 에너지 생산 데이터 연계

- 원격 검침 시스템의 데이터 베이스에서 필요한 데이터를 추출하여 사용한다.

표 344 에너지 생산 데이터 연계 내용

순서	작업	내용
aimir의 원격검침DB에서 에너지 소비 및 생산 원시 데이터를 추출	에너지 생산 데이터 추출 (시간기준의 적산전력량)	aimir의 meteringdata_spm(태양광) airmir의 meteringdata_geo(지열)
15분 kwh양으로 환산	추출된 적산전력량을 15분 단위의 데이터로 변환	적산전력량의 값을 활용하여 15분단위의 사용량을 계산
	추출된 적산전력량을 15분 단위의 데이터로 변환	적산전력량의 값을 활용하여 15분단위의 사용량을 계산
	추출된 적산열량을 15분 단위의 데이터로 변환	적산전력량의 값을 활용하여 15분단위의 사용량을 계산
15분단위 데이터를 DB에 저장	15분 단위의 에너지량을 계산한 다음 이를 meter와 join하여 각 미터별 15분 값으로 DB에 저장	기준이 되는 값은 15분 단위의 사용량으로 매일(14시간) 96개의 데이터 세트가 만들어짐.

• 한전 전력량 데이터 연계

표 345 한전 전력량 데이터 연계 내용

순서	작업	내용
데이터 추출	한전 데이터 추출 (시간기준의 적산전력량)	Aimir의 meteringdata_em에서 한전 양방향 전력량계의 데이터를 추출
15분 kwh양으로 환산	추출된 적산전력량을 15분 단위의 데이터로 변환	적산전력량의 값을 활용하여 15분단위의 사용량을 계산
	추출된 적산전력량을 15분 단위의 데이터로 변환	적산전력량의 값을 활용하여 15분단위의 사용량을 계산
	추출된 적산열량을 15분 단위의 데이터로 변환	적산전력량의 값을 활용하여 15분단위의 사용량을 계산
15분단위 데이터를 DB에 저장	15분 단위의 에너지량을 계산한 다음 이를 meter와 join하여 각 미터별 15분 값으로 DB에 저장	기준이 되는 값은 15분 단위의 사용량으로 매일(14시간) 96개의 데이터 세트가 만들어짐

• 오브젝트 및 API

- API는 제로에너지 통합DB에서 데이터를 추출하기 위해 사용하는 웹 서비스 기반의 API이다.
- ZERO_API는 저장된 데이터를 쉽게 사용할 수 있도록 REST(Representational State Transfer) 기반의 서비스를 제공한다.
- ZERO_API 인터페이스는 HTTP 프로토콜을 지원한다.
- HTTP : Simple HTTP based REST API calls.

• 오브젝트

- ZERO_API를 구성하는 오브젝트는 계측기에서 그리드까지를 포함한다.

표 346 데이터 오브젝트 내용

단계	오브젝트명	내용
1(최상위)	zeroMicroGrid	제로에너지 관리 경계로서 본 시스템이 관리하는 전체 영역임
2	energyDomain	에너지 도메인으로 각 미터기의 조합으로 구성됨
3	energyLine	각 미터기가 설치된 에너지 지선으로 energyLine하나마다 energyMeter가 하나씩 연결됨
4	energyDevice	각 라인에서 전력을 공급받는 설비를 의미함

❑ API 목록

표 347 어플리케이션, 서비스 API 내용

분류	API 기능	오브젝트
어플리케이션 API	계측값 조회	energyDomain : 에너지 도메인/energyLine: 에너지 지선 energyDevice: 에너지 설비
	효율분석	cbl: common base load/energyLine: 에너지 지선 energyDevice: 에너지 설비 unit
	집계	microGrid: 마이크로그리드/energyDomain : 에너지 도메인 energyLine: 에너지 지선/energyDevice: 에너지 설비
	공공DB	kpx: 전력거래소/kepco: 한국전력/weather: 기상청
서비스 운영 API	구성관리	energyDomain : 에너지 도메인/energyLine: 에너지 지선 energyDevice: 에너지 설비
	CBL	kpx: 전력거래소 제공 데이터/energyDomain : 에너지 도메인 energyLine: 에너지 지선/energyDevice: 에너지 설비
	수용가	microgrid account: 단지내 수용가 정보 people: 거주자정보
	KPI	contract: 계약/agreement: 협약 항목 zKpi: NetZero관리관련 평가지표(netZero performance index) compliance: 준수목표 데이터/performance: 성과기반지표 데이터 profit: 수익금
	리포팅	contract: 계약/agreement: 협약 항목 zKpi: NetZero관리관련 평가지표(netZero performance index) compliance: 준수목표 데이터/performance: 성과기반지표 데이터

❑ 오브젝트: grid(zero micro grid)

표 348 Get configuration

오브젝트	zeroMicroGrid
Method	getConf
Method설명	오브젝트의 구성 정보를 가져옴
문법	/api/v2/ZeroMicroGrid/get?ZeroMicroGrid=myZeroMicroGridName&prop=property-name /api/v2/ZeroMicroGrid/get?ZeroMicroGrid=myZeroMicroGridName&all
아규먼트	ZeroMicroGrid : 제로에너지관리시스템의 관리 경계
트랜잭션 형태	동기방식(synchronous)
Request 형식	GET
API 사용예	ZeroMicroGrid의 구성 정보를 파악 G E T http://192.168.123.200/api/v2/ZeroMicroGrid/get?ZeroMicroGrid=myZeroMicroGrid

표 349 info

오브젝트	ZEROMICROGRID
Method	info
Method설명	ZEROMICROGRID에 대한 속성값을 조회
문법	/api/v2/ZeroMicroGrid/info?ZeroMicroGrid=myZeroMicroGrid
아규먼트	ZeroMicroGrid
트랜잭션 형태	synchronous
Request 형식	GET
API 사용예	GET http://192.168.123.200/api/v2/ZeroMicroGrid/info?ZeroMicroGrid=myZeroMicroGrid

표 350 list

오브젝트	ZEROMICROGRID
Method	list
Method설명	해당 운영자가 관리하는 micro grid의 목록을 보여줌
문법	/api/v2/ZeroMicroGrid/list
아규먼트	없음
트랜잭션 형태	synchronous
Request 형식	GET
API 사용예	GET http://192.168.123.200/api/v2/ZeroMicroGrid/list

표 351 set

오브젝트	ZEROMICROGRID
Method	set
Method설명	micro grid의 속성값을 변경
문법	/api/v2/ZeroMicroGrid/set?ZeroMicroGrid=myZeroMicroGridName&name=value
아규먼트	없음
트랜잭션 형태	synchronous
Request 형식	GET
API 사용예	GET http://192.168.123.200/api/v2/ZeroMicroGrid/set?ZeroMicroGrid=myZeroMicroGrid&ZeroMicroGrid_name=mynegawattPowerGridNameNew

표 352 Get value

오브젝트	ZEROMICROGRID
Method	get_value
Method설명	ZEROMICROGRID에서 수집되는 현재 시간 기준의 각 parameter값을 보여줌
문법	/api/v2/ZeroMicroGrid/get_value?ZeroMicroGrid=ZeroMicroGrid1&Parameter=frequency&time=now
아규먼트	ZeroMicroGrid: Micro grid의 이름 parameter: 설정값을 조회하고자 하는 파라미터로서 ZeroMicroGrid의 이름, 관리자 정보등이 저장되어 있음 time: 조회 시간 구간을 나타내며 now일 경우는 가장 최신의 값을 보여주며, time에 YYYYMMDDHH인 경우에는 해당 시각에 해당되는 파라미터 value값이 나타남
트랜잭션 형태	비동기식
Request 형식	GET
API 사용예	http://192.168.123.200/api/v2/ZeroMicroGrid/get_value?ZeroMicroGrid=ZeroMicroGrid1&Parameter=frequency&time=now

❑ 오브젝트: ENERGYDOMAIN(에너지 도메인)

표 353 Get configuration

오브젝트	ENERGYDOMAIN
Method	getConf
Method설명	오브젝트의 구성 정보를 가져옴
문법	/api/v2/energyDomain/get?energyDomain=zeroStation-name&prop=property-name /api/v2/energyDomain/get?energyDomain=zeroStation-name&all
아규먼트	energyDomain : 가상 발전 발전소의 이름
트랜잭션 형태	동기방식(synchronous)
Request 형식	GET
API 사용예	energyDomain의 구성 정보를 파악 http://192.168.123.200/api/v2/energyDomain/get?energyDomain=myZeroMicroGrid&all

표 354 info

오브젝트	ENERGYDOMAIN
Method	info
Method설명	ENERGYDOMAIN(에너지 도메인)에 대한 속성값을 조회
문법	/api/v2/energyDomain/info?energyDomain=myzerostation
아규먼트	energyDomain
트랜잭션 형태	synchronous
Request 형식	GET
API 사용예	GET http://192.168.123.200/api/v2/energyDomain/info?energyDomain=myzerostation

표 355 list

오브젝트	ENERGYDOMAIN
Method	list
Method설명	grid내에 속한 에너지 도메인의 목록을 보여줌
문법	/api/v2/energyDomain/list
아규먼트	없음
트랜잭션 형태	synchronous
Request 형식	GET
API 사용예	GET http://192.168.123.200/api/v2/energyDomain/list

표 356 set

오브젝트	ENERGYDOMAIN
Method	set
Method설명	grid내에 속한 에너지 도메인의 속성값을 변경
문법	/api/v2/energyDomain/set?energyDomain=myzerostation&property-name=value
아규먼트	없음
트랜잭션 형태	synchronous
Request 형식	GET
API 사용예	GEThttp://192.168.123.200/api/v2/energyDomain/set?energyDomain=myzerostation&energyDomain_name=myzerostationNew

표 357 Set value

오브젝트	ENERGYDOMAIN
Method	set_value
Method설명	ENERGYDOMAIN의 운전 설정값에 값을 기입
문법	/api/v2/energyDomain/set_value?energyDomain=energyDomain1&energyDomain=myzerostation &parameter=CBLmax&value=20
아규먼트	energyDomain: 에너지 지선의 이름 energyDomain: 해당 pau가 속한 에너지 도메인의 이름 parameter: 설정값을 수정하고자 하는 파라미터로서 ENERGYDOMAIN의 경우 CBLmax,CBLmin,CBLavg,alertRange등이 있음. value: parameter에 설정될 value값을 기입
트랜잭션 형태	비동기식
Request 형식	GET
API 사용예	http://192.168.123.200/api/v2/energyDomain/set_value?energyDomain=energyDomain1&energyDomain= myzerostation &parameter=alertRange&value=10

표 358 Get value

오브젝트	ENERGYDOMAIN
Method	get_value
Method설명	ENERGYDOMAIN에서 수집되는 현재 시간 기준의 각 parameter값을 보여줌
문법	/api/v2/energyDomain/get_value?energyDomain=energyDomain1&energyDomain=myzerostation &parameter=frequency&time=now
아규먼트	energyDomain: 에너지 지선의 이름 energyDomain: 해당 energyLine이 속한 에너지 도메인의 이름 parameter: HHsumValue, MMsumValue, DDsumValue등이 있음 HHsumValue는 해당 ENERGYDOMAIN의 1시간단위 합계값 MMsumValue는 해당 ENERGYDOMAIN의 1분단위 합계값 DDsumValue는 해당 ENERGYDOMAIN의 1일단위 합계값을 나타냄 value: parameter의 value값 time: 조회 시간 구간을 나타내며 now일 경우는 가장 최신의 값을 보여주며, time에 YYYYMMDDHH인 경우에는 해당 시각에 해당되는 파라미터 value값이 나타남
트랜잭션 형태	비동기식
Request 형식	GET
API 사용예	http://192.168.123.200/api/v2/energyDomain/get_value?energyDomain=energyDomain1&energyDomain= myzerostation &parameter=HHsumValue&time=2014062920

❑ 오브젝트: ENERGYLINE(에너지 지선)

표 359 G9et configuration

오브젝트	ENERGYLINE
Method	getConf
Method설명	오브젝트의 구성 정보를 가져옴
문법	/api/v2/energyDomain/get?energyLine=zeroStationName&prop=property-name /api/v2/energyDomain/get?energyLine=zeroStationName&all
아규먼트	energyLine : 에너지 지선의 이름
트랜잭션 형태	동기방식(synchronous)
Request 형식	GET
API 사용예	energyLine의 구성 정보를 파악 GET http://192.168.123.200/api/v2/energyDomain/get?energyLine=myzerodevice&all

표 360 info

오브젝트	ENERGYLINE
Method	info
Method설명	ENERGYLINE에 대한 속성값을 조회
문법	/api/v2/energyLine/info?energyLine=myzerodevice
아규먼트	energyLine
트랜잭션 형태	synchronous
Request 형식	GET
API 사용예	GET http://192.168.123.200/api/v2/energyLine/info?energyLine=myzerodevice

표 361 list

오브젝트	ENERGYLINE
Method	list
Method설명	에너지 도메인내에 속한 에너지 지선의 목록을 보여줌
문법	/api/v2/energyDomain/list
아규먼트	없음
트랜잭션 형태	synchronous
Request 형식	GET
API 사용예	GET http://192.168.123.200/api/v2/energyDomain/list

표 362 set

오브젝트	ENERGYLINE
Method	set
Method설명	에너지 도메인내에 속한 에너지 지선의 속성값을 변경
문법	/api/v2/energyDomain/set?energyDomain=myzerostation&property-name=value
아규먼트	없음
트랜잭션 형태	synchronous
Request 형식	GET
API 사용예	G E T http://192.168.123.200/api/v2/energyDomain/set?energyDomain=myzerostation&energyDomain_name=myzerostationNew

표 363 Get value

오브젝트	ENERGYLINE
Method	get_value
Method설명	ENERGYLINE에서 수집되는 현재 시간 기준의 각 parameter값을 보여줌
문법	/api/v2/energyLine/get_value?energyLine=energyLine1&energyDomain=myzerostation &parameter=frequency&time=now
아규먼트	energyLine: 에너지 지선의 이름 energyDomain: 해당 pau가 속한 에너지 도메인의 이름 parameter: 설정값을 수정하고자 하는 파라미터로서 인버터형 pau의 경우 주파수(frequency)등이 있음 value: parameter의 value값 time: 조회 시간 구간을 나타내며 now일 경우는 가장 최신의 값을 보여주며, time에 YYYYMMDDHH인 경우에는 해당 시각에 해당되는 파라미터 value값이 나타남.
트랜잭션 형태	비동기식
Request 형식	GET
API 사용예	http://192.168.123.200/api/v2/energyLine/get_value?energyLine=energyLine1&energyDomain= myzerostation &parameter=frequency&time=now

❑ 오브젝트: ENERGYDEVICE(Energy Device)

표 364 Get configuration

오브젝트	ENERGYDEVICE
Method	getConf
Method설명	오브젝트의 구성 정보를 가져옴
문법	/api/v2/energyDevice/get?energyDevice=energyDeviceName&prop=property-name /api/v2/energyDevice/get?energyDevice=energyDeviceName&all
아규먼트	energyDevice : 전력 미터기 이름
트랜잭션 형태	동기방식(synchronous)
Request 형식	GET
API 사용예	energyDevice의 구성 정보를 파악 GET http://192.168.123.200/api/v2/energyDevice/get?energyDevice=myENERGYDEVICE&all

표 365 info

오브젝트	ENERGYDEVICE
Method	info
Method설명	ENERGYDEVICE에 대한 속성값을 조회
문법	/api/v2/energyDevice/info?energyDevice=myENERGYDEVICE
아규먼트	energyDevice
트랜잭션 형태	synchronous
Request 형식	GET
API 사용예	GET http://192.168.123.200/api/v2/energyDevice/info?energyDevice=myENERGYDEVICE

표 366 list

오브젝트	ENERGYDEVICE
Method	list
Method설명	에너지 지선내에 속한 energy Device의 목록을 보여줌
문법	/api/v2/energyDevice/list&energyLine=myEnergyLine
아규먼트	없음
트랜잭션 형태	synchronous
Request 형식	GET
API 사용예	GET http://192.168.123.200/api/v2/energyDevice/list&energyLine=myEnergyLine

표 367 set

오브젝트	ENERGYDEVICE
Method	set
Method설명	에너지 도메인내에 속한 energy Device의 속성값을 변경
문법	/api/v2/energyDevice/set?energyDevice=myEnergyDevice&property-name=value
아규먼트	없음
트랜잭션 형태	synchronous
Request 형식	GET
API 사용예	GEThttp://192.168.123.200/api/v2/energyDevice/set?energyDevice=myEnergyDevice&energyDevice_name=mynegawattEnergyDeviceNew

표 368 Get value

오브젝트	ENERGYDEVICE
Method	get_value
Method설명	ENERGYDEVICE에서 수집되는 현재 시간 기준의 각 parameter값을 보여줌
문법	/api/v2/energyDevice/get_value?energyDevice=energyDevice1&&energyLine=myEnergyLine &Parameter=frequency&time=now
아규먼트	energyDevice: 에너지 지선의 이름 energyLine: 해당 energyDevice가 속한 에너지 지선의 이름 parameter: 모니터링 파라미터의 값으로 전력(kW)측정 등이 있음 time: 조회 시간 구간을 나타내며 now일 경우는 가장 최신의 값을 보여주며, time에YYYYMMDDHH인 경우에는 해당 시각에 해당되는 파라미터 value값이 나타남
트랜잭션 형태	비동기식
Request 형식	GET
API 사용예	http://192.168.123.200/api/v2/energyDevice/get_value?energyDevice=energyDevice1&&energyLine=myEnergyLine &parameter=powerKWh&time=now

◦ 모니터링시스템

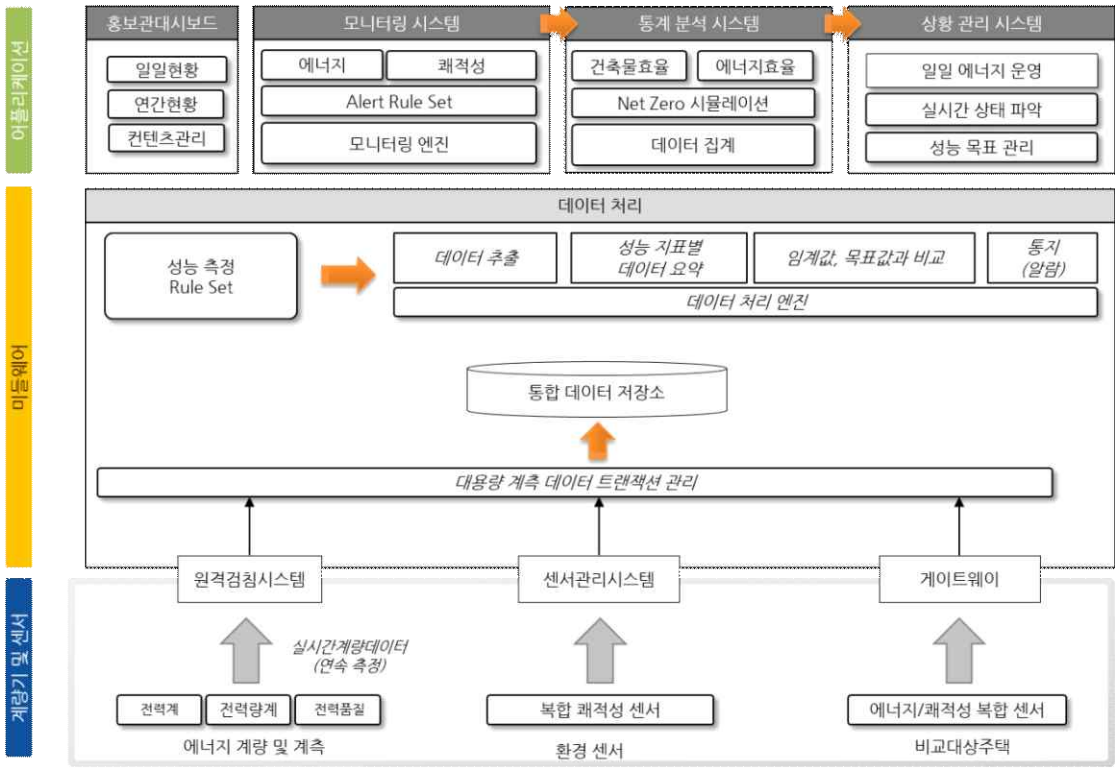


그림 440 제로에너지 모니터링 시스템 구조

❑ 데이터 연계 표준 정의

- 본 사업에서는 oBIX표준을 통해 데이터 표준화를 수행하였다.
- oBIX(Open Building Information Exchange)는 표준웹서비스 기반의 빌딩제어 시스템을 위한 인터페이스로서 표준제정기구 OASIS 에서 관리되고 있다.
- 기존 빌딩에 설치된 조명, 전력, 시큐리티 제어 등의 설비들이 사용하는 통신 규격이 BACnet, Modbus, DLMS, KNX, LomWorks, DALI 등의 산업 규격 혹은 공급사 전용의 바이너리 프로토콜을 사용하는 경우가 많기에 본 사업에서는 국제 표준인 oBIX 통신 규격을 활용하였다.
- oBIX는 설비들의 상태 및 제어명령을 간단한 XML로 모델링하고 통신 프로토콜로서 HTTP 기반의 REST나 SOAP을 사용하기 때문에 많은 개발/검증/보안 도구가 제공되며, 다양한 서비스를 개발할 수 있는 기반이 된다.
- oBIX는 Foundation 규정을 통해 심플하고 확장 가능한 데이터 모델을 개발하고자 하였다.
- 미터링 데이터는 oBIX 형태의 표준 데이터 형식을 가지며, 적용의 편의성을 위해 history 데이터의표준만을 적용한다.

표 369 history data의 obix 표준 포맷

항목	zero:history 를 기재하여 계량 데이터임을 표시함
zeroProperty	해당 데이터를 발생시키는 source(origin)에 대한 정보를 가짐 nodeID는 미터기의 ID이며, nodeID는 모니터링 시스템이 관리함 node ID 위치 정보 등을 기입함
zeroData	각 측정 항목별 값에 대한 정보를 표시한며, zeroData는 다음과 같은 구조로 되어있음 feed, parameter 정보 feed는 일반적으로 미터의 channel과 같은 개념으로 실제 측정하는 센서 혹은 계측기를 나타낸다. Parameter는 feed를 통해 전달되는 데이터로서, 순시전력, 적산전력, 온도, 습도등의 측정값을 의미한다.

❑ 미들웨어

- 제로에너지 모니터링 시스템 미들웨어는 데이터 통합 및 성능 지표에 따른 데이터 추출 및 처리(추출, 변환, 적재) 기능을 수행하는 시스템 어플리케이션이다. 개발된 미들웨어는 다음과 같은 기능을 수행한다.

표 370 미들웨어 내용

구 분	성 과
기기(device) 관리	단지내에 설치된 계량기 및 센서의 상태 정보 및 자산 관리 정보를 관리
데이터 연계	원격검침시스템 DB와 데이터 연계 태양광모니터링 시스템 DB와 데이터 연계 쾌적성 센서 DB와 데이터 연계 기상청 기상정보 연계
데이터 집계 Rule 관리 및 실행	성능 지표의 자동 측정을 위한 데이터 추출 rule 관리 SQL문이 포함된 실행 파일의 관리 batch job 수행 관리
사용자 관리	시스템을 사용하는 사용자에 대한 인증 관리
시스템 상태 관리	모니터링 시스템 자체에 대한 가용성 관리 (데이터 정합성, 네트워크 연결성, 서버 및 DBMS오류등)

❑ 통합 DB 구현

- 원격검침DB, 쾌적성DB, 태양광DB의 데이터를 통합하여 15분 단위의 표준 데이터 셋을 구현한다.

표 371 통합 DB 내용

데이터 source	연계 방식	통합 DB
원격검침DB	DB to DB	전기 및 열 사용량/전기 및 열 공급량 누적 적산전력량 15분 전력량(에너지량) / 1시간단위 전력량
쾌적성 DB	k weather 의 web service API to DB	실내환경(온도, 습도, 이산화탄소) 실내공기질(복합화합물 농도) 기상환경(기온, 습도) 15분 평균값/ 1시간 평균값 / 측정시각의 값
태양광DB	DB to DB	태양광인버터 전압, 전류, 전력, 적산전력량 일사량, 셀 온도 15분 평균값/ 1시간 평균값 / 측정시각의 값

❑ 어플리케이션

표 372 어플리케이션 내용

시스템	연계 방식	구현 형태
세대 모니터링 시스템	세대 입주자가 사용하는 어플리케이션 세대내 에너지 사용량 세대내 에너지 부하 분석 세대단위 제로에너지 성과지표 제로에너지주택 운영매뉴얼 보고서	월패드용 웹 화면 아이패드용 웹
단지 운영자용 모니터링/분석 시스템	단지 에너지운영자가 사용하는 어플리케이션 단지단위 실시간 상황 관리 단지단위 제로에너지 성과지표 단지단위 에너지 부하 모니터링 단지단위 신재생발전 모니터링 단지단위 쾌적성 모니터링 환경설정	데스크탑용 웹 화면
홍보관용 대시보드	홍보관 에너지/쾌적성 홍보 화면 에너지 수급 관리 쾌적성 실시간 상태 관리	대형모니터용 웹화면 대형모니터용 디자인화면
복지 IT 아이템 도출	복지 IT 구현을 위한 아이템 도출 홈 네트워크 복지 기능 도출 전자 도서관 등 실질적인 아이템 도출	아이템 도출 및 적용성 검증

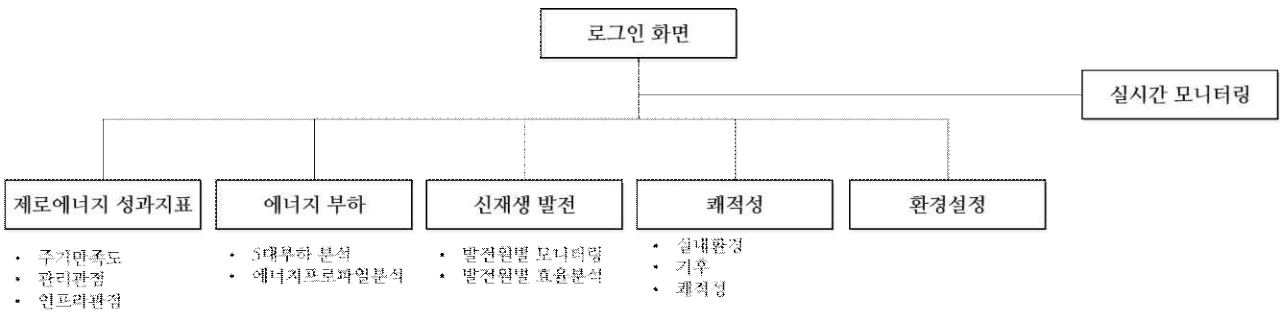


그림 441 단지 운영자용 모니터링/분석 시스템 메뉴 구성

(2) G-2 제로에너지주택 단지 4대 IT 모니터링 시스템 구축

연구개요

■ 연구기관 : ㈜누리텔레콤

■ 연구기간 : 2016.03.13.~2018.04.14.(4차년~5차년)

연구내용

○ 제로에너지 모니터링 시스템

❑ 제로에너지

- 제로 에너지라 함은 연간 에너지 소비량이 신재생 에너지 공급원(태양광, 바이오매스등)에 의해 100% 충족되는 에너지 수급 구조를 의미한다.

- Net Zero는 에너지 경계에서 외부와의 에너지 입력량과 출력량이 1년 기준으로 동일한 상태를 의미한다.

- 제로에너지 달성을 위해서는 패시브 에너지 효율화 측면에서는 고효율 설비 교체 및 이에 대한 주기적인 성능 평가 활동이 필수적이며, 액티브 에너지 효율화 측면에서는 수요 및 공급의 모니터링, 에너지의 최적 공급, 에너지 설비의 성능(효율) 관리가 필수적으로 요구된다.

- 제로에너지 모니터링 시스템은 에너지 수급 관리 및 Net Zero 에너지를 모니터링하는 시스템이다.

❑ 제로에너지 운영 관리

- 지속적인 제로 에너지 달성 및 Net Zero 달성을 위해서는 건축물의 에너지 효율을 유지하고, 신재생 에너지원을 효율적으로 사용하는 것이 필요하다.

- 제로에너지 운영 관리를 건축물의 에너지 요구량 및 소모량, 그리고 신재생 에너지를 최적관리하는 것을 의미한다.

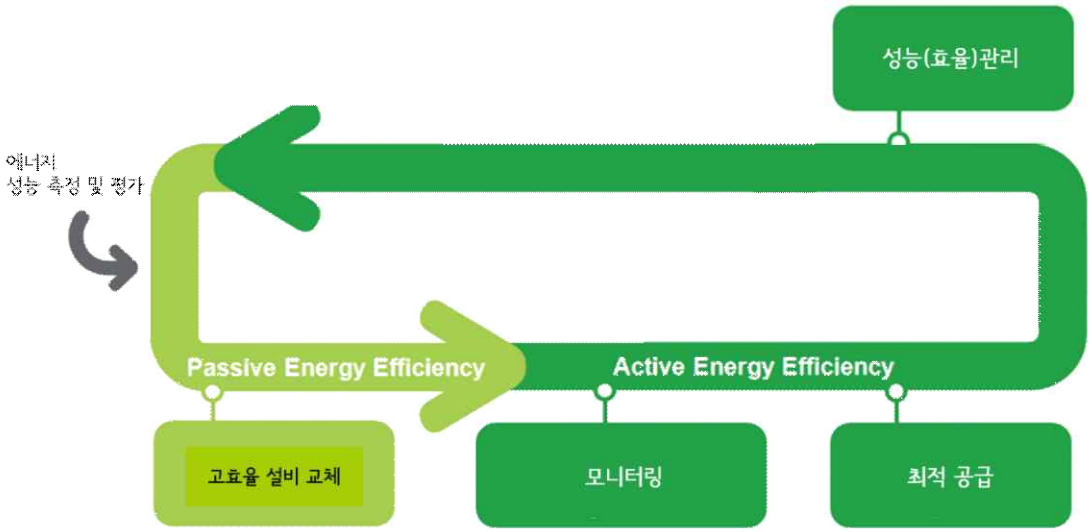
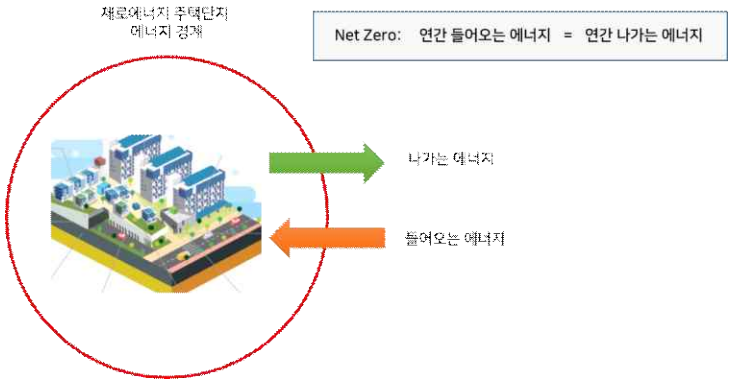


그림 442 제로에너지 운영 및 관리

❑ 넷제로 모니터링

- 넷제로 모니터링은 에너지 경계에서의 연간 들어오는 에너지와 연간 나가는 에너지의 총량이 모니터링하여, 넷제로 달성 여부를 점검한다.

- 우리 제로에너지주택단지는 에너지 경계에서 외부와의 에너지 공급이 전력부분에만 한정되며, 열(지역난방)은 고려하지 않는다.



❑ 4대 IT 모니터링의 주요 기능

- 4대 IT는 에너지, 쾌적성, 홍보, 복지 분야의 IT를 의미하며, 4대 IT 모니터링은 이를 구현하기 위한 모니터링 체계를 의미한다.

표 375 4대 IT 모니터링

4대 IT		설명
에너지 IT	제로에너지 모니터링 시스템	에너지 사용량(5대부하) 및 공급량 모니터링 신재생 발전 모니터링 제로에너지 수지 모니터링 넷제로 모니터링
쾌적성 IT		실내외 환경 모니터링
복지 IT		홈오토메이션 등
홍보 IT		홍보관 제로에너지 대시보드 제로에너지 성능 지표 모니터링 모바일 앱

- 적용 기술: 5대 에너지 분리 계측 및 넷제로 측정 기술

표 376 제로에너지 모니터링 적용기술

기술	설명
데이터 연계	원격검침시스템, 홈오토메이션 시스템, 지열 시스템, 태양광 시스템, 환기 시스템의 데이터를 표준화하고, 이를 연계하여 데이터를 통합하는 기술
대용량 데이터 관리 기술	1분~15분 간격으로 생성되는 계량 데이터를 저장 저장된 데이터를 시간(1시간/1일/1달/1년 단위),공간 단위의 집계 원시 데이터를 비정형 DB에서 관리하고 집계 데이터를 관계형 DB에서 관리하고, 이 두 DB사이의 정합성을 유지하는 기술
5대 에너지 측정 기술	냉방,난방,급탕,조명,환기 에너지를 분리 계측하여 부하별로 에너지 사용량을 집계하는 기술
신재생 에너지 측정 기술	태양광 발전 전력량 및 지열 시스템의 생산 열량을 측정하는 기술
넷제로 측정 기술	원격 검침 시스템의 데이터를 바탕으로 넷제로를 파악하는 기술

○ 시스템 구조 정의

❑ 하드웨어 구성도

- 제로에너지 모니터링 시스템은 제로에너지 운영 관리 시스템, 홍보용 시스템 , 인프라 관리 시스템, 모바일 모니터링 시스템으로 구성된다.
- 데이터 처리 시스템은 데이터 수집 서버, 데이터 변환 서버, 통합 DB서버, 워크플로우 서버로 구성됨.

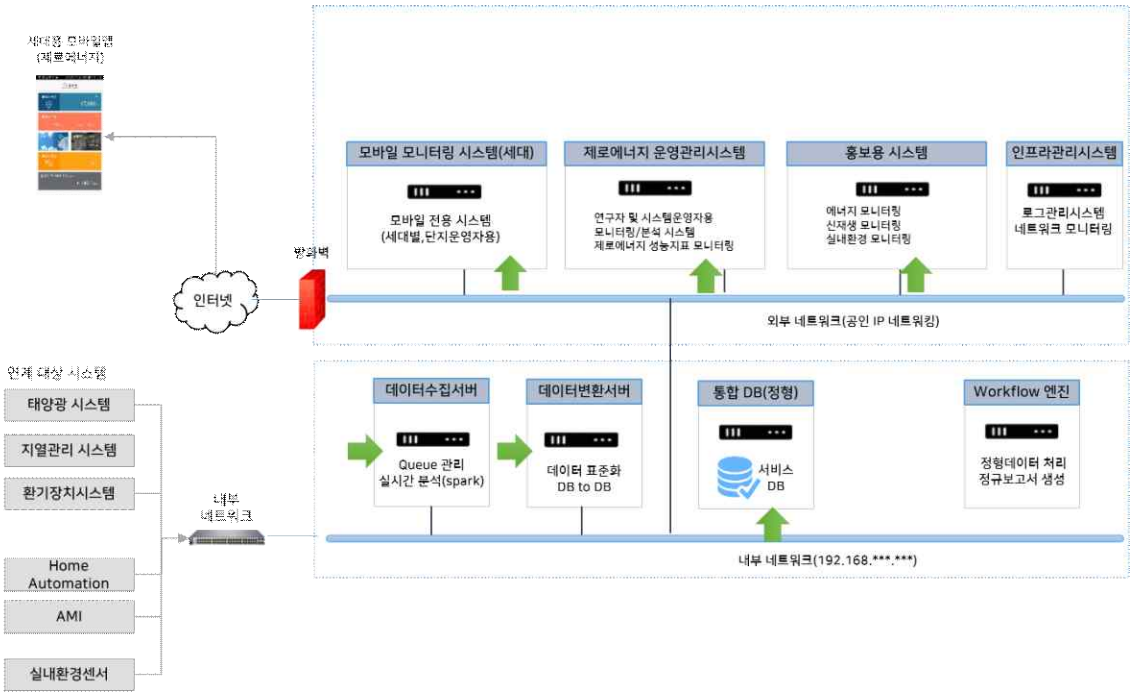


표 377 하드웨어 구성

물리적 서버	운영체계 혹은 Hypervisor	어플리케이션
DELL R730	가상화 기반 (VMware ESXi)	모바일 모니터링 시스템(가상 서버) 제로에너지 운영 관리 시스템(가상 서버) 홍보용 시스템(가상 서버) 인프라 관리 서버(가상 서버)
DELL R730	cent OS	rabbit mq 기반 데이터 수집 서버
DELL R730	cent OS	통합 DB 서버(postgresql)
DELL R730	가상화 기반 (VMware ESXi)	workflow 서버 데이터 변환 서버 API 서버

❑ 기능 구조

- 제로에너지 모니터링 시스템은 개별 시스템과 통합 DB 그리고 어플리케이션 영역으로 구분된다.

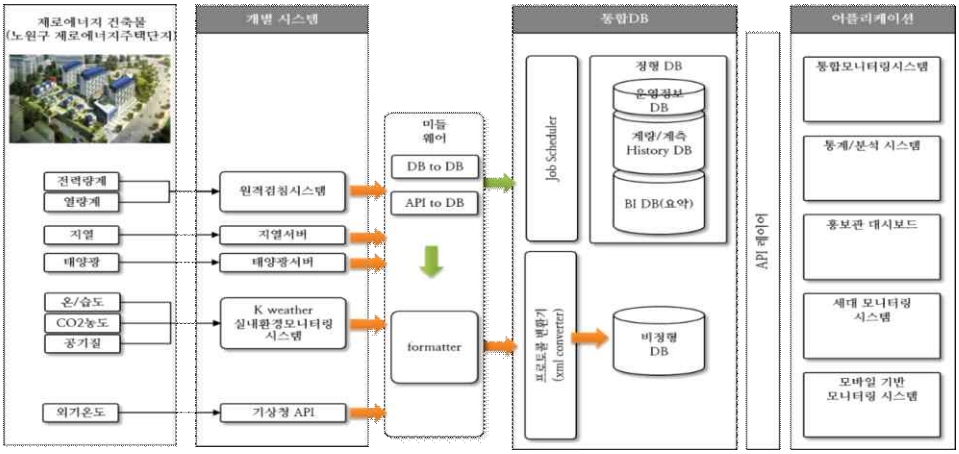


그림 445 제로에너지 모니터링 시스템 구조도

표 378 제로에너지 모니터링 시스템 내용

영역	설명
계량/계측 인프라	제로에너지 건축물에 설치된 에너지 계량 및 실내 환경 계측 인프라로, 적산 전력량계, 적산 열량계, 지열 및 태양광 시스템내 자체 계량기, 실내 환경 센서(온도,습도), 그리고 기상청의 외기 온도 정보(http 센서)를 포함한다.
개별 시스템	원격검침시스템, 지열 서버, 태양광 서버, 쾌적성 서비스 제공자의 시스템, 기상청 API 시스템등
미들웨어	개별 시스템에 저장된 데이터를 통합 DB로 이관하는 소프트웨어
통합 DB	운영정보, 이력데이터, 요약데이터를 가진 정형 DB와 비정형 DB로 구성된다.
API 레이어	데이터베이스에 저장된 데이터를 web service의 형태로 조회할 수 있는 기능을 제공
어플리케이션	사용자가 접속하는 웹 , 모바일 기반 어플리케이션으로 통합 모니터링 시스템, 통계분석 시스템, 홍보관 대시보드 시스템, 세대 모니터링 시스템, 모바일 기반 모니터링 시스템을 포함한다.

• 데이터 제공 서비스 모델

- 사용자는 http 프로토콜을 이용하여 웹 서버에 접근한다.
- 통합 모니터링 시스템은 3 tier로 구성되어, 웹 서버, 어플리케이션 서버, DB서버로 기능에 따라 구분된다. 이는 향후 확장성을 확보하기 위한 구조이다.

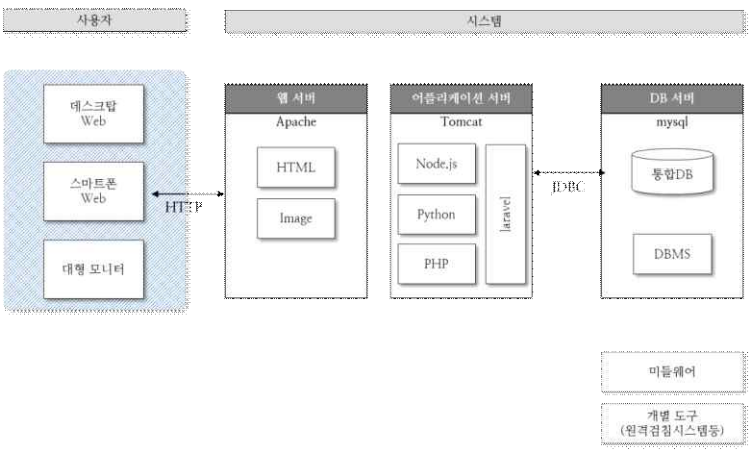


그림 446 통합 모니터링 시스템 데이터 제공 서비스 구조

표 379 모니터링 시스템 기능

구분		기능	주요기능목록
통합 모니터링	관리자	에너지소비 모니터링	5대 에너지원 통계(신재생발전량 대비) 전체 에너지 통계(신재생 발전량 대비) 세대별 사용량 / 전체 사용량 주기별(일/월/년) 사용량
		태양광 모니터링	신재생 발전량과 충전량 / 사용량 각 주기별 사용량에 대해 발전예측 인버터별, 주기별 발전량 통계분석
		위치별 분류별 사용량 통계	주기별 특정 날짜의 사용량,사용량비교, 요금조회 각 위치의 전기/수도 사용량 TOE환산을 위한 석유 환산량 관리
		설비별 Zone별 사용량 통계	계통별 설비, 주기별 사용량 모니터링 주기별 총 사용량과 요금, 최소/최대 사용량 주기별 전년 동주기 사용량 비교 및 총 사용량과 요금, 최소/최대 사용량 정보
		소비랭킹	소비순위별 세대정보 주기/단지별 검색
		고객정보 관리	세대 조회 / 서비스별 세대 조회 변경이력 조회
		사용량 이상고객	주기별 사용량 모니터링 주기별 총 사용량과 요금, 최소/최대 사용량 비교 주기별 전년 동주기 사용량 비교 및 총 사용량과 요금, 최소/최대 사용량 비교알람
		시스템관리	사용자 관리 / 권한관리 / 그룹관리
		설비/zone 관리	설비 트리구조 설비의 계통별 운전현황 그래프 설비목록, 운전상태, 운전 이력
		대쉬보드	제로에너지 성능지표 모니터링 5대 부하별 에너지 사용현황 공용부 에너지 사용현황 세대 에너지 사용현황 제로에너지 달성 현황 태영광 발전기 에너지 공급현황 지열 에너지 공급현황 이벤트
		레포트	에너지별 사용량, 통계 보고서 주기별 사용량, 통계 보고서
		시스템연계	원격검침DB, 홈네트워크DB, 쾌적성DB 통합구성 각 시스템간 인터페이스
	입주자	통계	에너지별 사용통계 (시간/일/주/월/년) 에너지별 요금통계 (시간/일/주/월/년) 에너지별 예상 사용량(주/월/년) 에너지별 예상 요금(주/월/년) 에너지별 요금추이 (일/주/월/년) 에너지 총비용 추이(일/주/월/년) 에너지 사용량 TOE기준 점유율(일/주/월/년) 콘센트별 사용통계(시간/일/주/월/년) 콘센트별 요금통계(시간/일/주/월/년)
		제로에너지주택	세대 5대에너지 사용량 통계 단지 제로에너지 달성률 제로에너지 주택 사용매뉴얼
		절약목표 설정	에너지별 사용량 목표설정 에너지별 목표달성 현황

구분		기능	주요기능목록
		신재생에너지발전	발전량 에너지 절감량 세대당 절감금액
통합 에너지 모니터링	관리자	에너지절약	에너지 절약팁 에너지 과소비 순위
	연구원	제로에너지	제로에너지 성능지표 상세 분석 단지/주동/주호별 분석 5대 에너지원별 분석 주호별 에너지분석 제로에너지 에너지 공급설비a 효율분석 계측 성공률 분석 패시브하우스 인증용 데이터 분석
쾌적성 모니터링	관리자	실내환경 모니터링	세대별 온습도 단지 온습도
		실내환경통계	세대별 온습도 통계(시간/일/주/월/년) 단지 온습도 통계(시간/일/주/월/년)
	입주자	통계	세대별 온습도 통계(시간/일/주/월/년) 외기환경 통계
	연구원	제로에너지	제로에너지 성능지표 상세 분석 쾌적성 분석 패시브하우스 인증용 데이터 분석

○ 화면설계

❑ 화면 목록

표 380 제로에너지 모니터링 시스템 화면 내용

시스템명	화면명	표시 정보
단지 운영자용 시스템	건물 실시간 측정값 모니터링	단지에 설치된 각 계량기 및 센서에서 측정된 값을 공간 정보 기반으로 표시 단지 기준(1) 동 기준(6) 층 및 중요 실 기준(30)
	에너지/실내환경 실시간 모니터링	단지의 실시간 에너지 사용량 요약 단지의 실시간 5대 부하 사용량(부하별) 요약 비교대상 주택群 대비 에너지 차이
	에너지 부하 모니터링	단지의 당일 15분 단위 에너지 사용량 단지의 5대 부하별 에너지 사용량(당일 15분 기준) 동별 당일 15분 단위 에너지 사용량 동별 5대 부하별 에너지 사용량 비교대상 주택群 대비 에너지 부하 차이
	실내환경 모니터링	동별 당일 15분 주기의 쾌적성 지수 평균값 당일 15분 주기의 온도,습도 정보 평균 각 주호의 온도 및 습도 비교대상 주택群 대비 실내 환경 차이
	에너지 수지	당일 에너지 수지(적산 부하량 vs 누적 생산량) 당월 에너지 수지(적산 부하량 vs 누적 생산량) 금년 에너지 수지(적산 부하량 vs 누적 생산량)
	에너지 5대 부하 통계	시간/일/월 에너지 부하 통계 단지 기준, 동 기준, 주호 기준
	Net Zero 통계	단지 에너지 출입량간의 밸런스

시스템명	화면명	표시 정보
	제로에너지 운영 매뉴얼	주택의 제로에너지 달성을 위한 환기,난방 매뉴얼
	에너지 5대 부하 통계	시간/일/월 에너지 부하 통계
	실내환경 통계 분석	주택단지내 실내 환경 데이터의 조회 및 분석 단지 기준, 동 기준, 주호 기준
	로그인	로그인 화면
	사용자 관리 및 설정	사용자 비밀번호 변경, 사용자 등록 및 삭제
세대 에너지 모니터링 시스템	에너지/실내 환경 요약	세대의 실시간 에너지 사용량 요약 세대의 실시간 5대 부하 사용량(부하별) 요약 세대의 실시간 실내 환경 요약
	에너지 부하 모니터링	당일 15분 단위 에너지 사용량 5대 부하별 에너지 사용량(당일 15분 기준)
	실내 환경 모니터링	당일 15분 주기의 온도,습도 정보
	에너지 비용	당일 에너지 비용 금월 에너지 비용
	에너지/쾌적성 공지 사항	관리 사무소 및 연구단의 에너지 공지 사항
	Net Zero 통계	에너지 들어오는 양과 나가는 양의 밸런스
	5대 에너지 비용 통계	5대 에너지 부하의 사용량에 따른 에너지 비용
	쾌적성 통계 분석	세대내 실내 환경 데이터의 조회 및 분석
	로그인	로그인 화면
	사용자 관리 및 설정	사용자 비밀번호 변경, 관리 대상 세대 변경
연구자용 제로에너지 통계 분석 시스템	계량기 단위 통계 분석	계량기 단위
	계측기 단위 통계 분석	계측기 단위
	센서 단위 통계 분석	센서 단위
	에너지 생산/소비 통계 분석	관리 범위에 따른 통계값(최대,최소,평균)
	에너지 부하 통계 분석	관리 범위에 따른 에너지 부하 통계값 (최대,최소,평균) 시간/일/월 에너지 부하 통계 단지 기준, 동 기준, 주호 기준
	에너지 생산 모니터링	관리 범위에 따른 에너지 생산 부하 통계값 태양광 및 지열 설비별
	실내 환경 모니터링	관리 범위에 따른 실내환경/기상 정보 통계
	에너지 생산 효율 분석	태양광 효율 분석 지열 효율 분석
	에너지 수지 통계 분석	일기준 에너지 수지(적산 부하량 vs 누적 생산량) 월기준 에너지 수지(적산 부하량 vs 누적 생산량) 년기준 에너지 수지(적산 부하량 vs 누적 생산량)
	Net Zero 통계	단지 에너지 출입량간의 밸런스
	로그인	로그인 화면
	사용자 관리 및 설정	사용자 비밀번호 변경, 사용자 등록 및 삭제
홍보관용 대시보드	메인	일일 에너지 밸런스 일일 에너지 부하 일일 에너지 생산
	전력 흐름(power flow)	전력 흐름(flow) 설비 상태 관리 설비 측정값 오류 점검
	관리 단위별 에너지 수지 조회 화면	15분단위 에너지 부하(sum) Hierarchy 구조(top down navigation) Sub sum 화면
	화면 관리 기능	
	로그인 기능	
	대시보드 기동 기능	제로에너지 성능 지표

○ 화면개발

❑ 운영자용 제로에너지 모니터링 시스템

그림 447 제로에너지 모니터링 환경 설정





그림 448 에너지 및 실내환경 데이터 모니터링



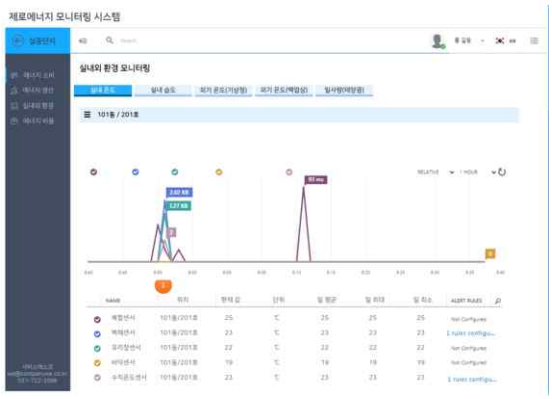
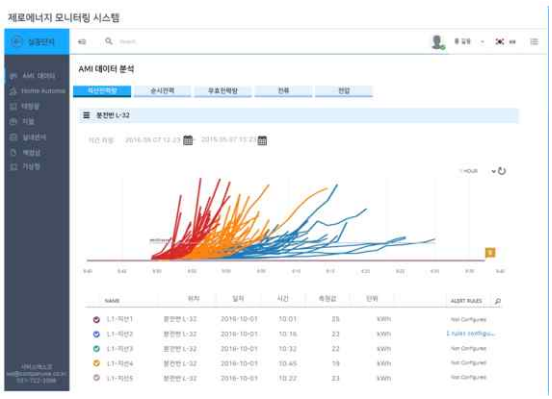
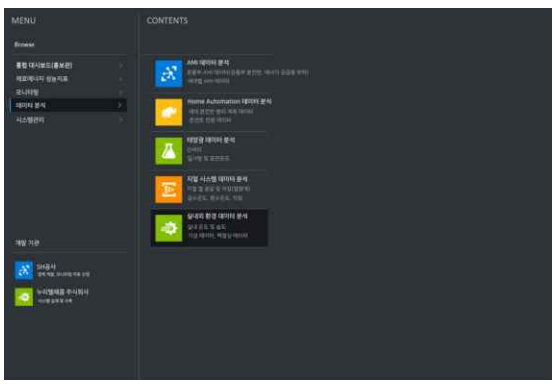


그림 449 각 서브시스템별 데이터 모니터링(AMI,홈오토메이션,태양광,지열)





❑ 연구자용 제로에너지 통계 분석 시스템

그림 452 성능 지표별 데이터 분석

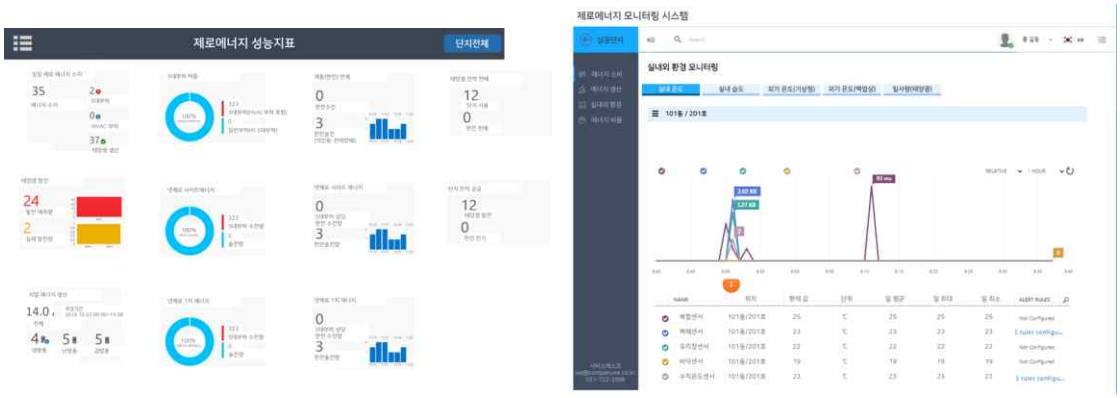


그림 453 에너지 및 실내환경 데이터 분석

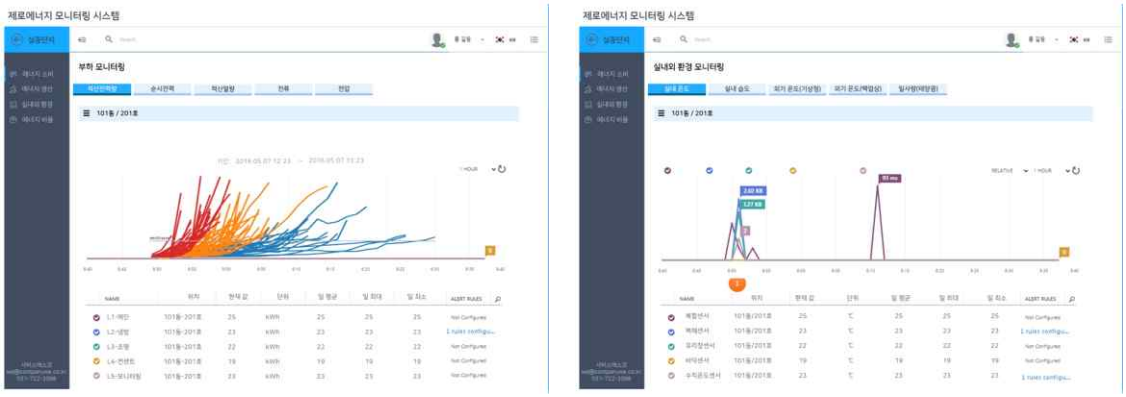
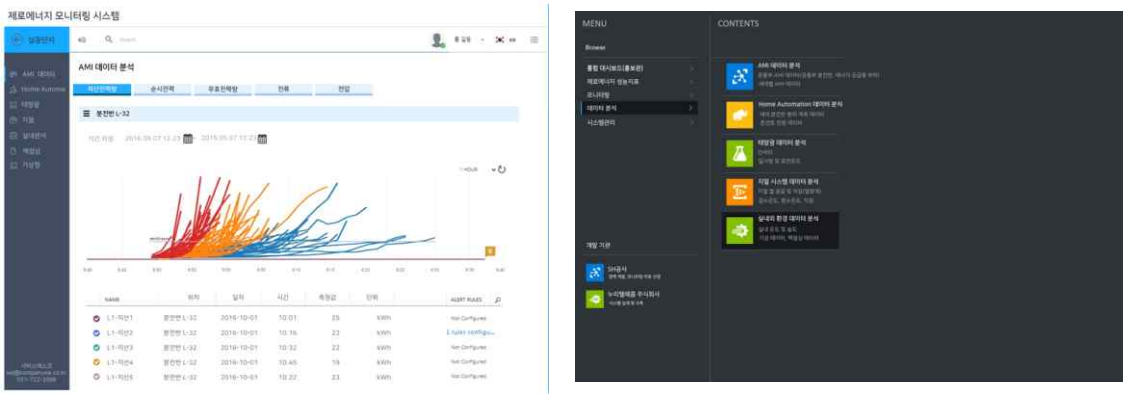


그림 454 각 서브시스템별 데이터 분석(AMI,홈오토메이션,태양광,지열)



❑ 세대별 제로에너지 모니터링 시스템

그림 455 세대용 모바일 앱





○ 데이터 모델

표 381 데이터 엔터티 목록

엔터티 명칭	
기본정보	구성 마스터 에너지부하(대/중/소분류) 객체 구분 단지 에너지 네트워크 노드 운영자 정보 공급사 정보 사용자 정보 구성도 관리
구성관리	구성변경이력 구성유형대분류코드 구성유형소분류코드 관계정보(노드와 에너지 네트워크)
상황 관리	공지사항 실시간 상황이벤트 상황 원인 코드 상황접수 상황처리결과
모니터링 업무	제로에너지성능지표관리 모니터링 등록 정보 모니터링 요청 상세 및 변경 이력 작업요청
성능 관리	성능개선관리 성능개선관리상세 성능관리영역 성능분석관리 상세 성능이슈관리
용량 관리	에너지 설비 용량 계획 에너지 용량계획상세
보고서	정기보고서관리 정기보고서상세
데이터관리	JOB스케쥴링 결과 JOB스케쥴링 등록 계량 데이터 백업 작업 등록 정보

○ 프로세스 설계

❑ 데이터 연동

• 연동 정책

- 제로 에너지 관리 시스템은 개별 계측기를 원시 정보를 수집하여 처리하는 방식이 아니라 원격 검침 시스템의 데이터베이스에 저장된 에너지 데이터를 건축물 단위로 에너지를 관리하는 시스템이다.

- 연동 대상 시스템은 원격검침시스템, 태양광 관리 시스템, 지열 관리 시스템, 복합 쾌적성 시스템의 데이터 베이스와 기상청 시스템의 API 이다.

표 382 데이터 연동 내용

데이터 종류	연계 대상	연계 방식
에너지 수요 데이터	원격검침시스템	DB to DB
에너지 생산 데이터	태양광 관리 시스템 지열 관리 시스템	DB to DB
쾌적성 데이터	복합 쾌적 시스템(k weather)	DB to DB
기상 데이터	기상청 시스템	API to DB

• 에너지 수요 데이터 연계

- 원격 검침 시스템의 데이터 베이스에서 필요한 데이터를 추출하여 사용한다.

표 383 에너지 수요 데이터 연계 내용

순서	작업	내용
aimir의 원격검침DB에서 에너지 소비 및 생산 원시 데이터를 추출	에너지 수요 데이터 추출 (시간기준의 적산전력량)	aimir의 meteringdata_em(전기) aimir의 meteringdata_hm(열)
15분 kwh양으로 환산	추출된 적산전력량을 15분 단위의 데이터로 변환	적산전력량의 값을 활용하여 15분단위의 사용량을 계산
	추출된 적산전력량을 15분 단위의 데이터로 변환	적산전력량의 값을 활용하여 15분단위의 사용량을 계산
	추출된 적산열량을 15분 단위의 데이터로 변환	적산전력량의 값을 활용하여 15분단위의 사용량을 계산
15분 단위 데이터를 DB에 저장	15분 단위의 에너지량을 계산한 다음 이를 meter와 join하여 각 미터별 15분 값으로 DB에 저장	기준이 되는 값은 15분 단위의 사용량으로 매일(14시간) 96개의 데이터 세트가 만들어짐

● 에너지 생산 데이터 연계

- 원격 검침 시스템의 데이터 베이스에서 필요한 데이터를 추출하여 사용한다.

표 384 에너지 생산 데이터 연계 내용

순서	작업	내용
aimir의 원격검침DB에서 에너지 소비 및 생산 원시 데이터를 추출	에너지 생산 데이터 추출 (시간기준의 적산전력량)	aimir의 meteringdata_spm(태양광) airmir의 meteringdata_geo(지열)
15분 kwh양으로 환산	추출된 적산전력량을 15분 단위의 데이터로 변환	적산전력량의 값을 활용하여 15분단위의 사용량을 계산
	추출된 적산전력량을 15분 단위의 데이터로 변환	적산전력량의 값을 활용하여 15분단위의 사용량을 계산
	추출된 적산열량을 15분 단위의 데이터로 변환	적산전력량의 값을 활용하여 15분단위의 사용량을 계산
15분단위 데이터를 DB에 저장	15분 단위의 에너지량을 계산한 다음 이를 meter와 join하여 각 미터별 15분 값으로 DB에 저장	기준이 되는 값은 15분 단위의 사용량으로 매일(14시간) 96개의 데이터 세트가 만들어짐.

● 한전 전력량 데이터 연계

표 385 한전 전력량 데이터 연계 내용

순서	작업	내용
데이터 추출	한전 데이터 추출 (시간기준의 적산전력량)	Aimir의 meteringdata_em에서 한전 양방향 전력량계의 데이터를 추출
15분 kwh양으로 환산	추출된 적산전력량을 15분 단위의 데이터로 변환	적산전력량의 값을 활용하여 15분단위의 사용량을 계산
	추출된 적산전력량을 15분 단위의 데이터로 변환	적산전력량의 값을 활용하여 15분단위의 사용량을 계산
	추출된 적산열량을 15분 단위의 데이터로 변환	적산전력량의 값을 활용하여 15분단위의 사용량을 계산
15분단위 데이터를 DB에 저장	15분 단위의 에너지량을 계산한 다음 이를 meter와 join하여 각 미터별 15분 값으로 DB에 저장	기준이 되는 값은 15분 단위의 사용량으로 매일(14시간) 96개의 데이터 세트가 만들어짐

● 오브젝트 및 API

- API는 제로에너지 통합DB에서 데이터를 추출하기 위해 사용하는 웹 서비스 기반의 API이다.
- ZERO_API는 저장된 데이터를 쉽게 사용할 수 있도록 REST(Representational State Transfer) 기반의 서비스를 제공한다.
- ZERO_API 인터페이스는 HTTP 프로토콜을 지원한다.
- HTTP : Simple HTTP based REST API calls.

• 오브젝트

- ZERO_API를 구성하는 오브젝트는 계측기에서 그리드까지를 포함한다.

표 386 데이터 오브젝트 내용

단계	오브젝트명	내용
1(최상위)	zeroMicroGrid	제로에너지 관리 경계로서 본 시스템이 관리하는 전체 영역임
2	energyDomain	에너지 도메인으로 각 미터기의 조합으로 구성됨
3	energyLine	각 미터기가 설치된 에너지 지선으로 energyLine하나마다 energyMeter가 하나씩 연결됨
4	energyDevice	각 라인에서 전력을 공급받는 설비를 의미함

❑ API 목록

표 387 어플리케이션, 서비스 API 내용

분류	API 기능	오브젝트
어플리케이션 API	계측값 조회	energyDomain : 에너지 도메인/energyLine: 에너지 지선 energyDevice: 에너지 설비
	효율분석	cbl: common base load/energyLine: 에너지 지선 energyDevice: 에너지 설비 unit
	집계	microGrid: 마이크로그리드/energyDomain : 에너지 도메인 energyLine: 에너지 지선/energyDevice: 에너지 설비
	공공DB	kpx: 전력거래소/kepco: 한국전력/weather: 기상청
서비스 운영 API	구성관리	energyDomain : 에너지 도메인/energyLine: 에너지 지선 energyDevice: 에너지 설비
	수용가	microgrid account: 단지내 수용가 정보 people: 거주자정보
	제로에너지 성능지표	contract: 계약/agreement: 협약 항목 zKpi: NetZero관리관련 평가지표(netZero performance index) compliance: 준수목표 데이터/performance: 성과기반지표 데이터 profit: 수익금
	리포팅	contract: 계약/agreement: 협약 항목 zKpi: NetZero관리관련 평가지표(netZero performance index) compliance: 준수목표 데이터/performance: 성과기반지표 데이터

❑ 데이터 연계 표준 정의

- 본 사업에서는 oBIX표준을 통해 데이터 표준화를 수행하였다.

- oBIX(Open Building Information Exchange)는 표준웹서비스 기반의 빌딩제어 시스템을 위한 인터페이스로서 표준제정기구 OASIS 에서 관리되고 있다.

표 388 history data의 obix 표준 포맷

항목	zero:history 를 기재하여 계량 데이터임을 표시함
zeroProperty	해당 데이터를 발생시키는 source(origin)에 대한 정보를 가짐 nodeID는 미터기의 ID이며, nodeID는 모니터링 시스템이 관리함 node ID 위치 정보 등을 기입함
zeroData	각 측정 항목별 값에 대한 정보를 표시한며, zeroData는 다음과 같은 구조로 되어있음 feed, parameter 정보 feed는 일반적으로 미터의 channel과 같은 개념으로 실제 측정하는 센서 혹은 계측기를 나타낸다. Parameter는 feed를 통해 전달되는 데이터로서, 순시전력, 적산전력, 온도, 습도등의 측정값을 의미한다.

❑ 미들웨어

- 제로에너지 모니터링 시스템 미들웨어는 데이터 통합 및 성능 지표에 따른 데이터 추출 및 처리(추출, 변환, 적재) 기능을 수행하는 시스템 어플리케이션이다. 개발된 미들웨어는 다음과 같은 기능을 수행한다.

표 389 미들웨어 내용

구 분	성 과
기기(device) 관리	단지내에 설치된 계량기 및 센서의 상태 정보 및 자산 관리 정보를 관리
데이터 연계	원격검침시스템 DB와 데이터 연계 태양광모니터링 시스템 DB와 데이터 연계 쾌적성 센서 DB와 데이터 연계 기상청 기상정보 연계
데이터 집계 Rule 관리 및 실행	성능 지표의 자동 측정을 위한 데이터 추출 rule 관리 SQL문이 포함된 실행 파일의 관리 batch job 수행 관리
사용자 관리	시스템을 사용하는 사용자에 대한 인증 관리
시스템 상태 관리	모니터링 시스템 자체에 대한 가용성 관리 (데이터 정합성, 네트워크 연결성, 서버 및 DBMS오류등)

❑ 통합 DB 구현

- 에너지 사용량 및 생산량, 실내외 환경 데이터를 통합하여 15분 단위의 표준 데이터 셋을 구현한다.

표 390 통합 DB 내용

데이터 source	연계 방식	통합 DB
원격검침시스템	DB to DB	전기 및 열 사용량/전기 및 열 공급량 누적 적산전력량 15분 전력량(에너지량) 1시간단위 전력량
실내환경센서 (실내 열공급제어기)	세대 열 공급 시스템과의 DB to DB 연계	실내환경(온도, 습도) 기상환경(기온, 습도) 15분 평균값/ 1시간 평균값 측정시각의 값
태양광 시스템 (인버터)	DB to DB	태양광인버터 전압, 전류, 전력 적산전력량 일사량, 셀 온도 15분 평균값/ 1시간 평균값 측정시각의 값
지열 시스템	Adapter 개발	열생산량 지열히트펌프(냉방,난방,급탕)별 전력사용량 출구온도,입구온도 축열조 열 저장량
환기 시스템	Adapter 개발	환기량 환기설비 전력사용량 냉방 유량, 냉방 온도

표 391 어플리케이션 내용

시스템	연계 방식	구현 형태
세대 모니터링 시스템	세대 입주자가 사용하는 어플리케이션 세대내 에너지 사용량 세대내 에너지 부하 분석 세대단위 제로에너지 성과지표 제로에너지주택 운영매뉴얼 보고서	월패드용 웹 화면 아이패드용 웹
운영자용 연구자용 제로에너지 모니터링/분석 시스템	단지 에너지운영자가 사용하는 어플리케이션 단지단위 실시간 상황 관리 단지단위 제로에너지 성과지표 단지단위 에너지 부하 모니터링 단지단위 신재생발전 모니터링 단지단위 쾌적성 모니터링 환경설정	데스크탑용 웹 화면
홍보관용 대시보드	홍보관 에너지/쾌적성 홍보 화면 에너지 수급 관리 쾌적성 실시간 상태 관리	대형모니터용 웹화면 대형모니터용 디자인화면
복지 IT 아이템 도출	복지 IT 구현을 위한 아이템 도출 홈 네트워크 복지 기능 도출 전자 도서관 등 실질적인 아이템 도출	아이템 도출 및 적용성 검증

(3) G-3 제로에너지 주택단지 에너지 사용분석 및 평가

연구개요

■ 연구기관 : ㈜누리텔레콤

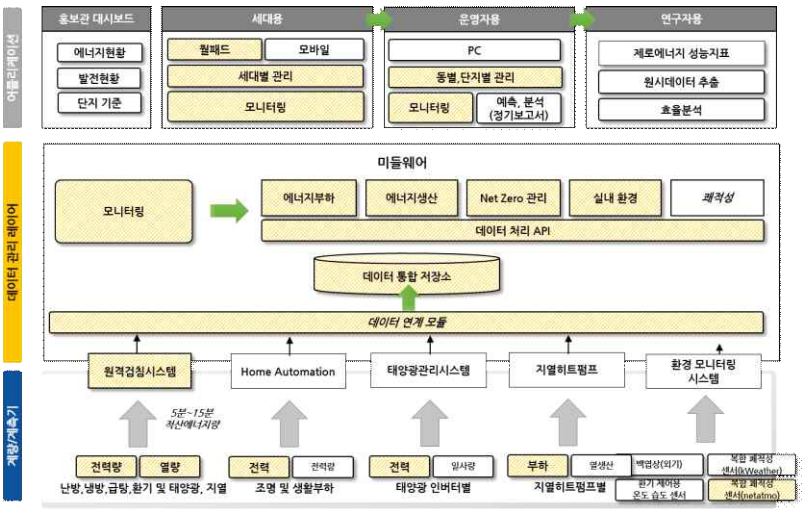
■ 연구기간 : 2017.01.13.~2018.04.14.(5차년)

연구내용

○ 통합관제시스템 구축

❑ 시스템 구성도

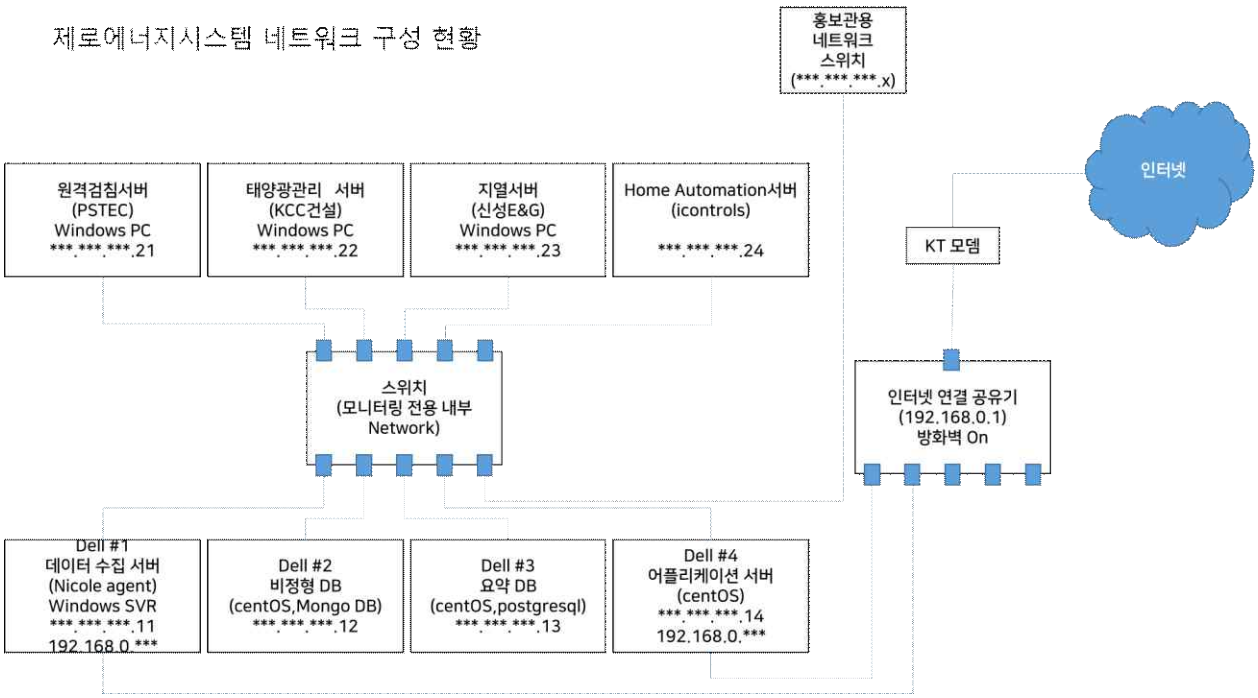
- 노원이지하우스 통합단지 관리 시스템은 원격검침시스템, 홈오토메이션 시스템, 태양광 관리 시스템, 지열 히트 펌프 시스템의 데이터를 통합하여 홍보관 대시보드, 세대용 시스템, 운영자용 시스템, 연구자용 시스템으로 각 사용자에게 제공한다
- 데이터 처리 시스템은 데이터 연계 서버, DB 서버, 어플리케이션 서버로 구성되어 있다.



❑ 세부 시스템

사용자	홍보관	운영자	연구자	세대별
시스템명	대시보드	제로에너지운영관리시스템	제로에너지분석 시스템	세대에너지관리시스템
목적	제로에너지주택단지의 에너지	전력 현황 모니터링 건물별 에너지 현황 모니터링 태양광 현황 모니터링 지열히트펌프 모니터링 보고서(정기보고서)	제로에너지성능지표관리 시계열 데이터 조회 각 시스템별 원시데이터 추출	일일 에너지 현황 5대부하 현황
해상도	Full HD 모니터 (1920 * 1080)	일반 노트북 해상도	일반 노트북 해상도	모바일앱 해상도

❑ 네트워크 구성



○ 데이터 연계

❑ 데이터 수집

- 외부시스템으로부터 데이터를 수집한다.
- 계층 구조

시스템	수집 항목 path
원격검침시스템	ZEROHOUSE > HOME > 동 > 호 > 시스템 [RMO | EMT | AMN] > 수집할 항목 (세대별 정보)
원격검침시스템	ZEROHOUSE > HOME > 동 > ELEVATOR > 시스템 [RMO] > 수집할 항목 (동별 엘리베이터 정보)
태양광 시스템	ZEROHOUSE > HOME > 동 > SOLAR > 시스템 [RMO | INV] > 수집할 항목 (동별 태양광 정보)
중앙제어 환기 시스템	ZEROHOUSE > HOME > 동 > VENTILATION > 시스템 [RMO | AMN] > 수집할 항목 (동별 환기시스템)
중앙 제어 환기 시스템	ZEROHOUSE > PUBLIC > VENTILATION] > 시스템 [AMN] > 수집할 항목
태양광 시스템	ZEROHOUSE > PUBLIC > SOLAR > 시스템 [ENV] > 수집할 항목

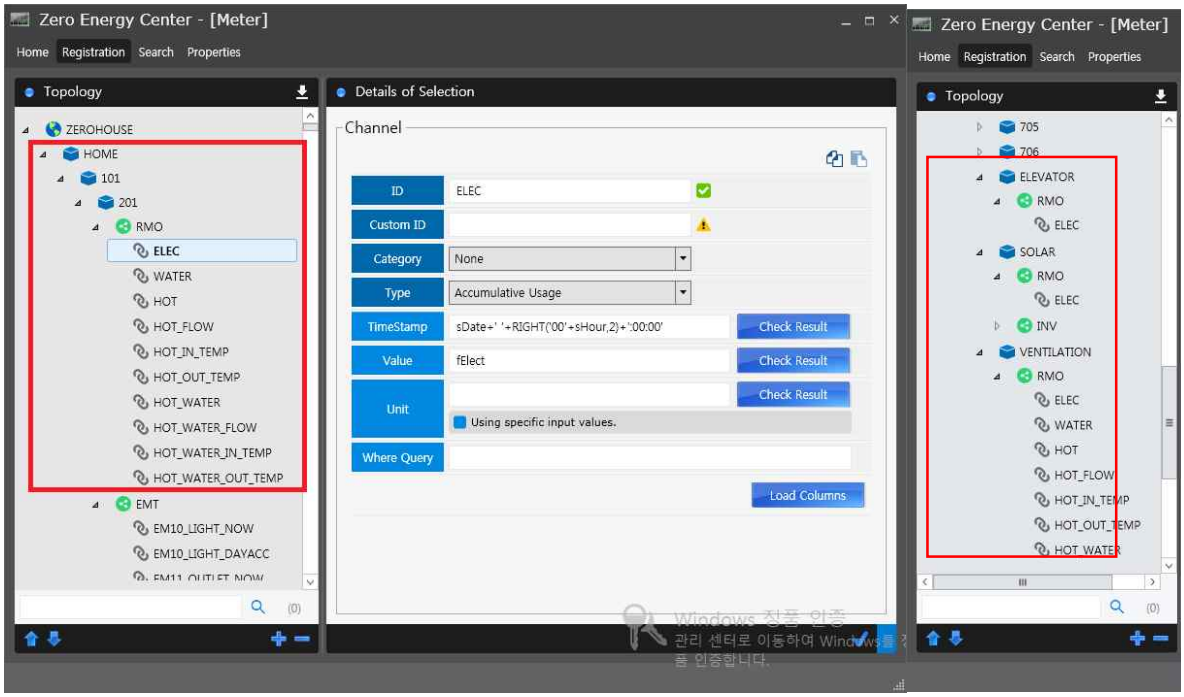
❑ 수집 대상 정보(시스템별)

- RMO: 원격검침, 전력량/수도량/난방열량/급탕열량
- EMT: 홈오토메이션, 조명/콘센트 부하
- AMN: 자동제어, 호별 환경(온도/습도) 혹은 동별 환기시스템 환경정보 혹은 지열시스템 정보
- INV: 태양광, 동별 인버터 발전량
- ENV: 태양광, 일사량/모듈 정보

○ 원격검침시스템 데이터 연동

❑ 원격검침시스템 연동 화면

- 데이터 수집프로그램 화면



❑원격검침 데이터(세대별 사용량 정보)

- fElect 수전전력량
- fWater 수도사용량
- fHot 열량
- fFLow유량
- fSpace 컬럼은 급탕(HotWater)

sDate	sHour	sApt	sHome	fElect	fWater	fHot	fHotFlow	fHotInTemp	fHotOutTemp	fSpace	fSpaceFlow	fSpaceInTemp	fSpaceOutTemp
2017-12-01	0	101	201	144,100000	6,000000	,425000	37,012000	39,15	30,64	,067000	2,504000	46,16	13,53
2017-12-01	1	101	201	144,200000	6,000000	,426000	37,099000	48,57	36,36	,067000	2,513000	42,96	13,23
2017-12-01	2	101	201	144,300000	6,000000	,427000	37,191000	48,51	38,08	,067000	2,513000	42,96	13,23
2017-12-01	3	101	201	144,400000	6,000000	,428000	37,283000	48,37	38,82	,067000	2,513000	42,96	13,23
2017-12-01	4	101	201	144,500000	6,000000	,429000	37,375000	49,27	39,68	,067000	2,513000	42,96	13,23
2017-12-01	5	101	201	144,600000	6,000000	,430000	37,464000	48,83	40,03	,067000	2,513000	42,96	13,23
2017-12-01	6	101	201	144,800000	6,000000	,431000	37,551000	48,28	40,22	,067000	2,513000	42,96	13,23
2017-12-01	7	101	201	144,900000	6,000000	,432000	37,638000	48,52	40,48	,067000	2,513000	42,96	13,23
2017-12-01	8	101	201	145,000000	6,000000	,432000	37,696000	47,35	39,30	,069000	2,561000	41,49	16,58
2017-12-01	9	101	201	145,100000	6,000000	,432000	37,696000	47,35	39,30	,069000	2,561000	41,49	16,58

❑원격검침 데이터(태양광 및 공용부 사용량 정보)

sDate	sHour	sApt	sHome	fElect	fWater	fHot	fHotFlow	fHotInTemp	fHotOutTemp	fSpace	fSpaceFlow	fSpaceInTemp	fSpaceOutTemp
2017-12-01	0	101	태양광	12,900000	,000000	,000000	,000000	,00	,00	,000000	,000000	,00	,00
2017-12-01	0	101	E/V	1077,800000	,000000	,000000	,000000	,00	,00	,000000	,000000	,00	,00
2017-12-01	1	101	태양광	12,900000	,000000	,000000	,000000	,00	,00	,000000	,000000	,00	,00
2017-12-01	1	101	E/V	1077,900000	,000000	,000000	,000000	,00	,00	,000000	,000000	,00	,00
2017-12-01	10	101	태양광	12,900000	,000000	,000000	,000000	,00	,00	,000000	,000000	,00	,00
2017-12-01	10	101	E/V	1080,000000	,000000	,000000	,000000	,00	,00	,000000	,000000	,00	,00
2017-12-01	11	101	태양광	12,900000	,000000	,000000	,000000	,00	,00	,000000	,000000	,00	,00
2017-12-01	11	101	E/V	1080,500000	,000000	,000000	,000000	,00	,00	,000000	,000000	,00	,00
2017-12-01	12	101	태양광	12,900000	,000000	,000000	,000000	,00	,00	,000000	,000000	,00	,00
2017-12-01	12	101	E/V	1081,300000	,000000	,000000	,000000	,00	,00	,000000	,000000	,00	,00
2017-12-01	13	101	태양광	12,900000	,000000	,000000	,000000	,00	,00	,000000	,000000	,00	,00
2017-12-01	13	101	환기시스템	259,600000	,000000	,010000	,466000	24,85	24,21	,000000	,000000	,00	,00
2017-12-01	13	101	E/V	1082,000000	,000000	,000000	,000000	,00	,00	,000000	,000000	,00	,00
2017-12-01	14	101	태양광	12,900000	,000000	,000000	,000000	,00	,00	,000000	,000000	,00	,00
2017-12-01	14	101	환기시스템	260,900000	,000000	,010000	,466000	24,85	24,21	,000000	,000000	,00	,00
2017-12-01	14	101	E/V	1082,700000	,000000	,000000	,000000	,00	,00	,000000	,000000	,00	,00
2017-12-01	15	101	태양광	12,900000	,000000	,000000	,000000	,00	,00	,000000	,000000	,00	,00
2017-12-01	15	101	환기시스템	261,000000	,000000	,010000	,466000	24,85	24,21	,000000	,000000	,00	,00
2017-12-01	15	101	E/V	1082,700000	,000000	,000000	,000000	,00	,00	,000000	,000000	,00	,00
2017-12-01	16	101	태양광	12,900000	,000000	,000000	,000000	,00	,00	,000000	,000000	,00	,00

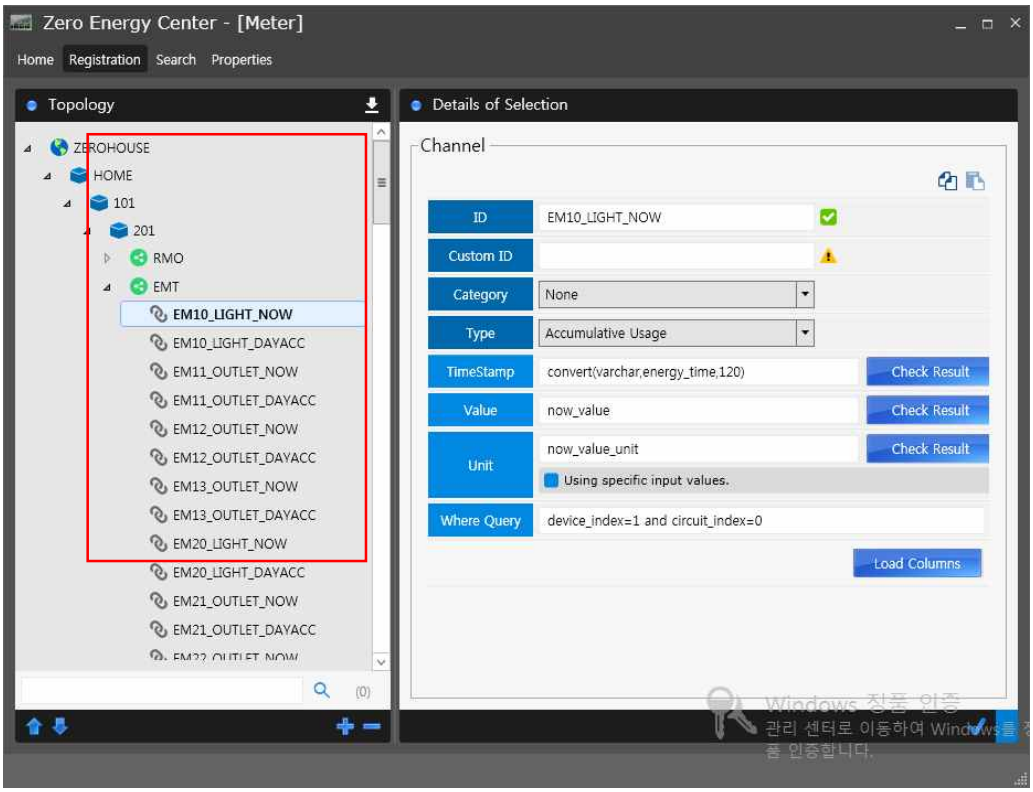
- 외부데이터의 한 행의 각 컬럼을 별도로 분리하여 가져오는 형태로 시스템 구현
- 태양광은 발전량, 엘리베이터는 소비전력 데이터 연계함

	d_timestamp timestamp with time zone	s_section_id character varying (4	s_group_id character var	s_channel_id character varying (30)	f_value numeric (18,3)
1	2017-12-01 00:00:00+09	/HOME/101/201	RMO	ELEC	144.100
2	2017-12-01 00:00:00+09	/HOME/101/201	RMO	WATER	6.000
3	2017-12-01 00:00:00+09	/HOME/101/201	RMO	HOT	0.425
4	2017-12-01 00:00:00+09	/HOME/101/201	RMO	HOT_FLOW	37.012
5	2017-12-01 00:00:00+09	/HOME/101/201	RMO	HOT_IN_TEMP	39.150
6	2017-12-01 00:00:00+09	/HOME/101/201	RMO	HOT_OUT_TEMP	30.640
7	2017-12-01 00:00:00+09	/HOME/101/201	RMO	HOT_WATER	0.067
8	2017-12-01 00:00:00+09	/HOME/101/201	RMO	HOT_WATER_FLOW	2.504
9	2017-12-01 00:00:00+09	/HOME/101/201	RMO	HOT_WATER_IN_TEMP	46.160
10	2017-12-01 00:00:00+09	/HOME/101/201	RMO	HOT_WATER_OUT_TEMP	13.530
11	2017-12-01 01:00:00+09	/HOME/101/201	RMO	ELEC	144.200
12	2017-12-01 01:00:00+09	/HOME/101/201	RMO	WATER	6.000
13	2017-12-01 01:00:00+09	/HOME/101/201	RMO	HOT	0.426
14	2017-12-01 01:00:00+09	/HOME/101/201	RMO	HOT_FLOW	37.099
15	2017-12-01 01:00:00+09	/HOME/101/201	RMO	HOT_IN_TEMP	48.570
16	2017-12-01 01:00:00+09	/HOME/101/201	RMO	HOT_OUT_TEMP	36.360
17	2017-12-01 01:00:00+09	/HOME/101/201	RMO	HOT_WATER	0.067
18	2017-12-01 01:00:00+09	/HOME/101/201	RMO	HOT_WATER_FLOW	2.513
19	2017-12-01 01:00:00+09	/HOME/101/201	RMO	HOT_WATER_IN_TEMP	42.960
20	2017-12-01 01:00:00+09	/HOME/101/201	RMO	HOT_WATER_OUT_TEMP	13.230
21	2017-12-01 02:00:00+09	/HOME/101/201	RMO	ELEC	144.300
22	2017-12-01 02:00:00+09	/HOME/101/201	RMO	WATER	6.000
23	2017-12-01 02:00:00+09	/HOME/101/201	RMO	HOT	0.427
24	2017-12-01 02:00:00+09	/HOME/101/201	RMO	HOT_FLOW	37.191
25	2017-12-01 02:00:00+09	/HOME/101/201	RMO	HOT_IN_TEMP	48.510
26	2017-12-01 02:00:00+09	/HOME/101/201	RMO	HOT_OUT_TEMP	38.080
27	2017-12-01 02:00:00+09	/HOME/101/201	RMO	HOT_WATER	0.067
28	2017-12-01 02:00:00+09	/HOME/101/201	RMO	HOT_WATER_FLOW	2.513
29	2017-12-01 02:00:00+09	/HOME/101/201	RMO	HOT_WATER_IN_TEMP	42.960
30	2017-12-01 02:00:00+09	/HOME/101/201	RMO	HOT_WATER_OUT_TEMP	13.230
31	2017-12-01 03:00:00+09	/HOME/101/201	RMO	ELEC	144.400
32	2017-12-01 03:00:00+09	/HOME/101/201	RMO	WATER	6.000

	d_timestamp timestamp with time zone	s_section_id character varying (48)	s_group_id character var	s_channel_id character varying (30)	f_value numeric (18,3)
1	2017-12-01 00:00:00+09	/HOME/101/ELEVATOR	RMO	ELEC	1077.800
2	2017-12-01 00:00:00+09	/HOME/101/SOLAR	RMO	ELEC	12.900
3	2017-12-01 01:00:00+09	/HOME/101/ELEVATOR	RMO	ELEC	1077.900
4	2017-12-01 01:00:00+09	/HOME/101/SOLAR	RMO	ELEC	12.900
5	2017-12-01 02:00:00+09	/HOME/101/ELEVATOR	RMO	ELEC	1078.000
6	2017-12-01 02:00:00+09	/HOME/101/SOLAR	RMO	ELEC	12.900
7	2017-12-01 03:00:00+09	/HOME/101/ELEVATOR	RMO	ELEC	1078.100
8	2017-12-01 03:00:00+09	/HOME/101/SOLAR	RMO	ELEC	12.900
9	2017-12-01 04:00:00+09	/HOME/101/ELEVATOR	RMO	ELEC	1078.200
10	2017-12-01 04:00:00+09	/HOME/101/SOLAR	RMO	ELEC	12.900
11	2017-12-01 05:00:00+09	/HOME/101/ELEVATOR	RMO	ELEC	1078.400
12	2017-12-01 05:00:00+09	/HOME/101/SOLAR	RMO	ELEC	12.900
13	2017-12-01 06:00:00+09	/HOME/101/ELEVATOR	RMO	ELEC	1078.500
14	2017-12-01 06:00:00+09	/HOME/101/SOLAR	RMO	ELEC	12.900
15	2017-12-01 07:00:00+09	/HOME/101/ELEVATOR	RMO	ELEC	1078.600
16	2017-12-01 07:00:00+09	/HOME/101/SOLAR	RMO	ELEC	12.900
17	2017-12-01 08:00:00+09	/HOME/101/ELEVATOR	RMO	ELEC	1079.100
18	2017-12-01 08:00:00+09	/HOME/101/SOLAR	RMO	ELEC	12.900
19	2017-12-01 09:00:00+09	/HOME/101/ELEVATOR	RMO	ELEC	1079.500
20	2017-12-01 09:00:00+09	/HOME/101/SOLAR	RMO	ELEC	12.900
21	2017-12-01 10:00:00+09	/HOME/101/ELEVATOR	RMO	ELEC	1080.000
22	2017-12-01 10:00:00+09	/HOME/101/SOLAR	RMO	ELEC	12.900
23	2017-12-01 11:00:00+09	/HOME/101/ELEVATOR	RMO	ELEC	1080.500
24	2017-12-01 11:00:00+09	/HOME/101/SOLAR	RMO	ELEC	12.900
25	2017-12-01 12:00:00+09	/HOME/101/ELEVATOR	RMO	ELEC	1081.300
26	2017-12-01 12:00:00+09	/HOME/101/SOLAR	RMO	ELEC	12.900
27	2017-12-01 13:00:00+09	/HOME/101/ELEVATOR	RMO	ELEC	1082.000
28	2017-12-01 13:00:00+09	/HOME/101/SOLAR	RMO	ELEC	12.900
29	2017-12-01 13:00:00+09	/HOME/101/VENTILATION	RMO	ELEC	259.600
30	2017-12-01 13:00:00+09	/HOME/101/VENTILATION	RMO	WATER	0.000
31	2017-12-01 13:00:00+09	/HOME/101/VENTILATION	RMO	HOT	0.010
32	2017-12-01 13:00:00+09	/HOME/101/VENTILATION	RMO	HOT_FLOW	0.466
33	2017-12-01 13:00:00+09	/HOME/101/VENTILATION	RMO	HOT_IN_TEMP	24.850
34	2017-12-01 13:00:00+09	/HOME/101/VENTILATION	RMO	HOT_OUT_TEMP	24.210
35	2017-12-01 13:00:00+09	/HOME/101/VENTILATION	RMO	HOT_WATER	0.000
36	2017-12-01 13:00:00+09	/HOME/101/VENTILATION	RMO	HOT_WATER_FLOW	0.000
37	2017-12-01 13:00:00+09	/HOME/101/VENTILATION	RMO	HOT_WATER_IN_TEMP	0.000
38	2017-12-01 13:00:00+09	/HOME/101/VENTILATION	RMO	HOT_WATER_OUT_TEMP	0.000
39	2017-12-01 14:00:00+09	/HOME/101/ELEVATOR	RMO	ELEC	1082.700

○ 시스템 연동 화면(홈오토메이션)

❑ 홈오토메이션 시스템 연동 화면



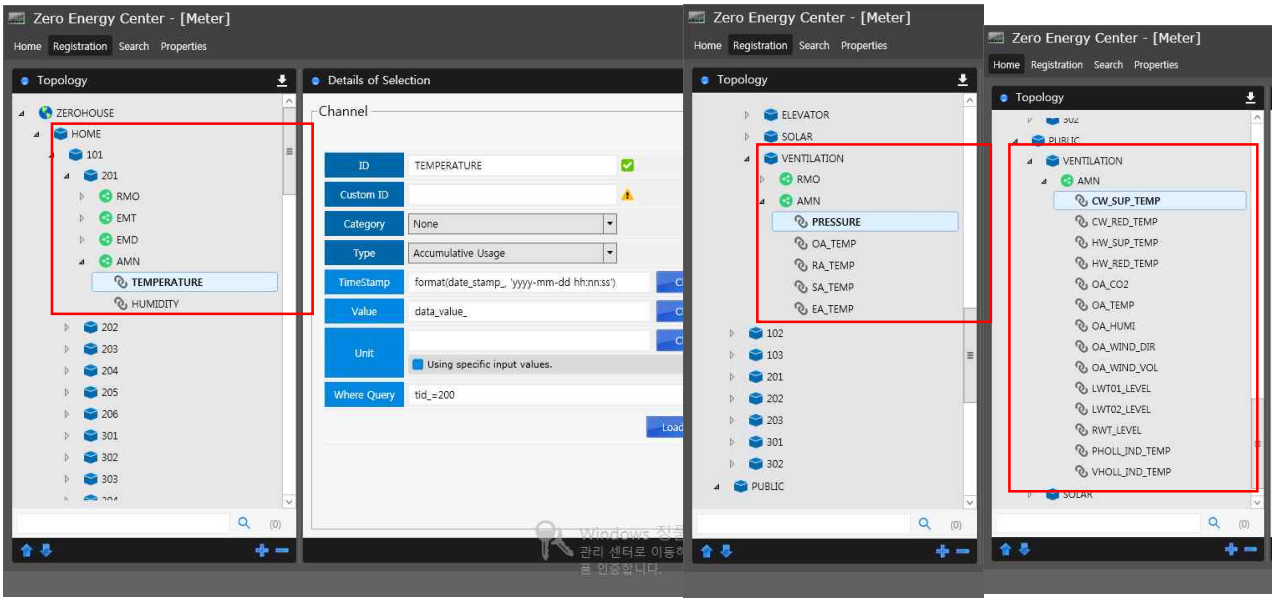
❑ 홈오토메이션 데이터

- 각 채널별 사용량 정보를 연동함.
- 세대별 채널별 사용량 정보로서 주로 조명 사용량에 대한 정보를 수집함.
- device_index = 1, circuit_index = 0, kind_value = light -> EM10_LIGHT

energy_time	dong	ho	device_index	device_room_name	circuit_index	kind_value	now_value	day_acc_value
2017-12-05 12:18:30,000	101	201	1	거실	0	light	,000	31,000
2017-12-05 12:18:30,000	101	201	1	거실	1	outlet	,000	,000
2017-12-05 12:18:30,000	101	201	1	거실	2	outlet	6,200	130,000
2017-12-05 12:18:30,000	101	201	1	거실	3	outlet	,000	,000
2017-12-05 12:18:30,000	101	201	2	주방	0	light	,000	,000
2017-12-05 12:18:30,000	101	201	2	주방	1	outlet	,000	,000
2017-12-05 12:18:30,000	101	201	2	주방	2	outlet	,000	30,000
2017-12-05 12:18:30,000	101	201	3	방1	0	light	,000	3,000
2017-12-05 12:18:30,000	101	201	3	방1	1	outlet	,000	198,000
2017-12-05 12:18:30,000	101	201	3	방1	2	outlet	,000	8,000
2017-12-05 12:18:30,000	101	201	4	방2	0	light	,000	,000
2017-12-05 12:18:30,000	101	201	4	방2	1	outlet	,000	,000
2017-12-05 12:18:30,000	101	201	4	방2	2	outlet	,000	,000
2017-12-05 12:33:30,000	101	201	1	거실	0	light	,000	31,000
2017-12-05 12:33:30,000	101	201	1	거실	1	outlet	,000	,000
2017-12-05 12:33:30,000	101	201	1	거실	2	outlet	6,200	132,000
2017-12-05 12:33:30,000	101	201	1	거실	3	outlet	,000	,000
2017-12-05 12:33:30,000	101	201	2	주방	0	light	,000	,000
2017-12-05 12:33:30,000	101	201	2	주방	1	outlet	,000	,000
2017-12-05 12:33:30,000	101	201	2	주방	2	outlet	,000	30,000

○ 시스템 연동 화면(중앙환기장치 자동제어 시스템)

❑ 연동 화면



❑ 데이터

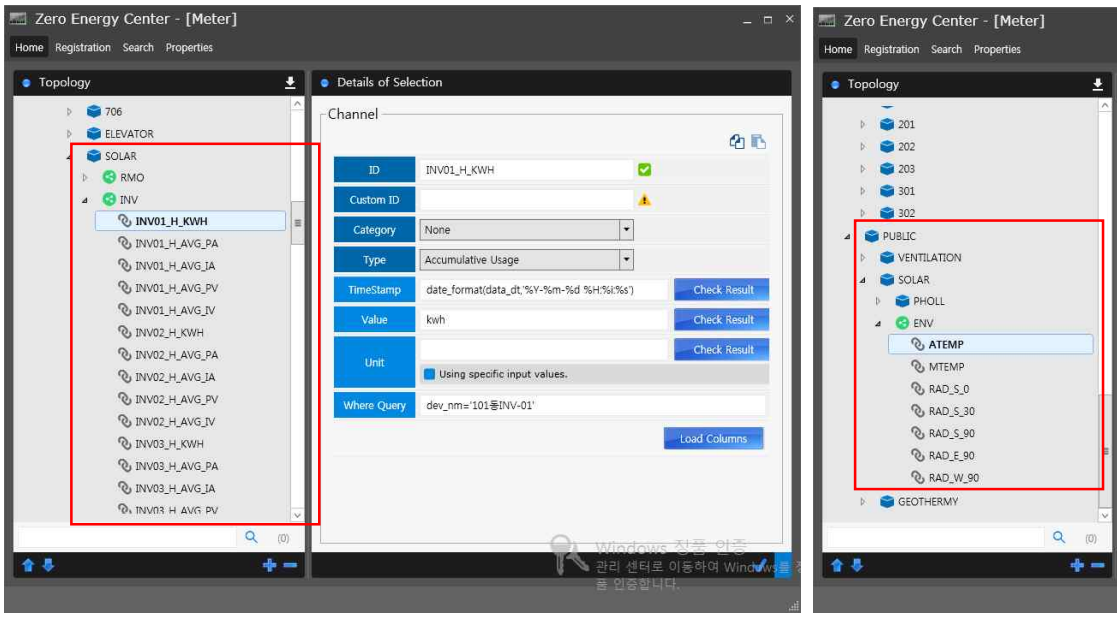
- 호별 온도/습도
- 동별 환기시스템 정보>
- 지열시스템 정보
- 자동제어 데이터

❑ 데이터 구성 항목

- TID_ 200: TEMPERATURE
- TID_ 201: HUMIDITY
- TID_ 199: PRESSURE
- TID_ 276:OA_TEMP
- TID_ 277: RA_TEMP
- TID_ 278: SA_TEMP
- TID_ 279: EA_TEMP
- TID_ 15: CW_SUP_TEMP
- TID_ 16: CW_RED_TEMP
- TID_ 89: OA_TEMP
- TID_ 90: OA_HUMI
- TID_ 91: OA_WIND_DIR
- TID_ 92: OA_CO2
- TID_ 93: OA_WIND_VOL
- TID_ 262: HW_SUP_TEMP
- TID_ 263:HW_RED_TEMP
- TID_ 271: LWT01_LEVEL
- TID_ 272: LWT02_LEVEL
- TID_ 273: RWT_LEVEL
- TID_ 275: PHOLL_IND_TEMP
- TID_ 285: VHOLL_IND_TEMP

○ 시스템 연동 화면(태양광 시스템)

❑ 연동 화면



❑ 데이터

- 동별 태양광 인버터 발전량/전류/전압
- 태양광 일사량/온도
- 태양광 데이터

DATA_DT	DEV_NM	KWH	AVG_PA	AVG_IA	AVG_PV	AVG_IV
2017-12-01 00:00:00	101동INV-01		0,00	0,00	88,80	0,00
2017-12-01 00:00:00	101동INV-02		0,00	0,00	124,50	0,00
2017-12-01 00:00:00	101동INV-03		0,00	0,00	78,40	0,00
2017-12-01 00:00:00	101동INV-04		0,00	0,00	137,40	0,00
2017-12-01 00:00:00	101동INV-05		0,00	0,00	91,70	0,00
2017-12-01 00:00:00	101동INV-06		0,00	0,00	126,90	0,00
2017-12-01 00:00:00	101동INV-08	0,00	0,12	0,00	132,45	0,00
2017-12-01 00:00:00	101동INV-09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2017-12-01 00:00:00	101동INV-10	0,00	0,12	0,00	131,50	0,00
2017-12-01 00:00:00	101동INV-11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2017-12-01 00:00:00	101동INV-12	0,00	0,51	0,00	220,90	0,00
2017-12-01 00:00:00	101동INV-13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2017-12-01 00:00:00	101동INV-14	0,00	0,29	0,00	179,00	0,00
2017-12-01 00:00:00	101동INV-15	0,00	0,00	0,00	206,45	0,00
2017-12-01 00:00:00	101동INV-16	0,00	0,38	0,00	209,35	0,00
2017-12-01 00:00:00	101동INV-17	0,00	0,19	0,00	176,80	0,00
2017-12-01 00:00:00	101동INV-18		0,28	0,00	206,30	0,00
2017-12-01 00:00:00	101동INV-19		0,00	0,00	0,00	0,00
2017-12-01 00:00:00	101동INV-20		0,22	0,00	233,45	0,00
2017-12-01 00:00:00	101동INV-21		0,28	0,00	52,10	0,00
2017-12-01 00:00:00	101동INV-22		0,12	0,00	176,25	0,00
2017-12-01 00:00:00	101동INV-23		0,00	0,00	0,00	0,00

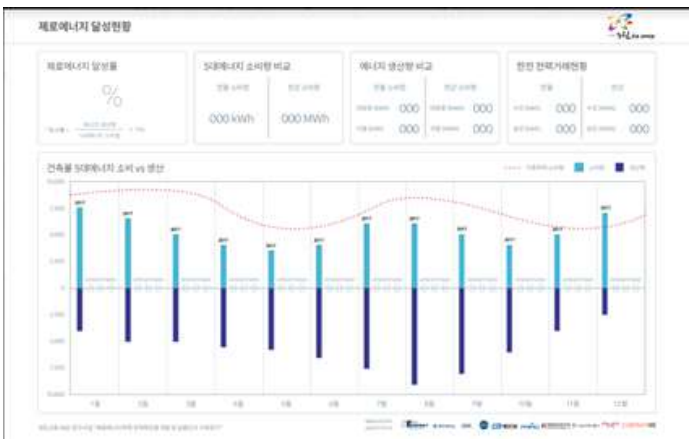
○ 홍보관용 시스템 구축

❑ 화면 설명

- 노원이지하우스 동별생산 및 소비현황

화면	설명
	태양광 발전을 통한 전기자립율 단위면적당 동별 에너지 현황 동별 에너지 소비량 동별 전력발전량 동별 5대 부하 소비량

- 제로에너지 달성현황

화면	설명
	제로에너지 달성률 5대에너지 소비량 비교 에너지 생산량 비교 한전 전력거래현황 건축물 5대에너지 소비 대비 생산

- 일반주택 vs 노원이지하우스 에너지 소비량 비교

화면	설명
	제로에너지 달성률 5대에너지 소비량 비교 에너지 생산량 비교 한전 전력거래현황 노원이지하우스 대비 일반주택 비교

- 태양광 발전 현황

화면	설명
	태양광발전량 현재발전량 금일발전량 누적발전량 설치현황 태양광월간발전량

- 지열 생산 현황

화면	설명
	지열생산량 현재생산량 금일생산량 누적생산량 설치현황 지열월간생산량

- 실내외 온도 현황

화면	설명
	현재 기상정보 실내 온도 실내 습도 실외 온도 실외 습도 동별 패턴 실내 온도 대비 외기 온도 비교그래프

○ 세대 에너지 모니터링 시스템

❑ 모바일 화면

화면	설명
	동호수 정보 실내온도 실내습도 C02농도 소음 냉방 에너지 사용량 난방 에너지 사용량 급탕 에너지 사용량 열공급 상태 조명 에너지 사용량 환기 에너지 사용량 기타 부하 에너지 사용량 전력 비용

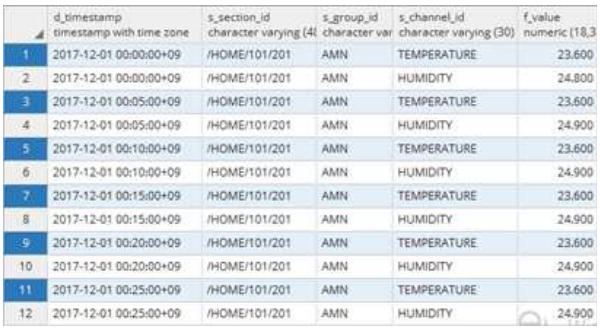
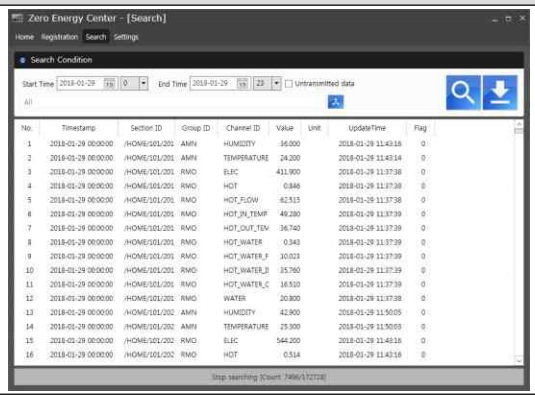
❑ 월패드 화면

화면	설명
	오늘 에너지 현황 시간 오늘의 날씨(기온,습도) 실내환경(온도,습도) 5대부하 사용량 난방에너지 사용량 냉방에너지 사용량 환기에너지 사용량 급탕에너지 사용량 조명 너지 사용량

○ 운영자용 시스템

화면	설명
	
전체전력현황 시간별 전력사용량 에너지별 생산현황 누적전력사용량(금일,금월) 누적전력비용(금일,금월) 에너지별생산현황 태양광,지열	금일 용도별 사용현황 난방/냉방/조명/환기/급탕 콘센트 공용부 설비

❑ 성능 지표별 데이터 조회 화면

화면	
	
동별 당일 15분 단위 에너지 사용량 동별 환기에너지 사용량 표시 동별 비상조명에너지 사용량 표기 지열 온열/냉열 인입 전력량 지열 냉열교환기 인입 전력량 한전 인입,출구 전력 지열 온열/냉열 열량 태양광 모니터링 동별 5대 부하별 에너지 사용량 비교대상 주택群 대비 에너지 부하 차이 에너지 소비량과 신재생 발전량간의 밸런스 단지 기준, 동 기준, 주호 기준 당일 에너지 수지(적산 부하량 vs 누적 생산량) 당월 에너지 수지(적산 부하량 vs 누적 생산량) 금년 에너지 수지(적산 부하량 vs 누적 생산량) 당일 15분 주기의 외기 온도,습도,C02농도 정보 평균값	주택단지내 실내 쾌적성 데이터의 조회 및 분석 당일 15분 단위 에너지 사용량 당일 15분 주기의 온도,습도,C02농도 정보 평균값 시간/일/월 에너지 부하 통계 세대내 실내 쾌적성 데이터의 조회 및 분석 시간/일/월 에너지 부하 통계 단지의 당일 15분 단위 에너지 사용량 단지의 5대 부하별 에너지 사용량(당일 15분 기준) 단지의 실시간 에너지 사용량 요약

제4장. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

4.1. 목표 달성도

가. 1세부과제

구분	단위 성과물 (level2)		질적 성과목표					양적성과목표	
			질적목표(측정방법)	목표치	측정방법	검증방법*	가중치	실적목표	달성치
1차년도	H-1	연구성과 관련 홍보 및 실용화 방안	언론을 통한 홍보	-	언론매체(TV, 신문)	증빙자료 제출	-	-	4건
			연구주제관련 영상 제작 지원	-	자문 및 회의 건수	증빙자료 제출	-	-	2건
			연구단 워크숍 개최	-	자문위원을 통한 평가/횟수	증빙자료 제출	-	-	9회
			연구단 홍보 브로셔 제작 지원	-	브로셔 자문 및 회의 건수	증빙자료 제출	-	-	2건
			국토교통 기술박람회	-	국토교통 기술박람회 참가실적	증빙자료 제출	-	-	1건
			세부과제별 연구 및 성과의 연계성	-	연구단 실무자 회의 건수	증빙자료 제출	-	-	4건
	H-2	Mock-up 주택 구축 지원	Mock-up 주택 인허가 절차 지원	-	Mock-up 주택 인허가 진행사항	현장검증 및 증빙자료 제출	-	-	1건
			Mock-up 주택 구축 계획서	-	Mock-up 주택 구축 계획서 제출	증빙자료 제출	-	-	1건
			Mock-up 자재 공모절차 수행 및 결과 통보	-	Mock-up 주택 자재공모 결과	증빙자료 제출	-	-	1건
	H-3	제로에너지 주택 실증단지 구축 지원	실증단지 심의 및 인허가 절차 지원	-	실증단지 인허가 진행사항	증빙자료 제출	-	-	1건
							-		
2차년도	H-1	연구성과 관련 홍보 및 실용화 방안	언론을 통한 홍보	2건	언론매체 (TV, 신문)	증빙자료 제출	10	2건	52건
			연구주제관련 영상 제작 지원	1건	자문 및 회의 건수	증빙자료 제출	10	1건	2건
			연구단 워크숍 개최	2회	자문위원을 통한 평가/횟수	증빙자료 제출	10	2회	5건
			연구단 홍보 브로셔 제작 지원	1건	브로셔 자문 및 회의 건수	증빙자료 제출	5	1건	2건
			세부과제별 연구 및 성과의 연계성	2건	연구단 실무단 회의 건수	증빙자료 제출	10	2건	4건
	H-2	Mock-up 주택 구축 지원	Mock-up 주택 구축 지원	1건	Mock-up 주택 완공	현장검증 및 증빙자료 제출	15	1건	1건
	H-3	제로에너지 주택 실증단지 구축 지원	실증단지 인허가 절차 지원	1건	실증단지 인허가 진행사항	증빙자료 제출	10	1건	1건
			실증단지 구축계획서	1건	실증단지 구축 계획서 제출	증빙자료 제출	20	1건	1건
			실증단지 착공식 지원	1건	실증단지 착공식 진행	증빙자료 제출	10	1건	1건
							100		
3차년도	H-1	연구성과 관련 홍보 및 실용화 방안	언론을 통한 홍보	2건	언론매체(TV, 신문)	증빙자료 제출	10	2건	18건
			연구단 워크숍 개최	2건	자문위원을 통한 평가/횟수	증빙자료 제출	10	2건	2건
			연구단 성과브로셔 제작	1건	성과브로셔 제작 건수	증빙자료 제출	10	1건	1건
			목업주택 방문자 설문조사	50건	목업주택 방문자 설문조사 건수	증빙자료 제출	20	50건	100건
			세부과제별 연구 및 성과의 연계성	2건	연구성과 공유 세미나 개최	증빙자료 제출	10	2건	5건
	H-3	제로에너지 주택 실증단지 구축 지원	실증단지 구축 지원	4건	실증단지 구축관련 실무자 회의 건수	증빙자료 제출	20	4건	10건
			입주자 선정 지원	2건	입주자 선정 관련 실무자 회의 건수	증빙자료 제출	10	2건	2건
			실증단지 민원발생 대응	1건	민원발생 조치사항	증빙자료 제출	10	1건	4건
							100		

구분	단위 성과물 (level2)		질적 성과목표					양적성과목표	
			질적목표(측정방법)	목표치	측정방법	검증방법*	가중치	실적목표	달성치
1차년도	A-1	제로에너지 분야 중장기 마스터플랜 수립	독일 및 유럽기준에 준하는 국내 녹색 및 친환경 분야 연차별 기준제시	2017년 패시브 건축기준 2025년 제로에너지 기준 제시	국내외 녹색 및 친환경 분야 기준비교	보고서 제출	35	정책제안 1건	4건
								-	정책채택1건
								논문게재 1건	1건
	A-5	제로에너지 단지비즈니스 모델 개발	제로에너지 국민임대주택 입주자 전용 금융상품 및 정책개발	최초입주자에게 적용가능한 금융, 정책 패키지 도출	금융, 정책패키지 설명서 및 적용지침 여부	보고서 제출		-	학술대회 발표 1건
	A-6	제로에너지 주택 및 단지 모델별 경제성 검증	제로에너지 주택단지의 주요 대안별 비용 및 편익분석	각 설계안에 따른 비용, 편익 및 경제성 평가	대안별 경제성 지표 산출	보고서 제출	30	학술지 논문게재 1건	1건
	B-1	제로에너지 주택 및 단지 최적화모델 설계	단지 내 주택 난방, 냉방, 급탕, 환기, 조명 에너지성능 (시뮬레이션 기준)	5대 에너지 제로	시뮬레이션	시뮬레이션 보고서 제출	35	디자인출원 3건	3건
							100		
2차년도	A-1	제로에너지 분야 중장기 마스터플랜 수립	독일 및 유럽기준에 준하는 국내 녹색 및 친환경 분야 연차별 기준제시	전체목표 대비 45%	국내 표준주택(단독,공동주택) 모형제시 및 제로에너지 계산 알고리즘 도출여부 확인	연차실적계획서 확인	10	정책제안 1건	1건
								-	학술발표대회 1건
	A-2	제로에너지 주택 기술 가이드라인 개발	보급가능한 주택기술 가이드라인 개발	전체목표 대비 45%	제로에너지주택 실증단지 단독 및 공동주택 에너지성능단계별 설계기술요소 적용범위 도출여부 확인	연차실적계획서 확인	20	논문 1건	1건
								학술발표 1건	1건
	A-3	제로에너지 주택단지 복합 에너지최적화 시스템 도출	단지 내 주택 난방, 냉방, 급탕, 환기, 조명에너지 충당	전체목표 대비 100%	시뮬레이션	보고서 제출	10	논문 1건	1건
								-	학술발표대회 1건
	A-4	제로에너지 주택단지 적용 건축자재 분석	건축자재의 물리적 특성 분석	전체목표 대비 35%	제로에너지주택 적용건축자재 선정프로세스 개발 및 실증단지 적용자재 공모 수행 여부확인	연차실적계획서 확인	5	정책제안 1건	1건
	A-5	제로에너지 단지비즈니스 모델 개발	제로에너지 국민임대주택 입주자 전용 금융상품 및 정책개발	전체목표 대비 40%	제로에너지주택 및 단지 보급을 위한 금융기법 개발방향 수립여부 확인	연차실적계획서 확인	10	논문 1건	1건
								-	학술 발표대회 4건
	B-1	제로에너지 주택 및 단지 최적화모델 설계	단지 내 주택 난방, 냉방, 급탕, 환기, 조명 에너지성능 (시뮬레이션 기준)	전체목표 대비 75%	제로에너지주택 실증단지 시공설계를 바탕으로 건물 에너지 및 열교시뮬레이션 수행여부 확인	연차실적계획서 확인	30	-	학술 발표대회 1건
								-	연구개발 관련 홍보 1건
	B-2	제로에너지 주택 및 단지 성능 인증	녹색건축인증, 에너지효율등급, 패시브 인증	전체목표 대비 30%	2가지 예비인증 취득을 위한 사전자료 준비여부 확인	연차실적계획서 확인	15	-	품질인증 1건
							100		
3차년도	A-1	제로에너지 분야 중장기 마스터플랜 수립	독일 및 유럽기준에 준하는 국내 녹색 및 친환경 분야 연차별 기준제시	전체목표 대비 100%	표준주택의 제로에너지 실현을 위한 단계별 신재생에너지 보급방안 연구 수행여부 확인	연차실적계획서 확인	20	정책제안 1건	1건
								정책토론회 1건	2건
	A-2	제로에너지 주택 기술 가이드라인 개발	보급가능한 주택기술 가이드라인 개발	전체목표 대비 60%	중장기 마스터플랜에 따른 표준주택(단독,공동주택) 유형별 제로에너지 설계가이드라인 도출여부	연차실적계획서 확인	20	국내논문게재 1건	1건
								지침개발 1건	1건
	A-4	제로에너지 주택단지 적용 건축자재 분석	건축자재의 물리적 특성 분석	전체목표 대비 70%	국내외 에너지성능관련 건축자재의 종류별 제품, 기술현황, 성능평가, 인증제도 분석여부 확인	연차실적계획서 확인	20	정책제안 1건	1건
								국내논문게재 1건	1건
								-	국내학술발표 1건
	A-5	제로에너지 단지비즈니스 모델 개발	제로에너지 국민임대주택 입주자 전용 금융상품 및 정책 개발	전체목표 대비 60%	제로에너지 국민임대주택을 위한 정책 및 금융패키지 기초조사 여부 확인	연차실적계획서 확인		-	국내학술발표 2건

구분	단위 성과물 (level2)		질적 성과목표					양적성과목표	
			질적목표(측정방법)	목표치	측정방법	검증방법*	가중치	실적목표	달성치
	A-6	제로에너지 주택 및 단지 모델별 경제성 검증	제로에너지 주택단지의 주요 대안별 비용 및 편익분석	전체목표 대비 70%	단지모델별 경제성 분석 여부 확인	연차실적계획서 확인	10	국내논문게재 1건	1건
								-	국내학술발표 1건
	B-1	제로에너지 주택 및 단지 최적화모델 설계	단지 내 주택 난방, 냉방, 급탕, 환기, 조명 에너지성능 (시뮬레이션 기준)	전체목표 대비 80%	제로에너지주택 실증단지 시공설계를 바탕으로 최적화 패시브디테일 연구수행여부 확인	연차실적계획서 확인	10	설계기준 제안 1건	1건
								-	정책채택 1건
	B-2	제로에너지 주택 및 단지 성능 인증	녹색건축인증, 에너지효율등급, 패시브 인증	전체목표 대비 60%	3가지 인증 취득을 위한 사전자료 준비 확인	연차실적계획서 확인	20	예비인증 1건	1건
								-	정책제안 1건
							100		
4차년도	A-2	제로에너지 주택 기술 가이드라인 개발	보급가능한 주택기술 가이드라인 개발	제로에너지 설계 및 시공기술 가이드라인 발간 1건	도서발간을 통한 ISBN번호 획득	가이드라인에 대한 외부전문가 자문을 통해 타당성검증	15	도서발간 1건	1건
								특허출원 1건	4건
								-	국외학술발표 1건
	A-4	제로에너지 주택단지 적용 건축자재 분석	제로에너지 건축자재 핸드북 개발	제로에너지 건축자재 핸드북 발간 1건	도서발간을 통한 ISBN번호 획득	자재핸드북에 대한 외부전문가 자문을 통해 타당성검증	15	도서발간 1건	1건
								-	국외학술발표 1건
	A-5	제로에너지 단지비즈니스모델 개발	제로에너지 국민임대주택 정책대안별 재무적 타당성 분석	제로에너지 국민임대주택을 위한 정책 및 금융패키지 개발 (전체목표 대비 80%)	정책 대안별 재무적 타당성 분석내역 확인	제로에너지 국민임대주택의 사업 원활화를 위한 정책에 대한 외부전문가 자문을 통해 타당성검증	15	국내논문게재 1건	1건
								정책제안 1건	1건
	A-6	제로에너지 주택 및 단지 모델별 경제성 검증	제로에너지 주택단지의 주요 대안별 비용 및 편익분석	각 설계안에 따른 비용, 편익 및 경제성 평가 (전체목표 대비 80%)	대안별 경제성 지표 산출여부 확인	제로에너지 경제성평가 결과에 대한 외부전문가 자문을 통해 타당성검증	15	국내논문게재 1건	1건
								정책제안 1건	1건
								-	국외학술발표 1건
	B-1	제로에너지 주택 및 단지 최적화모델 설계	단지 내 주택 난방, 냉방, 급탕, 환기, 조명 에너지성능 (시뮬레이션 기준)	시공 설계를 통한 제로에너지 실증단지 패시브 디테일 도출	국내 적용 가능한 최적화 패시브디테일 연구수행여부 확인	패시브 디테일에 대한 외부전문가 자문을 통해 타당성 및 활용가능성 검증	10	디자인출원 1건	1건
								특허출원 1건	1건
								기술사업화 1건	1건
	B-2	제로에너지 주택 및 단지 성능 인증	녹색건축인증, 에너지효율등급, 패시브 인증	인증 획득을 위한 자료 보완 및 본 인증 관련 현장업무 진행	인증관련 현장적용 보고서 작성 확인	인증진행사항 보고서 제출	15	-	정책제안 1건
	H-1	연구성과 관련 홍보 및 실용화 방안	언론을 통한 홍보	2건	언론매체(TV, 신문)	언론매체(방송·신문) 보도자료 제출	5	언론홍보 2건	19건
			연구단 성과 자문위원회 개최	2건	자문위원을 통한 평가/횟수	자문위원 자문결과 및 반영사항 제출		자문위원회 2건	3건
			연구단 성과브로셔 제작	1건	성과브로셔 제작 건수	연구단 성과브로셔 인쇄물 제출		성과브로셔 1건	1건
			목업주택 방문자 설문조사	50건	목업주택 방문자 대상 설문조사 진행 및 분석	방문자설문조사 분석결과 제출		설문조사 50건	100건
			세부과제별 연구 및 성과의 연계성	2건	연구성과 공유 세미나 개최	연구성과 공유 결과물 제출		성과공유 세미나 2건	2건
	H-3	제로에너지 주택 실증단지 구축 지원	실증단지 구축지원	4건	실증단지 구축관련 실무자 회의 건수	실증단지 구축지원 회의자료 제출	10	실무자 회의 4건	13건
								-	정책제안 1건
			입주자 선정 지원	2건	입주자 선정 관련 실무자 회의 건수	입주자선정 관련 회의자료 제출		실무자 회의 2건	2건
								-	입주자 선정 지원 2건
			실증단지 민원발생 대응	1건	민원발생 조치사항	민원 대응자료 제출		민원대응 1건	1건
							100		
5차년도	A-5	제로에너지 단지비즈니스모델 개발	제로에너지 국민임대주택 입주자 전용 금융상품 및 정책 개발	제로에너지 국민임대주택을 위한 정책 및 금융패키지 개발 (전체목표 대비 100%)	금융, 정책패키지 설명서 및 적용지침 여부	제로에너지 국민임대주택의 사업 원활화를 위한 정책에 대한 외부전문가 자문을 통해	20	정책제안 1건	1건(예정)
								-	국내논문게재 2건
								-	국내외학술발표

구분	단위 성과물 (level2)		질적 성과목표						양적성과목표	
			질적목표(측정방법)	목표치	측정방법	검증방법*	가중치	실적목표	달성치	
						타당성검증			3건	
	A-6	제로에너지 주택 및 단지 모델별 경제성 검증	제로에너지 주택단지의 주요 대안별 비용 및 편익분석	각 설계안에 따른 비용, 편익 및 경제성 평가 (전체목표 대비 100%)	대안별 경제성 지표 산출여부 확인	제로에너지 경제성평가 결과에 대한 외부전문가 자문을 통해 타당성 검증	20	국제SCI 논문게재 1건	1건(예정)	
								정책제안 1건	1건(예정)	
								-	박사 인력양성 1건	
	B-1	제로에너지 주택 및 단지 최적화모델 설계	단지 내 주택 난방, 냉방, 급탕, 환기, 조명 에너지성능 (시뮬레이션 기준)	제로에너지 실증단지 준공 설계 (5대 에너지 제로 구현)	준공 설계 및 에너지 시뮬레이션 수행 여부	제로에너지 실증단지 구축 및 관련기술 도서에 대한 외부전문가 자문을 통해 타당성 검증	15	도서발간 1건	1건(예정)	
	B-2	제로에너지 주택 및 단지 성능 인증	녹색건축인증, 에너지효율등급, 패시브 인증	녹색건축인증, 에너 지효율등급, 패시브인증 취득	인증획득여부 확인	인증서 제출	20	인증획득 3건	3건	
								정책제안 1건	1건	
	H-1	연구성과 관련 홍보 및 실용화 방안	언론을 통한 홍보	4건	언론매체(TV, 신문)	언론매체(방송·신문) 보도자료 제출	5	언론홍보 4건	4건외 다수	
			연구단 성과 자문위원회 개최	2건	자문위원을 통한 평가/횟수	자문위원 자문결과 및 반영사항 제출		자문위원회 2건	2건	
			국토교통홍보관 방문자 설문조사	50건	국토교통홍보관 방문자 설문조사 진행 및 분석	방문자설문조사 분석결과 제출		설문조사 50건	100건	
			연구단 성과브로셔 제작	1건	성과브로셔 제작 건수	연구단 성과브로셔 인쇄물 제출		성과브로셔 1건	1건(예정)	
	H-3	제로에너지 주택 실증단지 구축 지원	실증단지 준공식 지원	1건	실증단지 준공식 진행	실증단지 준공식 지원 내용 제출	10	준공식 지원 1건	1건	
			실증단지 민원발생 대응	1건	민원발생 조치사항	민원 대응자료 제출		민원대응 1건	2건	
			실증단지 구축 보고서	1건	실증단지 구축 성과에 대한 최종 결과보고서 제출	실증단지 구축보고서 제출		실증단지 구축보고서 1건	1건(예정)	
	H-4	Mock-up주택 및 실증단지 통합 에너지 밸런싱	Mock-up주택 및 실증단지 통합 에너지 밸런싱	1건	통합 에너지밸런싱 결과에 따른 조치건수	통합 에너지밸런싱 결과보고서 제출	10	실증단지 모니터링 결과보고서 1건	1건(예정)	
								국내논문게재 1건	1건(예정)	
								정책제안 1건	1건(예정)	
							100			

나. 2세부과제

구분	핵심성과 (level1)		단위 성과물 (level2)		질적 성과목표						양적성과목표	
					질적목표(측정방법)	목표치	측정방법	검증방법	가중치		실적목표	달성치
1차년도	C	제로에너지 주택단지 및 Mock-up주택시공	C-1	Mock-up 주택 구축	Mock-up주택 구축 공정률	전체목표대비 100%	공정률 확인	현장검증 및 증빙자료 제출	20		-	시제품 제작 1식
											현장 교육설명회 1건	1건
	D	제로에너지 주택단지 홍보	D-1	제로에너지 주택단지 홍보관 구축	홍보관 구축 공정률	전체목표대비 100%	공정률 확인	현장검증 및 증빙자료 제출	0		-	홍보영상 제작 2건
											-	전시홍보부스 디자인 및 제작 1건
			D-2	제로에너지 주택단지 다큐멘터리 제작	대국민 홍보를 위한 공중파 방영	2회	방영여부 확인	지상파 방영	40		다큐멘터리 제작 및 방영 1건	다큐멘터리 제작업체 선정 1건
			D-3	홈페이지 및 홍보물 제작	대국민 홍보	홈페이지 배너 10건 이상 홍보물 300부 배부	배너등록 및 홍보물 배부 여부 확인	증빙자료 제출	40		홈페이지 제작 1건	1건
											-	홍보물 제작 2건
									100			
2차년도	C	제로에너지 주택단지 및 Mock-up주택시공	C-1	Mock-up 주택 구축	Mock-up주택 구축 공정률	전체목표대비 100%	공정률 확인	현장검증 및 증빙자료 제출	60		시제품 제작 1식	1건
											-	공사비절감 1건
			C-2	제로에너지 주택단지 구축	주택 및 단지 구축 공정률	전체목표대비 20%	공정률 확인	현장검증 및 증빙자료 제출	10		교육 설명회 1건	2건
											-	학술발표 1건
	D	제로에너지 주택단지 홍보	D-2	제로에너지 주택단지 다큐멘터리 제작	대국민 홍보를 위한 공중파 방영	2회	방영여부 확인	지상파 방영	15		다큐멘터리 방영 1건	5건
			D-3	홈페이지 및 홍보물 제작	대국민 홍보	홈페이지 배너 10건이상 홍보물 300부 배부	배너등록 및 홍보물 배부 여부 확인	증빙자료 제출	15		디자인 출원 1건	1건
									100			
3차년도	C	제로에너지 주택단지 및 Mock-up주택시공	C-2	제로에너지 주택단지 구축	주택 및 단지 구축 공정률	전체목표 대비 30%	공정률 확인	현장검증 및 증빙자료 제출	40		교육 설명회 3건	3건
											공기단축 1건	1건
											-	시공개선 2건
			C-3	제로에너지 주택단지 복합에너지 시스템 구축	복합에너지 시스템 구축 공정률	전체목표 대비 50%	공정률 확인	현장검증 및 증빙자료 제출	30		-	-
	D	제로에너지 주택단지 홍보	D-1	제로에너지 주택단지 홍보관 구축	홍보관 구축 공정률	전체목표대비 10%	공정률 확인	현장검증 및 증빙자료 제출	10		전시컨텐츠 및 도면 제작 제안 1건	2건
											-	홍보영상 수정 제작 1건
											-	실증단지 타임랩스 제작 1건
			D-2	제로에너지 주택단지 다큐멘터리 제작	대국민 홍보를 위한 공중파 방영	1회 (전체목표 대비 50%)	방영여부 확인	지상파 방영			-	다큐멘터리 방영 1건
			D-3	홈페이지 및 홍보물 제작	대국민 홍보	홈페이지 방문객 300명 달성	방문객 집계 확인	증빙자료 제출	20		디자인출원 1건	1건
											홈페이지 방문객 300명	300명
											-	홈페이지 리뉴얼 1건
									100			
4차년도	C	제로에너지주택단지 및 Mock-up주택시공	C-2	제로에너지 주택단지 구축	주택 및 단지 구축 공정률	전체목표 대비 70%	공정률 확인	현장검증 및 증빙자료 (감리단 공정보고)	40		특허출원 1건	1건
											시공개선 1건	2건
			C-3	제로에너지 주택단지 복합에너지 시스템 구축	복합에너지 시스템 구축 공정률	전체목표 대비 70%	공정률 확인	현장검증 및 증빙자료 (감리단 공정보고)	15		-	경제성검토 1건
			C-4	제로에너지 설비	제로에너지실증단	전체 목표 대비	제로에너지 목업	일반주택 대비	20		-	장비선정 검토

구분	핵심성과 (level1)		단위 성과물 (level2)		질적 성과목표						양적성과목표	
					질적목표(측정방법)	목표치	측정방법	검증방법	가중치		실적목표	달성치
5차년도				커미셔닝	지 고효율설비 커미셔닝 진행 및 설비성능 검증	50%	주택과 실증단지 설비 설치 및 성능 검증 효율화 연구수행여부 확인	제로에너지실증단지 설비 비교분석 보고서에 대한 외부전문가 자문을 통해 타당성 검증				1건
	D	제로에너지 주택단지 홍보	D-1	제로에너지 주택단지 홍보관 구축	실증단지 홍보관 구축 공정률	홍보관 구축을 위한 도면작업 및 컨텐츠 제안 작업/제작	홍보관 구축 공정률 반영한 진행 상황 확인	현장검증 및 제작관련 증빙자료 제출	10		시제품 제작 1식	전시컨텐츠 제안 1건
											-	홍보영상 수정 1건
											-	타임랩스 제작 1건
			D-2	제로에너지 주택단지 다큐멘터리 제작	대국민 홍보를 위한 다큐제작 및 공중파 방영	주요 기술 및 자재와 주택단지 구축현황 등을 다큐멘터리로 제작 공중파 방영	공중파 방영 일정 확인 방영여부 확인	공중파 방영 방영여부 확인	10		다큐멘터리 1건	1건
			D-3	홈페이지 및 홍보물 제작	홈페이지, 홍보물을 활용한 대국민 홍보	홈페이지 월간 방문객 집계 300명 달성	홈페이지 방문객 접속 기록 확인 및 통계를 통한 집계	증빙자료 제출	5		디자인출원 1건	1건
											-	홈페이지 유지보수 1건
											-	홈페이지 중문 업데이트 1건
									100			
	C	제로에너지 주택단지 및 Mock-up주택시공	C-2	제로에너지 주택단지 구축	주택 및 단지 구축 공정률	공정율 100%	공정률 확인	현장검증 및 증빙자료 (감리단 공정보고)	40		시제품제작 1식	1식
											-	특허등록 1건
											-	건설지제작 1건
			C-3	제로에너지 주택단지 복합에너지 시스템 구축	복합에너지 시스템 구축 공정률	공정율 100%	공정률 확인	현장검증 및 증빙자료 (감리단 공정보고)	15		시제품제작 1식	1식
			C-4	제로에너지 설비 커미셔닝	제로에너지실증단지 고효율설비 커미셔닝 진행 및 설비성능 검증	전체 목표 대비 100%	시공 후 실증단지 설비 성능 검증 및 운영 효율화 연구수행여부 확인	제로에너지 설비선정 및 설치과정 검증 보고서에 대한 외부전문가 자문을 통해 타당성 검증	20		-	보고서 1건
	D	제로에너지 주택단지 홍보	D-1	제로에너지 주택단지 홍보관 구축	실증단지 홍보관 구축 공정률	홍보관 구축을 위한 내부공사 진행	홍보관 구축 공정률 반영한 진행 상황 확인	현장검증 및 제작관련 증빙자료 제출	10		시제품제작 1식	1식
			D-2	제로에너지 주택단지 다큐멘터리 제작	대국민 홍보를 위한 다큐제작 및 공중파 방영	주요 기술 및 자재와 주택단지 구축현황 등을 다큐멘터리로 제작 공중파 방영	공중파 방영 일정 확인 방영여부 확인	공중파 방영 여부 확인	10		-	다큐멘터리 방영 2건
											-	홍보영상 1건
			D-3	홈페이지 및 홍보물 제작	홈페이지, 홍보물을 활용한 대국민 홍보	홈페이지 월간 방문객 집계 300명 달성, 입주자들을 위한 홍보물 제작	홈페이지 방문객 접속 기록 확인 및 입주를 위한 홍보물제작 여부 확인	증빙자료 제출	5		디자인 출원 1건	1건
									100			

다. 3세부과제

구분	단위 성과물 (level2)		질적 성과목표					양적성과목표	
			질적목표(측정방법)	목표치	측정방법	검증방법	가중치	실적목표	달성치
1차년도	E-1	공동주택 에너지 및 쾌적성 성능평가 모니터링 기준 및 분석방법 도출	성능평가 방법론 도출 및 기존공동주택 에너지소비패턴 분석	전체 목표치 대비 20% (5차년도 완료)	성능평가 방법론 도출여부 / 분석DB구축 여부	최종보고서 확인	100	간담회 1건 논문1건 -	1건 1건 DB구축 보고서 1건
	F-1	제로에너지 운영 및 관리매뉴얼 개발	입주자 선정 기준 개발방향 도출	전체 목표치 대비 20% (5차년도 완료)	입주자 선정 기준 개발방향 도출 여부	최종보고서 확인		-	논문 1건
							100		
2차년도	E-1	공동주택 에너지 및 쾌적성 성능평가 모니터링 기준 및 분석방법 도출	에너지성능평가 도구 시뮬레이션을 통한 적용성 검증 및 쾌적성평가방법 도출	전체 목표치 대비 40% (5차년도 완료)	국내외 에너지성능평가 도구 시뮬레이션 수행여부 및 쾌적성평가방법 도출여부	최종보고서 확인	25	세미나 1건 논문 1건 국내 학술발표 1건	1건 - 1건
	F-1	제로에너지 운영 및 관리매뉴얼 개발 (5차년 종료)	입주자 선정 가이드라인 개발	전체 목표치 대비 40% (5차년도 완료)	입주자 선정 가이드라인 개발 여부	가이드라인 확인	25	간담회 1건 -	1건 가이드라인 1건
	F-2	제로에너지 시공관리 매뉴얼 개발	시공공정별 액티브, 패시브 기술관리요소 도출	전체목표 대비 40%	설계도서와의 비교 및 공정별 확인	현장검증 및 보고서 제출	20	세미나 1건 -	1건 국내 학술발표 1건
	G-1	제로에너지 주택단지 4대 IT 모니터링 시스템 개발	제로에너지 모니터링 시스템 개발	100%	개발 공정률 확인	보고서 제출	30	-	시제품제작 1건
							100		
3차년도	E-1	공동주택 에너지 및 쾌적성 성능평가 모니터링 기준 및 분석방법 도출	에너지성능 모니터링 기본방향 수립 및 기존 공동주택 온열환경 분석	전체 목표치 대비 60% (5차년도 완료)	에너지성능 모니터링 기본방향 수립 여부 및 분석DB구축 여부	최종보고서 확인	25	논문 1건 -	1건 DB구축 보고서 1건
	F-1	제로에너지 운영 및 관리매뉴얼 개발 (5차년 종료)	운영 및 관리 기본계획 방향 수립	전체 목표치 대비 60% (5차년도 완료)	운영 및 관리 기본계획 방향 수립 여부	최종보고서 확인	25	세미나 개최 1건	1건
	F-2	제로에너지 시공관리 매뉴얼 개발	시공공정별 액티브, 패시브 기술관리요소 도출	전체목표 대비 60%	설계도서와의 비교 및 공정별 확인	현장검증 및 보고서 제출	20	세미나 개최 1건	1건
	G-1	제로에너지 주택단지 4대 IT 모니터링 시스템 개발	제로에너지 모니터링 시스템 개발	100%	개발 공정률 확인	보고서 제출	30	SW등록3건	3건
							100		
4차년도	E-1	공동주택 에너지 및 쾌적성 성능평가 모니터링 기준 및 분석방법 도출	에너지성능 모니터링 항목 지표 도출 및 기존임대주택 전력사용량 분리계측	전체 목표치 대비 80% (5차년도 완료)	에너지성능 모니터링 지표 도출 및 분리계측 DB구축 여부	최종보고서 확인	20	논문 1건 - -	모니터링 지침서 1건 국내학술발표 2건 국외학술발표 1건
	F-1	제로에너지 운영 및 관리매뉴얼 개발 (5차년 종료)	실증단지 운영 및 관리 기본매뉴얼 개발	전체 목표치 대비 80% (5차년도 완료)	실증단지 운영 및 관리 기본매뉴얼 개발 여부	최종보고서 확인	20	논문 1건 매뉴얼3건	국내학술발표 1건 국외학술발표 1건 3건
	F-2	제로에너지 시공관리 매뉴얼개발	시공공정별 액티브, 패시브 기술관리요소 도출	기술관리 요소별 관리내용 도출 (전체목표 대비80%)	시공공정에 따른 기술관리여부 확인	시공 및 제로에너지 기술 관련 중앙부처 및 지자체 정책제안 공문 발송 여부	20	정책제안 2건	지침제안 2건
	G-2	제로에너지 주택단지 4대 IT 모니터링시스템 구축	제로에너지 모니터링 시스템 구축	100%	구축 공정률 확인	현장검증 및 증빙자료 제출	40	시제품 3건 매뉴얼 1건	시스템 구축 3건
							100		
5차년도	E-1	공동주택 에너지 및 쾌적성 성능평가 모니터링 기준 및 분석방법 도출	실증단지 5대에너지 분리계측 모니터링 기준 도출	100% (5차년도 완료)	실증단지 5대에너지 분리계측 모니터링 기준 도출 여부	실증단지 5대에너지 분리계측 모니터링 모면 및 홍보관 모니터링 UI 현장확인	10	-	실증단지 모니터링 지침서 1건
	E-2	제로에너지 건축물 인증기준 등급별 설계수준 및 공사비 영향분석	공동주택 제로에너지 건축물 인증기준 등급별 설계수준에 따른 공사비 분석	100% (5차년도 완료)	인증기준 등급별 설계수준 및 공사비 산정 여부	최종보고서 확인	10	정책제안 1건	공사비분석 보고서 1건 논문 3건
	F-1	제로에너지 운영 및 관리매뉴얼 개발 (5차년 종료)	실증단지 운영 및 관리 매뉴얼 개발	100% (5차년도 완료)	실증단지 운영 및 관리 매뉴얼	사용자별 매뉴얼 확인	10	정책제안 2거	2건

구분	단위 성과물 (level2)		질적 성과목표					양적성과목표	
			질적목표(측정방법)	목표치	측정방법	검증방법	가중치	실적목표	달성치
					개발 여부			-	국내 학술발표 1건
	F-2	제로에너지 시공관리 매뉴얼 개발	시공공정별 액티브, 패시브 기술관리요소 도출	기술관리 요소별 관리내용 도출 (전체목표 대비 100%)	설계도서와의 비교 및 공정별 확인	보고서 제출	20	논문 1건	-
								정책제안 2건	2건
	G-2	제로에너지 주택단지 4대 IT 모니터링시스템 구축	제로에너지 모니터링 시스템 구축	100%	구축 공정률 확인	현장검증 및 증빙자료 제출	40	감리보고서 1건	1건
	G-3	제로에너지 주택단지 에너지사용분석 및 평가	제로에너지 평가분석 데이터 확보	5대 에너지 데이터 확보	5대 에너지 사용데이터 확인	분석항목 및 기준에 따른 데이터 수집 및 분석	10		
							100		

4.2. 관련 분야 기여도

가. 경제적 측면

◦ 국내 기술 및 건설업계 특성 등을 반영한 제로에너지주택 구현을 위한 상승 비용 등의 선례가 전무하여 유사사업의 타당성 분석이 어려운 상황이었으나, 본 연구과정에서 도출된 경제성분석 자료들을 통해 제로에너지주택 관련 프로젝트의 사전분석 업무를 지원할 수 있음.

◦ 제로에너지주택의 편익분석 과정에서 고려되지 못했던 제로에너지주택 생활편익에 대한 추가 연구 등을 활성화 하여 제로에너지주택의 가치제고에 기여함

◦ 제로에너지 주택 실증단지 구축을 위하여 요구되는 성능조건을 만족시키기 위해 창호 국산자재의 개발을 유도하여 현장에 적용할 수 있었으며, 이와 관련하여 국산자재의 기술개발을 촉진시켜 국산자재 시장 활성화를 통해 구축비용을 절감하는데 이바지 함.

◦ 제로에너지 주택 대상 에너지 모니터링 국내시장 조성에 기여

◦ 시공 상의 오류로 인해 발생할 수 있는 건축물 에너지 성능 저하 방지 및 하자저감으로 공사비 절감 가능

◦ 거주자가 에너지 사용 정보를 실시간으로 확인 할 수 있는 IT 인프라를 구축하여 자발적인 에너지 절감 의식 고취를 통해 에너지 절감 유도

나. 기술적 측면

◦ 노원 에너지제로 주택 구축과정에서 실시한 자재 현황분석 및 기업간담회 등을 통해 제로에너지주택 구현을 위한 자재성능기준을 공유하였음. 이 과정에서 ㈜KCC는 제로에너지 주택에 적용하기 위한 고효율 3중유리 Tilt & Turn의 프레임을 최소화하여 일사획득 효율을 높인 제품(MBR 80Z)을 개발하고, 이를 노원 에너지제로 주택에 적용하는 성과가 있었음.

◦ 노원 에너지제로 주택 설계 및 시공 전과정의 경험을 바탕으로 제로에너지주택 설계를 위한 방법 및 고려사항을 정리하여 가이드라인을 발간하여 제로에너지주택을 설계기술을 공유함.

◦ 국내 공동주택의 열교최소화 디테일 등의 설계기술을 개발하고 이를 도서로 발간하여 제로에너지주택 구현을 위한 설계기술을 공유함.

◦ 국내 100% 국내기술과 97%국산자재를 바탕으로 건축물 에너지효율등급 1+++의 주택을 구현함으로서 제로에너지주택 관련 국내기술 고도화에 기여함.

◦ 실증단지 구축과 관련하여 갱폼을 이용한 단열재 일체형 외단열시스템에 대한 연구와 현장적용, 단열재 후붙임과 관련한 습식/건식공법 비교와 돌출발코니 후시공에 따른 가설계획 검토 등을 통해 제로에너지 주택에 적용되는 특수구조에 따른 공법을 검토함으로써 향후 외단열 고층주택에 대한 시스템의 기초자료로 활용할 수 있음.

◦ 실증단지에 적용되는 장비선정과 관련하여 건물 에너지소요량을 재검토하여 최적의 장비사양을 수립함으로써 특정 외산장비 수급문제 등에 대한 대안을 찾을 수 있었으며 추후 장비 설치시 설계성능이 발현되는지 여부를 검증할 수 있음.

◦ 에너지성능 ‘Net Zero’ 달성 검증을 위한 공동주택 단지 대상 5대에너지 분리계측 모니터링시스템 구축

◦ 제로에너지 주택 효율적 운영 및 유지관리를 위한 사용자별 매뉴얼 개발
◦ 제로에너지 건축물 성능을 구현하기 위한 시공 관리 매뉴얼 개발
◦ 기존주택 vs 제로에너지 주택 비교를 위한 에너지, 실내환경관련 기존공동주택 DB구축

다. 정책적 측면

◦ 본 연구과제의 제로에너지 분야 중장기 마스터플랜 수립 연구 등을 통해 개발된 단계별 에너지성능 향상계획 등은 정책수립과정에서 기초자료로 활용되고 있음.
◦ 국내 100% 국내기술과 97%국산자재를 바탕으로 건축물 에너지효율등급 1+++의 주택을 구현함으로서 국토교통부에서 운영 및 추진하는 「에너지절약형 친환경주택 건설기준」 및 제로에너지 빌딩 활성화 방안 등 다양한 정책의 기술적 타당성을 마련함.
제로에너지 임대주택을 구현 및 운영함으로서, 국민 주거환경 및 에너지복지 개선을 위한 정책적 타당성을 입증함.
◦ 국가 정책인 온실 가스 감축, 제로에너지건축물 인증 등의 정책에 발맞춰 에너지제로 주택의 보급 확대를 위해 관련기술 및 관련 자재 등의 체험과 교육이 가능한 홍보관 구축으로 제로에너지 주택의 저변확대 기여
◦ 탈원전에 맞물려 국민적인 관심인 제로에너지 주택의 활성화 방안으로 다큐멘터리/홍보 영상 등을 활용하여 사람들의 인식 변화를 통해 제로에너지주택에 대한 수요와 공급이 활성화 될 수 있도록 대국민 홍보 진행
◦ 제로에너지주택 조성시 모니터링에 의한 객관적 성능검증사례를 보유하여 유사사업에 활용가능
◦ 제로에너지 주택에 대한 열교차단, 기밀시공 등 시공 관리 기술 확보로 국가차원의 기술노하우 축적
◦ IT 기술과 건축 기술의 융합을 통한 제로에너지 주택 보급 및 활성화에 기여
◦ 향후 제로에너지 주택단지 운영 및 유지관리를 위한 사용자별 매뉴얼 제공

제5장. 연구개발성과의 활용계획

5.1 연구개발성과 활용방안

가. 1세부과제

(1) A-1 제로에너지 분야 중장기 마스터플랜 수립

(2) A-2 제로에너지 주택 기술 가이드라인 개발

◦ 건축설계단계에서부터 에너지절약 기술요소 및 복합에너지 시스템 간의 융복합 방법론 도출

◦ 제로에너지를 목표로 한 패시브 및 액티브 공동주택 가이드라인 구축

◦ 도서출판을 통한 건축 설계 및 시공실무자에게 제로에너지주택 기술 공유

(3) A-3 제로에너지 주택단지 복합 에너지 최적화 시스템 도출

(4) A-4 제로에너지 주택단지 적용 건축자재 분석

◦ 건축자재 핸드북을 통해 국내 기준 뿐만 아니라 국제적 범위에서 에너지성능 관련 자재정보를 실무자가 공유할 수 있도록 연구의 범주에서 실용화의 단계로 확대

◦ 자재선정프로세스를 통해 선정 및 적용 된 제로에너지 주택 실증단지 및 목업주택에 적용한 국산 에너지성능관련자재 홍보

(5) A-5 제로에너지 단지 비즈니스 모델 개발

◦ 제로에너지 단지의 비즈니스모델 개발을 통해 제로에너지 건설사업의 원활화 도모

◦ 제로에너지 비즈니스 모델 개발로 제로에너지 건축물 시장 활성화 촉진 및 민간 금융상품으로 발전가능성 제시

(6) A-6 제로에너지 주택 및 단지 모델별 경제성 검증

◦ 제로에너지 경제성검증 모델과 비용편익 항목 연구결과를 통해 추후 제로에너지주택 보급 시각 모델별 경제적 타당성 평가에 활용가능

◦ 제로에너지 주택의 온실가스 감축, 브랜드가치 상승 등 사회적 편익규모를 지원근거로 활용

◦ 제로에너지 공동주택 단지의 장기수선비용 산정연구와 관련, 추후 제로에너지 주택의 시장보급 시 장기수선 충당금 또는 특별수선 충당금의 산정근거로 활용 가능

(7) H-4 제로에너지 모니터링

◦ 실증단지 모니터링 분석결과를 바탕으로 적용된 제로에너지 적용기술의 실효성을 검토할 수 있으며, 실측데이터를 바탕으로 에너지 복지를 구현하기 위한 관련정책 및 규정의 근거자료로 사용 가능함.

(8) B-1 제로에너지 주택 및 단지 최적화모델 설계

◦ 다양한 유형(단독, 합벽, 연립, 아파트)의 제로에너지주택 모델 개발을 통해 제로에너지주택 및 단지 보급 및 확산 가능

◦ 제로에너지주택 실증단지 기반 설계적용기술 분석을 통해 최적화된 패시브 디테일을 도서로

발간하여 보급

◦ 건축물 부위별 열교 최소화 설계를 통한 열손실 절감과 곰팡이·결로발생 해결 가능

(9) B-2 제로에너지 주택 및 단지 성능인증

◦ 제로에너지주택 실증단지의 건축물 에너지 효율등급 인증 추진사항을 바탕으로 제로에너지 건축물 인증제도 실용화 기초자료로 활용 가능

◦ 제로에너지주택 실증단지 국내·외 에너지 관련 인증 추진사항을 바탕으로 국내 건축물 관련 인증제도 개선제안

나. 2세부과제

(1) C-1 Mock-up주택 구축

- 목업주택 사전구축을 통한 본단지 구축에 있어서의 문제점 확인 및 정보 축적 가능
- 제로에너지주택 홍보관 및 숙박 체험시설 활용을 통한 대국민 홍보 가능

(2) C-2 제로에너지 주택단지 구축

- 제로에너지 주택 시공에 대한 특허를 진행함으로써 기술 보급에 활용
- 시공개선 및 건설지 제작을 통한 제로에너지 주택 구축에 대한 정보 제공
- 입주민의 거주를 통한 제로에너지주택에 대한 체험 및 홍보 가능

(3) C-3 제로에너지 주택단지 복합에너지시스템 구축

- 신재생에너지시스템의 구축을 통한 제로에너지 주택 구현의 성능 확보 가능
- 제로에너지 주택에서의 신재생에너지의 복합화 필요성 검증 가능

(4) C-4 제로에너지 설비 커미셔닝

- 제로에너지 주택에서의 설비장비에 대한 성능 검증을 통해 최적의 장비설치 구현

(5) D-1 제로에너지 주택단지 홍보관 구축

- 홍보관 구축과 컨텐츠 제작 과정의 자료 제작 및 교육자료 확보로 차별화된 교육 시스템 구축
- 제로에너지 주택단지 필요성 체감 및 확대를 위한 체험 공간 조성으로 일반인 관람 뿐만 아니라 전문교육 공간으로 활용
- 다양한 전시참여와 홍보영상을 통해 제로에너지 실증단지에 대한 홍보기반 마련 및 관련 자재 홍보 공간 확보/ 홍보
- 제로에너지주택의 전문기술/자재 등 전시공간을 통해 새로운◦ 주거문화에 대한 패러다임 제시 및 관심 증대

(6) D-2 다큐멘터리 제작

- 대중적인 미디어 노출을 통해 대 국민 이해도 제고 및 제로에너지 주택의 당위성 제시
- 제로에너지 주택에 대한 긍정적 이미지 구축 및 국민 인식개선 토대마련

- 다큐멘터리를 통해 제로에너지 주택의 필요성을 홍보하고 관련 기술과 자재에 대한 우수성을 지상파를 통해 대중에게 소개하여 주택에 대한 새로운 패러다임을 제시

(7) D-3 홈페이지 및 홍보물 제작

- 홈페이지의 지속적인 관리를 통해 대 국민 이해도 제고 및 연구단의 연구 활동에 대한 홍보
- 홈페이지 업데이트를 통해 국내 뿐만 아니라 해외에 제로에너지 실증단지에 대한 홍보 강화
- 홍보관 도면의 디자인 출원을 통한 지적재산권 보호
- 홍보물을 통해 교육자료 확보와 홈페이지를 활용한 제로에너지 주택 홍보로 다양한 연령층 제로에너지 주택의 필요성 홍보

다. 3세부과제

(1) E-1 공동주택 에너지 및 쾌적성 성능평가 모니터링 기준 및 분석방법 도출

- 제로에너지주택 조성시 모니터링에 의한 객관적 성능검증사례를 보유하여 성능검증시 참고자료로 활용
- 국내최초 공동주택 단지 대상 5대에너지 분리계측으로 향후 분리계측 기초자료로 활용
- 기존공동주택 에너지 및 쾌적성 관련 DB를 구축하여 향후 기존공동주택 vs 제로에너지주택 비교가능

(2) E-2 제로에너지 건축물 인증기준 등급별 설계수준 및 공사비 영향분석

- 현행 법규수준 및 제로에너지건축물 설계수준 비교자료로 활용
- 제로에너지건축물 인증시 등급별 설계수준 및 소요공사비 예측 기초자료로 활용

(3) F-1 제로에너지 주택단지 운영 및 관리매뉴얼 개발

- 제로에너지주택 실증단지 운영자 및 관리자 배포, 활용을 통한 효율적인 단지 운영관리
- 거주자매뉴얼 배포, 활용으로 제로에너지주택 목표 달성 및 공동체 활성화

(4) F-2 제로에너지 주택단지 시공 관리매뉴얼 개발

- 제로에너지주택 기술관리를 통한 에너지 성능 검증 및 관련 정책제안
- 제로에너지주택 실증단지 준공까지의 시공 공정별 패시브, 액티브 기술관리 매뉴얼을 작성하여 참고자료로 보급

(5) G-1 제로에너지 주택단지 4대IT 모니터링 시스템 개발

- 제로에너지 주택 신축 시 5대 에너지 모니터링 프로그램으로 활용
- 제로에너지 주택 준공 후 운영 및 관리자가 사용할 수 있는 단지 모니터링 프로그램으로 활용
- 비교대상주택의 에너지 및 쾌적성 데이터 DB 구축

(6) G-2 제로에너지 주택단지 4대IT 모니터링 시스템 구축

- 제로에너지 모니터링 시스템으로 활용
- 비교대상주택의 에너지 및 쾌적성 데이터 보관용으로 활용
- 제로에너지 실증단지의 에너지 사용, 쾌적성 통계분석이 가능한 연구자용 프로그램으로 활용
- 제로에너지 주택 신축 시 5대 에너지 모니터링 프로그램으로 활용

(7) G-3 제로에너지 주택단지 에너지 사용분석 및 평가

- 제로에너지 추가 연구 및 보급 활성화 보고서 활용

5.2 기대성과 및 파급효과

가. 1세부과제

(1) A-1 제로에너지 분야 중장기 마스터플랜 수립

(2) A-2 제로에너지 주택 기술 가이드라인 개발

(3) A-3 제로에너지 주택단지 복합 에너지 최적화 시스템 도출

(4) A-4 제로에너지 주택단지 적용 건축자재 분석

(5) A-5 제로에너지 단지 비즈니스 모델 개발

◦ 제로에너지 단지 비즈니스 모델을 통해 제로에너지 건설사업의 원활화 도모

◦ 제로에너지 비즈니스모델 개발로 제로에너지 건축물 시장 활성화 촉진 및 민간 금융상품으로 발전 기대

(6) A-6 제로에너지 주택 및 단지 모델별 경제성 검증

◦ 국가의 경제적 측면에서 에너지소비량 절감으로 원유의존도를 감소하는 등 국가차원의 경제적효과를 기대

◦ 국내 에너지 절약형 건축물 시장의 활성화 및 비즈니스 모델 개발, 금융상품 개발 등으로 관련 시장의 선순환을 기대

◦ 기업의 경제적 측면에서는, 관련 기술 및 자재에 대한 실효성을 검토하는 계기가 되며, 단지 규모에 따른 에너지 절약형 건축에 대한 민간기업의 현실적인 사업성 검토를 통해, 에너지 절약형 건축시장의 규모 확대 및 발전이 가능

◦ 국민의 경제적 측면에서는 국내 에너지절약형 건축물에 대한 국민의 의문해소 및 인식개선이 가능하며, 프로젝트를 통해 초기 투자비용 및 회수기간에 대한 근거자료를 통해 수요자 스스로의 검토가 가능

(7) H-4 제로에너지 모니터링

(8) B-1 제로에너지 주택 및 단지 최적화모델 설계

◦ 다양한 유형 (단독, 합벽, 연립, 아파트)의 제로에너지 주택 모델 개발을 통해 주택 및 단지 보급・확산 가능

◦ 제로에너지 주택단지 및 단지 최적화 모델 설계를 통해 국내 시공 및 기후 환경에 적합한 에너지절감기술요소를 도출 및 적용, 검증하여, 최적화된 설계기법 도출이 가능

◦ 시뮬레이션 검증, 시공검증을 거친 패시브 디테일 표준화를 통해 에너지절약형 건축물보급을 위한 기술적 데이터베이스 구축이 가능

(9) B-2 제로에너지 주택 및 단지 성능인증

◦ 더불어 친환경, 제로에너지, 고령자와 장애인을 배려한 세대친화형 주거문화를 선도하여, 소득 및 계층을 뛰어넘어 모든 국민이 환경권을 영위할 수 있는 새로운 주거문화 창출이 가능

나.2세부과제

(1) C-1 Mock-up주택 구축

(2) C-2 제로에너지 주택단지 구축

◦ 국내 기술개발 수준을 향상시키고 상용화가 될수 있도록 국내 기술 보급에 대한 기반 마련

◦ 제로에너지 주택 구현을 위한 비싼 외산자재 사용에 대응하기 위해 국내 자재기술 개발을 촉진시켜 비용절감 가능

(3) C-3 제로에너지 주택단지 복합에너지시스템 구축

◦ 신재생에너지시스템의 복합회를 통해 최적의 시스템을 적용함으로써 최고의 성능발현 가능

◦ 신재생에너지시스템 적용을 통해 화석에너지 사용을 억제할 수 있으며, 이로 인한 환경문제 해결에 이바지 할 수 있음.

(4) C-4 제로에너지 설비 커미셔닝

(5) D-1 제로에너지 주택단지 홍보관 구축

◦ 기존의 홍보관의 문제점들을 고려하여 차별화된 홍보관을 설계/구축 하여 지속가능한 홍보관 구축

◦ 제로에너지주택 실증단지 구축 기간 동안 여러 가지 관련기술 자료 확보를 통해 조금 더 체계화된 학습이 가능하도록 컨텐츠 구성

◦ 홍보관의 운영관리 및 유지보수에 대한 부분을 어느정도 해결할 수 있는 방안 마련

◦ 제로에너지주택 실증단지 구축 관련 및 관련 기술에 대한 자료를 컨텐츠 제작시 반영하여 제로에너지 주택의 우수성에 대한 홍보

◦ 다양한 체험형 컨텐츠와 실재 자재 전시를 통해 전문적인 교육 공간 조성

◦ 제로에너지 주택의 관련기술과 자재 전시를 통해 제로에너지 건축물의 기술의 저변확대

(6) D-2 다큐멘터리 제작

◦ 해외의 구축사례, 기술 사례와 국내·외 기술현황 등 구체적인 내용을 기반으로 다큐멘터리를 제작하여 새로운 주거문화 홍보

◦ 제로에너지 실증단지에 대한 내용 뿐만 아니라 제로에너지 주택에 대한 전반적인 개념부터 필요성 까지 다큐멘터리로 제작하여 제로에너지 주택의 홍보

◦ 새로운 주거문화에 대한 필요성과 효율에 대한 홍보

◦ 제로에너지주택에 대한 당위성을 홍보하고 제로에너지 주택의 저변확대에 기여

◦새로운 주거문화의 패러다임 제시를 통해 기술의 저변 확대와 관련 기술 발전에 기여

(7) D-3 홈페이지 및 홍보물 제작

◦ 홈페이지를 이용한 상시홍보로 제로에너지 실증단지 구축 사업 진행 상황을 홍보

◦ 제로에너지 실증단지에 대한 다양한 판촉물 디자인을 활용한 직접홍보 진행

◦ 다양한 홍보매체를 활용한 제로에너지 주택 홍보 방안 마련

◦ 홈페이지를 통해 국내뿐만이 아닌 해외 홍보 기반 마련

◦ 제로에너지주택에 대한 인식개선을 통해 새로운 주거문화에 대한 필요성 홍보

다. 3세부과제

(1) E-1 공동주택 에너지 및 쾌적성 성능평가 모니터링 기준 및 분석방법 도출

- 제로에너지 주택 대상 에너지 모니터링 국내시장 조성에 기여
- 거주자가 에너지 사용 정보를 실시간으로 확인 할 수 있는 IT 인프라를 구축하여 자발적인 에너지 절감
- 의식 고취를 통해 에너지 절감 유도

(2) E-2 제로에너지 건축물 인증기준 등급별 설계수준 및 공사비 영향분석

- 패시브 및 액티브기술요소의 기술발전시 비용대비성능 향상의 비교자료로 활용 가능
- 제로에너지 주택공급시 소요예산 수립의 기초자료로 활용

(3) F-1 제로에너지 주택단지 운영 및 관리매뉴얼 개발

- 현재 제로에너지, 저에너지 주택관련 운영관리매뉴얼에 대한 국내외 자료 부족
- 향후 유사 주택 공급시 기초자료로 활용 가능

(4) F-2 제로에너지 주택단지 시공 관리매뉴얼 개발

- 제로에너지 주택 실증단지에서 목표로 하는 에너지 성능의 실제 구현
- 시공단계에서 고려되어야 할 에너지 절감 기술 관리요소 발굴
- 기술관리 부위별 체크리스트 작성을 통한 시공 관리 가능
- 기술관리 매뉴얼 작성을 통한 제로에너지 주택 시장 활성화
- 제로에너지 건축 산업 발전, 시공 인력 양성 교육 프로그램 개발 및 민간시장 확대 가능

(5) G-1 제로에너지 주택단지 4대IT 모니터링 시스템 개발

- 제로에너지 주택 실증단지 적용을 위한 4대IT 기술에 대한 기반 마련
- 제로에너지 주택에너지, 쾌적성, 복지, 홍보 4대IT 기술 구현을 위한 기반 기술 확보
- 제로에너지 모니터링 기술에 대한 패키지화 기술 확보
- 성능 평가를 위한 센서 설치 위치, 모니터링 항목 도출, 분석 기술에 대한 노하우 확보
- 제로에너지 주택 실증단지 성능 검증 기술 확보
- 복지 및 홍보 서비스를 통한 제로 에너지 하우스에 부가 서비스 도출

제6장. 연구 과정에서 수집한 해외 과학기술 정보

6.1 해외 에너지절약 빌딩 전문 건축사사무소 설계자료

가. Sophienhof (독일 패시브하우스 인증 공동주택) 설계자료

(1) Sophienhof 설계자와 현장강연을 통해 주요 기술적용부위 확인 및 시공상의 주요 고려사항 확인 및 질의사항 논의

◦ 층수가 높은 주택일수록 창호의 시공이 어렵기때문에 Pre-Cast 방식으로 창호를 부착한 벽체를 시공하는 방법이 있음 (철근콘크리트 외벽이 아닌 건식구조 벽체의 개발 및 모듈화 된 건축자재가 개발 되었다는 전제하에 적용 가능성이 있을 것으로 판단됨)

◦ 단열영역인 주택 하부의 비 단열영역인 지하주차장이 위치하고, 이때 기둥이 주차장의 천장슬래브(주택의 바닥 슬래브)를 관통하여 열교가 발생하는 경우, 기둥두께를 최소화하고 단열재를 충진하는 시공방법 적용가능

◦ 주택의 모든 창호에 외부블라인드를 적용하는 것이 불가능 할 경우 추후 블라인드 추가설치 가능성을 위해 설치위치를 마련하는 방안 필요

◦ 각종 덕트 배관 시 중간중간 유지 및 관리를 위한 포인트를 마련하는 계획이 필요

◦ 단열재 두께 증가로 인해 작은 창호는 태양에너지 유입 시 벽체로 인한 그림자가 발생될 수 있으므로 모서리를 사선처리 하여 태양에너지 유입이 원할하도록 계획

◦ 발코니는 외벽 전반에 걸쳐 열교가 발생되는 부위로 외부골조를 이용하여 외벽과 분리한다 하더라도 모멘트에 의해 전복되지 않도록 중간중간 건물과 연결부위가 마련되어야 하며 이때 열교를 최소화 하기 위한 디테일 고안이 필요



그림 464 지하주차장 열교방지계획



그림 465 지하주차장 열교방지 ALC블록 적용부위



그림 466 발코니 열교방지 시공디테일 설명

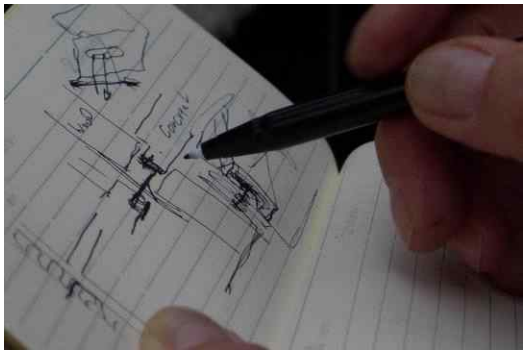


그림 467 발코니 열교방지 디테일



그림 468 기밀현관문 원리 설명

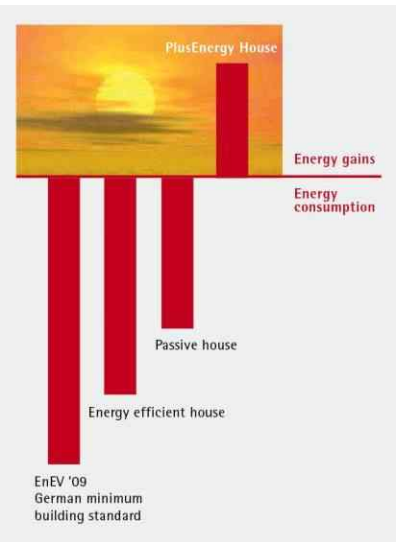


그림 469 환기설비 덕트배관방법 설명

나. Rolf Disch Solar Architektur

Rolf Disch, Solar Architecture 대표와 제로에너지주택(플러스에너지주택)에 대한 토론 및 현장 강연(Heliotrope, Solar Settlement, Sun Ship)을 통해 태양광발전시스템 적용 기술 및 시공 상의 주요 고려사항 확인 그리고 생활(운영)방식 전환 등 질의사항 논의

◦ 목표는 PlusEnergy이다. PlusEnergy를 위해서는 복잡한 건물 기술을 구체화할 수 있는 최고와 최신 건축 기술이 필요하며, 경제적인 측면의 고려도 근본적으로 필요하다.



◦ PlusEnergy주택은 세 가지의 목표를 충족시킨다. 100 % 재생 가능 에너지에 의해 독점적으로 지원되며, 더 많은 에너지를 생성하는 것으로 매우 광범위하게 에너지 소비를 감소시킨다. 또한 건축 자재 및 실현 가능한 주택시장 가격의 선택을 가져온다.

◦ 프라이부르크의 태양광발전시스템에서 수집 된 데이터에 따르면, 6.3 kW의 최대 전력 출력 49 ㎡ 태양 전지 패널의 설치. 이집은 연간 79 kWh/㎡를 사용하며, 아직 매년 연간 115 kWh/㎡을 생산하고 있다. 따라서 36 kWh/㎡의 잉여 에너지 발생한다. 앞으로 계획에서 최신 PlusEnergy 주택 단지로, 잉여 에너지가 120 kWh/㎡ 발생하는 것을 목표로 한다. 즉 PlusEnergy가 새로운 표준을 설정하는 방법이 될 수 있다.

◦ 저에너지 주택이 너무 많은 에너지를 소모하며, 패시브하우스 자체가 여전히 대기 중에 CO2를 방출하기 때문이다. 패시브하우스만으로는 충분하지 않다. 또한 여전히 생활에너지는 많이 사용되고 있고 생활방식 및 인식을 바꾸는 것도 중요하다. 그리고 태양으로 우리의 주택(건물)을 활성화 할 수 있다.

◦ 태양은 에너지 혁명의 열쇠이다. 건물에 수동 및 능동 태양 에너지를 최적화하는 방법이 필요하다. 지붕은 태양에너지를 가장 잘 받아들일 수 있고 광범위하게 사용할 수 있는 공간이다. 전기 및 열에너지를 생산할 수 있다. 겨울 태양 광선이 가정에 침투 할 수 있도록 하고 차양을 잘 테스트하고 잘 검증하여 사용하면 높은 여름 태양으로부터 보호할 수 있다.



◦ 건물이 생성하는 에너지는 그 건물 내에 유지해야한다. 현대적인 건물이 잘 설계된 외관을 필요로 하는 이유이다. “Sun Ship“의 사례를 볼 때, 이러한 필요한 조치를 관찰 할 수 있다. 특수 창 및 진공 단열 패널로 채워진 벽면 그리고 열 회수와 환기 외관에 통합 등이 있다.



그림 472 Rolf Disch 자문



그림 473 'Heliotrope' 기계실



그림 474 'Sun Settlement 및 Sun Ship' 현장설명



그림 475 'Sun Settlement' 태양광발전시스템



그림 476 'Sun Ship' 환기장치 디자인



그림 477 'Sun Ship' 창호 및 캐노피 설치 상세

6.2 독일 패시브 주택 및 단지 기술자료

가. 패시브하우스 공동주택 리모델링 완공 및 현장

◦ 고밀도 셀룰로오즈 단열재와 단열패스너를 이용한 고층공동주택 외단열 시공현장 방문

◦ 고층아파트(20층)임에도 불구하고 각 층마다 비계를 설치하여 외단열 및 창호공사를 실시

◦ 프리캐스트 콘크리트 발코니를 적용을 통해 평면변화 및 열교방지

평면변화를 통한 세대수 증가로 리모델링에 대한 경제성 높임

다양한 가족유형 수용가능

◦ 중앙집중 환기장치를 이용한 공조방식 선택

공동주택으로서 설비관리가 편리하고, 주택내부에서도 3단계의 공기조절이 가능함

폐열회수 환기장치 적용을 통해 세대별로 에너지손실을 최소화한 환기계획이 가능함

옥상에 기계실을 만들어 설비유지관리가 용이함

◦ 주민참여를 통한 리모델링 진행

주민 공동공간 사용규칙과 설계단계에서 평면변경에 대한 주민의견 수렴

층별 아이덴티티 부여와 공동체 구성을 위한 프로그램(심볼 만들기) 구성을 통해 패시브하우스에 대한 이해도와 활용도를 높임



그림 478 외단열시공현장



그림 479 리모델링 완공주택



그림 480 열병합 발전시설

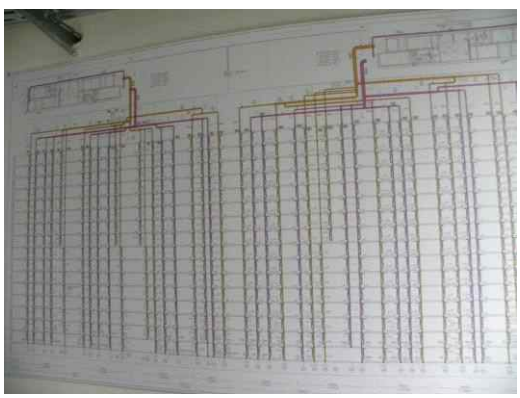


그림 481 공동주택 환기설비도면

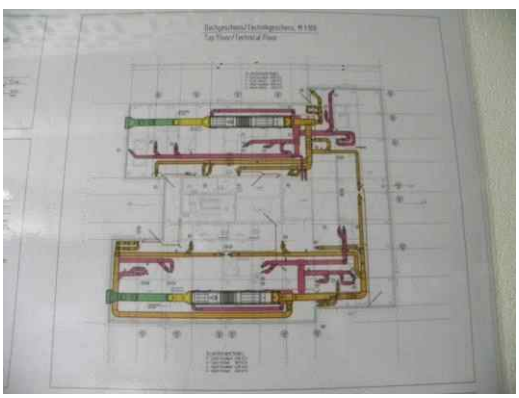


그림 482 공동주택 층별 환기설비도면



그림 483 최상층 기계실(환기설비)



그림 484 최상층 기계실(덕트 단열)



그림 485 층별 심볼(주민참여 프로그램)



그림 486 상호 프로젝트에 대한 설명 및 토론

나. 보봉 패시브하우스 · 저에너지 단지 자료

◦ 친환경자재를 사용해 최소의 비용으로 설계 및 시공한 보봉 주민센터 방문

목재 구조체와 설비 등을 노출하여 실내마감비용을 최소화 하고 저에너지 수준의 건축설계를 통해 운영, 유지비용을 최소화함.

◦ 단지의 필요한 에너지를 보봉단지 내 열병합 발전시설에서 생산하여 소규모 지역단위로 공급. 단지규모의 에너지자급시설을 확보함.

◦ 저에너지주택 및 패시브하우스의 경제성과 비용절감에 대한 고찰 아래 이루어진 공동주거 프로젝트(연립주택) 방문

◦ 단지 내 동호회에서 비용을 최소화한 패시브하우스 프로젝트를 발주하여 단순한 외관디자인과 저렴한 자재 등을 사용한 패시브하우스 주택 설계 및 시공사례 견학

동일한 프로젝트를 파리 등에서도 시공하여 설계안에 대한 수출선례를 확인

◦ 최초의 패시브하우스 공동주택 방문

패시브하우스 성능의 주택이며 각 세대마다 창호의 면적이 다름. 입주 전 세대별 평면계획을 달리하고 그에따른 창호크기를 변경하여 입면의 다양성을 확보(그에 따른 에너지시뮬레이션이 필요할 것으로 보임)

◦ 각종 친환경 에너지시스템을 활용하여 CO2 배출량 80%절감

◦ BIPV 시스템을 통해 태양광에너지 활용

◦ 열병합 발전을 통해 온수와 난방열 활용



그림 487 보봉단지 내 열병합발전 시설



그림 488 구조와 설비를 노출한 주민센터 내부



그림 489 저비용의 패시브하우스 프로젝트 1



그림 490 저비용의 패시브하우스 프로젝트



그림 491 최초의 패시브하우스 공동주택(남측입면)



그림 492 패시브하우스 공동주택 기계실 내부

제7장. 연구개발성과의 보안등급

보안등급 분류	보안	일반
		√
결정 사유	-	

제8장. 국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설·장비 현황

- 해당없음

제9장. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전 조치 이행 실적

가. 본 과제 수행과 관련하여 명지대학교 안전관리 정책에 적극 협조하여 연구실 안전을 확보한다.

나. 연구실 안전관리 계획

◦ 안전관리규정 연구실 비치 및 준수

- 본 과제 수행 연구실에 안전관리규정(명지대학교)을 비치하고 과제참여자들에게 규정 숙지 및 준수 교육을 정기적으로 실시한다.

◦ 연구실 안전점검 체계

- 안전관리담당자를 지정하여 매일 실험시작 전 일일안전점검을 실시하며, 대학본부에서 정

기적으로 시행하는 각종 안전점검에 성실하게 협조하여 안전확보를 도모한다.



◦ 교육 훈련

- 신규 연구활동종사자 : 전문기관에 의뢰하여 위탁교육 실시(교육이수증 확보, 신규교육-8시간 이상)
- 기존 연구활동종사자 : 대학본부 주관 집체교육 및 온라인교육 활용(정기교육-반기별 6시간 이상)

◦ 보험가입 현황

보 험 명	보 상 내 용	대 상	주관부서
연구활동종사자 상해보험	사망 : 최고 1억원/1인당 부상 : 상해등급별 정액보상(최고 1천만원 한도) 후유장해 : 후유장해등급별 정액보상(최고 1억원 한도)	연구활동종사자	시설관리팀
학교경영자 배상책임보험	사망, 상해, 후유장해 : 5천만원 한도 구내 치료비 : 300만원 한도	학부생, 대학원생	학생복지봉사팀
4대보험	4대보험 보상기준	교직원	총무인사팀

◦ 건강검진

- 산업안전보건법상 특수건강검진대상 유해인자를 취급하는 과제참여자에 대하여 일반건강검진과 특수건강검진으로 구분하여 건강검진 실시(대학본부 시행 연구활동종사자 건강검진 활용)

제10장. 연구개발과제의 대표적 연구 실적

번호	구분	논문명/특허명/기타	소속 기관명	등록 국가	논문 게재일 /특허 등록일	사사 여부	특기 사항
1	특허	외단열 벽체의 개구 주연부 구조	명지대학교 산학협력단	대한민국	2017-11-22	Y	
2		창호유리의 열적 성능 측정 시스템 및 그 방법	명지대학교 산학협력단	대한민국	2017-01-23	Y	
3		축열 전달 방지형 파리펙 구조체 및 그 시공방법	명지대학교 산학협력단	대한민국	2015-09-16	Y	
4		고정형 수직 차양 장치 및 그 시공방법	명지대학교 산학협력단	대한민국	2016-10-24	Y	
5		외단열 벽체의 창틀 시공방법 및 그 시공 구조체	명지대학교 산학협력단	대한민국	2016-10-11	Y	
6		샌드위치패널 벽체의 외부 마감 방법	명지대학교 산학협력단	대한민국	2016-10-07	Y	
7		열교 차단형 외부통로 연결 구조체 및 그 시공방법	명지대학교 산학협력단	대한민국	2016-09-27	Y	
8		열교 차단형 외부통로 연결 구조체 및 그 시공방법	(주)제드건축사사무소	대한민국	2016-09-29	Y	
9		갱폼을 이용한 단열재 일체형 외단열시스템	(주)케이씨씨건설	한국	2017.03.03	Y	
10	기타(시제품)	제로에너지 Mock-up 주택	(주)케이씨씨건설	대한민국	2014. 08 ~ 2014. 12	Y	
11		제로에너지주택 실증단지	(주)케이씨씨건설	대한민국	2015. 10 ~ 2017. 09	Y	
12		제로에너지주택 실증단지 복합에너지스템	(주)케이씨씨건설	대한민국	2015. 10 ~ 2017. 09	Y	
13		제로에너지 주택단지 홍보관	프리모케이앤에스(주)	대한민국	2017. 08 ~ 2017. 10	Y	
14	도서	건축물 중심 제로에너지도시	명지대학교	대한민국	2017.10	Y	
15		제로에너지 실증단지 설계디테일	(주)제드건축사사무소	대한민국	2018.04	Y	
16		제로에너지주택 어떻게 설계하나요?	명지대학교	대한민국	2018.04	Y	
17		제로에너지주택, 어떤 자재를 사용하나요?	명지대학교	대한민국	2018.04	Y	
16	소프트웨어	제로에너지 미들웨어	누리텔레콤	대한민국	2016.03.03	Y	
17		제로에너지 세대별 모니터링시스템	누리텔레콤	대한민국	2016.03.03	Y	
18		제로에너지 운영자용 모니터링시스템	누리텔레콤	대한민국	2016.03.03	Y	
19	논문	단독주택 에너지절약형 입면디자인 보급화 방안 연구 -	명지대학교 산학협력단	대한민국	2014.09	Y	
20		노원에코센터(제로에너지건물) 연간 에너지모니터링 결과 분석 연구	명지대학교 산학협력단	대한민국	2014.10	Y	
		에너지효율주택의 최대투자규모 추정; 제로에너지주택을 중심으로	명지대학교 산학협력단	대한민국	2014	Y	
21		Needs and Demands for Zero-Energy Housing District: A Case of Korean Households	명지대학교 산학협력단	국제: 베트남	2014.11	Y	

		해외 제로 에너지주택 비즈니스 모델 사례와 시사점	명지대학교 산학협력단	대한민국	2014.11	Y	
		제로에너지주택의 경제성 평가에 관한 연구	명지대학교 산학협력단	대한민국	2014.11	Y	
22		저소득층 장애인 주택 주거환경 및 에너지 효율 개선을 위한 개·보수 사례 연구	명지대학교 산학협력단	대한민국	2015.01	Y	
23		Needs And Demands For Zero-Energy Housing: A Case Of Korea Households	명지대학교 산학협력단	국제; 말레이시아	2015.01	Y	
24		제로에너지건축물 계획을 위한 국내외 에너지성능 관련 제도의 평가도구 비교분석 및 개선방 안 연구	명지대학교 산학협력단	대한민국	2015.04	Y	
25		용적률이 패시브 공동주택 난방에너지 요구량에 미치는 영향 분석	명지대학교 산학협력단	대한민국	2015.05	Y	
26		패시브 공동주택 세대 위치별 에너지 요구량에 따른 냉난방 에너지 비용 연구	명지대학교 산학협력단	대한민국	2015.07	Y	
27		Zero =energy housing for Low-Income Households analysis of willingness to reside and willingness to pay	명지대학교 산학협력단	국제 : 미국	2015.07	Y	
28		건축물 에너지 절감 목표의 경제적 타당성	명지대학교 산학협력단	대한민국	2015.10	Y	
29		건물 에너지 효율 향상을 위한 창의 유리 설치 후 열적 특성 평가방법에 관한 연구	명지대학교 산학협력단	대한민국	2016.01	Y	
30		제로에너지 공동주택 추가 공사 요소의 장기 수선 계획 분석	명지대학교 산학협력단	대한민국	2016.02	Y	
31		소규모 상업시설 에너지(전력) 소비특성에 따른 계약전력 적정성 분석 연구(서울시를 중심으로),	명지대학교 산학협력단	대한민국	2016.06	Y	
32		건축물 에너지 효율등급 강화에 따른 주택건설의 경제적 파급효과 분석	명지대학교 산학협력단	대한민국	2016.10	Y	
33		태양광 전지판 설치를 통한 제로에너지 가능 공동주택 층수에 관한 연구	명지대학교 산학협력단	대한민국	2016.11	Y	
34		임대주택 에너지소비 현황조사를 통한 에너지 부하별 사용량 비교분석 연구	SH도시연구원	대한민국	2016	Y	
35		REHVA World Congress CLIMA 2016,	SH도시연구원	덴마크	2016.05	Y	
36		SBE 2016_A Study on Integrated Implementation Methodology for Zero energy Apartment Housing in Korea under a New Climate System	명지대학교 산학협력단	대한민국	2016.10	Y	
37		SBE 2016_A study on optimizing building cost for apartment model with high Energy performance,	명지대학교 산학협력단	대한민국	2016.12	Y	
38		SBE 2016_A Study on Measuring Windows Thermal Performance for data based on Replacing	명지대학교 산학협력단	대한민국	2016.12	Y	
39		제로에너지주택의 입주의사와 그 결정요인	SH도시연구원	대한민국	2017.02	Y	
40		제로에너지주택의 감정평가기법에 관한 연구	명지대학교 산학협력단	대한민국	2017.06	Y	
41		A study on a real estate appraisal of zero energy housing	명지대학교 산학협력단	국제 : 대만	2017.07	Y	
42		에너지 효율주택에 대한 선호와 수요 ; 제로에너지주택에 대한 주민 설문조사를	명지대학교 산학협력단	대한민국	2017.08	Y	

		바탕으로-					
43		에너지효율주택의 감정평가 원가법과 DCF법의 적용	명지대학교 산학협력단	대한민국	2017.12	Y	
44		Applying Passive House Standard techniques to the first zero energy housing complex in Nowon District, Korea	명지대학교 산학협력단	국제	2018.03	Y	
45		패시브 공동주택 계획을 위한 설계 중점항목 및 관련 기준 연구	명지대학교 산학협력단	대한민국	2018.05	Y	
46		A Review of Zero Energy Housing Regulations for Low-Income Households	명지대학교 산학협력단	국제	2018	Y	SCOPUS index

제11장. 기타 사항

- 해당없음

주 의

1. 이 최종보고서는 국토교통부에서 시행한 “제로에너지주택 최적화모델 개발 및 실증단지 구축연구” 사업의 연구보고서입니다.

2. 이 최종보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 사업의 연구개발성과임을 밝혀야 합니다.

3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.