

2025 제로에너지건축 전문인력 양성교육

보급형 입문교육



2025
제로에너지건축
전문인력 양성교육

보급형 입문교육 6기(부경대)

Contents

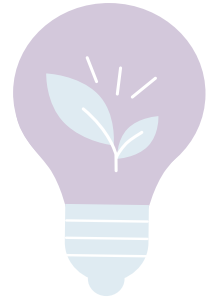
2025 제로에너지건축 전문인력 양성교육
보급형 입문교육 6기(부경대)



PART
A

ZEB 기술

A.1 ZEB 패시브 기술 개요	28
1. 패시브 기술 개념	28
2. 패시브 요소 기술1	34
3. 패시브 요소 기술2	39
A.2 ZEB 액티브 기술 개요	44
1. 액티브 기술의 기본 개념	44
2. 공조설비 개요	54
3. 열원/급탕/조명설비 개요	66
A.3 ZEB 신재생 기술 개요	76
1. 신재생 기초 및 지열	76
2. 태양광 및 태양열	88
3. 기타 신재생 기술	98



PART
B

ZEB 사례

B.1 ZEB 건물 설계 사례(주거)	134
1. 에너지자립주택 이노채	134
2. 단지 경관계획과 친환경설계	137
3. 이노채_그린	143
4. 이노채_갤러리	146
5. 이노채_컴포트	148
6. 주요 녹색 기술	150
B.2 ZEB 건물 설계 사례(비주거)	154
1. ZEB 통합설계 프로세스	154
2. 세운 5-1, 3구역 기부채납시설 ZEB 사례	156



2025
제로에너지건축
전문인력 양성교육

보급형 입문교육



ZERO ENERGY BUILDING
TRAINING TO BE PROFESSIONALS

PART A

ZEB 기술

[A.1]

ZEB 패시브 기술 개요

패시브 기술 개념

패시브 요소 기술1

패시브 요소 기술2

[A.2]

ZEB 액티브 기술 개요

액티브 기술의 기본 개념

공조설비 개요

열원/급탕/조명설비 개요

[A.3]

ZEB 신재생 기술 개요

신재생 기초 및 지열

태양광 및 태양열

기타 신재생 기술

A.1

ZEB 패시브 기술 개요

교육 목표

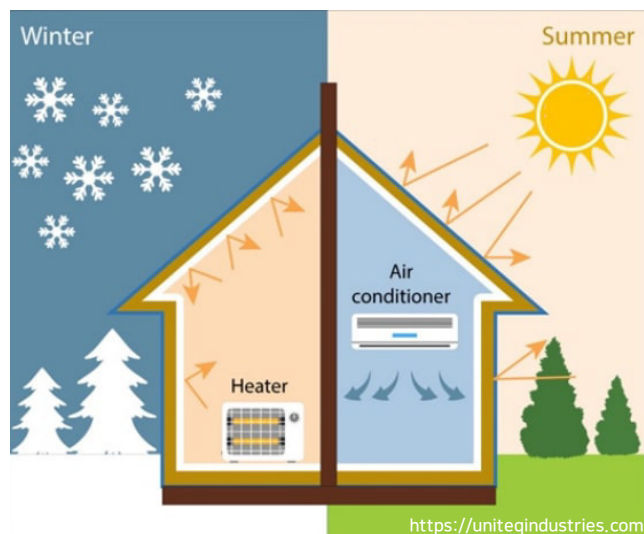
ZEB 패시브
기술 개요

- * ZEB 구현을 위한 건물의 에너지 사용 흐름의 이해
- * ZEB 구현을 위해 우선적으로 적용해야 하는 패시브 개념의 이해
- * 건물배치와 형상이 건물의 에너지성능에 미치는 영향력의 이해
- * 고단열, 고기밀 관련 기술들의 주요 내용 이해
- * 창호 성능 관련 용어 학습 및 관련 개념 이해
- * 자연채광 및 자연환기의 효과와 방식 이해

1 패시브 기술 개념

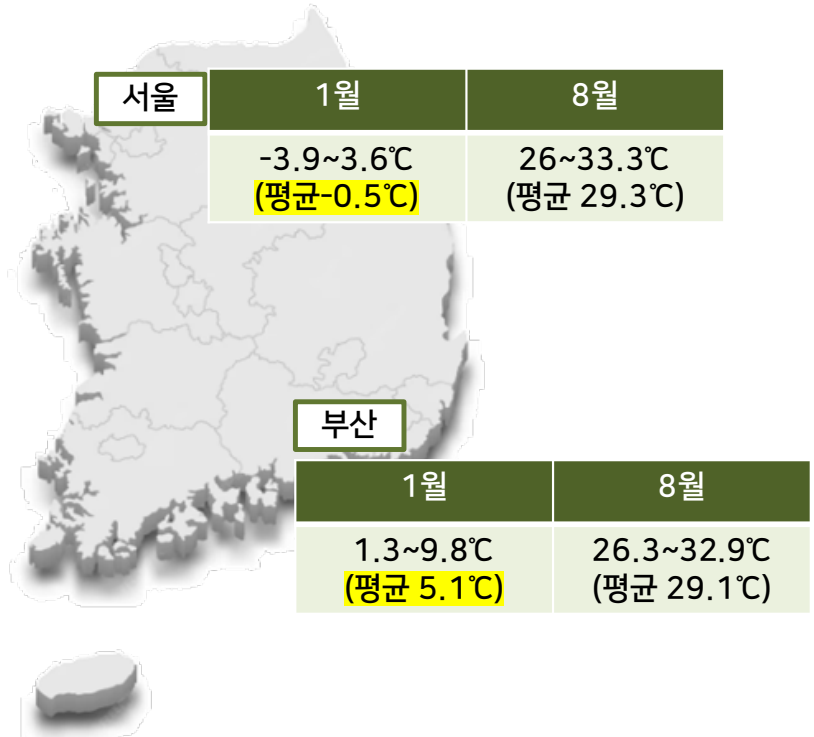
◎ 건축물의 역할

- 건축물의 역할 중 하나는 실내환경을 쾌적조건으로 유지하는 것
- 여름에는 실외로부터 유입되는 열을 차단하고, 실내에서 발생하는 열을 제거해야 함(냉방)
- 겨울에는 실외로 유출되는 열을 차단하고, 실내에 열을 발생시켜야 함(난방)



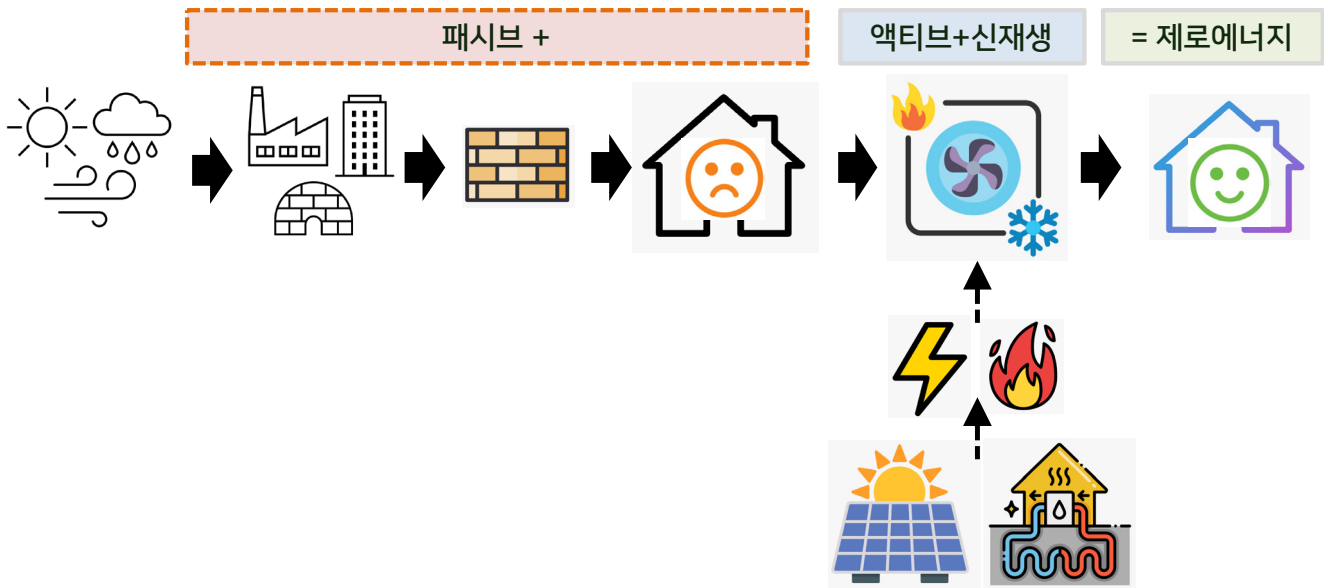
◎ 외부환경(기후)

- 우리나라는 사계절 기후로 여름에는 덥고 습하고 겨울에는 춥고 건조함
- 또한 지역별로도 기후차이가 발생함(중부, 남부, 제주)



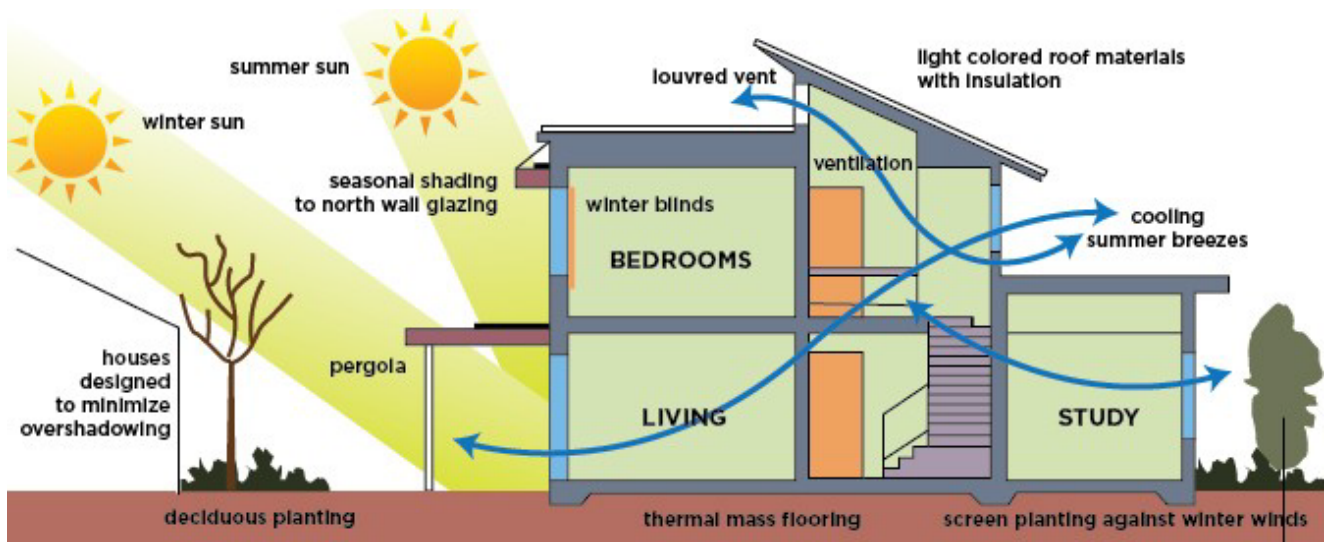
◎ 건물에서의 에너지 사용 흐름과 ZEB

- 패시브 설계 - 외피 성능 등에 의해 1차적으로 실내환경이 결정 될 때, 요구되는 에너지를 최소화시키는 것
- 액티브 설계 - 1차적으로 결정된 실내환경을 건물 사용자가 원하는 조건으로 개선하기 위해 투입되는 설비
- ZEB 구현 개념 - 액티브 설비 운영을 위해 필요한 에너지를 신재생에너지로부터 생산하는 것
- 패시브 설계는 액티브와 신재생 도입 전에 실시되며, 건물의 에너지 체력(Potential)을 강화



◎ 패시브 디자인

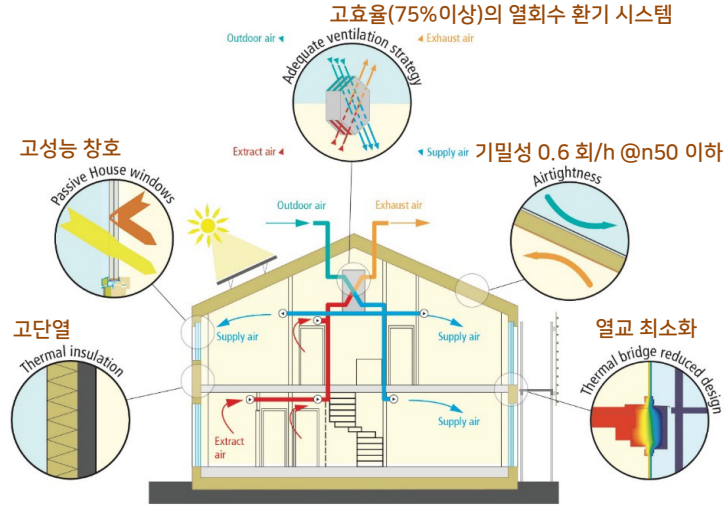
- 쾌적한 실내환경을 조성하면서 에너지 사용량이 낮은 건물을 구현하기 위해 자연에너지를 활용한 건축계획 기법
- 건축계획 기법: 건물 배치 및 형상, 단열과 기밀, 환기, 일사 조절 등



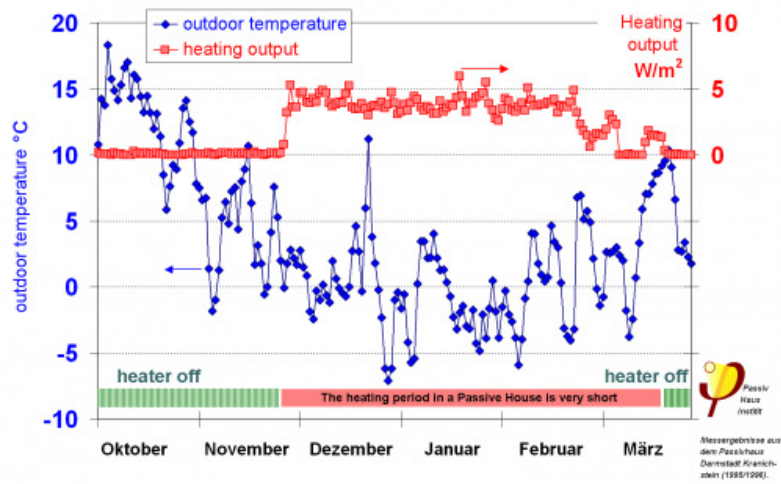
Source: <https://greenhome.osu.edu/passive-design>

◎ 패시브 하우스

- 별도의 난방 또는 냉방 시스템 없이도 쾌적한 실내 환경을 유지할 수 있도록 설계된 초고효율 에너지 주택



<https://passiv.de/>



- 독일에서 처음 시작된 개념으로 국내 건축적 특징과 기후조건 등을 고려하여 1차에너지소요량 기준 상이
- 국내 패시브하우스 인증과 ZEB 인증의 경우 가전기기 소비량을 고려하지 않으나, 독일 패시브 하우스인증은 포함

◎ 패시브 기술의 종류

- 건물 배치 및 형상 / 외피의 단열과 기밀 / 일사조절 / 자연환기



◎ 패시브 기술의 특징

- 운영비용(에너지) 불필요
- 건축물 계획단계에서 적용
- 우선적 수단
- 건물 운영단계 온실가스 배출 없음

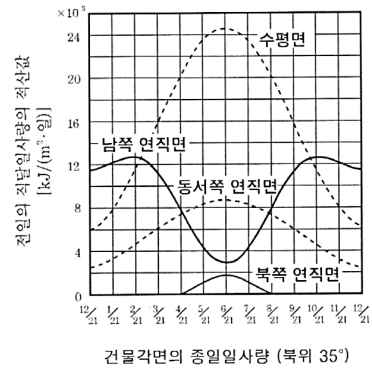
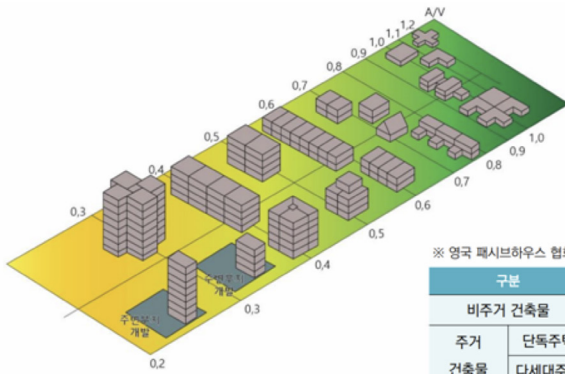
◎ 참고서적 및 사이트

1. <https://uniteqindustries.com>
2. <https://greenhome.osu.edu/passive-design>
3. <https://passiv.de/>
4. 기상자료개방포털

2 패시브 요소 기술1

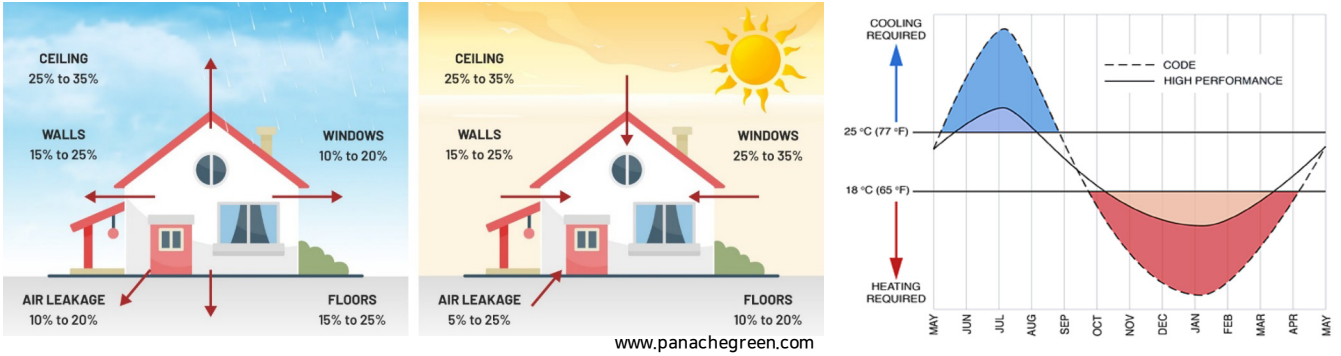
◎ 건물 배치 및 형태계획

- 동일한 형태여도 방위에 따라 열손실과 열 취득에 현저한 차이가 발생함
- 외기와 접하는 면적이 클수록 열손실이 증가하므로 단순한 형태를 지향
- 정방형에 가까울수록 연간 부하 감소(연기와 면하는 면적이 적으므로)
- 장방형 계획 시, 동서축으로 길게 계획하는 것이 유리함



◎ 고단열 외피

- 단열: 외피에서 발생하는 열이동을 차단하는 것
- 외피의 단열성능이 좋음 = 외기변화에 민감하지 않음

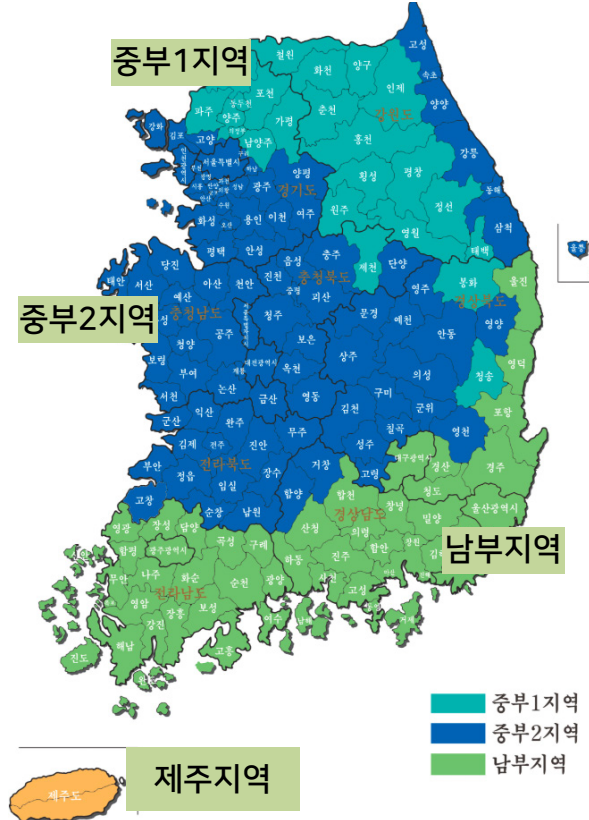


- 외피의 단열성능은 열관류율(U-value [$W/m^2 K$])로 정의
- 열관류율: 실내외 온도차가 1K일 때 단위 면적당 전달되는 열량
- 열관류율 값이 낮을수록 외피의 단열성능이 우수

자료	일반적인 단열재 10cm	비드법 1호(EPS) 10cm	진공단열재(실리카) 10cm
U-Value 예시	0.4	0.34	0.08

◎ 고단열 외피 | 외피 성능 규정

- '건축물의 에너지절약설계기준'의 별표1 '지역별 건축물 부위의 열관류율표'
- 최소한의 단열성능 규정이며, ZEB 구현을 위해 상향된 단열성능으로 설계 가능


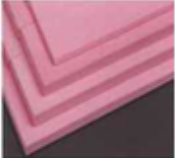
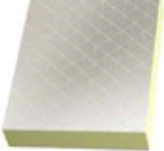
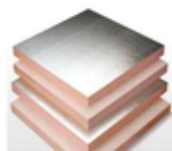




(단위: W/m²·K)

공동주택	중부1	중부2	남부	제주도
외벽	0.15	0.17	0.22	0.29
지붕	0.15	0.15	0.18	0.25
바닥난방	0.15	0.17	0.22	0.29

◎ 고단열 외피 | 단열재의 종류와 선정

- 유기질과 무기질로 구분
- 재료의 단열을 포함한 성능, 불연성능, 가격 등을 고려하여 최적의 단열재 선정

구분	유기질 단열재				무기질 단열재	
	EPS	XPS	PUR	PF	그라스울	미네랄울
제품모습						
KS 규격	KSM 3808	KSM 3808	KSM 3809	KSM 4898	KSL 9102	KSL 9102
단열성	0.031~0.043	0.027~0.033	0.024~0.029	0.022~0.039	0.032~0.036	0.034~0.039
불연성	연소성	연소성	연소성	준불연성	불연성	불연성
특징	가격 저렴	물성 우수	단열성 우수	단열성 우수	화재 안전	화재 안전

https://www.kharn.kr/data/photos/20200415/art_15863299828646_451427.png

◎ 고단열 외피 | 단열재의 위치

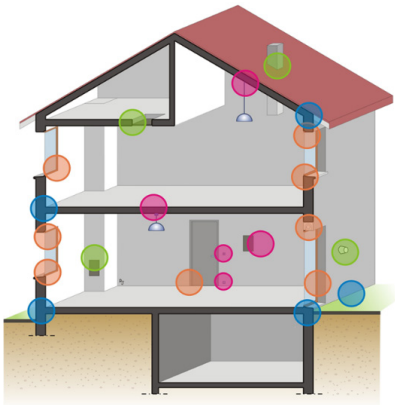
- 단열재 위치에 따라 내단열, 중단열, 외단열로 구분
- 열교(Heat bridge)를 최소화 하고 표면 결로 발생을 막기 위하여 단열재 위치 선정이 중요
- 열교: 외피 내외를 통한 열적 이동경로



◎ 고기밀 외피 | 건물의 기밀성능

- 건물에서는 다양한 경로로 침기가 발생하며 이는 에너지 손실과 쾌적성 저하 야기
- 가장 대표적인 기밀성능의 정의는 시간당 환기횟수(ACH50, N50)
- 현장측정(Blower Door Test)을 통해 실내외 압력차를 50pa로 조정했을 때의 침기량 확인 가능
(0.5 ach = 1시간동안 체적의 50% 교환됨)

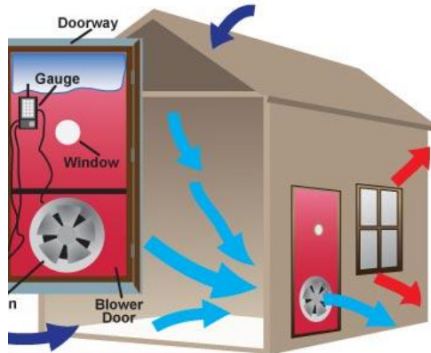
침기발생 부위



- 건식구조에서 벽과 다른 벽 또는 바닥과의 접합부
- 창틀과 구조체와의 접합부
- 전기기구를 위한 공배관
- 기계설비를 위한 각종 개구부

<https://www.phiko.kr/>

Blower door test



<https://images.finehomebuilding.com/>

기밀시공의 예



www.daumcdn.net/cfile276

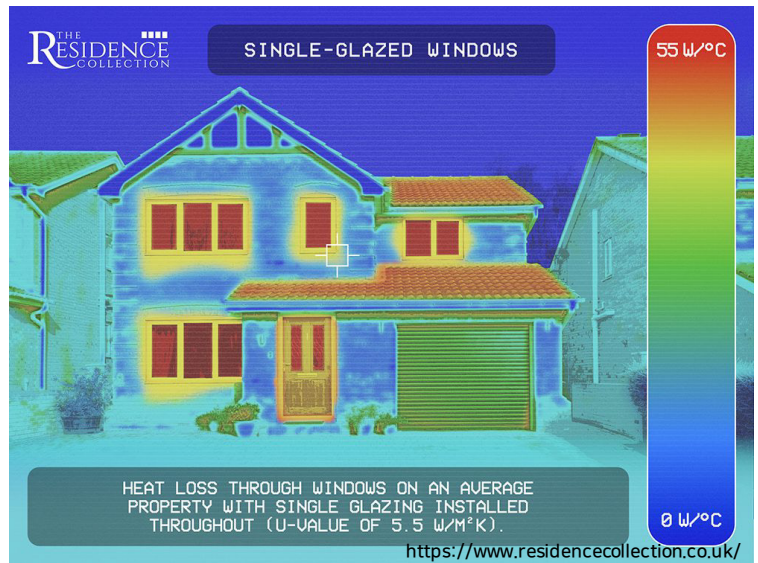


www.woodn-home.com

3 패시브 요소 기술2

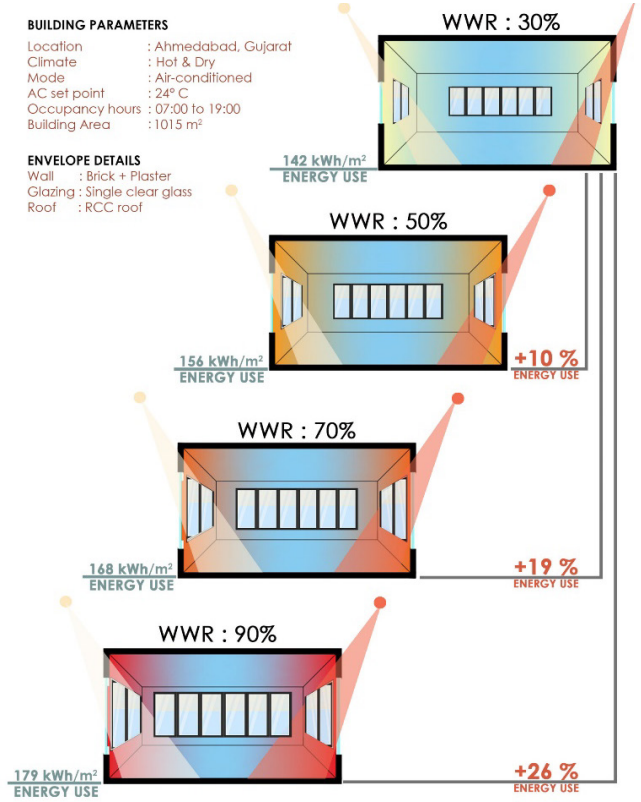
◎ 다양한 창의 역할

- Natural Lighting
- Thermal Insulation
- Ventilation
- Solar Gain
- Noise Reduction
- Visual Comfort



◎ 창면적비

- 창면적비(WWR, Window-Wall Ratio): 외피 면적 중 창호 면적이 차지하는 비율
- 작은 창면적비는 에너지 절감에 도움이 될 수 있으나, 자연 채광이 부족할 우려가 있으므로 조화로운 계획 필요



[별표 4] 친환경주택의 창면적비 기준

기준	Bay 수	1	2	3	4	5
	창면적비		20%이하	25%이하	31%이하	38%이하
기타	창면적비[%] = (0.0689×Bay 수 + 0.1044)×100 계산값 이하					

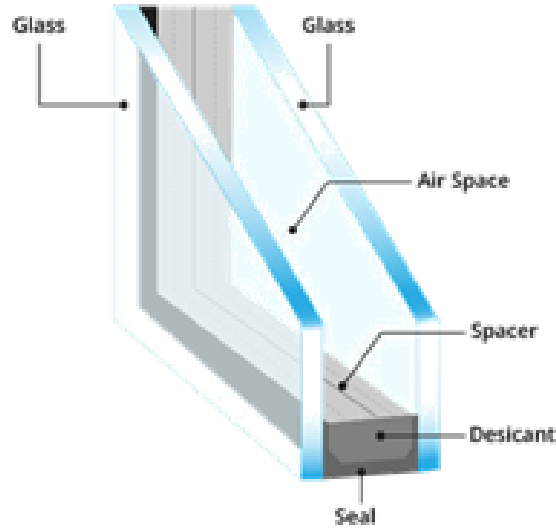
단, 펜트하우스, 테라스하우스, 복층형 및 3면개방형 등 특이평면은 실제 창 면적비를 계산하여 입력

에너지절약형 친환경주택의 건설기준

[시행 2022. 5. 2.] [국토교통부고시 제2022-235호, 2022. 5. 2., 일부개정]

◎ 고효율 창호 | 고단열 고기밀 창호

- 창호의 성능 향상을 위해서는 유리 표면의 코팅, 다중 유리 적용(중공층 및 스페이서), 프레임 고성능화 필요
- Low-e 코팅: 창을 통한 복사열전달을 줄이기 위한 저방사율의 금속/금속산화물 박막
- 중공층에 Air보다 열전도율이 낮은 가스(Argon, Krypton) 주입도 가능



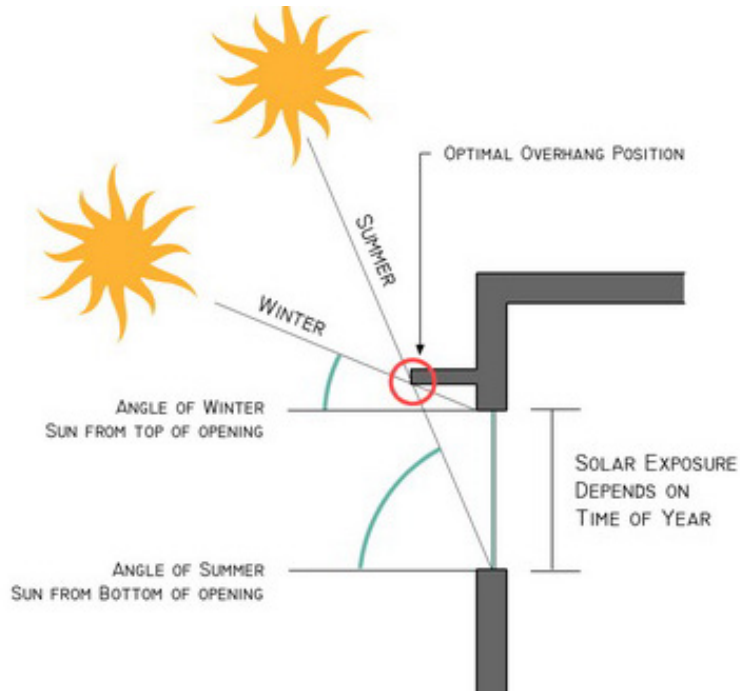
- 창호의 열적 성능은 열관류율(U-value [$W/m^2 \cdot K$])과 일사취득계수(SHGC)로 정의
- 유리 및 프레임의 조합에 의해 창호의 U-value 결정
- SHGC는 창 외표면에 도달한 일사량 대비 투과되어 실내로 유입된 일사량의 비율을 의미하며, 0~1사이의 값으로 높을수록 난방에 기여하고 낮을수록 냉방에 기여

(단위: $W/m^2 \cdot K$)

구분	중부1	중부2	남부	제주도
공동주택	0.9	1.0	1.2	1.6
공동주택 외	1.3	1.5	1.8	2.2

◎ 차양장치 | 일사조절을 위한 차양

- 여름철 창으로 유입되는 태양일사는 실내를 뜨겁게 하여 냉방 부하를 가중
- 설치위치에 따라 외부 차양, 내부 차양, 유리간 차양으로 구분
- 가동여부에 따라 고정형과 가동형으로 구분
- 녹색건축물 조정지원법에 따라 에너지 소비 절감을 위해 차양 설치가 의무인 건축물 존재



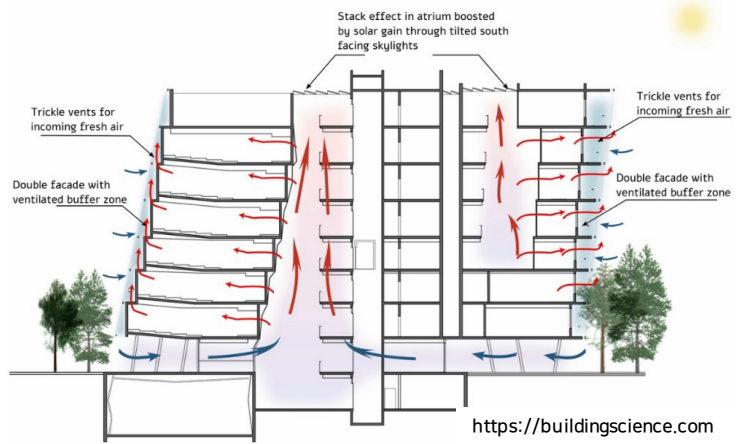
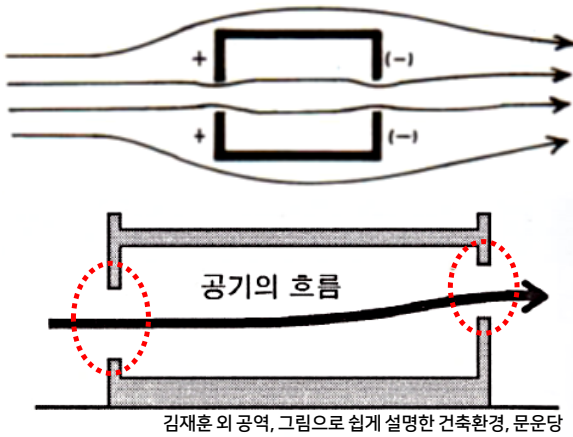
<http://tboake.com/carbon-aia/strategies1b.html>



열관류율	외벽	0.189 W/m ² ·K
	지붕	0.131 W/m ² ·K
	바닥	0.187 W/m ² ·K
	창호	0.941 W/m ² ·K
	현관문	0.631 W/m ² ·K
기밀성능(n50)		0.43 회/h

◎ 자연환기

- 동력을 사용하지 않고 풍력(압력차)이나 실내외 온도차(중력환기) 등 자연히 힘에 의한 환기
- 맞통풍(cross ventilation): 바람이 불어오는 쪽과 바람이 불어나가는 쪽에 각각 개구부를 두어 환기
- 외기냉방: 야간에 상대적으로 낮은 외기를 유입하여 실내 온도를 낮추는 방법
- 자연환기를 통해 실내 오염물질을 저감시킬 수 있으나, 공조 처리된 실내공기가 버려지면 에너지 낭비
- 자연환기는 외부 공기 환경 상태에 따라 진행되어야 함



- 즉, 자연환기는 경우에 따라 환기량이 불안정하거나 불충분한 경우가 있으므로 기계환기와의 병행 필요

A.2

ZEB 액티브 기술 개요

교육 목표

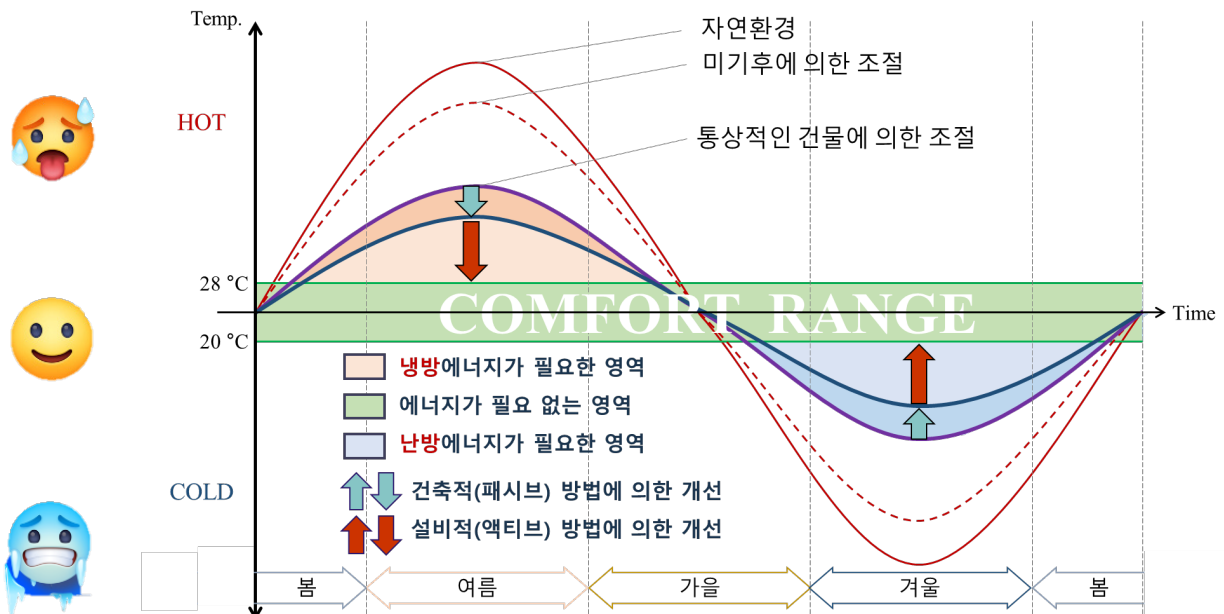
ZEB 액티브 기술 개요

- * 패시브 기술과 대비되는 액티브 기술의 의미와 역할을 이해
- * 제로에너지 빌딩 구현을 위한 설계 전략에 대한 이해 - 패시브와 액티브 기술의 조화
- * 액티브 기술을 구성하는 설비 시스템의 분류 및 세부 요소기술에 대한 개괄

1 액티브 기술의 기본 개념

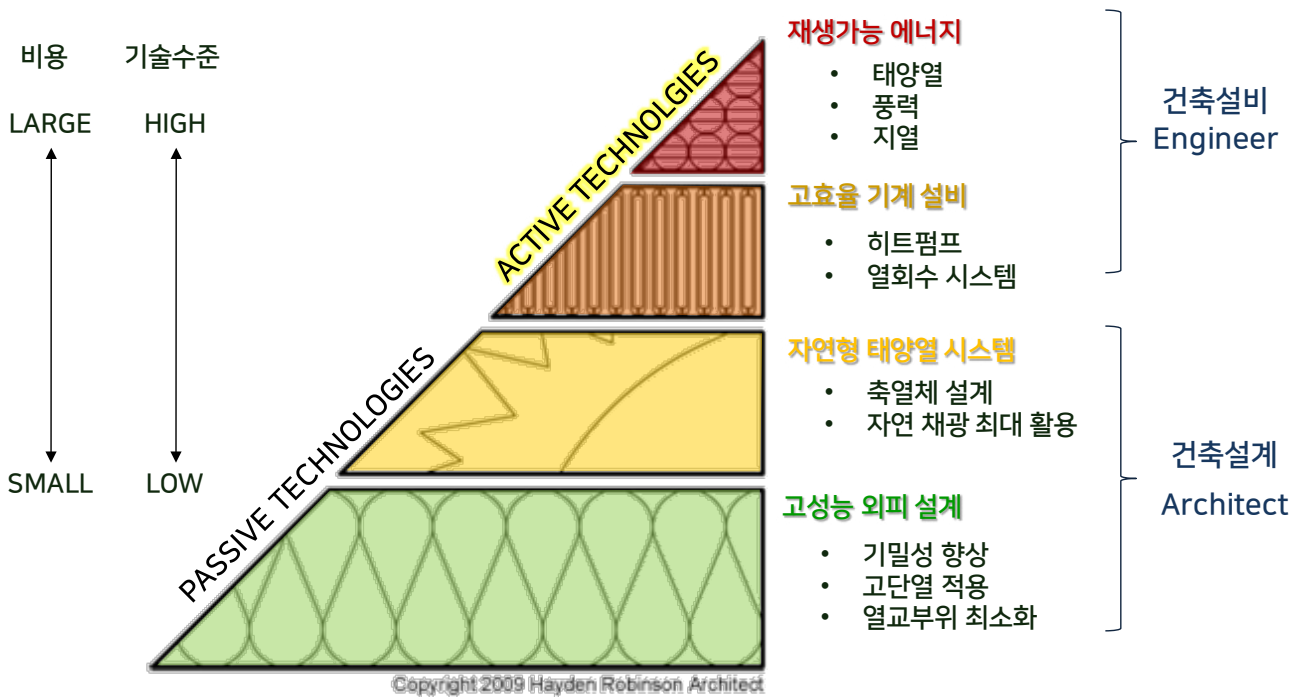
◎ 건물의 환경조절 개념

- 패시브 기술: 건물의 형태, 구조 및 외피 계획 등을 통하여 기계적 장치의 도움 없이 실내 환경 조건을 인간의 감각적 요구에 적합하도록 조절하는 방법
- 액티브 기술: 건물 내부의 환경 조절을 위하여 기계적인 설비를 이용하는 적극적인 실내환경 조절 방법



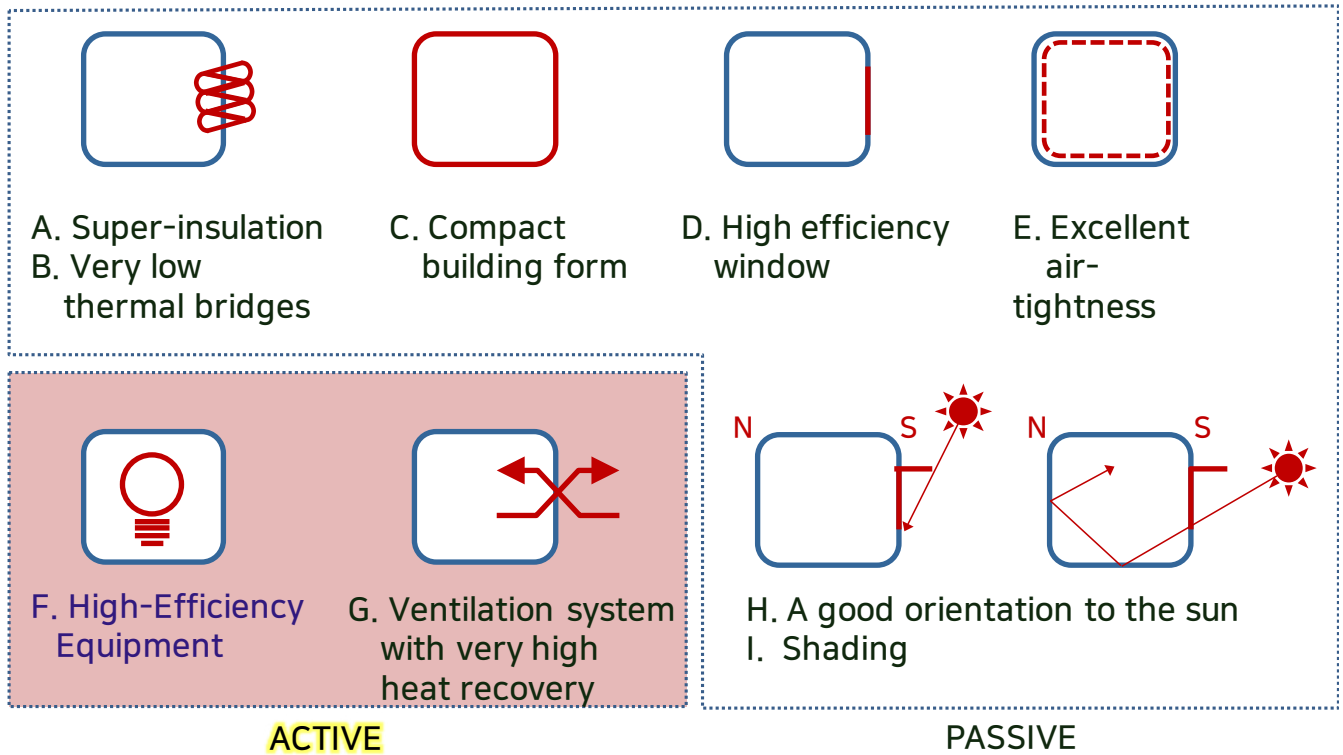
◎ 액티브 기술의 위계

- 주로 건축설계(디자인) 단계에서 패시브 기술을 결정한다면, 엔지니어링 단계에서 액티브 기술을 결정함
- 일반적으로 패시브 기술은 기술수준과 비용이 낮지만, 그 효과는 매우 큼
- 그에 반해 액티브 기술은 기술수준과 비용이 높지만 그 효과는 패시브 기술에 비해 상대적으로 낮음
- 따라서 패시브 기술을 먼저 합리적으로 적용하고, 나머지를 액티브 기술로 보완하는 것이 바람직



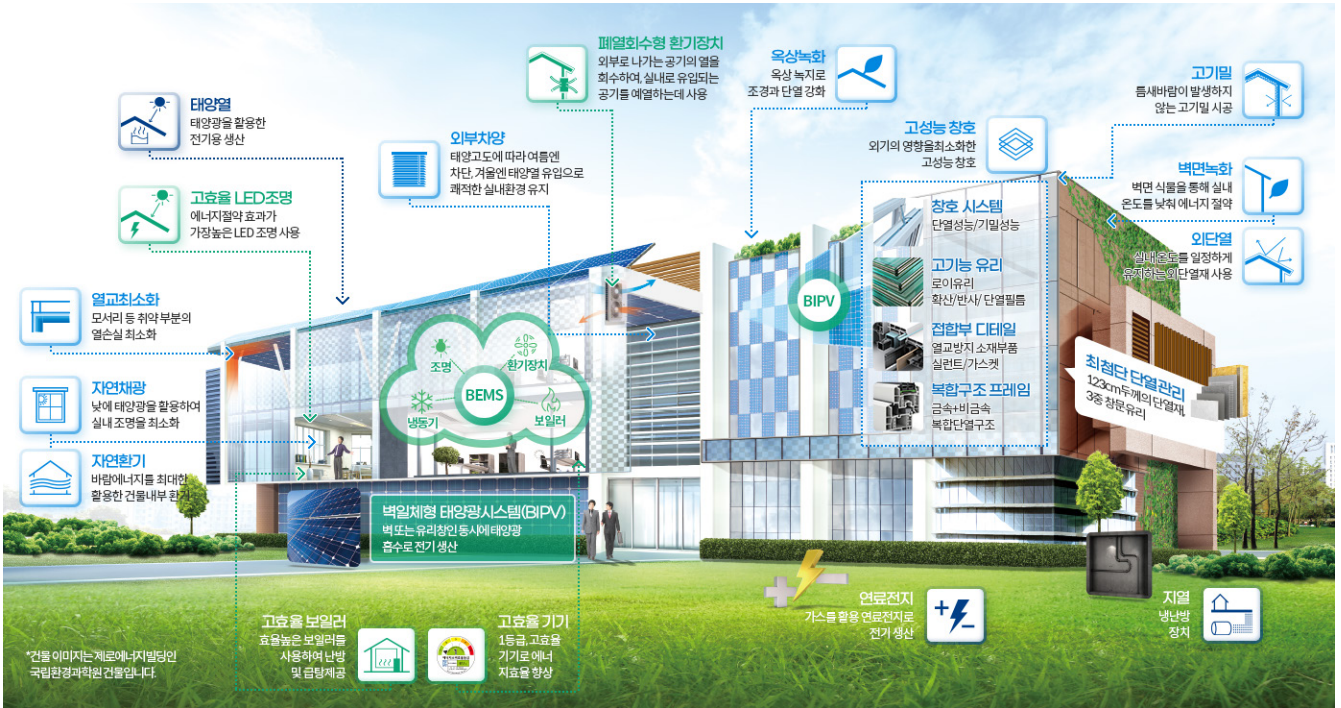
◎ 패시브 하우스에서도 액티브 기술이

- 최소한의 냉난방으로 실내환경을 유지할 수 있는 패시브 하우스도 액티브 기술 적용이 필요함
- 액티브 기술 적용에 따른 에너지 소비 최소화를 위해 고효율의 조명 및 설비, 열회수 효율이 높은 환기 시스템 등 고려



◎ 액티브 기술 적용 사례(비주거 건물)

● 국립환경과학원 지구환경 연구동(2011, 인천 서구)



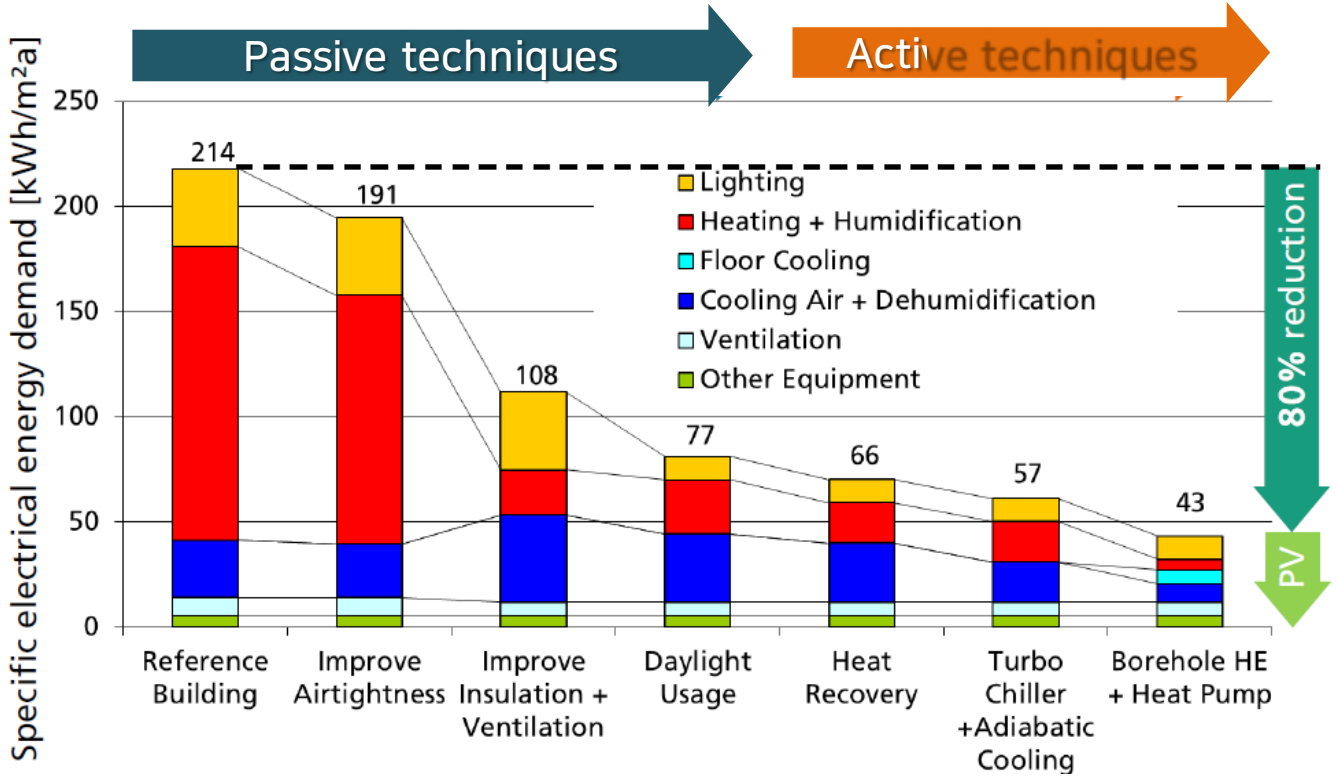
◎ 액티브 기술 적용 사례(주거 건물)

● 그린 홈 플러스(2011, 연세대학교 송도 국제 캠퍼스)



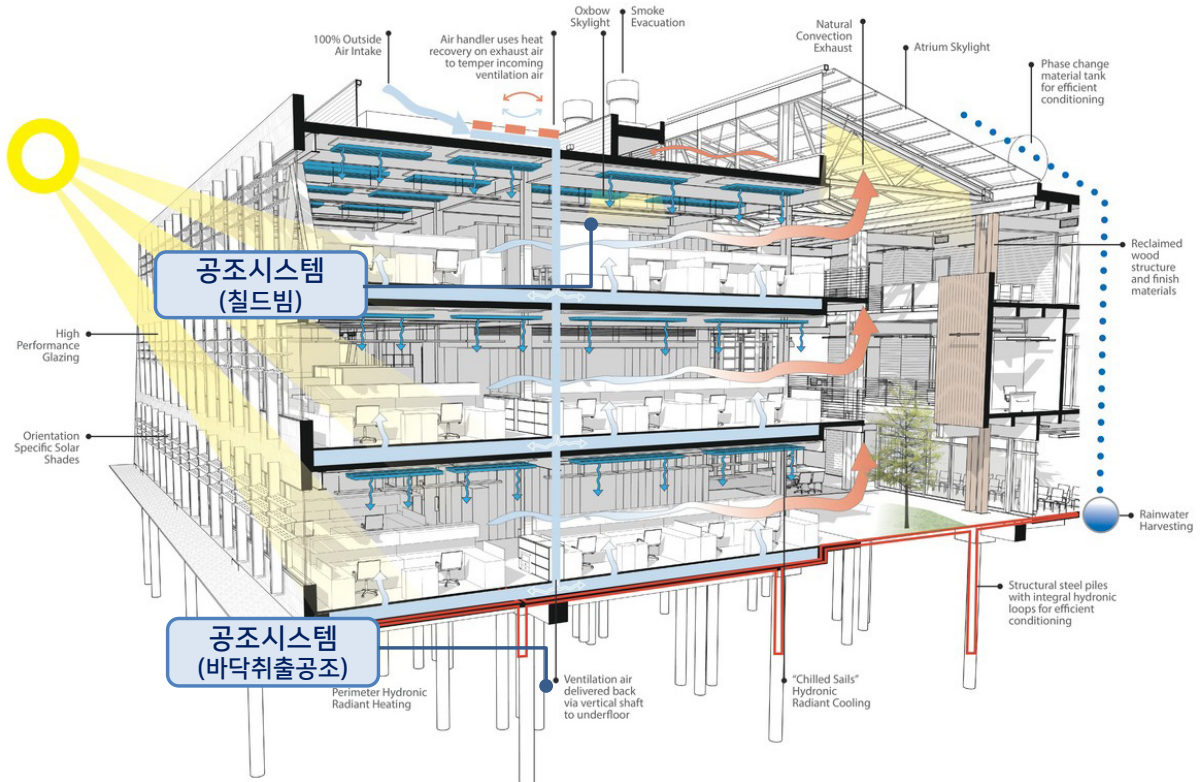
◎ 액티브 기술에 의한 에너지 절감 예시

- 서울 에너지 드림 센터(2012, 서울 마포구 상암동)
- 고단열·고기밀 외피, 자연채광 등 패시브 기술로 냉난방부하 저감
- 복사냉난방, 열회수, 지열히트펌프 등의 액티브 기술로 에너지 절감



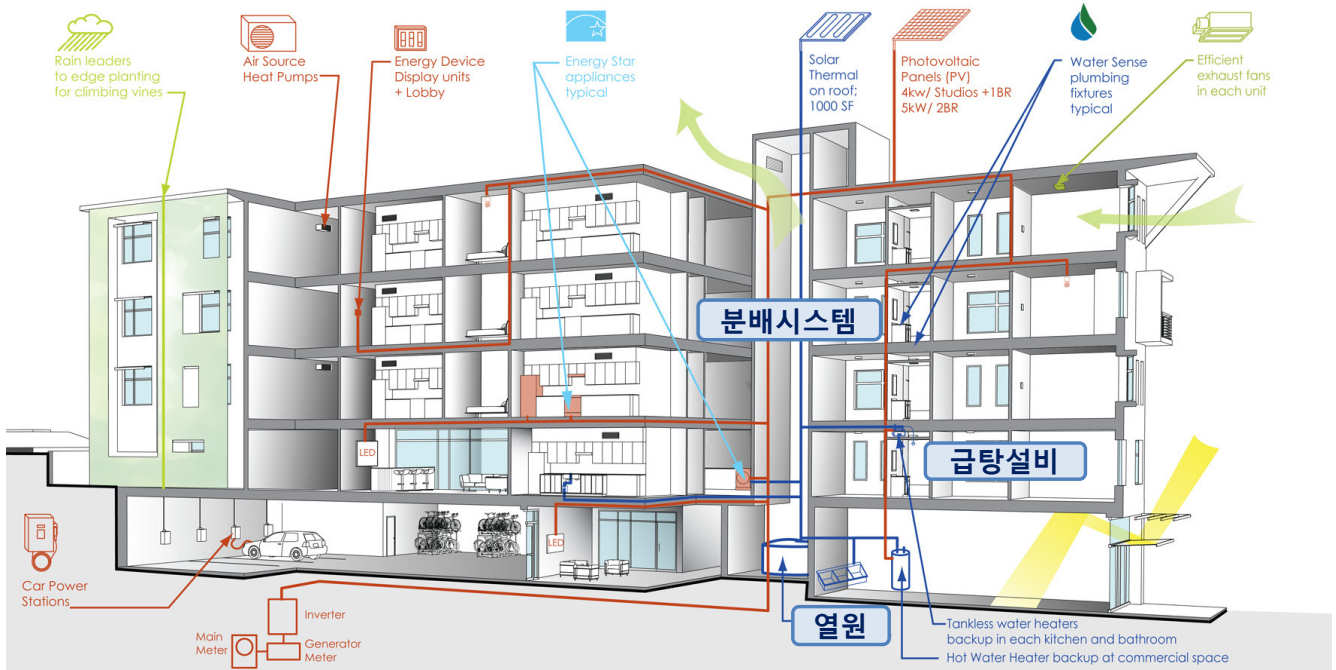
◎ 공조 시스템

- 실내의 온습도를 쾌적조건에 맞게 제어하고, 실내 오염물질을 제거하여 공기를 청정하게 유지 (환기)



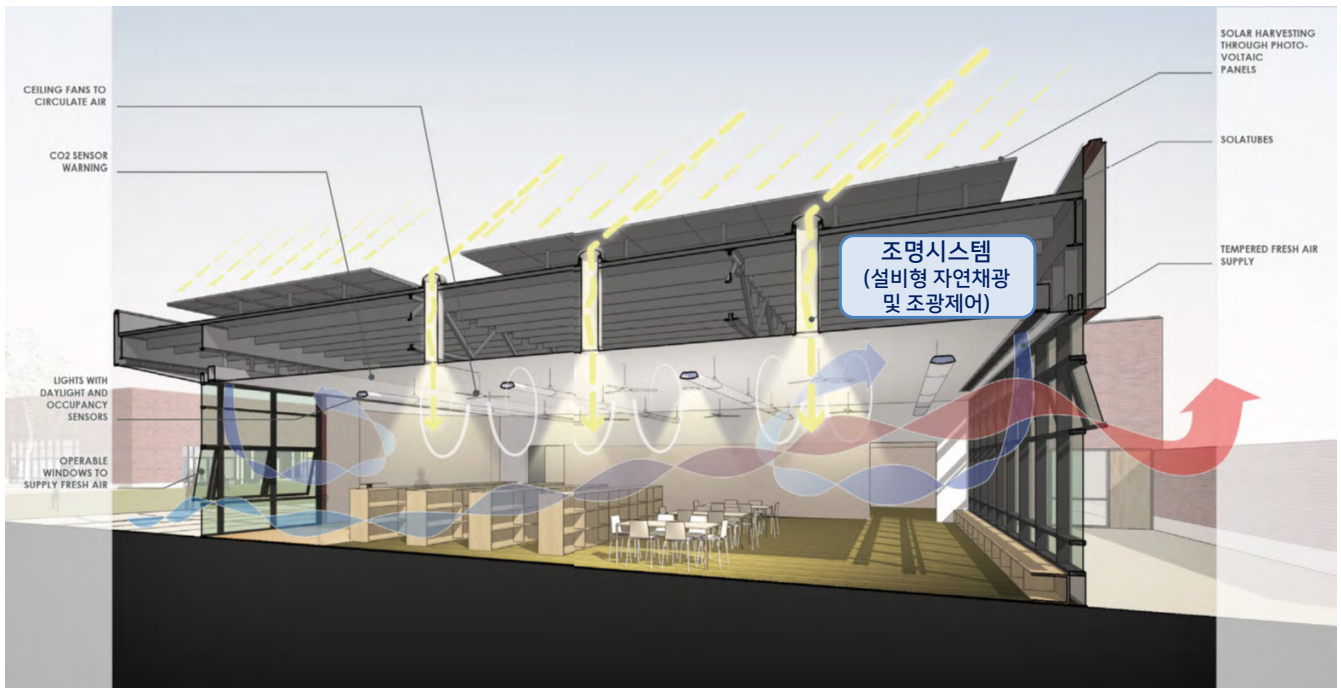
◎ 열원 및 분배 시스템, 급탕 설비

- 열원: 냉난방에 필요한 냉수, 온수, 증기를 생산 (보일러, 냉동기 등)
- 분배 시스템: 냉온수 또는 냉온풍을 냉난방이 필요한 곳으로 운반 (펌프, 송풍기, 배관, 덕트 등)
- 급탕 설비: 위생설비(세수, 목욕, 세탁 등)에 필요한 온수를 공급 (보일러, 온수기 등)



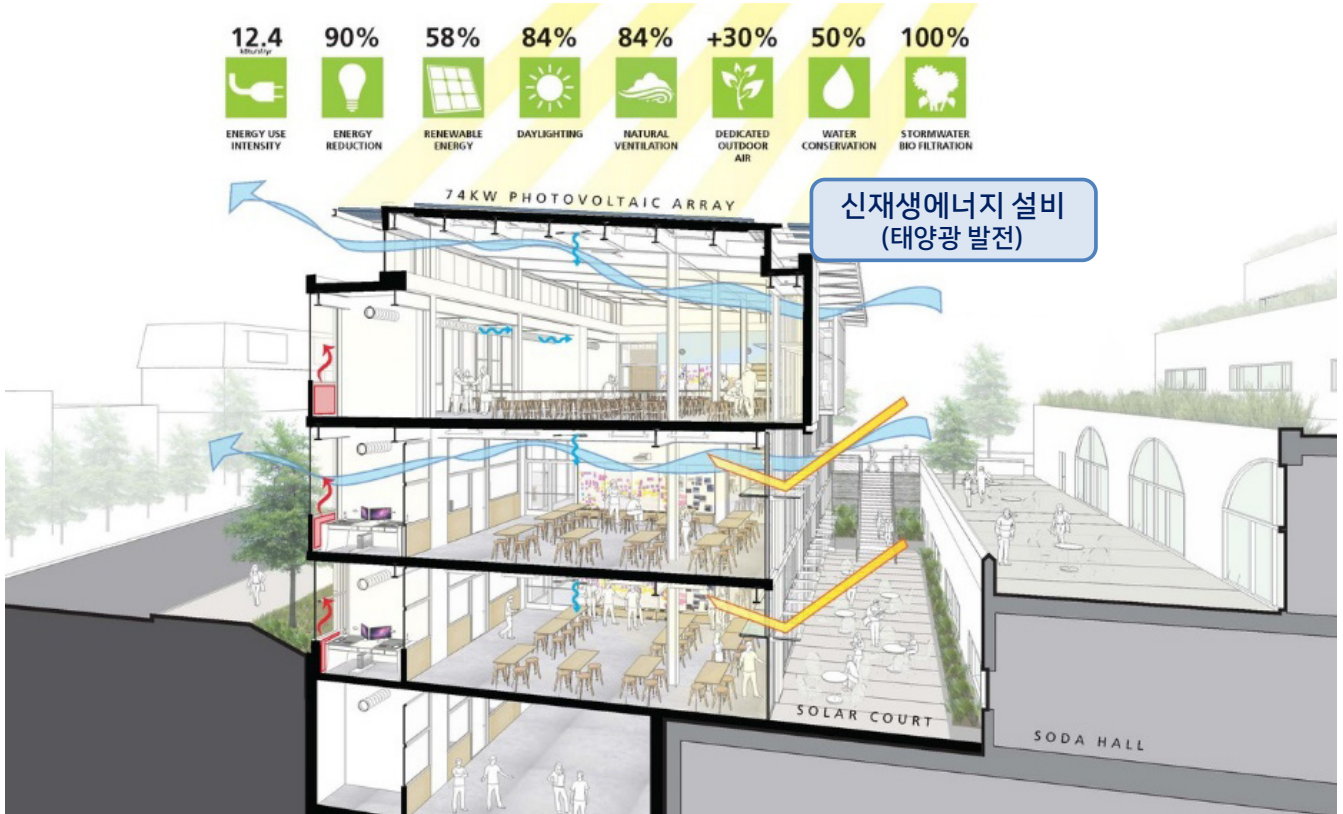
◎ 조명 시스템

- 조명 시스템: 자연광과 인공조명의 조화를 통해 조명 에너지를 절감하면서 쾌적한 빛환경을 제공
- 자연 채광은 에너지가 들지 않는 등의 장점이 있으나, 항상 이용할 수 없으므로 인공 조명을 통한 보완 필요



◎ 신재생에너지 설비

- 전기, 급탕 등은 외부 에너지원에 의존하므로 제로에너지 빌딩 구현을 위해서는 자연 에너지를 적극 활용해야 함
- 태양광, 태양열, 지열 등 자연에너지를 이용하여 건물에 필요한 전력 또는 열을 생산



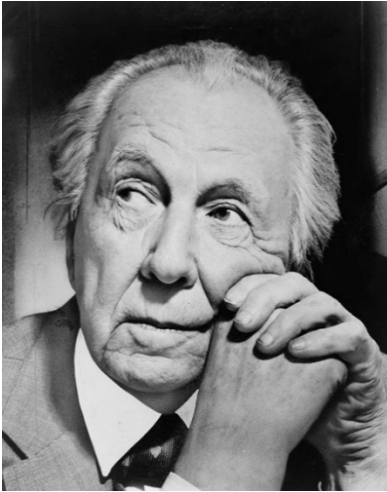
◎ 참고서적 및 사이트

1. Lechner, N. (2014). Heating, cooling, lighting: Sustainable design methods for architects. John wiley & sons
2. American Institute of Architect. (2007). Sustainability 2030
3. Dean, E. (2014). Zero Net Energy Case Study Buildings. Pacific Gas and Electric Company
4. 황석호 (2011) 저에너지 친환경 공동주택 기술 및 적용사례, 한국건축친환경설비영남학회 기술세미나
5. https://zeb.energy.or.kr/BC/BC02/BC02_03_001.do
6. https://passipedia.org/basics/what_is_a_passive_house
7. <https://blogstudiog.com/2014/09/30/zero-net-energy-best-practices/>
8. <https://www.archdaily.com/795685/jacobs-institute-for-design-innovation-lms-architects>
9. <https://www.aiatopten.org/node/204>

2 공조설비 개요

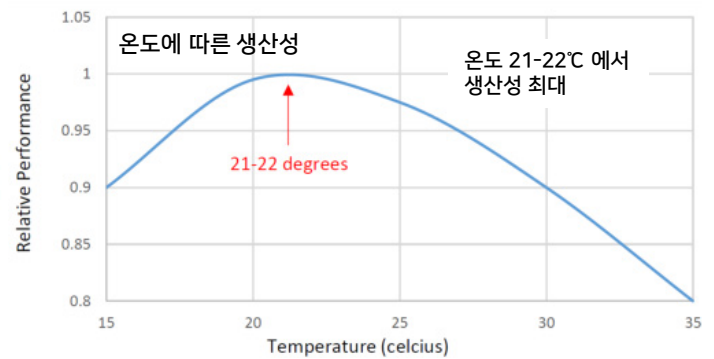
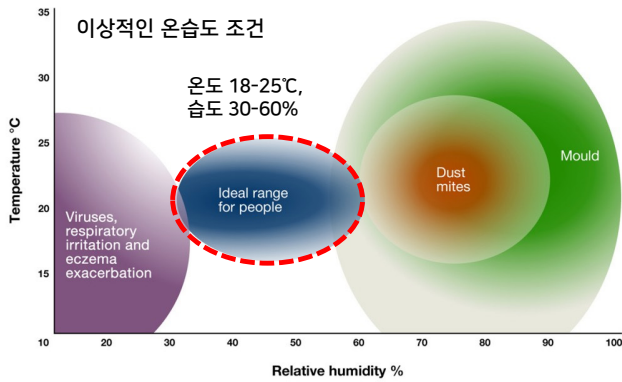
◎ 공조설비의 의미

- 공조시스템의 중요성: 사람이 생활하기에 쾌적한 실내 기후(indoor climate)를 형성하고, 보건/위생 측면에서 적합한 온습도 조건을 제공하며 활동의 생산성 향상에도 기여



도쿄는 그 때까지 내가 가본 곳 중에서 이탈리아를 제외하고는 가장 추운 곳 같았다. ...식사가 끝난 후에 남작은 아래층의 한국방이라 불리는 방으로 우리를 안내했다.
...그런데, 기온이 갑자기 바뀐 것 같았다. 마치 봄이 온 듯했다. 눈에 보이는 난방시설도 없었고, 이것으로 난방이 되는구나 하고 바로 알 수 있을 만한 어떤 것도 없었다. 그건 정말이지 난방여부의 문제가 아니라 하나의 기후적 사건이었다.

- Frank Lloyd Wright



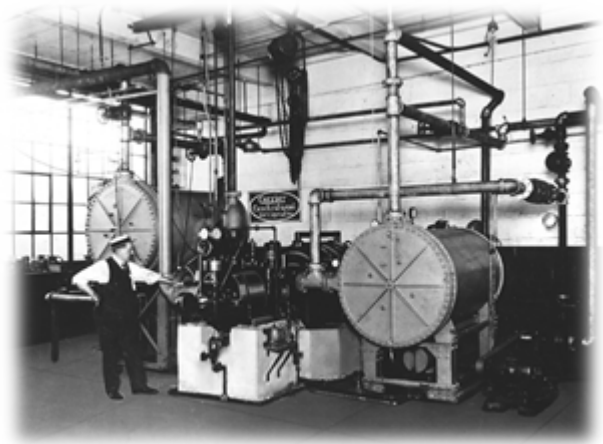
◎ 공조설비의 의미

- 공조시스템의 역할: 온도와 습도를 제어, 공기의 흐름과 환기를 제어, 공기를 청정하게 하는
- 공조시스템은 윌리스 캐리어가 1902년, 높은 습도로 인한 인쇄물 품질 저하 해결을 위해 만든 냉방장치에서 시작



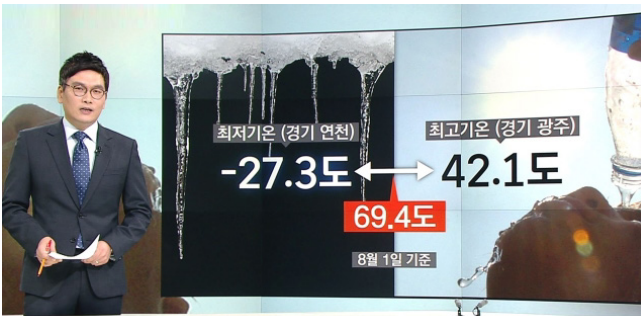
Air conditioning must perform four basic functions:

1. control temperature
2. control humidity
3. control air circulation and ventilation
4. cleanse the air.



Carrier가 발명한 최초의 냉방장치(1902)

- 기후변화로 인한 환경의 극심한 변화, 미세먼지 등 공기오염 문제가 심화됨에 따라 공조시스템의 역할이 더욱 중요해짐



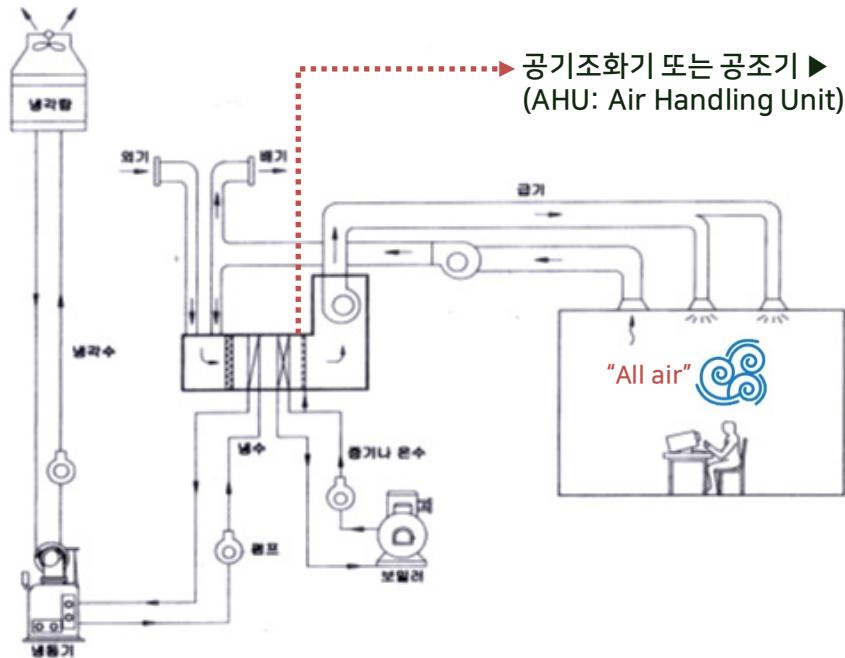
기후 변동성 및 기상 이변 증가



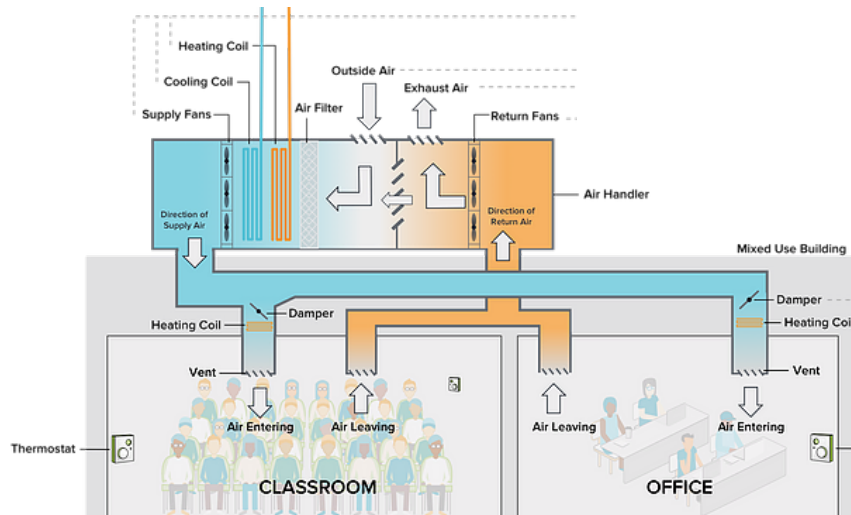
공기 오염 심화

◎ 공조 방식 | 전공기 방식

- 전공기 방식(All-air system): 공조 대상 공간에 공기를 직접 보내어 냉난방과 환기 해결
- 실내 오염공기 제거와 청정도 유지에 가장 유리하여 환기가 중요한 사무소, 병원, 식당, 극장 등에 적합



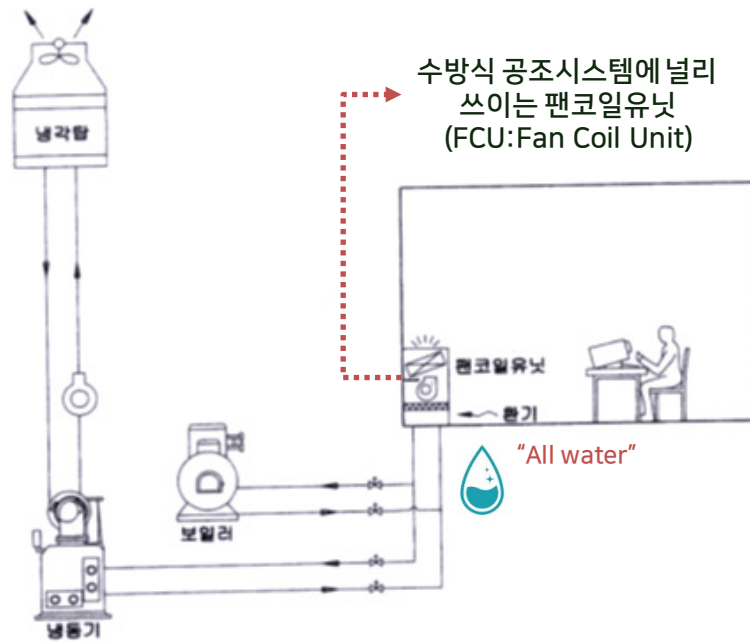
전공기 방식 공조시스템 구성



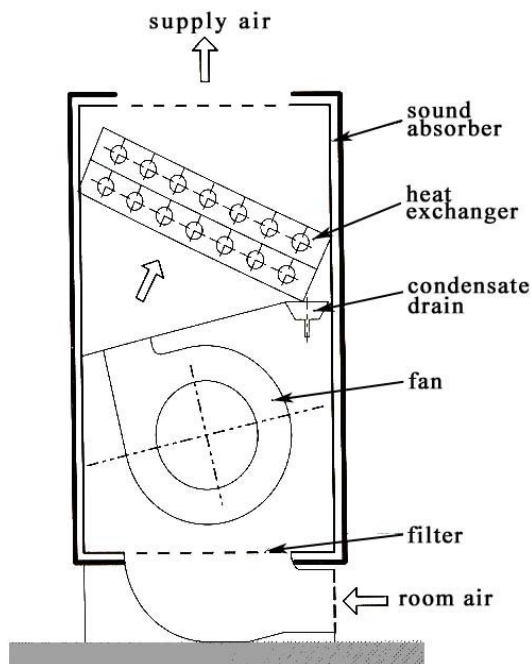
전공기 방식 공조시스템에서 공기의 흐름

◎ 공조 방식 | 수방식

- 수방식(Water system): 실내에 설치된 유닛에 냉수/온수를 흘려 보내 실내 공기를 냉각/가열
- 물은 공기에 비해 열을 저장하는 능력이 커 전공기방식에 비해 열교환 효율이 좋고 제어도 용이하나 직접 환기 불가능
- 개별운전이 가능하여 사무소 건물의 외부존(Perimeter zone)이나 주택, 호텔 등 거주 인원이 적은 건물에 적합



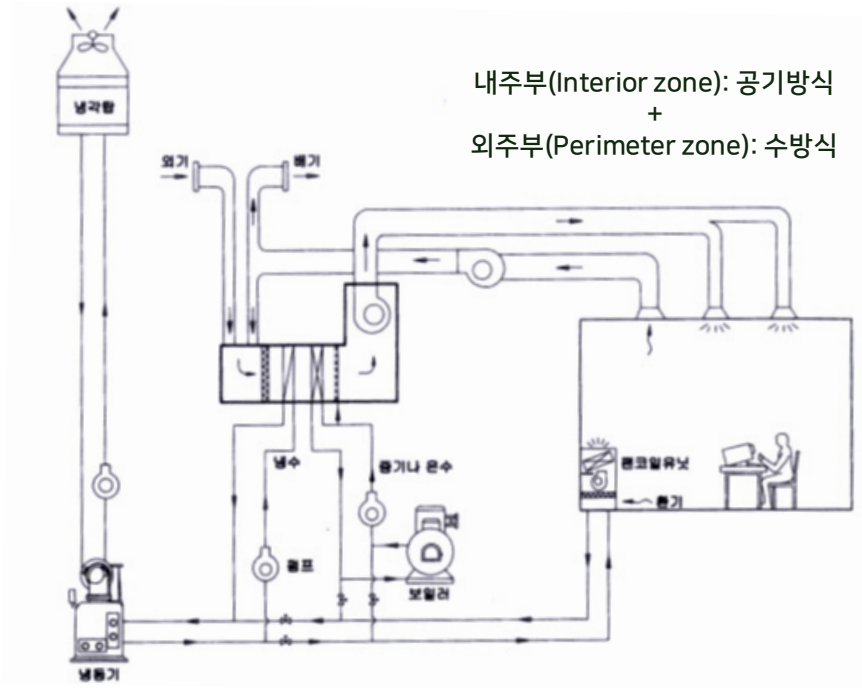
수방식 공조시스템 구성



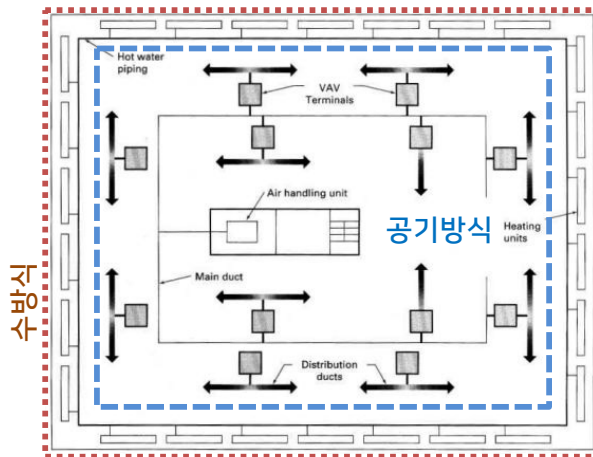
FCU 내부 구조

◎ 공조 방식 | 공기-수방식

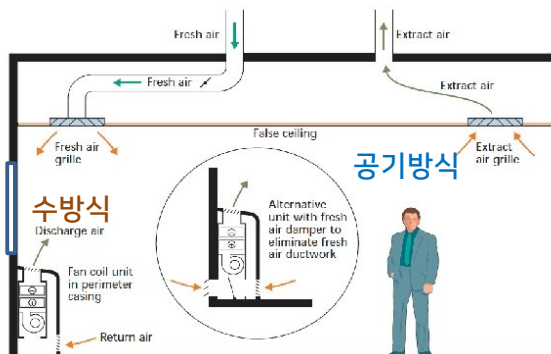
- 공기-수방식(Air-Water system): 공기방식과 수방식을 병용
- 환기 및 기류형성에 유리한 전공기방식의 장점과 제어가 용이한 수방식의 장점 결합
- 부하가 안정적인 내부는 공기방식으로 부하 변동이 큰 외주부는 수방식으로 조합하여 처리



공기-수방식 공조시스템 구성

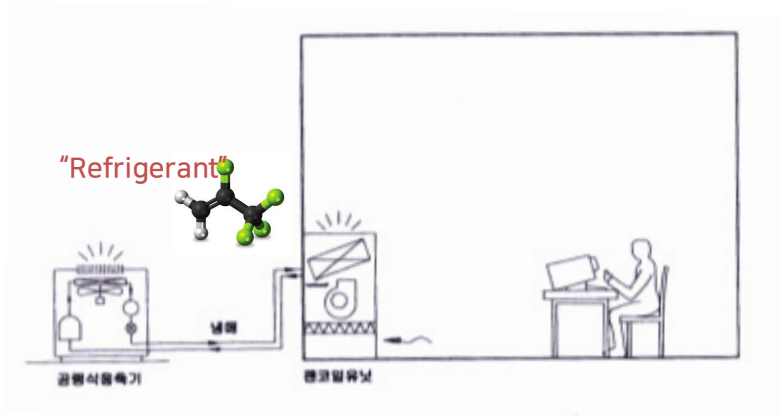


외주부

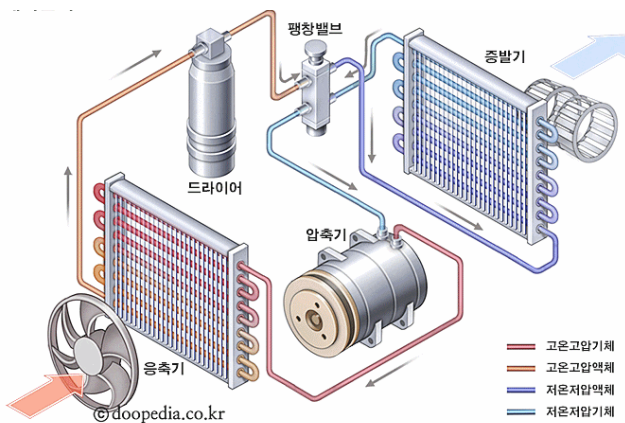


◎ 공조 방식 | 냉매 방식

- 냉매방식(Refrigerant system): 냉매에 의해 실내공기를 냉각/가열
- 냉매는 실내공기에서 흡수한 열을 외기/물/지중에 방출하거나(냉방), 외기/물/지중에서 흡수한 열을 실내로 방출(난방)
- 개별운전이 가능하여 사무소 건물의 외부존(Perimeter zone)이나 주택, 호텔 등 거주 인원이 적은 건물에 적합



냉매방식 공조시스템 구성



냉매에 의한 냉각 사이클



멀티 에어컨 시스템

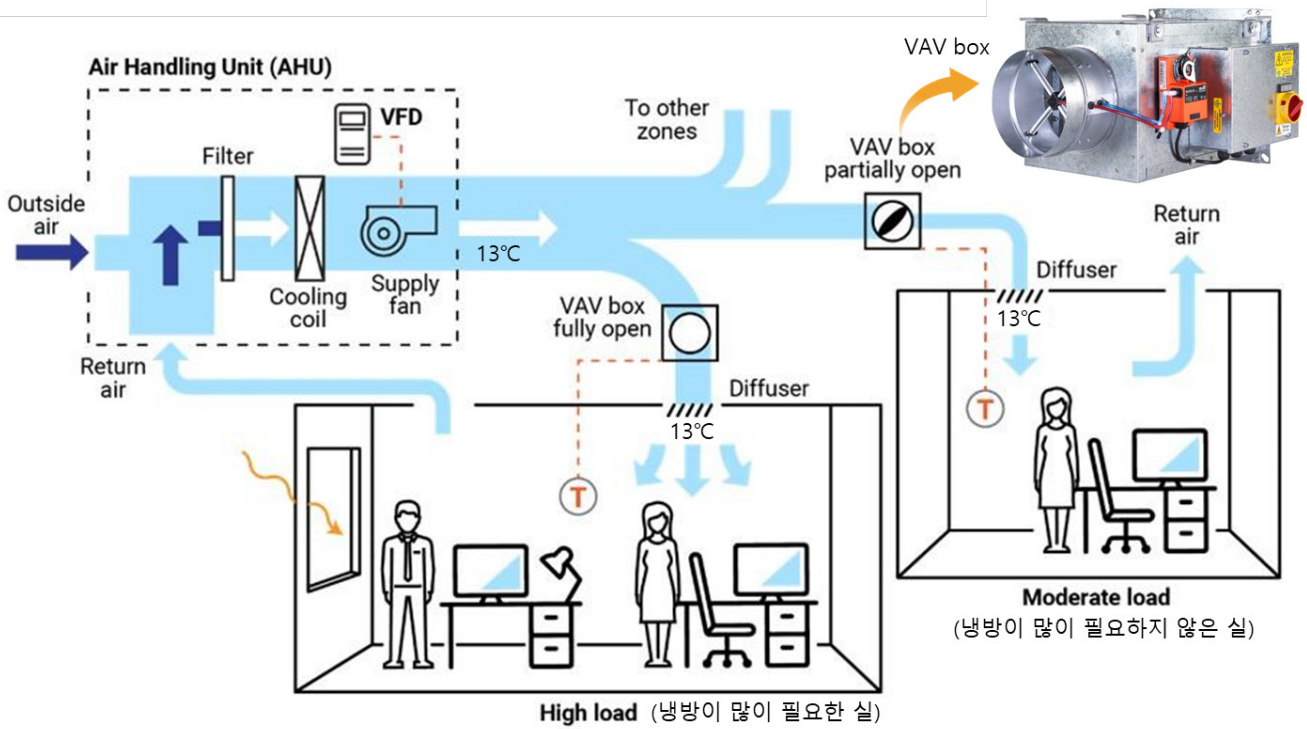
Building shown using LG Multi V IV.
Note: Heat recovery units are not depicted on this image. Refer to engineering product data book



창문형 에어컨

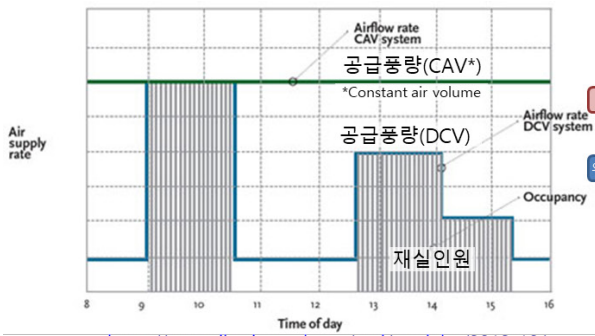
◎ 변풍량 시스템(VAV: Variable Air Volume)

- 냉방부하에 따라 실내에 공급하는 공기의 양(송풍량)을 변화
- 송풍량을 감소시킴에 따라 송풍기(Fan)의 에너지 소비량이 감소되어 에너지 절약적인 냉방이 가능

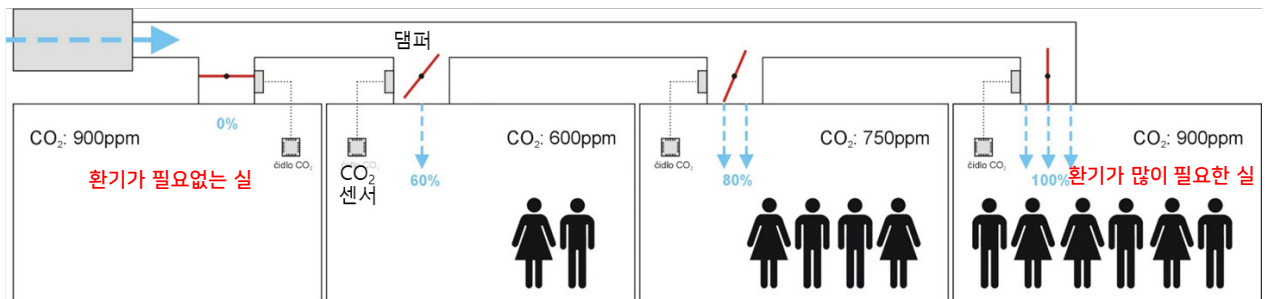
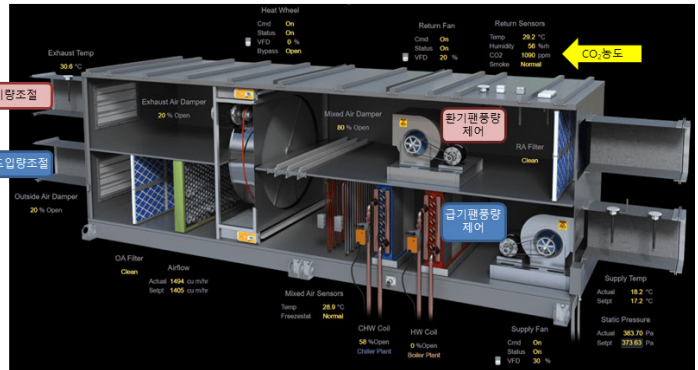


◎ 수요기반환기 (DCV: Demand Controlled Ventilation)

- 환기수요(예: 재실인원)에 따라 실내에 공급되는 외기의 양을 조절
- 재실 스케줄, 실내 CO2 농도에 따라 팬 풍량이나 존별 댐퍼의 개도를 조절



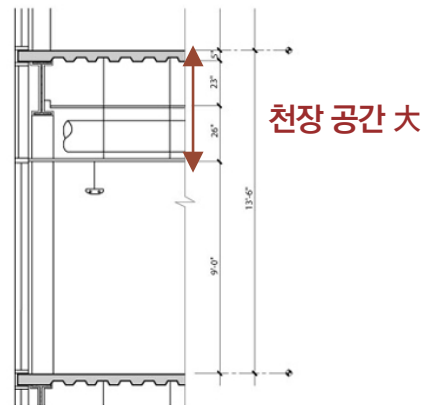
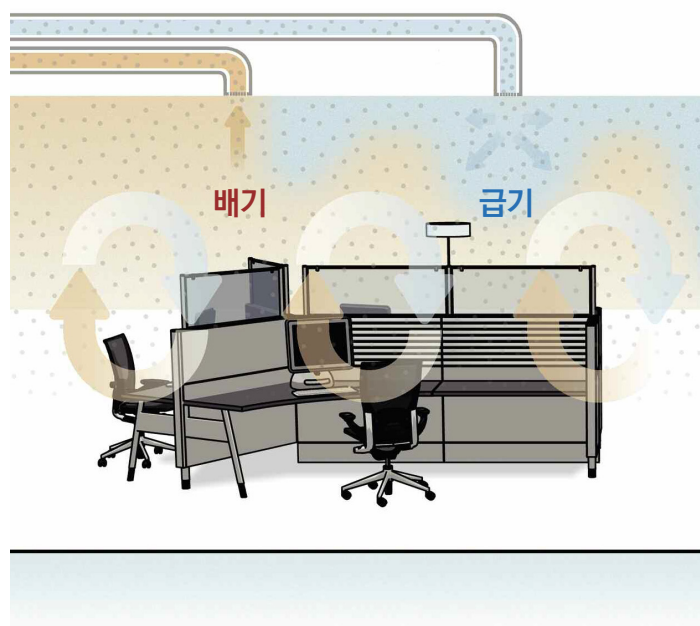
<https://www.cibsejournal.com/cpd/modules/2012-10/>



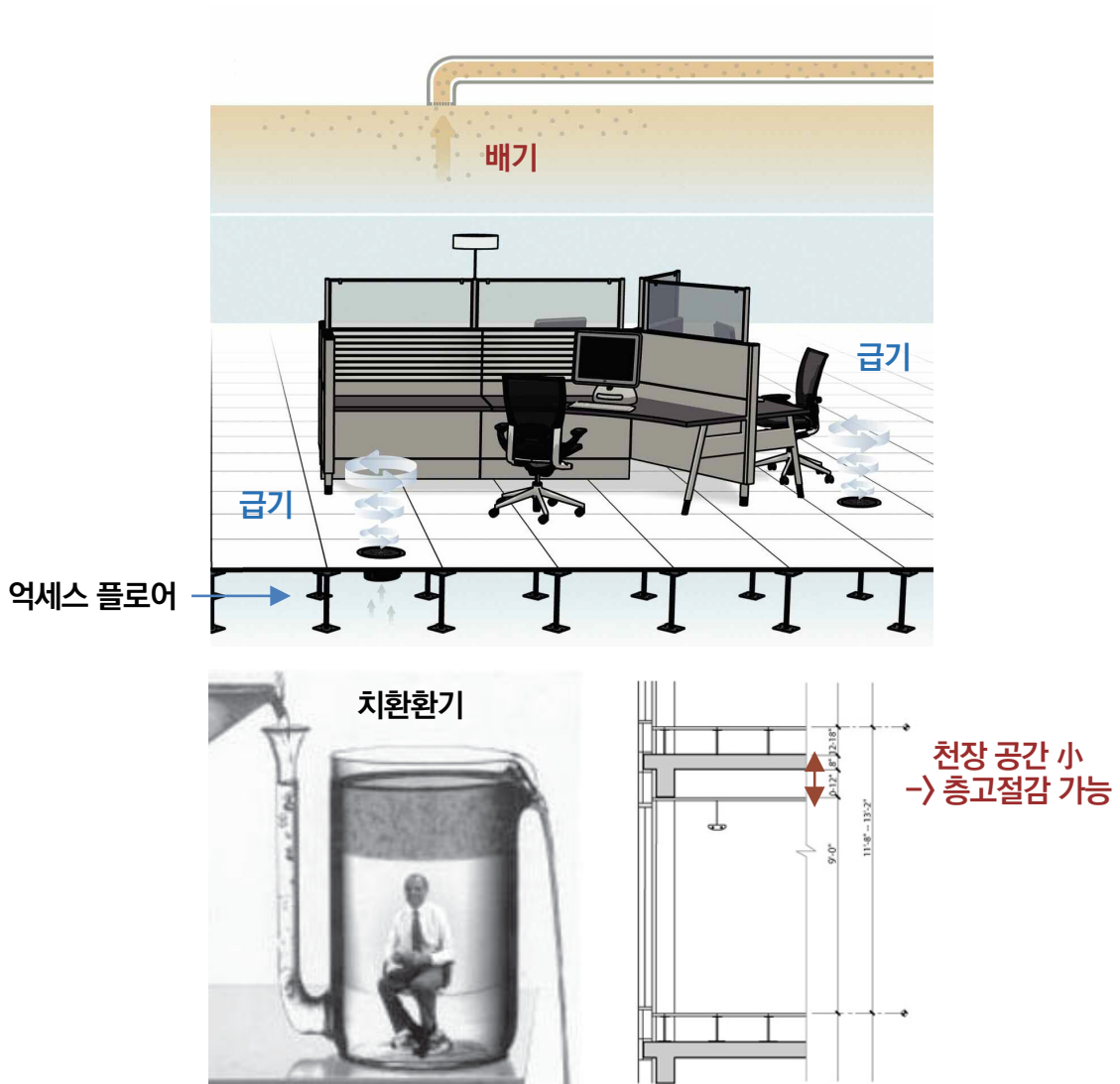
◎ 바닥취출 공조 (UFAD: Underfloor Air Distribution)

- 바닥 하부공간(액세스 플로어(Access floor))으로 공조공기를 급기하고 천장에서 흡입
- 거주역(사람이 머무는 영역)의 보다 나은 쾌적성 확보에 유리 (사무소 공간, 극장 등 대공간에 효율적)

- 일반공조시스템(Overhead Air Distribution)

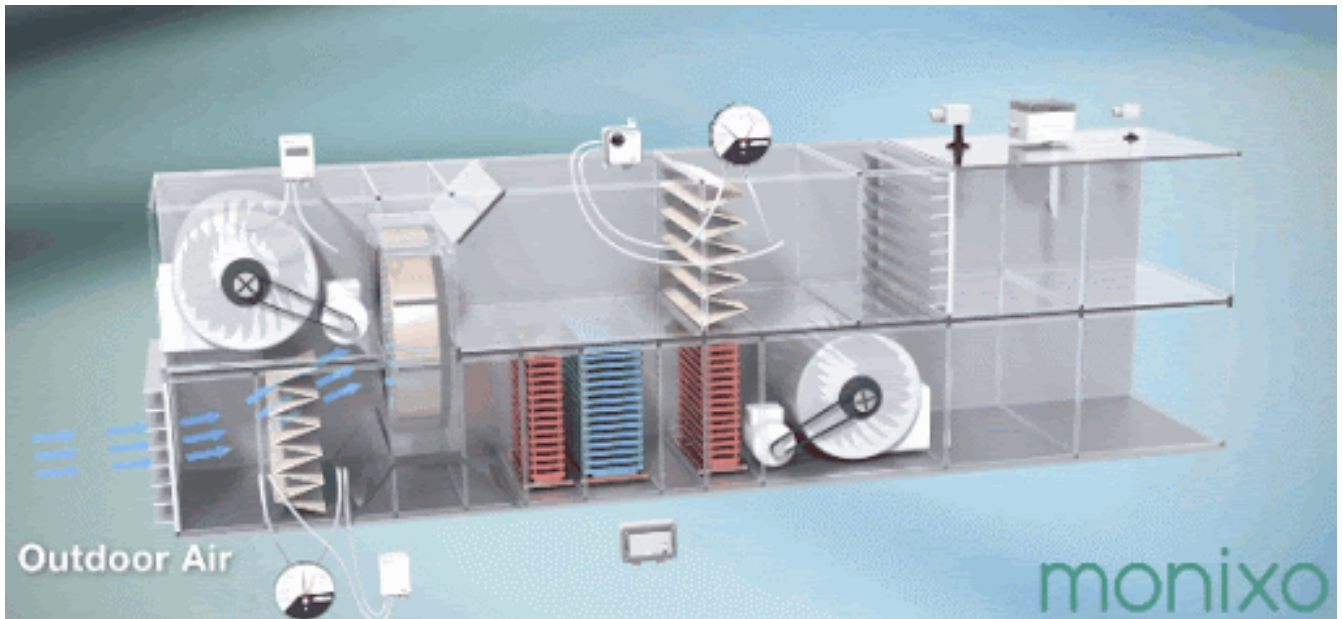


● 바닥취출공조(Underfloor Air Distribution)



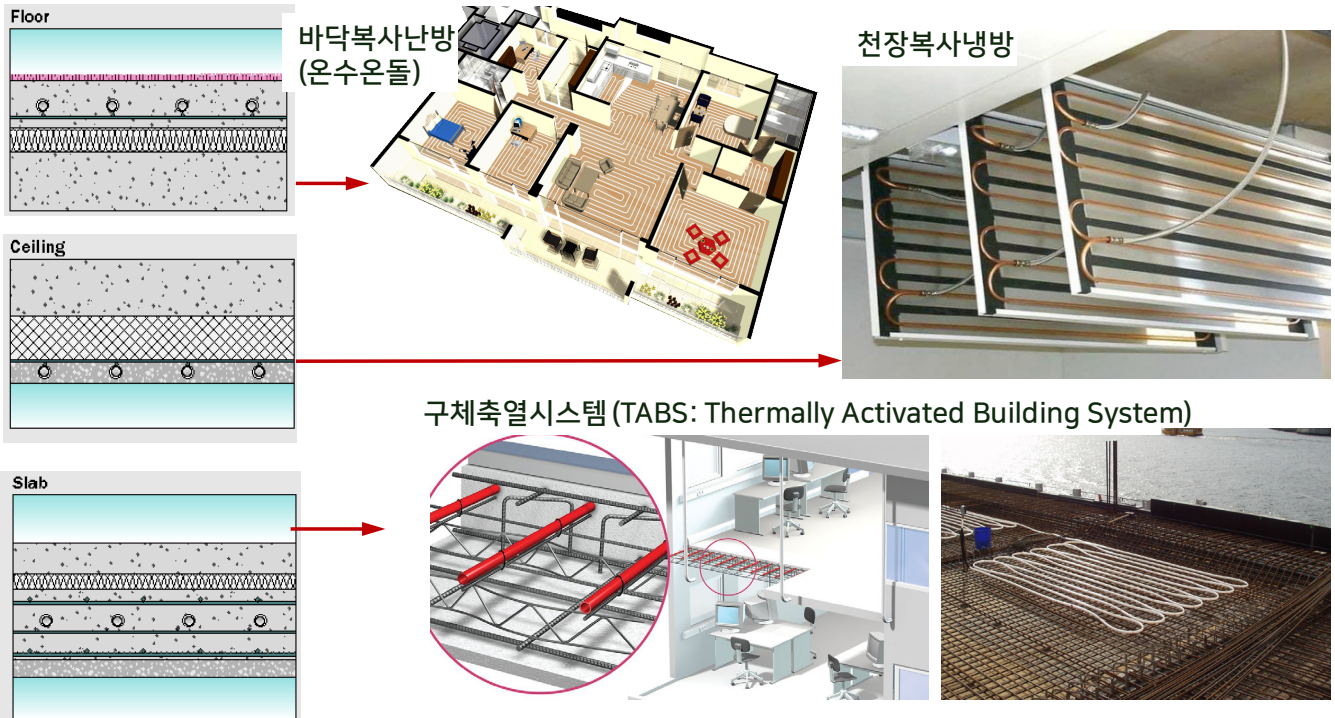
◎ 열회수 시스템(Heat Recovery System)

- 실내의 오염된 공기를 외부로 배출하고 신선한 외기를 실내로 공급하는 과정에서, 실내공기가 갖고 있는 열에너지를 회수하여 실내로 들어오는 외기에 공급
- 겨울철에는 실내로 들어오는 외기의 온도와 습도를 높여 난방과 가습에 필요한 에너지를 낮춤
- 여름철에는 실내로 들어오는 외기의 온도와 습도를 낮춰 냉방과 제습에 필요한 에너지를 낮춤
- 원형(Rotary type)과 판형(Plate type) 열교환기 활용



◎ 복사냉난방시스템(Radiant Heating and Cooling System)

- 천장, 바닥, 벽면 또는 패널에 매설된 배관에 냉온수를 순환시켜 냉난방
- 겨울철에는 실내온도가 낮아도 표면온도가 높아 쾌적 달성이 가능하며 이로 인해 에너지 절감이 가능함
- 여름철에는 실내온도가 높아도 표면온도가 낮아 쾌적하게 유지될 수 있음



◎ 참고서적 및 사이트

1. 김재수 (2013). 건축설비, 도서출판 서우
2. Cho, J. et al. (2008). Integrative sustainable design strategies for energy and water efficiency: The case of the Ewha Campus Complex in Korea, Proceedings of SB08
3. Rhee, K. N., Olesen, B. W., & Kim, K. W. (2017). Ten questions about radiant heating and cooling systems. Building and Environment, 112, 367-381.
4. Rhee, K. N., et al. (2021). Experimental investigation on the control performance of an active chilled beam system under dynamic cooling loads. Applied Thermal Engineering, 194, 117069.
5. <https://www.pnnl.gov/projects/best-practices/variable-air-volume-systems>
6. <https://www.cibsejournal.com/cpd/modules/2012-10/>
7. <https://www.ibec.or.jp/jsbd/A/features.htm>

3 열원/급탕/조명설비 개요

◎ 열원설비 | 온열원

- 난방 또는 가습, 급탕에 필요한 온수 또는 증기를 생산
- 주철제 보일러, 노통연관 보일러, 수관 보일러, 관류 보일러, 전기 보일러, 가정용 소형 가스 보일러 등
- 가스나 석유등의 화석연료 또는 전기로 증기 또는 온수를 생산하여 난방, 가습, 급탕에 사용
- 컨덴싱 보일러는 배기가스에서 열을 회수하여 효율을 더 높인 것

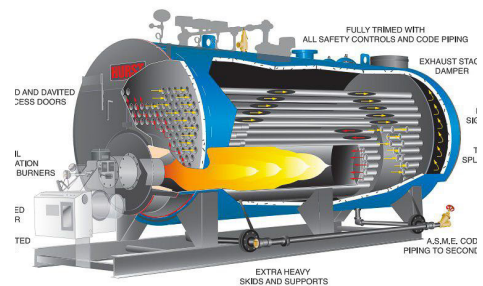
● 대형 보일러



주철제 보일러



노통연관 보일러

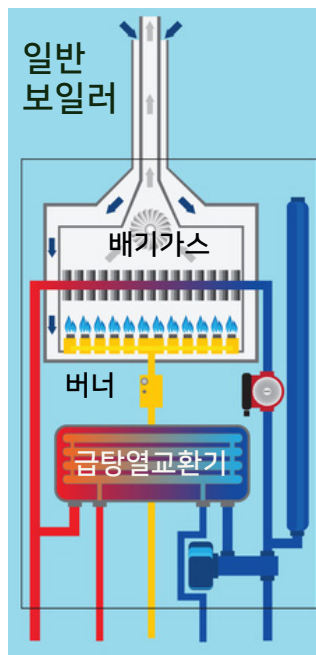


수관 보일러

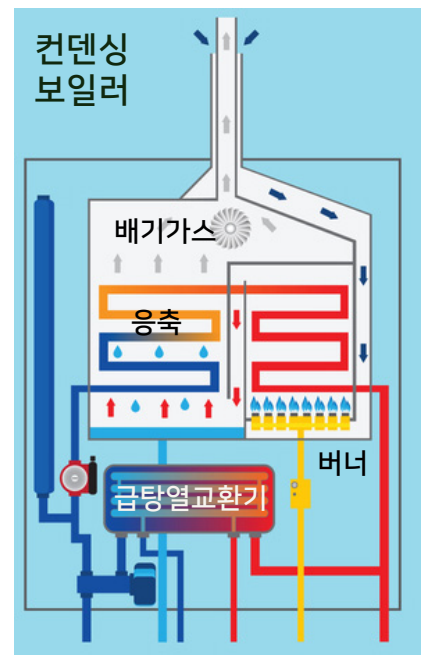


관류 보일러

● 가정용 소형 가스 보일러



일반 보일러

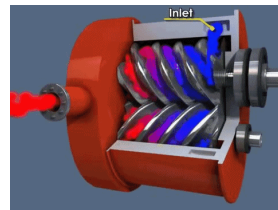
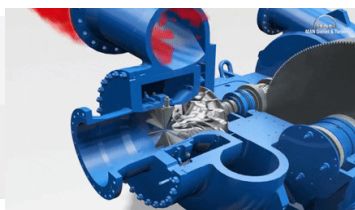
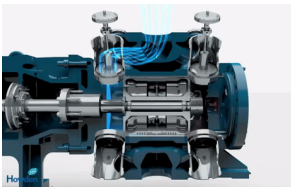
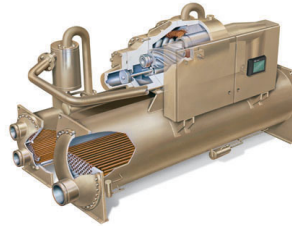
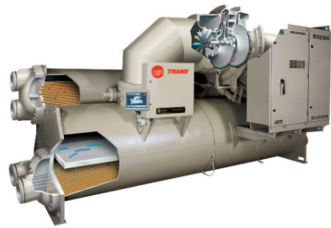


컨덴싱 보일러

◎ 열원설비 | 냉열원

- 냉방에 필요한 냉수 (경우에 따라 얼음)를 생산
- 압축식 냉동기: 냉매 재사용을 위해 (냉매 압력을 높이기 위해) 압축기로 냉매를 압축시키는 방식
- 흡수식 냉동기: 냉매 재사용을 위해 (냉매 압력을 높이기 위해) 열에너지를 투입시키는 방식

압축식 냉동기

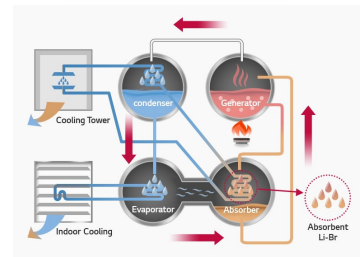


왕복동식 냉동기
-피스톤 왕복으로 냉매 압축

터보식 냉동기
-원심력으로 냉매 압축

스크류식 냉동기
-나사의 압착으로 냉매 압축

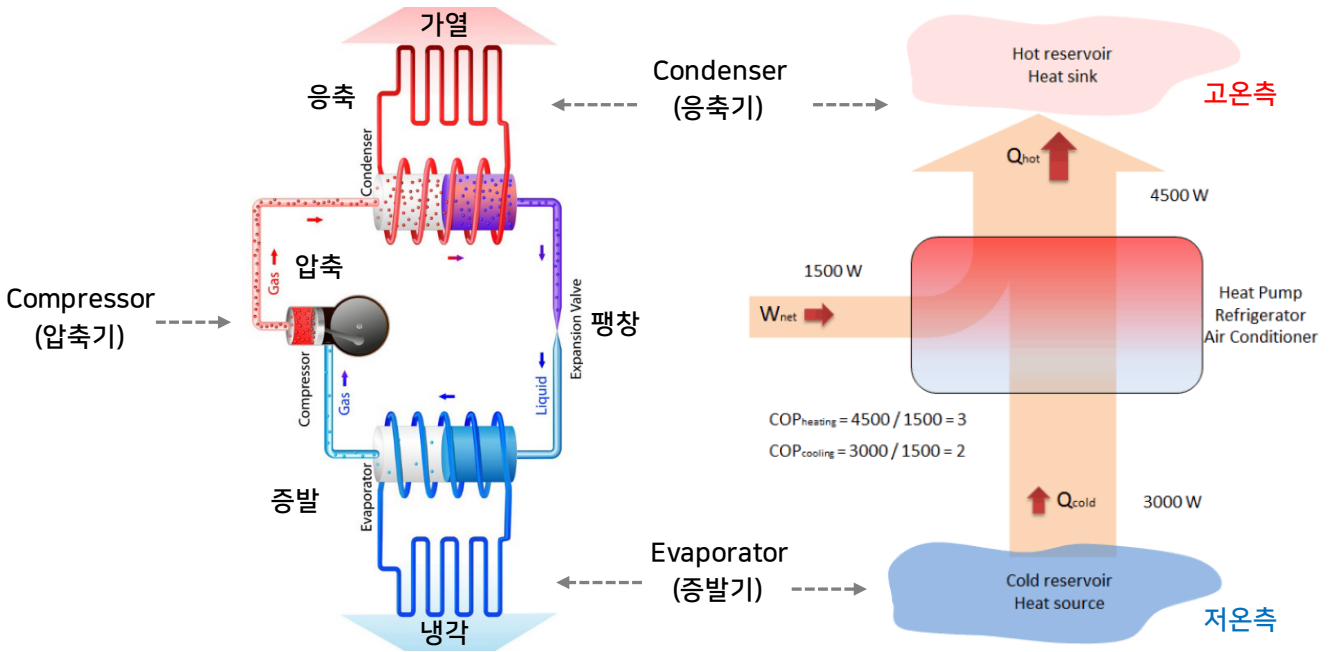
흡수식 냉동기



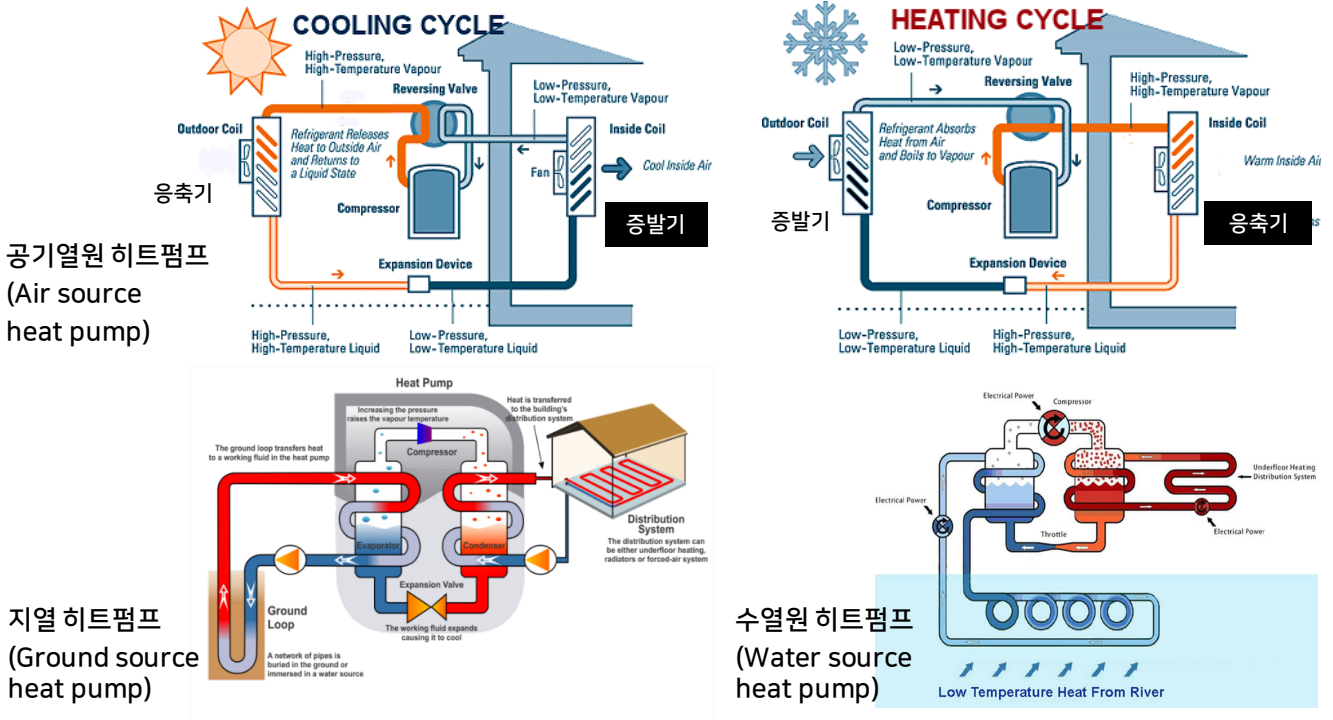
흡수식 냉동기
-보일러, 태양열 등으로 냉매 재생

◎ 열원설비 | 히트펌프

- 일반적인 냉각 사이클에서는 냉매가 증발-압축-응축-팽창의 과정을 순환
- 히트펌프에서는 저온측(Heat source)에 증발기를, 고온측(Heat sink)에 응축기가 있도록 하여 저온물질로부터 열을 얻어 공조 및 급탕에 활용 (즉 온도가 낮은 곳에서 높은 곳으로 열을 끌어올리는 장치)

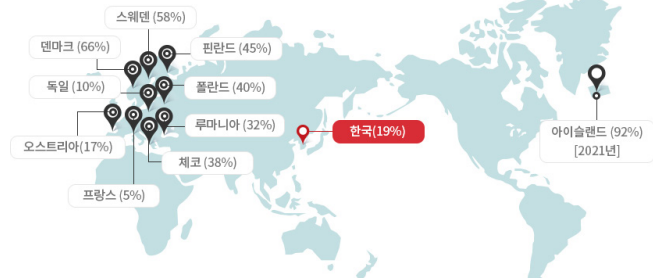
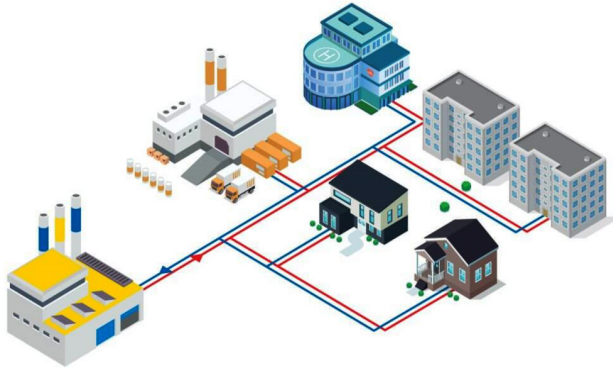


- 계절에 따라 증발기-응축기 위치를 바꾸어 냉방과 난방을 절환
- 열의 근원, 즉 Heat source에 따라 공기열원 히트펌프, 지열 히트펌프, 수열원 히트펌프로 구분

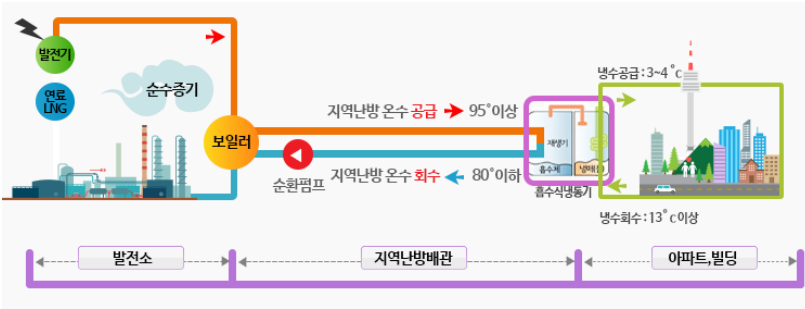


◎ 열원설비 | 지역 냉난방

- 대규모 열병합 발전소(CHP: Combined Heat and Power) 또는 자원회수시설에서 생산된 열을 배관을 통해 건물 기계실까지 공급하여 냉난방 또는 급탕에 활용
- 배관망에서의 열손실 문제는 있으나 집단에너지 이용을 통한 환경부하 저감, 관리의 용이성이 장점

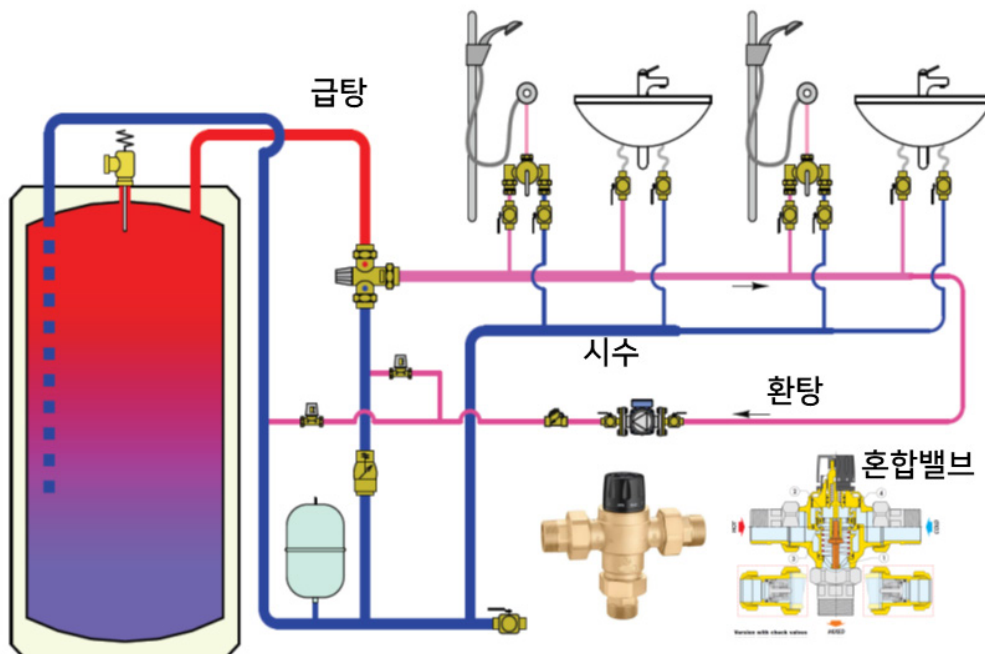
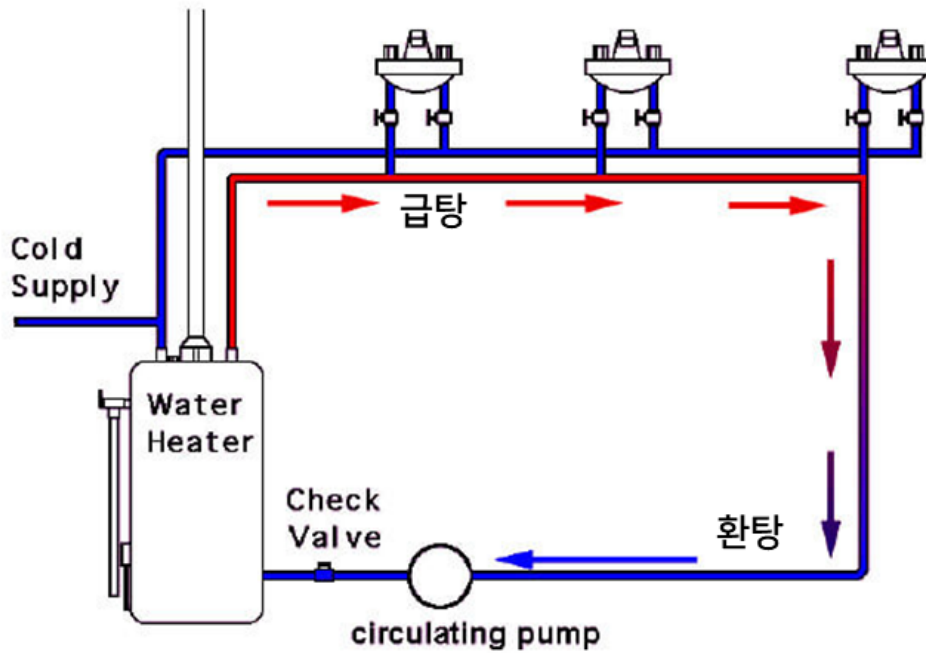


에너지경제연구원(2024), 국내외 집단에너지 학술 및 정보교류 사업



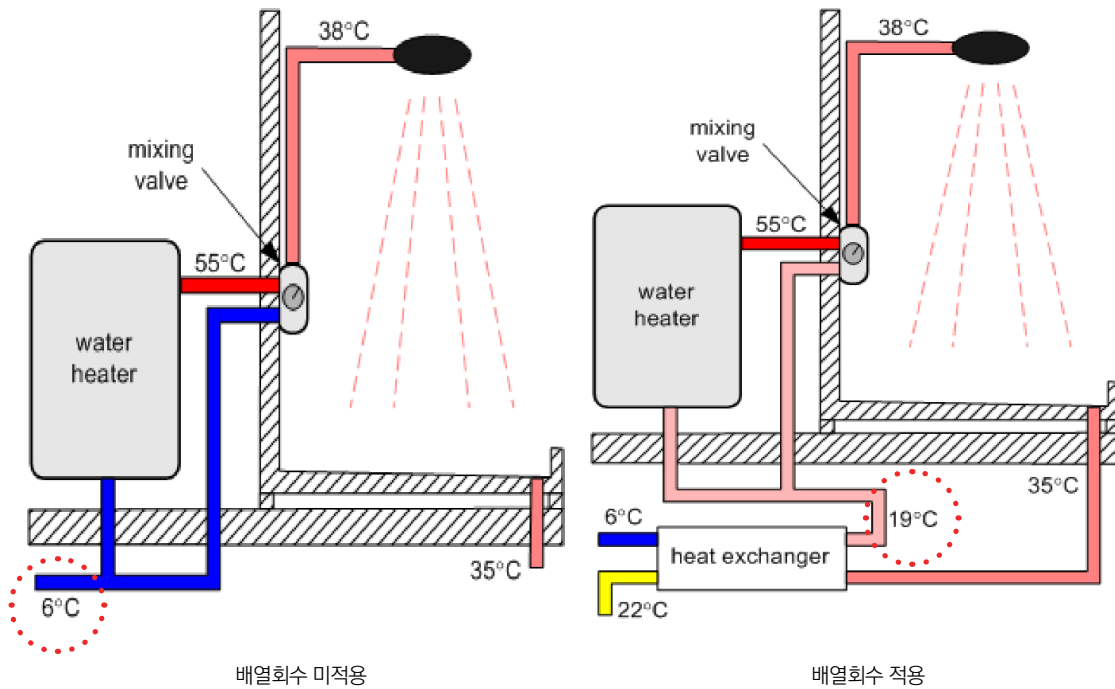
◎ 급탕설비 | 기본 요건

- 건물의 난방부하는 단열기준 강화에 따라 크게 저감 되었지만 급탕부하는 변화가 없어 절감할 필요가 있음
- 급탕 사용 시 온수대기시간이 길어져 물사용량 및 열원 에너지가 증가하는 문제 발생
- 배관 내에 잔존하는 온수는 라지오넬라균의 증식을 유발할 수도 있음
- 급탕 사용이 중단되고 온수배관 내에 있는 온수를 회수하는 환탕 배관(Recirculation loop) 설치 필요



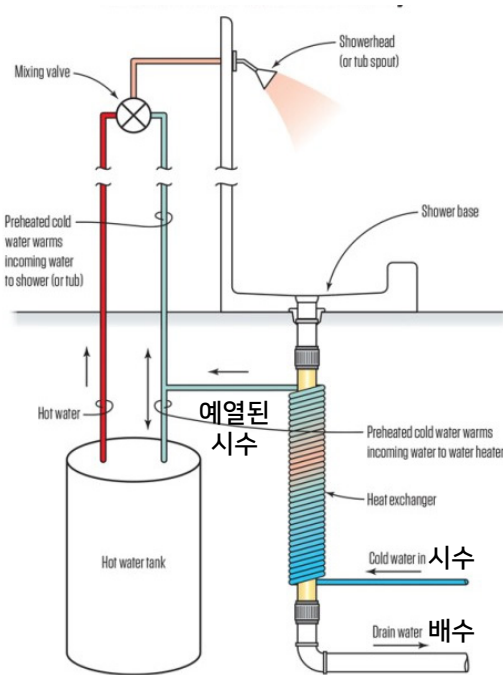
◎ 에너지 절약 급탕 설비

- 탕에서 버려지는 열을 회수하여, 시수를 예열함으로써 보일러의 가열량을 줄여주는 방법으로도 급탕 에너지 절감 가능
- 이를 급탕배열회수(DWHR: Drain Water Heat Recovery)라 하며, 열원 에너지 절감, 열원 용량 감소 효과를 기대



배열회수 미적용

배열회수 적용

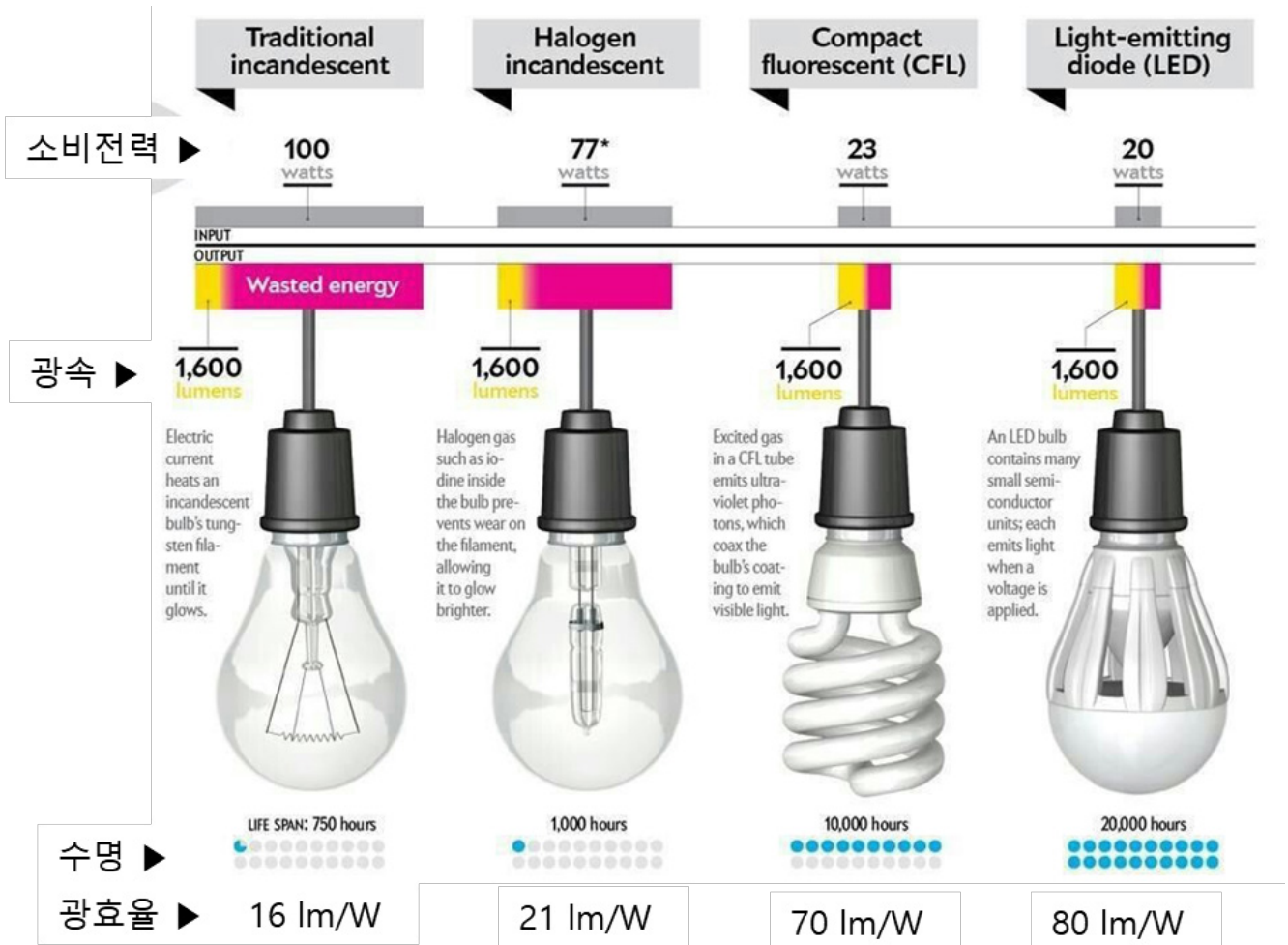


수직형 열교환기



◎ 고효율 광원

- 조명은 빛 외에도 열 형태로 많은 에너지가 손실되어 조명에너지와 냉방에너지를 증가시키는 요인이 됨
- 동일한 소비전력으로 많은 빛을 낼 수 있는, 즉 광효율(Lighting efficiency)이 높은 광원을 써야 함



● 광원 사양 사례

LUMILUX T5 HE



제품장점

- 우수한 경제성 및 효율
- LUMILUX T8 보다 최대 20% 높은 경제성
- 유사한 T8 램프 보다 최대 50 % 체적 감소

적용분야

- 공공 건물
- 사무실
- 상점
- 슈퍼마켓 및 백화점
- 산업
- 적합한 조명기기에서만 실외 적용이 가능

제품특징

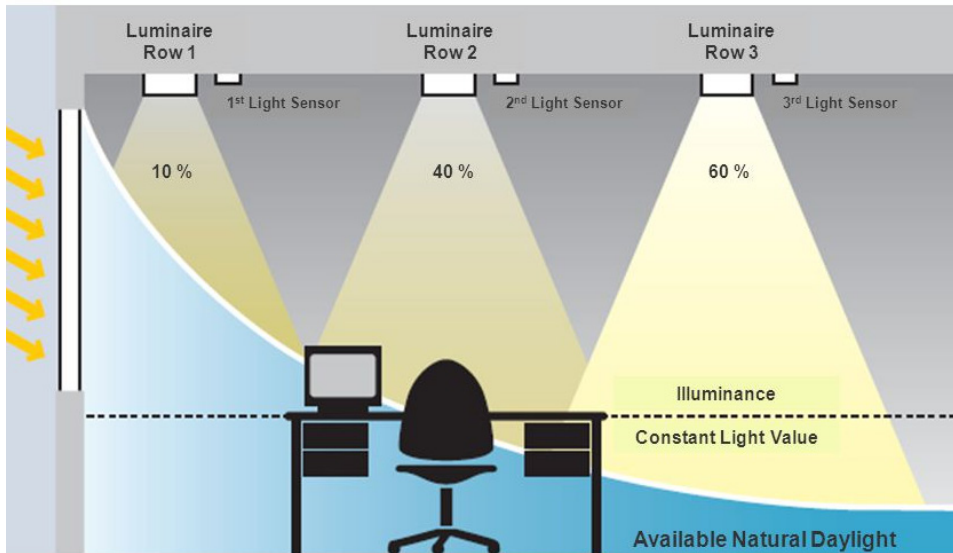
- 광효율: 최대 104 lm/W
- 매우 우수한 광속 유지율: 램프 수명 기간 내내 90% 이상
- 긴 평균 수명: 최대 24,000 시간(QUICKTRONIC ECG 사용시)
- 우수한 연색성 그룹: 1B (R_a: 80...89)
- 디밍 가능

공칭 전압	220 V
공칭 전력	14.0 W
정격 램프효율 (고주파 25 °C)	86 lm/W
기준 전력	14.00 W
정격 광속	1200 lm

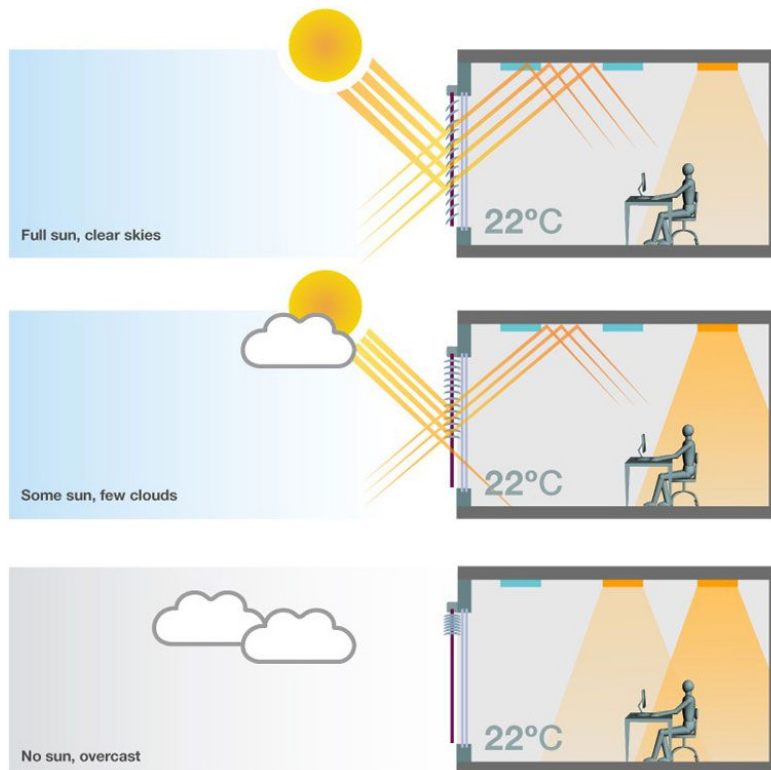
- 광속= 광원에서 나오는 빛의 총량 (Lumen)
- 광효율 = 광속/소비전력

◎ 조광 제어

- 자연채광과 인공조명을 조화시켜 쾌적한 빛환경을 확보하고 조명에너지를 절감
- 주광(Daylight)을 실내에 도입하여 인공조명과 연계하여 빛환경을 조절하는 방식
- 광센서로 주광을 감지하고, 적정 조도 유지에 필요한 만큼 조명 출력을 제어하여 조명 에너지를 절감



창문과의 거리에 따라 조명출력을 제어하는 조광제어 개념



차양장치와 연계한 조광제어 개념

◎ 참고서적 및 사이트

1. 김재수 (2013). 건축설비, 도서출판 서우
2. Baldi, S. et al. (2017). Real-time monitoring energy efficiency and performance degradation of condensing boilers. *Energy Conversion and Management*, 136, 329–339.
3. Hootman, T. (2012). *Net zero energy design: a guide for commercial architecture*. John Wiley & Sons.
4. Zhang, X., Rhee, K. N., Jung, G. J., & Kim, C. (2024). Exploring energy efficiency and savings potential of a horizontal domestic drain water heat recovery system in high-rise apartment buildings. *Energy and Buildings*, 325, 115038.
5. <https://www.kdhc.co.kr/kdhc/main/main.do>
6. <https://www.i-se.co.kr/index>
7. <https://kr.lgeaircon.com>
8. <http://renewability.com/>
9. <https://www.meanderhr.com/>
10. <https://www.caleffi.com/>

A.3

ZEB 신재생 기술 개요

교육 목표

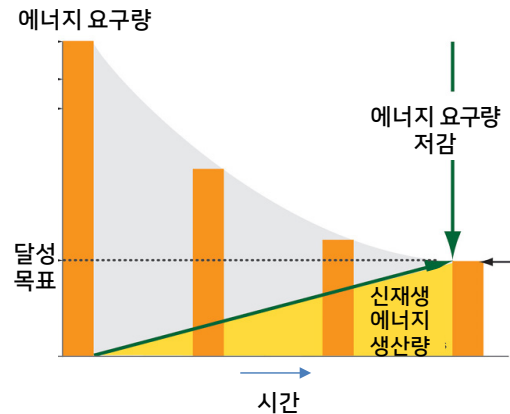
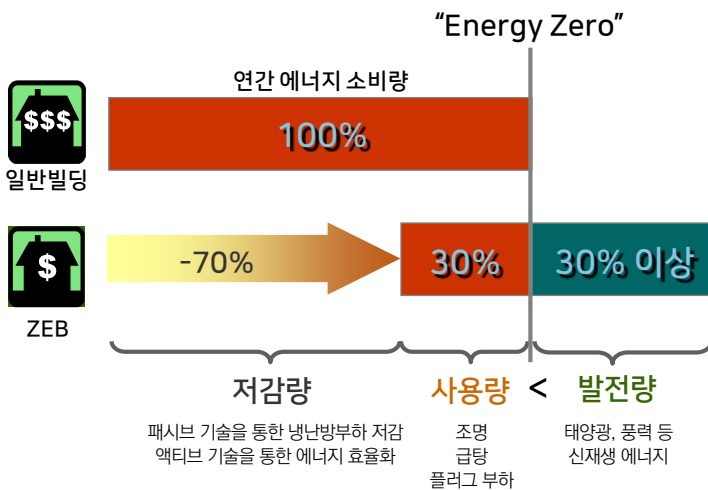
ZEB 신재생 기술 개요

- * 제로에너지 빌딩 구현을 위한 신재생 기술의 필요성 이해
- * 신재생 기술의 정의 및 특징 이해
- * 지열을 이용한 건물 냉난방 및 급탕 기술 이해

1 신재생 기초 및 지열

◎ ZEB 달성 개념

- 건물 효율화(패시브+액티브 기술)를 통해 에너지 요구량을 큰 폭으로 저감한 후,
- 신재생에너지 등을 통해 사용량을 초과하는 에너지를 생산하여
- 연간 에너지 수지(收支)를 “0” 또는 “+”로 유지



◎ 신재생 에너지 정의

- 기존의 화석연료를 변환시켜 이용하거나 햇빛·물·지열·강수·생물유기체 등을 포함하여 재생 가능한 에너지를 변환시켜 이용하는 에너지(신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급촉진법 제2조)
- 신에너지 : 수소에너지, 연료전지, 석탄액화·가스화에너지 및 중질잔사유(重質殘渣油) 가스화 에너지
- 재생에너지 : 태양에너지, 풍력, 수력, 해양에너지, 지열에너지, 바이오에너지, 폐기물에너지

◎ 신재생 에너지 특징

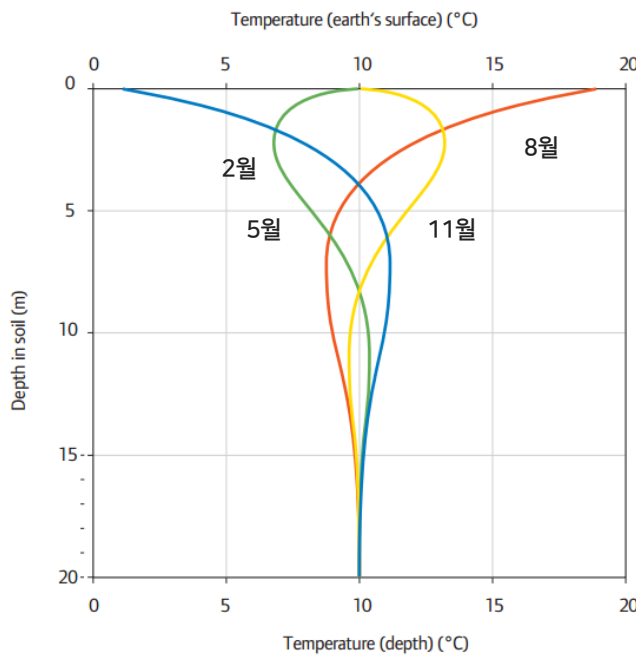
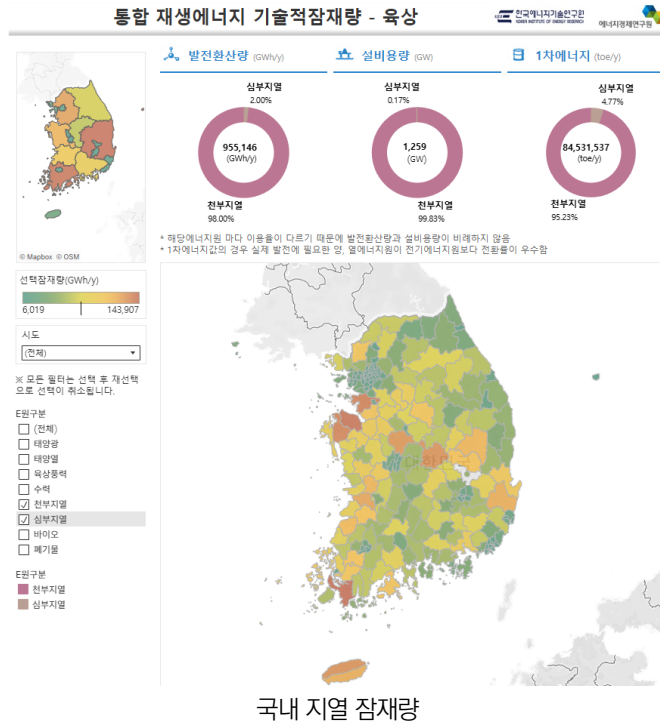
구분	체험세대
공공미래 에너지	시장창출 및 경제성 확보를 위한 장기적인 개발 보급 정책 필요
환경친화형 청정 에너지	화석연료 사용에 의한 CO ₂ 발생이 거의 없음
비고갈성 에너지	태양, 바람 등을 활용하여 무한 재생이 가능한 에너지
기술에너지	연구개발에 의해 에너지 자원 확보가 가능

◎ 신재생 에너지 중요성

- 화석연료의 고갈로 인한 자원확보 경쟁 및 고유가의 지속 등으로 에너지 공급방식의 다양화 필요
- 기후변화협약 등 환경규제에 대응하기 위한 청정에너지 비중 확대 필요
- 신재생에너지 산업은 IT, BT, NT 산업과 더불어 차세대 산업으로 시장규모가 급격히 팽창 중인 미래 산업

◎ 지열 에너지 개요

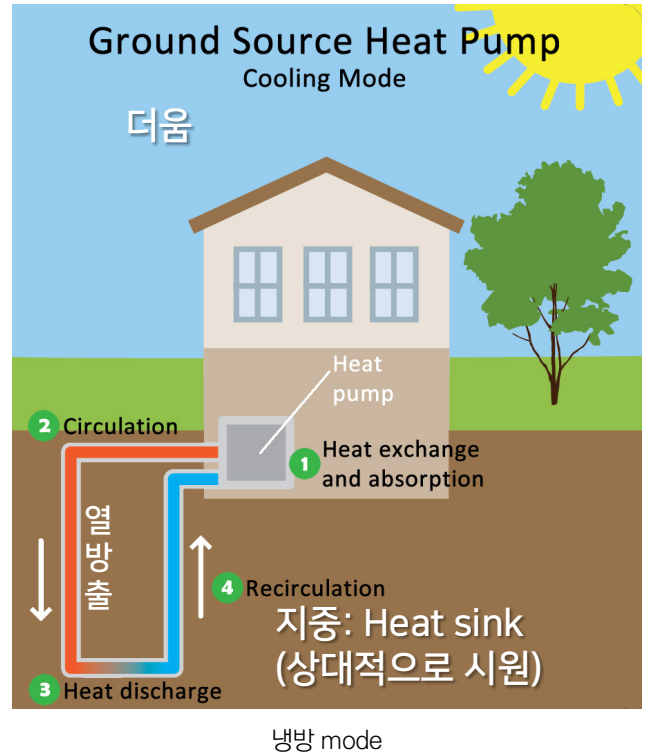
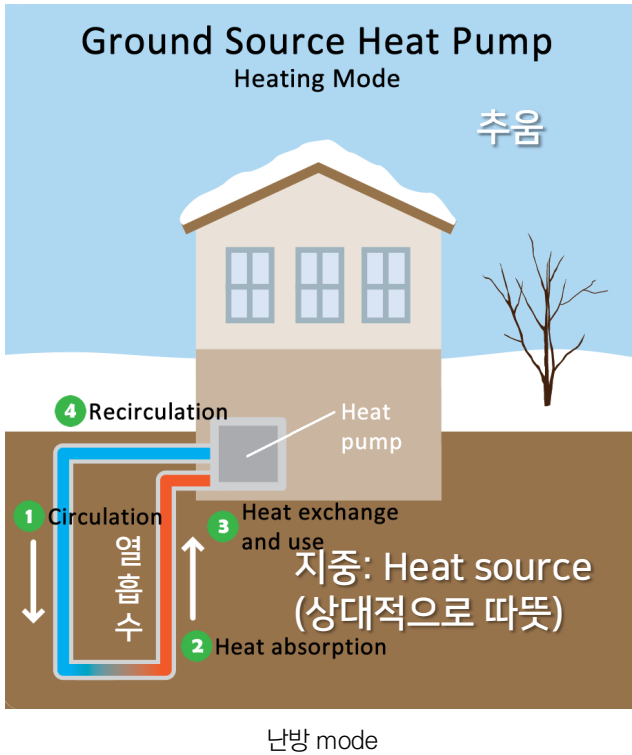
- 지하의 열을 냉·난방 시스템에 이용하거나 발전에 활용하는 기술
- 지중 온도는 하절기에 기온보다 낮고, 동절기에 기온보다 높아 냉난방에 활용 가능
- 지중온도의 안정성으로 혹서기나 혹한기에도 냉·난방의 성능 저하가 낮음
- 지속가능(sustainable), 재생가능한(renewable) 열원이며, 연중 온도의 변화가 거의 없는 장점



깊이별 지중온도 변화

◎ 지열 냉난방 시스템

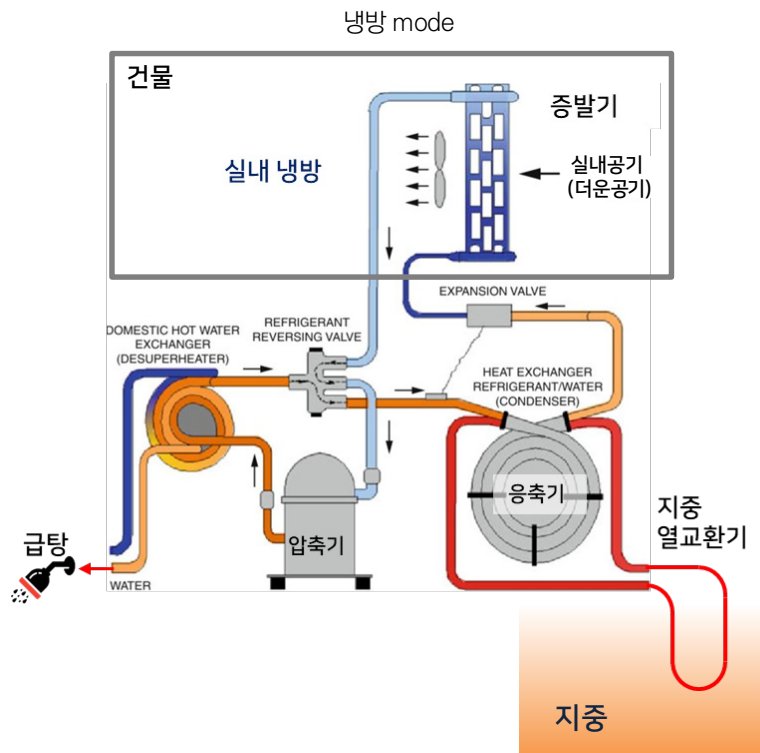
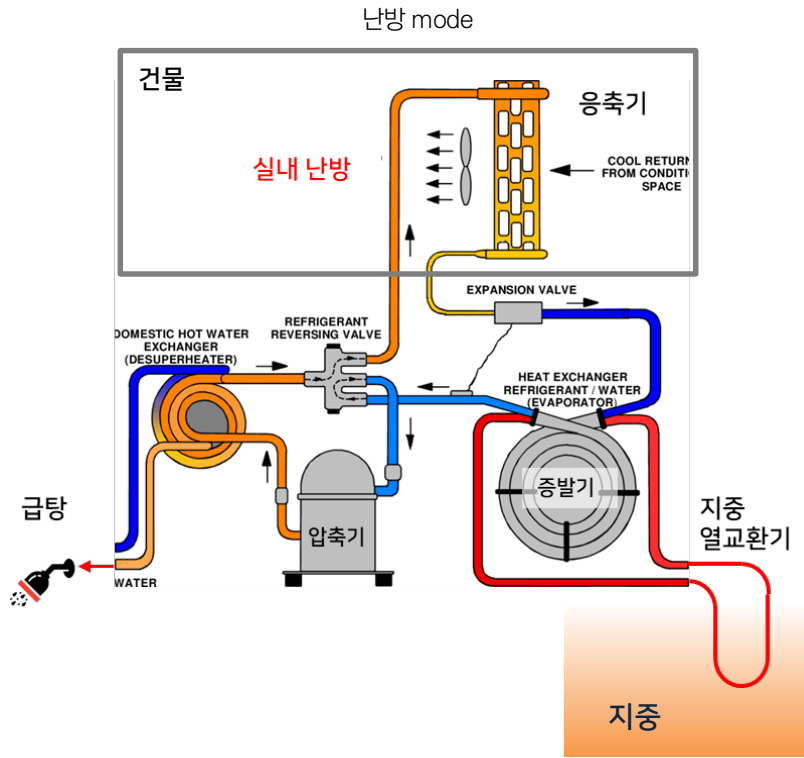
- 연중 일정한 온도를 유지하는 지하열원을 이용하여 냉난방 및 급탕을 동시에 해결
- 겨울에는 따뜻한 지중열을 흡수하여 난방하며, 여름에는 차가운 지중으로 더운 열을 버려 냉방
- 냉난방에 화석연료를 사용하지 않으며, 단지 원하는 온도와 효율을 높이기 위해 지열히트펌프를 사용



- 겨울철에는 지중이 heat source, 여름철에는 지중이 heat sink가 됨

◎ 지열 히트펌프

- 난방: 지중이 heat source (열흡수), 실내측이 응축기 (열방출)
- 냉방: 지중이 heat sink (열방출), 실내측이 증발기 (열흡수)
- 급탕: 압축기를 지나 고온상태가 된 냉매와 열교환하여 온수를 생산



◎ 지중 열교환기

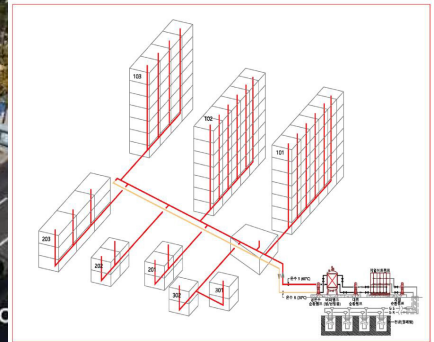
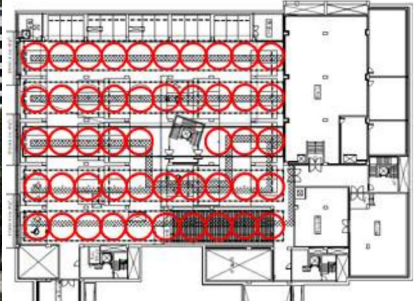
- 지열 냉난방 시스템에서 지중의 열을 흡수하거나, 지중으로 열을 방출하는 중요한 역할을 수행
- 지열을 회수하는 열교환기의 회로 구성에 따라 폐쇄형과 개방형으로 구분



- 폐쇄형 : 지중 열교환기의 배관내에 열교환을 위한 열매가 순환하는 형태 (수직형, 수평형, 말뚝형)
- 개방형 : 지하수를 열매로 직접 활용하는 형태. 우물관정형 (SCW: Standing column well)

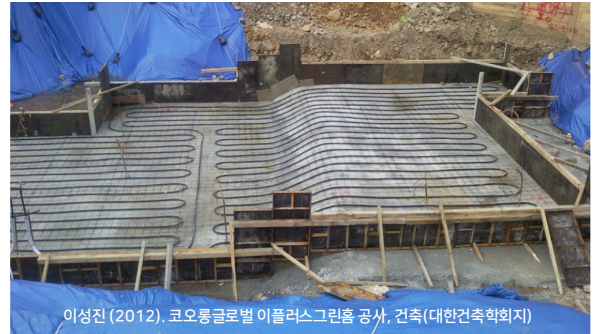
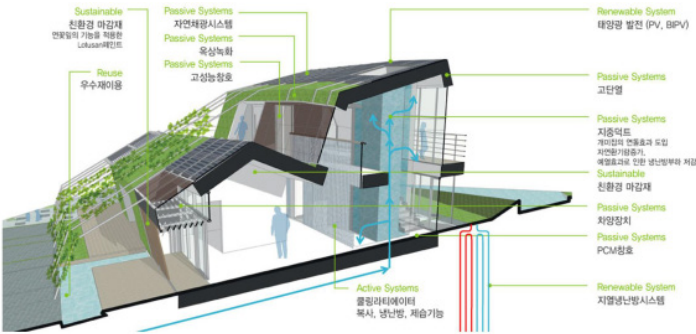
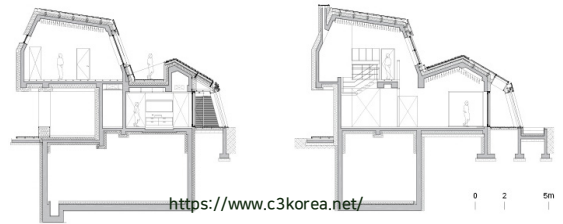
◎ 지열 에너지 활용 사례

- 노원구 제로에너지주택 실증단지



- '09년도 기준주택 대비 에너지사용량 61% 절감, 고효율설비로 13% 저감, 재생에너지로 33%의 에너지 생산 목표
- 지중열교환기 48공(난방용 20공, 급탕용 28공) 깊이 160m 천공, 총 130RT 용량 확보
- 히트펌프를 통해 55°C까지 가열 후 난방 및 급탕용으로 활용

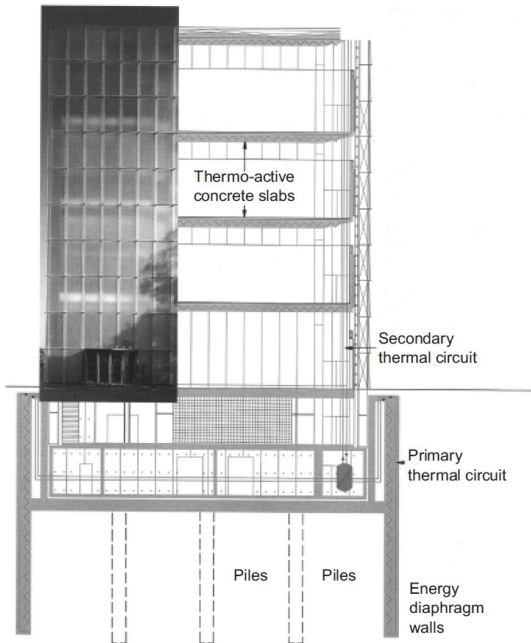
● E+ 그린홈



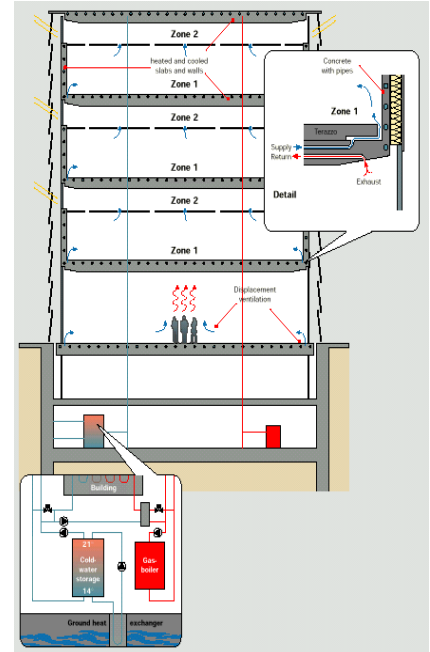
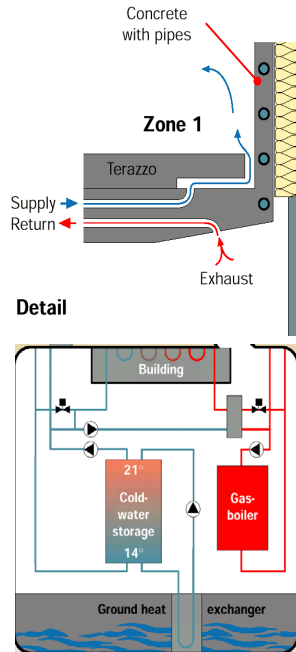
- 수직형 지중열교환기 2개소, 수평형 지중열교환기 1개소 설치하여 FCU 및 바닥복사냉난방에 활용
- 수직형 지중열교환기 중에서 하나는 히트펌프 연계없이 바로 바닥복사냉방에 활용

● Bregenz Art Museum

- 말뚝 및 지하옹벽에 지중 열교환기를 설치하여 지중으로부터 냉열을 흡수
- 14°C의 냉수를 바닥과 벽체에 매립된 냉수배관에 공급하는 구체축열시스템으로 냉방

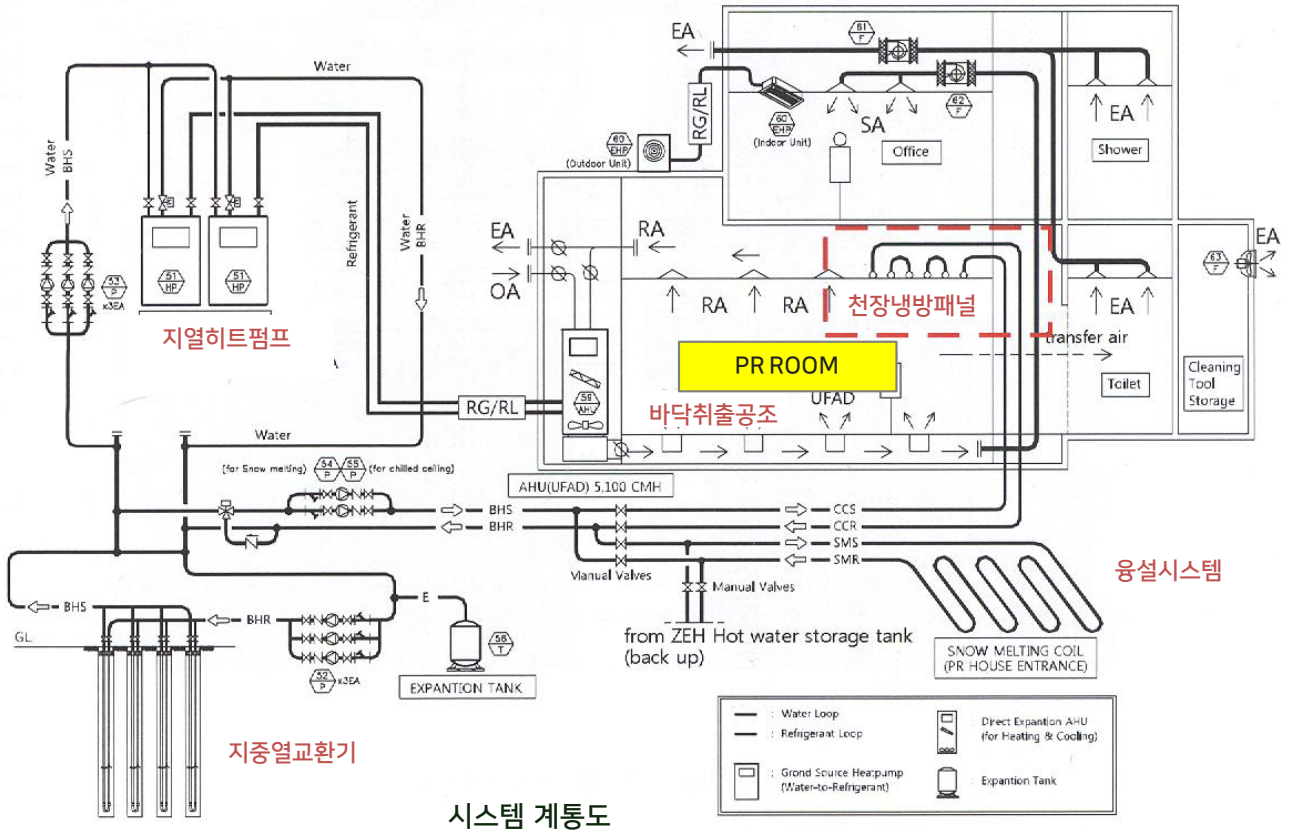


Brandl, H. (2006). Energy foundations and other thermo-active ground structures. *Géotechnique*, 56(2), 81-122.

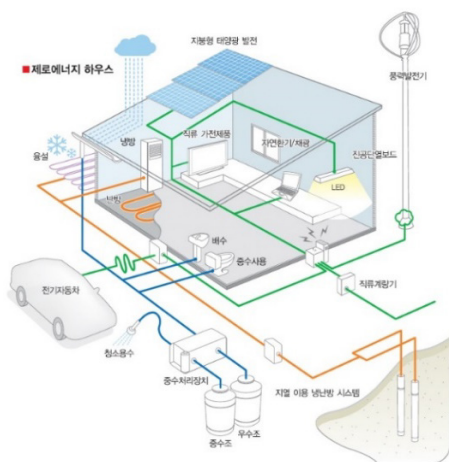


Olesen, B. W., & Liedelt, D. F. (2001). Cooling and heating of buildings by activating their thermal mass with embedded hydronic pipe systems. *Proceedings of the ASHRAE-CIBSE*, Dublin, Ireland, 3-4.

- 그린 투모로우 (Green Tomorrow)
- 지열 히트펌프는 기본적인 냉난방 시스템 (바닥취출공조)에 활용
- 지중 열교환기 열매가 히트펌프를 거치지 않고, 직접 천장냉방패널과 옥외 용설시스템으로 공급되기도 함

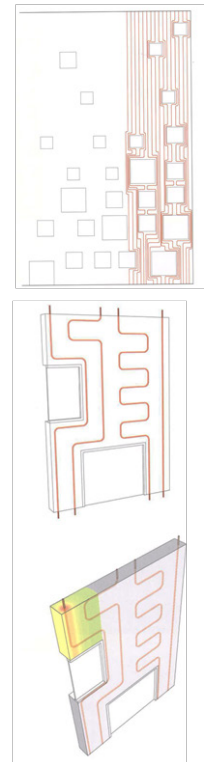
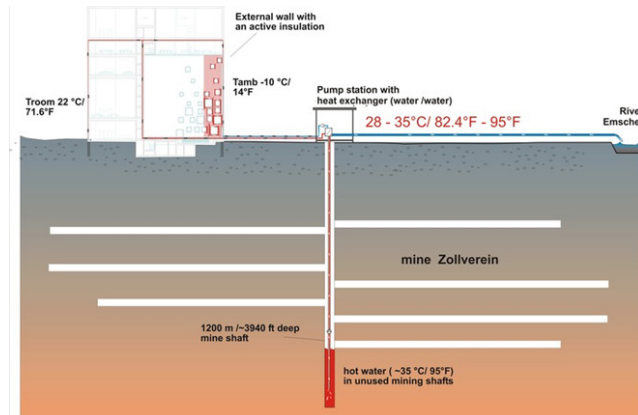
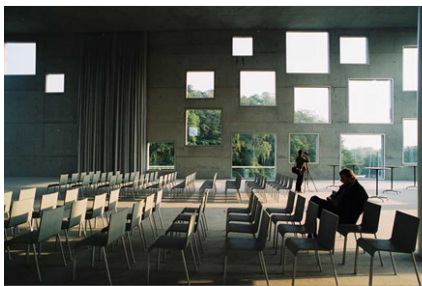


- PR ROOM의 천장냉방패널과 옥외 용설시스템의 지중 열교환기 직결로 고온냉방과 저온용설 시도하였음



옥외 용설시스템

- Zollverein School of Management and Design
- 인근의 폐광으로부터 35°C의 지하수를 끌어올려 벽에 매립된 배관에서 순환되도록 설계
- 온수가 순환되는 벽면이 일종의 동적 단열(active insulation) 기능을 하여 별도의 난방 없이도 쾌적한 실온 유지
- 신재생에너지와 결합된 액티브 기술이 실내환경의 효과적인 제어에 활용되는 사례



Moe, K. (2010). Thermally active surfaces in architecture. Princeton Architectural Press.

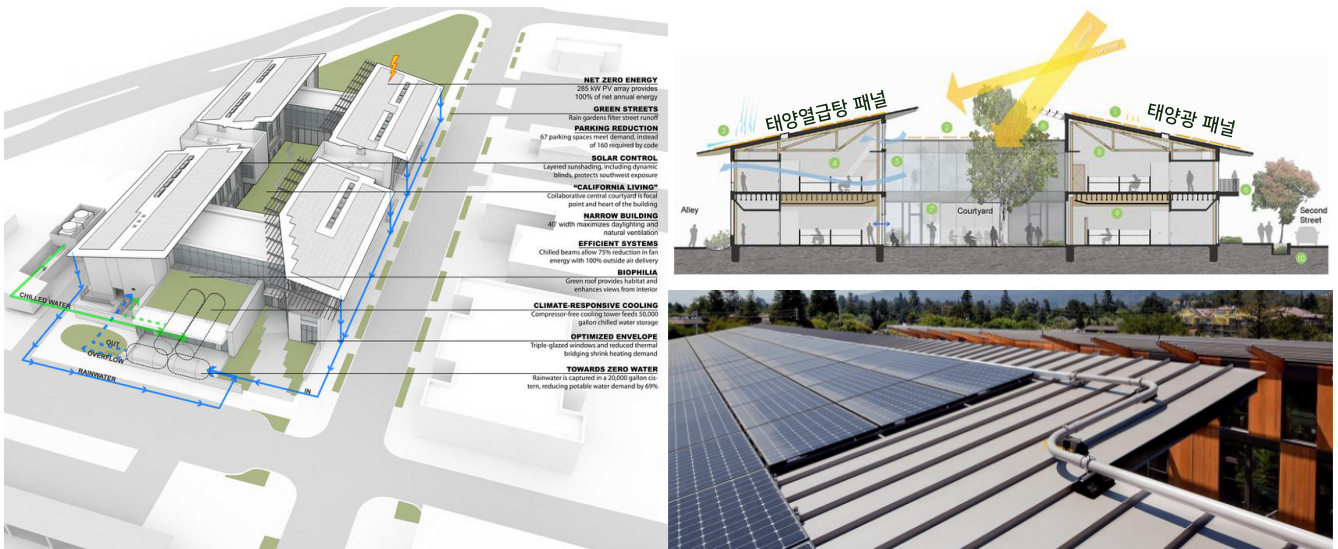
◎ 참고서적 및 사이트

1. 명지대학교 산학협력단 외 (2018). 제로에너지 주택 최적화모델 개발 및 실증단지 구축연구 최종보고서
2. 이성진 (2012). 코오롱글로벌 이플러스그린홈 공사, 건축(대한건축학회지)
3. Fridleifsson et al. (2008). Data from Lund, J.W., Freeston, D.H., and Boyd, T.L., 2005. Direct application of geothermal energy: 2005 Worldwide review. *Geothermics* 34, 691–727.
4. Hurter, S., & Schellschmidt, R. (2003). Atlas of geothermal resources in Europe. *Geothermics*, 32(4–6), 779–787.
5. Brandl, H. (2006). Energy foundations and other thermo-active ground structures. *Géotechnique*, 56(2), 81–122.
6. Olesen, B. W., & Liedelt, D. F. (2001). Cooling and heating of buildings by activating their thermal mass with embedded hydronic pipe systems. Proceedings of the ASHRAE-CIBSE, Dublin, Ireland, 3–4.
7. Moe, K. (2010). *Thermally active surfaces in architecture*. Princeton Architectural Press.
8. <https://home.kepco.co.kr/kepco/SM/C/htmlView/SMCCHP001.do?menuCd=FN29030304>
9. <https://kier-solar.org/user/potential/energy>
10. <https://web.uponor.hk/radiant-cooling-blog/thermally-active-building-systems-with-geothermal-energy-design-basics>
11. <https://www.epa.gov/rhc/geothermal-heating-and-cooling-technologies>
12. https://www.molit.go.kr/USR/NEWS/m_71/dtl.jsp?lcmspage=1&id=95080047

2 태양광 및 태양열

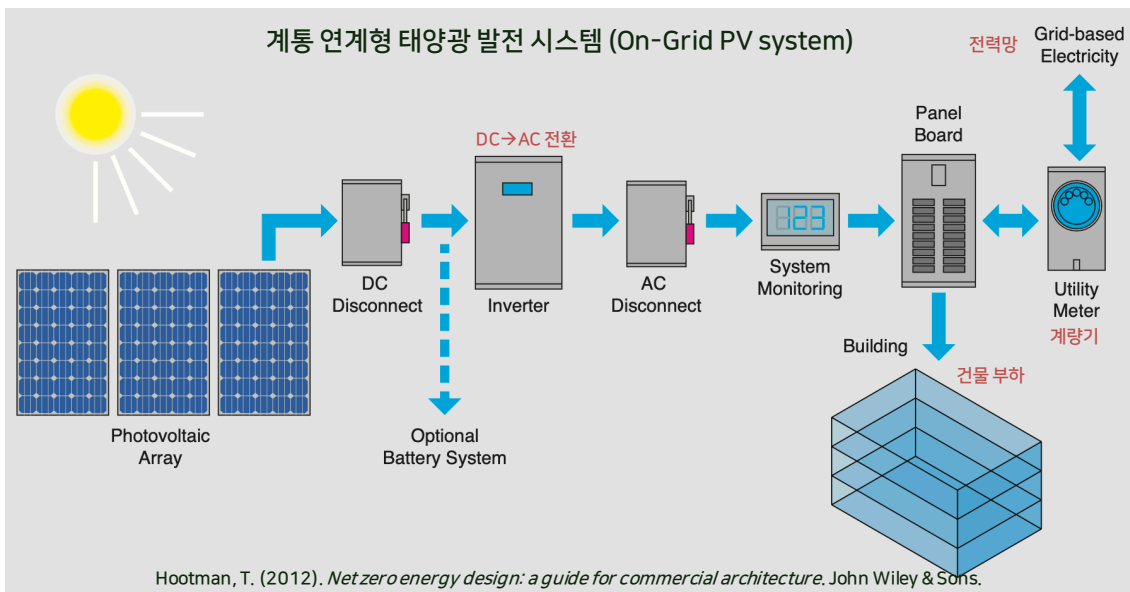
◎ 태양광 발전 기본 개념

- 태양전지(PV: Photovoltaic)를 활용하여 발전하는 태양광발전은 분산형 재생에너지 부문의 핵심
- 비교적 경제적이며 여러 규모로 프로젝트에 통합될 수 있어 ZEB에 가장 흔히 사용됨
- 생산된 전력을 다양한 용도에 이용할 수 있다는 것이 가장 큰 장점



Packard Foundation Headquarters Building

- PV에서 생산된 전기는 인버터로 교류로 변환한 후 건물내 전력 에너지원으로 활용
- 독립형 태양광발전: PV로 생산한 전력을 건물내에서 모두 소비
- 계통 연계형 태양광 발전: 생산한 일부 전기는 배터리로 충전하거나, 전력 계통(Grid)과 연계하여, 생산된 전력 중 잉여분은 전력망으로 내보냄



◎ 태양광 발전의 형태

- 태양광 발전 초기에는 태양에너지 수집이 용이하도록 옥상, 개활지에 독립적으로 PV를 설치
- 건물내에서의 전력 생산 필요성, 건축 디자인과의 조화, PV 효율 발전으로 인해 건물과 통합된 BIPV (Building-Integrated PV) 적용이 확대



주차장 설치 PV



옥상 거치 PV



지붕 씰링 형태 PV (Solar Shingle)



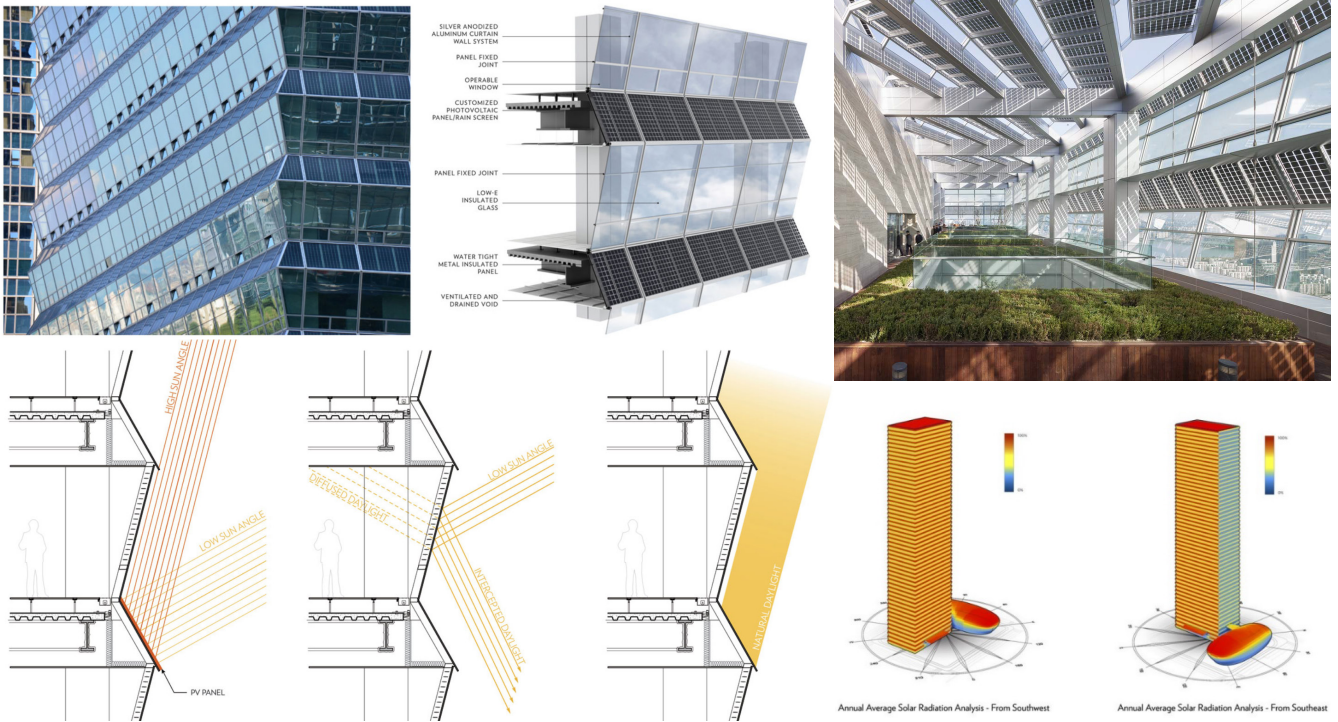
아파트 수직 외벽 설치 PV



아파트 옥상 설치 PV

◎ 건물 통합형 태양광발전(BIPV) 사례

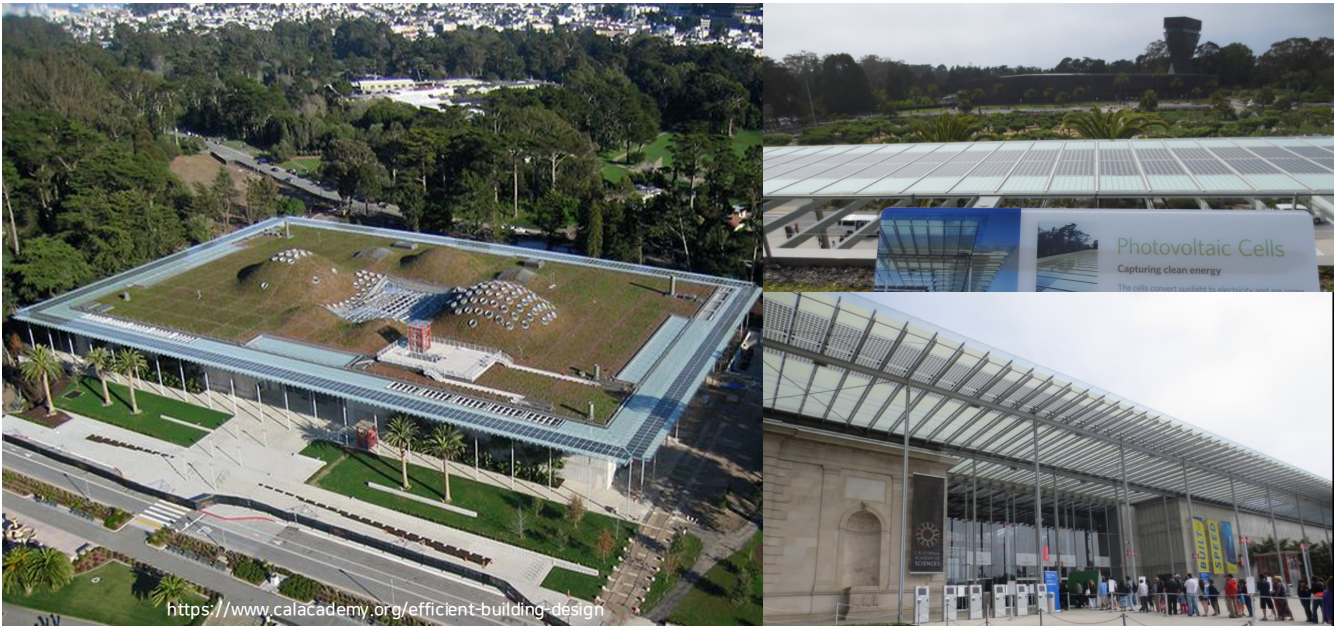
- 전경련 회관
- 커튼월 단면을 지그재그로 계획하고 역경사 부분에는 차양을, 순경사 부분에는 PV 설치
- 역경사 부분은 직달일사가 실내로 유입되는 것을 최소화
- 순경사 부분의 PV는 수직면에 설치했을 때보다 일사 흡수면적을 증가시켜 발전량을 늘리도록 계획



- 애플 신사옥(Apple Park)
- 지붕면 전체에 걸쳐 생산량 14MW의 PV를 설치
- 자연환기를 최대한 활용하여 1년 중 9개월 동안 공조설비 가동 없이 냉난방 가능
- 태양광 발전으로 낮시간 동안 필요한 전력의 75% 공급 (나머지는 바이오연료, 연료전지)

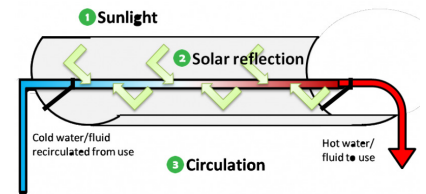
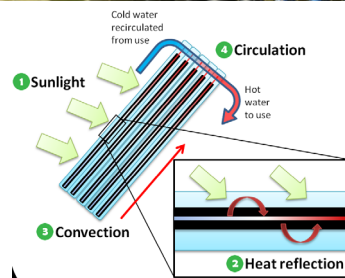
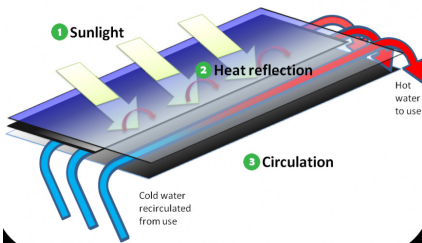


- California Academy of Science
- 자연채광을 위한 천창, 자연환기를 위한 개구부, 우수재활용 및 단열 역할을 겸하는 옥상 정원 'Living Roof' 계획
- 옥상녹화가 된 'Living Roof'의 둘레로 6만개의 태양전지(photo cell)를 배치
- 태양전지가 설치된 지붕은 차양의 역할도 수행하며, PV는 건물에 필요한 에너지의 5%를 공급



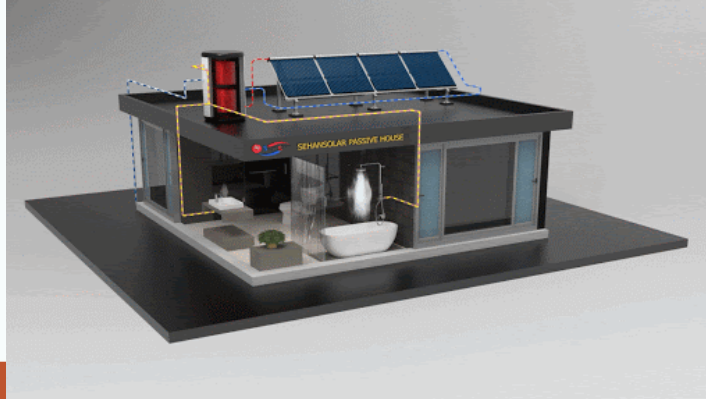
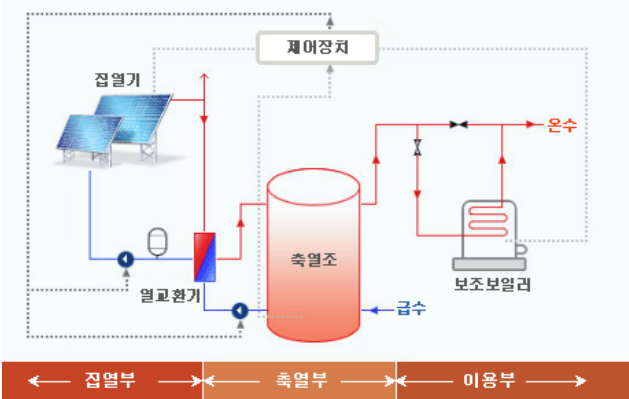
◎ 태양열 급탕 | 집열기

- 평판형: 가장 일반적인 평평한 형태의 집열기로, 투과체, 흡수판, 열매체관, 단열재로 구성
- 진공관형: 튜브 내부를 진공으로 만들어 열손실을 최소화함으로써 높은 온도의 온수를 생산
- 파라볼릭형: 포물선형의 반사판 가운데 집열관을 설치하여 고온의 온수를 생산

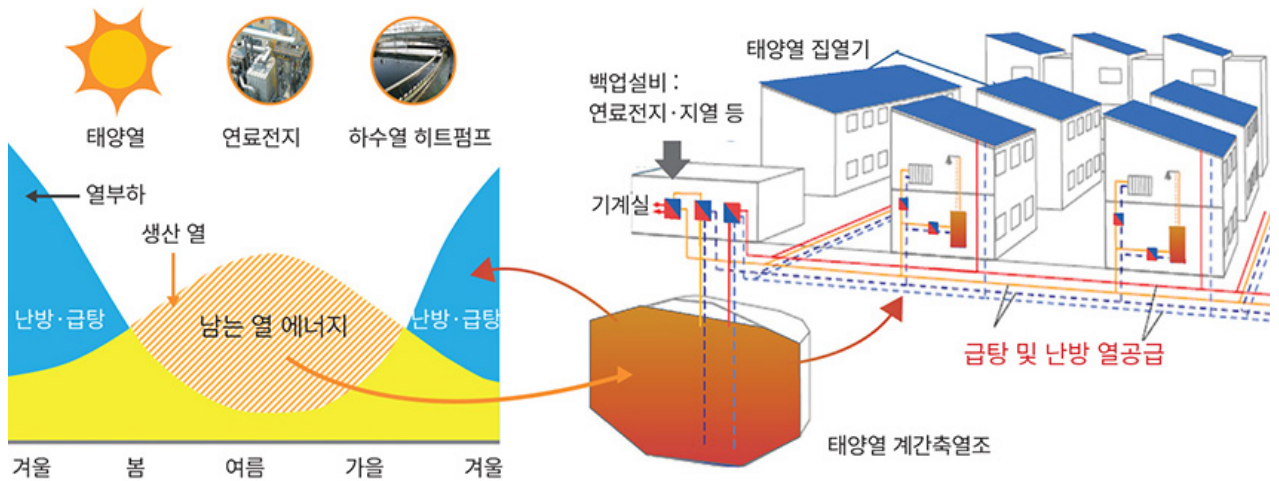


◎ 태양열 급탕 시스템

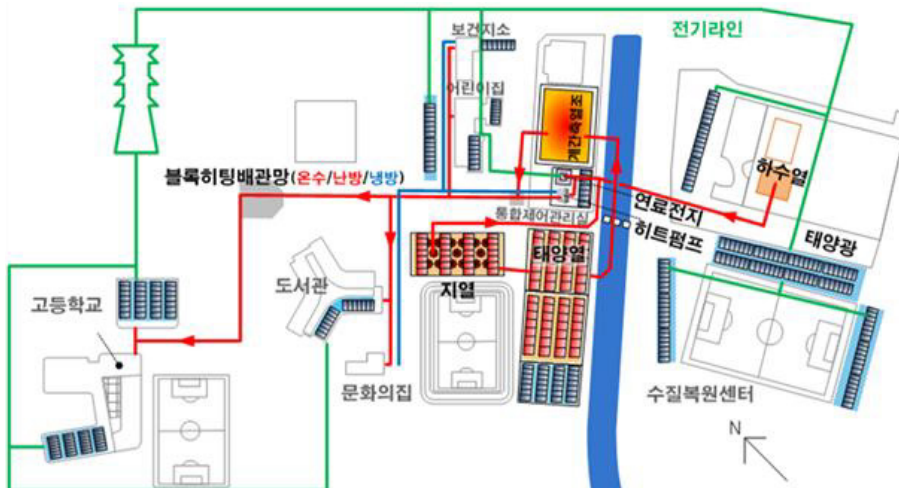
- 집열부, 축열부, 이용부로 구성되며, 안정적인 급탕 공급을 위해 축열조, 보조보일러 필요
- 하절기 잉여 생산량을 동절기에 활용하기 위한 방법으로, 대규모의 계간(季間)축열조를 적용하는 경우도 있음



• 계간 축열 개념

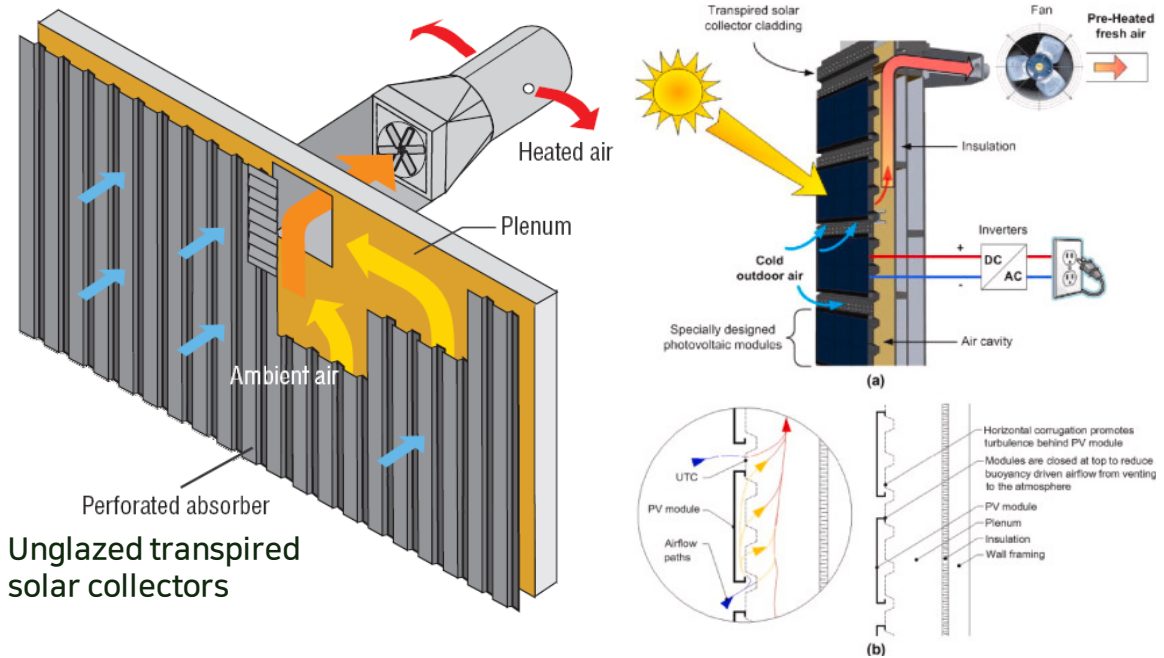


- 충북 진천 혁신도시 내 친환경에너지 타운에는 지열과 태양열로 생산된 온수를 저장하는 계간축열조가 설치되어 있음

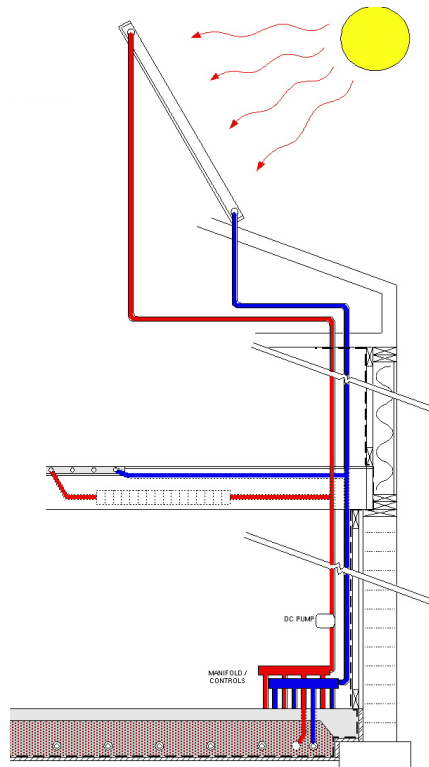


◎ 태양열 난방

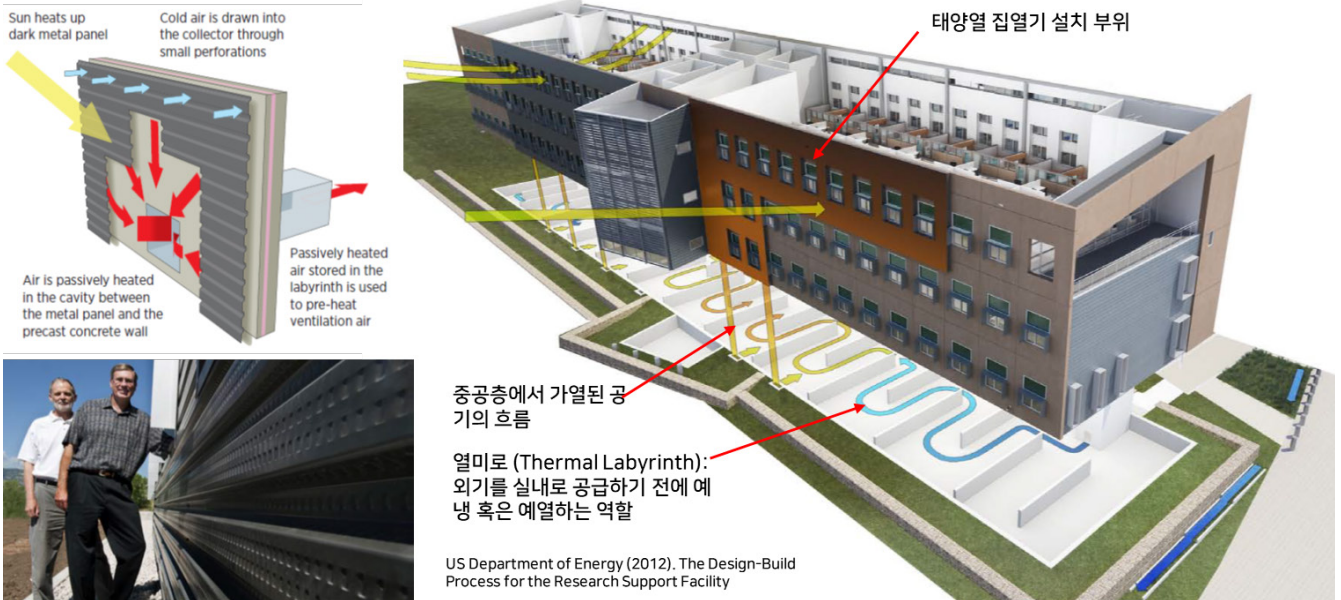
- 태양열 공기난방 (Solar air heating)
- 집열기(흡수율이 높은 금속재) 후면의 공기층을 가열, 가열된 공기를 실내 난방에 활용하거나 환기부하 절감에 활용



- 태양열 이용 저온복사난방
- 복사난방시스템이 저온수로도 난방이 가능함에 착안하여, 태양열로 생산된 온수를 구조체에 순환시켜 난방

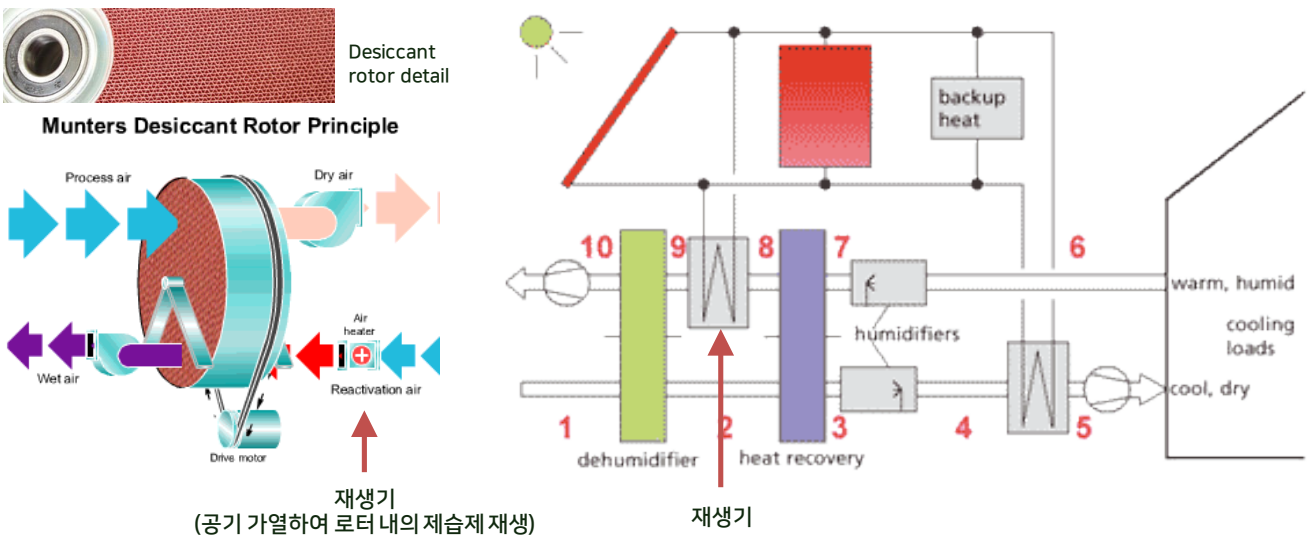


- NREL 연구소 연구지원시설의 남쪽 외벽 일부에 태양열 집열기(Transpired solar collector) 설치
- 동절기 맑은 날에 차가운 공기가 집열기를 통과하여 후면 중공층에서 가열된 후 건물 하부의 열미로(Thermal labyrinth)로 이동 → 공조기가 처리해야 하는 환기부하를 저감시킴



☉ 태양열 냉방

- 공기 중의 습도를 낮춰서 냉방 목적을 달성하는 것을 제습 냉방이라 함
- 제습 냉방은 주로 제습제를 활용하는데, 습기를 흡수한 제습제를 재생하여 다시 쓸 수 있도록 가열하는 것이 중요
- 기존 화학제습에서는 가스나 전기를 재생열원으로 활용하나, 태양열을 재생열원으로 활용할 수 있으며, 이는 하계 잉여 태양열을 활용하는 대안이 될 수 있음



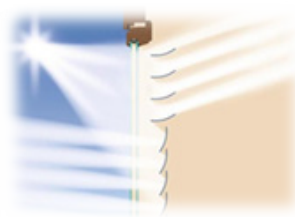
◎ 참고서적 및 사이트

1. US Department of Energy (2012). The Design-Build Process for the Research Support Facility
2. Ochs, F. et al. (2008). Solar assisted district heating system with seasonal thermal energy storage in Eggenstein-Leopoldshafen. Lisboa: In EuroSun.
3. US ACE (2011). Central Solar Hot Water System Design Guide
4. Hootman, T. (2012). Net zero energy design: a guide for commercial architecture. John Wiley & Sons.
5. <https://www.aiatopten.org/node/403>
6. <http://www.dasstech.com/en/pv-inverter/>
7. <https://urbannext.net/fki-tower/>
8. https://en.wikipedia.org/wiki/Apple_Park
9. <https://www.calacademy.org/efficient-building-design>
10. <https://greenhome.kemco.or.kr/ext/itr/intr/solarHeatIntro.do>
11. <http://www.sehansolar.co.kr/page/product1.php>
12. https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Solar_thermal_systems
13. http://www.eurotubeuropa.it/english/NL/2015/07/nl_07_4.html
14. <https://www.munters.com/ko/campaigns/airt-campaigns/munters-dessicant-rotor>

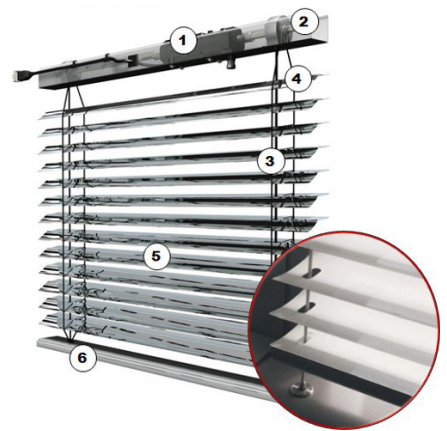
3 기타 신재생 기술

◎ 집광형 채광 시스템 개요

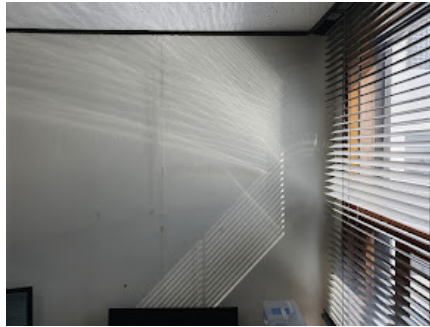
- 반사율이 높은 베네시안 블라인드(Venetian blind)의 형태로, 자연광의 입사각에 따라 슬랫(Slat) 각도를 변화시켜 실내로 자연광을 유입 → 조명에너지 절감, 눈부심(현휘) 차단, 냉방에너지 절감 효과
- 상부는 개방하여 실내로 자연광을 최대한 유입하고, 하부는 폐쇄하여 직사일광을 차단
- 2018년 신재생에너지로 지정 고시 (한국에너지공단 신재생에너지센터 공고 제2018-5호)



[집광채광 루버 구성 요소]



- | | |
|------------|-----------|
| ① 구동모터 | ② 보호커버 |
| ③ 상하부 조절장치 | ④ 각도 조절장치 |
| ⑤ 루버(슬랫) | ⑥ 하부 지지대 |



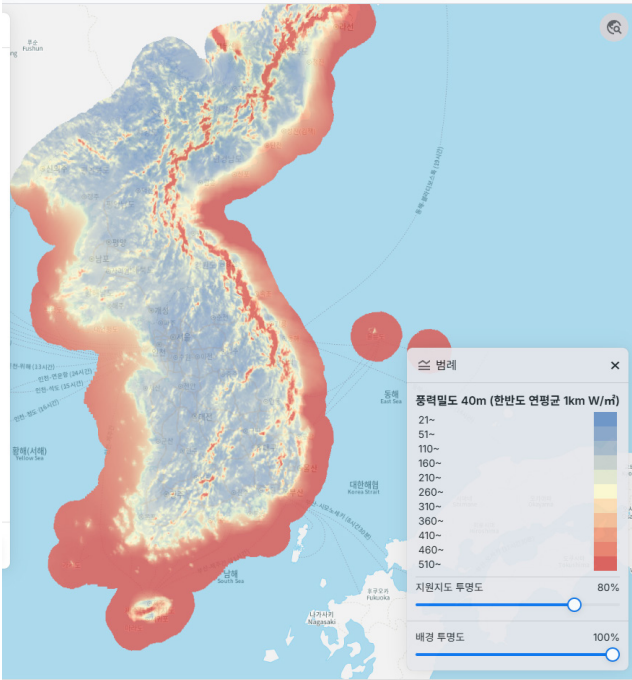
◎ 집광형 채광 시스템 사례

- 사무소 건물, 학교, 도서관, 주택 등 다양한 용도의 건물에 적용
- 상부로 유입되는 자연채광은 천장면을 밝히면서 실내 조도 및 균제도 향상
- 하부는 직사일광을 차단하여 편안한 시환경 제공



◎ 풍력 발전

- 2021년 기준 국내 풍력발전량의 비중은 신재생 에너지 중 7.5%, 전체 발전량 중 0.55%
- 풍력 자원의 분포상 해안/도서 지역, 산악 지역에 국한되어 적용
- 도서 지역의 경우 에너지 자립을 위한 주요 에너지원으로 활용(예: 제주도 CFI-탄소자립섬)



국내 풍력자원분석도(고도 40m 풍력 밀도)



풍력 발전 설비 현황(2019.06 기준)

◎ 건물통합형 풍력 발전

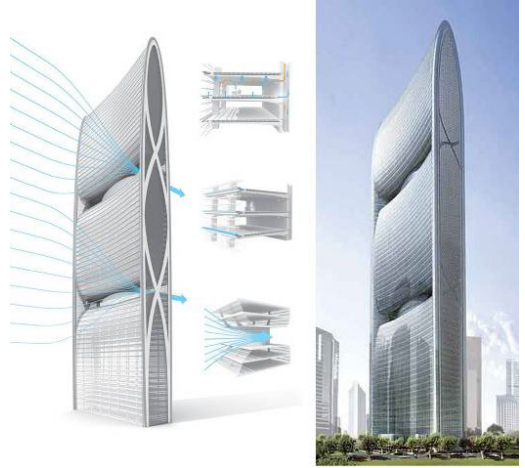
- 건물과 통합된 대형의 풍력 발전(BIWT)은 일부 기념비적인 건물에만 적용, 그 외는 주로 소형 Wind turbine 적용
- 건물의 특정 부위에서 풍속이 증가하도록 건물 매스와 형태를 계획하고, Wind turbine을 건물 디자인의 요소로 활용
- Wind turbine 운전에 따른 소음, 진동이 건물 내부에 전달되지 않도록 하는 설계가 관건



바레인 세계무역센터



영국 Strata Tower



Pearl River Tower

◎ 소형 풍력 발전

- Micro wind turbine을 건물 모서리, 옥상 등 풍속이 국소적으로 높아지는 곳에 설치하여 발전하기도 함
- 수직적 wind turbine(VAWT), 수평축 wind turbine(HAWT) 설치
- 풍력 발전 기능 수행뿐만 아니라 건물 외관을 특징짓는 역할 수행



Logan Airport (Boston)



Daito Bunka University (Tokyo)



Light Rail Company (Hague)



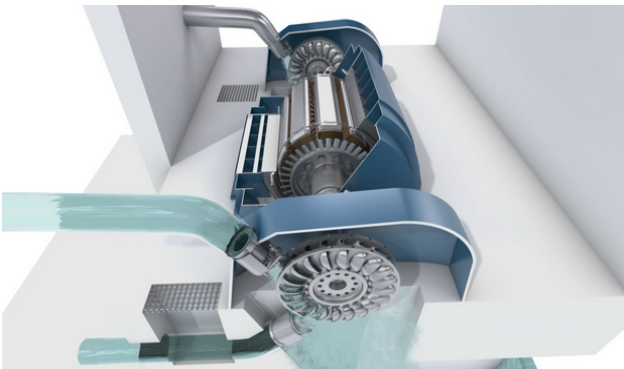
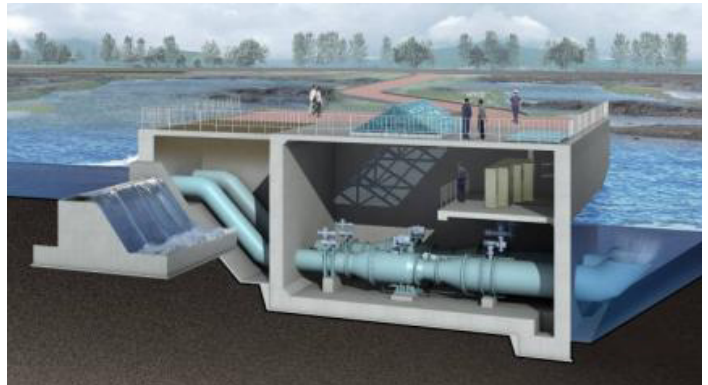
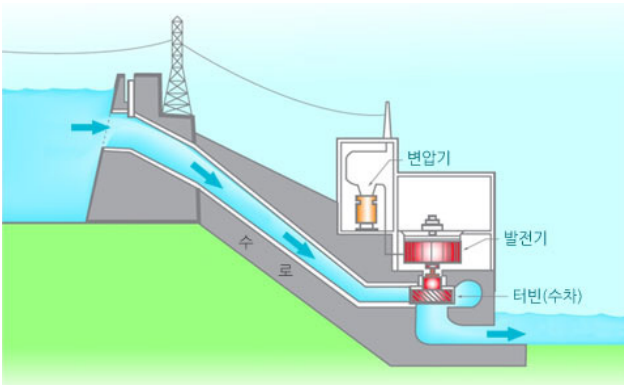
Fairview Homes development (London)



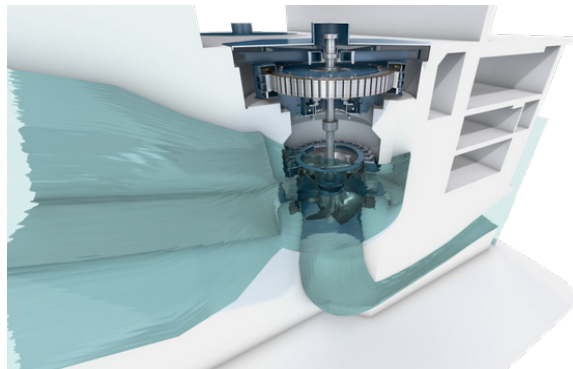
Greenway Self Park (Chicago)

◎ 수력(소수력)

- 수력발전은 물의 유동 및 위치에너지를 이용하여 발전
- '05년 이전에는 시설용량 10MW이하를 소수력으로 규정하였으나, 신규 법(신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급촉진법)에서는 소수력을 포함한 수력 전체를 신·재생에너지로 정의
- 상수도 수도관 낙차를 이용하거나 하수 처리장 방류수를 이용하는 소수력 발전도 도입
- 물의 운동에너지를 효과적으로 터빈 회전력으로 변환하는 기술이 필요
- 펄튼 터빈(물레방아 형태), 카플란 터빈(프로펠러 형태) 등이 쓰임



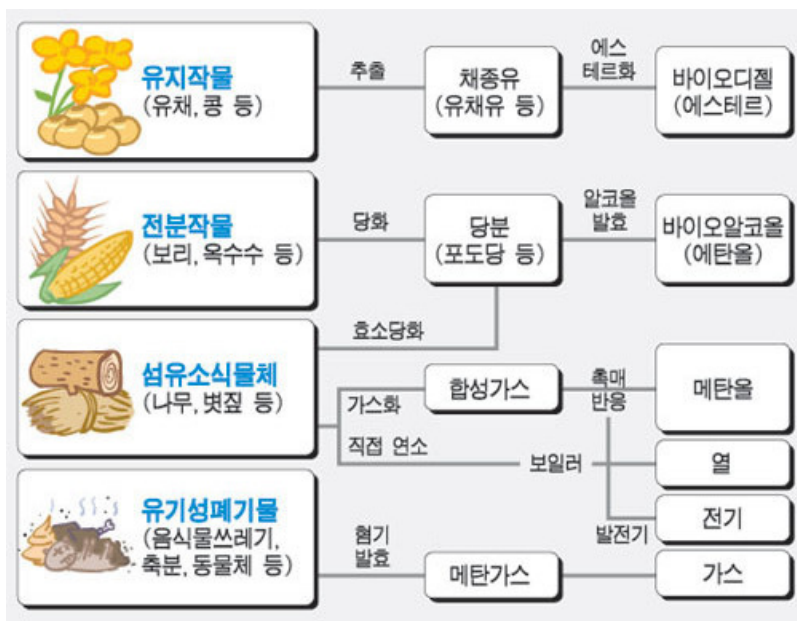
펠튼 터빈(Pelton Turbine)



카플란 터빈(Kaplan Turbine)

◎ 바이오매스

- 태양에너지를 받은 식물과 미생물의 광합성에 의해 생성되는 식물체·균체와 이를 먹고 살아가는 동물체를 포함하는 생물 유기체
- 바이오매스를 직접 또는 변환하여 액체, 가스, 고체연료나 전기·열에너지 형태로 이용
- 목재를 잘게 부순 칩(우드칩)이나 목재를 갈아서 담배꽂초 모양으로 성형한 펠릿도 재생에너지로 분류되며 이들을 연료로 하는 가정용 보일러도 보급 중
- 연소 시 온실가스가 배출되나 화석연료와 달리 대기 중의 CO₂를 순증시키지 않는 탄소중립적 에너지원으로 간주
- 최근 해조류도 바이오매스 제조에 활용



바이오매스 연료 제조과정



바이오 에탄올



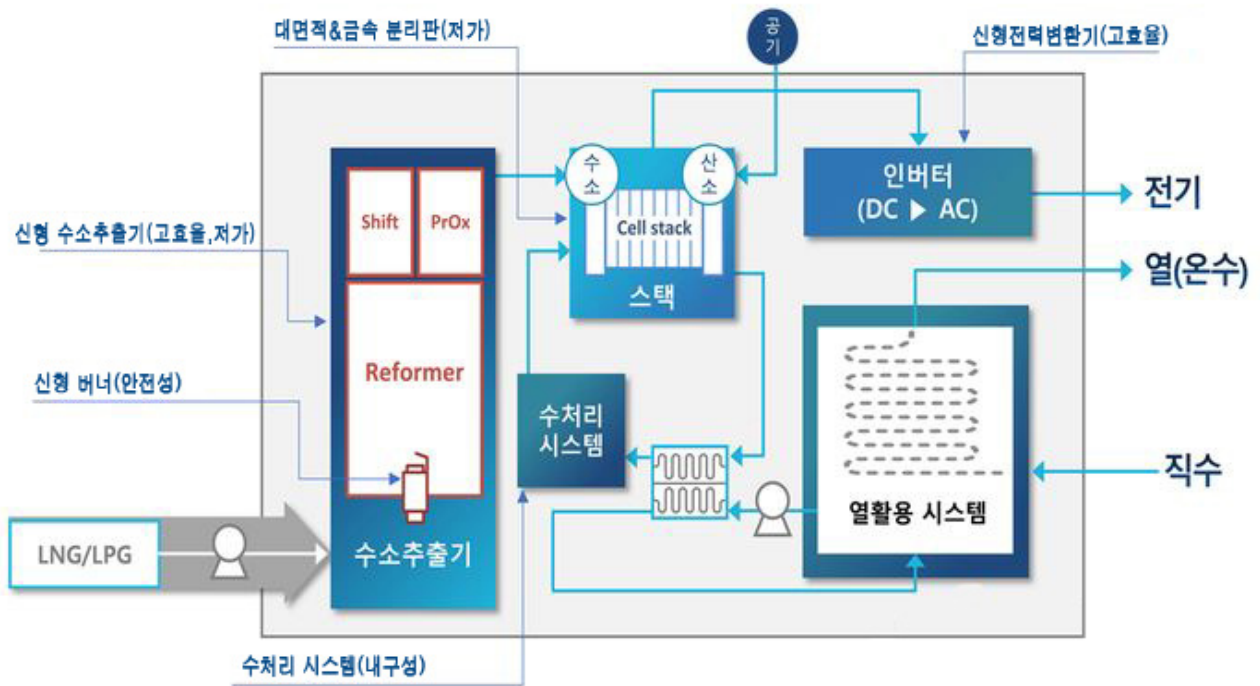
우드 칩



우드 펠릿

◎ 수소 및 연료전지

- 수소(도시가스 추출)와 산소의 전기화학적 반응을 통해 전기와 열을 생산하는 신재생에너지 설비
- 비연소방식으로 발전으로 유해물질 (SOx, NOx, 먼지 등)을 배출하지 않는 청정 에너지원
- 연료가 공급되는 한 재충전 없이 계속해서 전기를 생산, 반응 중 발생된 열은 급탕 및 난방에 이용
- 개질기(화석연료→수소연료 변환), 스택(발전부), 전력변환기(DC→AC 변환), 폐열회수장치
- 호텔, 병원, 다중이용시설 등 많은 양의 급탕부하가 연속적으로 발생하는 건물에 적합



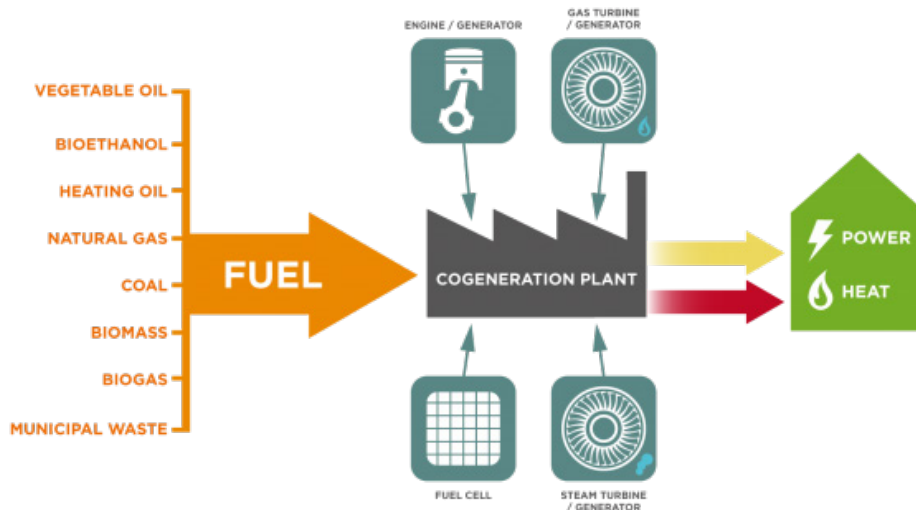
연료전지의 일반적인 구조



연료전지 설치 사례(엘지트윈타워, 용량 48kW)

◎ 폐기물 에너지

- 가연성 폐기물 중 에너지 함량이 높은 폐기물을 고체 연료, 액체 연료, 가스 연료, 폐열 등으로 가공·처리하여 산업 생산활동에 필요한 에너지로 이용하는 것
- 폐기물 신재생 에너지 종류: 성형 고체 연료, 폐유 정제유, 플라스틱 열분해 연료유, 폐기물 소각열
- 성형 고체 연료: 종이, 나무, 플라스틱 등의 가연성 폐기물을 파쇄, 분리, 건조, 성형하여 제조
- 폐유 정제유: 자동차 폐윤활유 등의 폐유를 정제하여 활용
- 폐기물 소각열: 연성 폐기물 소각열 회수에 의한 스팀 생산 및 발전으로의 이용, 열병합 발전의 원료로도 활용

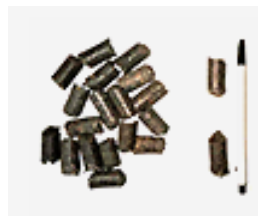


열병합발전(Cogeneration)

전기 생산을 위한 발전기 터빈을 돌리는 과정에서 나오는 폐열을 물 가열에 활용



생활폐기물 연료화(SRF, Solid Refuse Fuel) 발전소



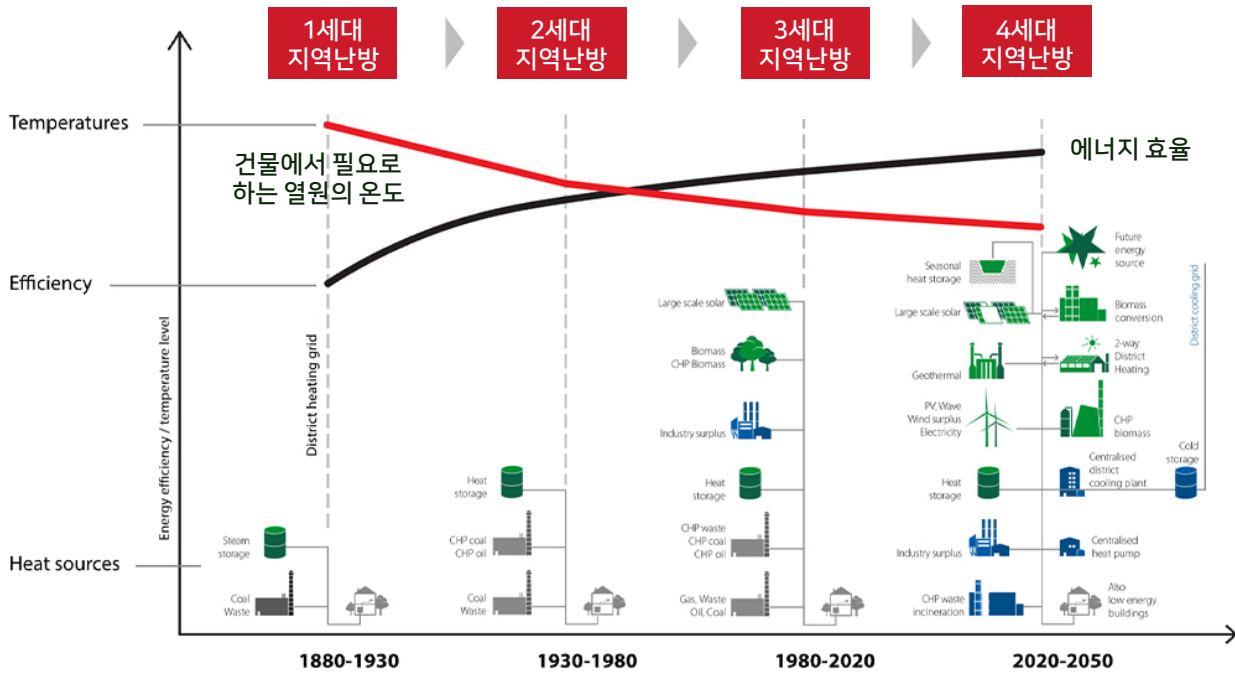
Pellet SRF
(선별 후 건조 성형)



Fluff형 SRF
(선별 후 절단 처리)

◎ 건물 에너지효율과 신재생에너지와의 관계

- 패시브 기술로 냉난방부하가 크게 절감된 최근의 건물 수준에 맞추어, 신재생에너지의 활용 가능성이 높아짐
- 분산 에너지 공급원으로서의 신재생에너지 기술 연구개발, 실용화 필수적



◎ 참고서적 및 사이트

1. US Department of Energy (2012). The Design-Build Process for the Research Support Facility
2. Kim, H. G., et al. (2016). Wind resource assessment for high-rise BIWT using RS-NWP-CFD. Remote Sensing, 8(12), 1019.
3. Thorsen, J. et al. (2020). Distribution of district heating: 4th Generation, Danfoss A/S technical report
4. <https://kier-solar.org/user/gis/map/wd>
5. <http://www.ryanenschede.com/project/sunlight-harvesting/>
6. <http://resourcelab.co.kr/>
7. <http://thesunportal.com/kor>
8. <https://www.aiatopten.org/node/103>
9. <http://www.jeju.go.kr/cfi/index.htm>
10. <https://www.ge.com/renewableenergy/>
11. <http://mplussys.com/>
12. <http://www.s-fuelcell.com/>
13. <http://www.busanene.co.kr/main/sub/business.php>
14. <https://www.theade.co.uk/resources/what-is-combined-heat-and-power>

**2025
제로에너지건축
전문인력 양성교육**

보급형 입문교육



**ZERO ENERGY BUILDING
TRAINING TO BE PROFESSIONALS**

PART B

ZEB 패시브 기술

[B.1]

ZEB 건물 설계 사례(주거)

에너지자립주택 이노채
단지 경관계획과 친환경설계
이노채_그린/갤러리/컴포트
주요 녹색 기술

[B.2]

ZEB 건물 설계 사례(비주거)

ZEB 통합설계 프로세스
세운 5-1, 3구역 기부채납시설 ZEB 사례

B.1

ZEB 건물 설계 사례(주거)

교육 목표

- ZEB 건물 설계 사례(주거)**
- * 최초의 ZEB 플러스 등급 본인증 설계 사례를 통한 ZEB 인증 설계 과정에 대한 이해
 - * 사례를 통한 제로에너지건축 전문가 관련 업무 수행에 도움

1 에너지자립주택 이노채

◎ 이노채 시범주택의 배경

- 코로나 이후의 “NEW NORMAL” 시대에 사회적 거리두기, 원격 근무 등과 함께 사람들의 주거 환경에 대한 관심
- 뉴노멀 시대에 단독주택은 개인의 안전과 위생 및 지속가능한 생활방식을 고려한 주거 형태로 주목

INNOCHAE_GREEN



ZEB +등급 (에너지자립률 127%)

INNOCHAE_GALLERY



ZEB +등급 (에너지자립률 131%)

INNOCHAE_COMFORT



ZEB 1등급 (에너지자립률 102%)

◎ 이노채 시범주택의 컨셉

- 뉴노멀 시대의 환경과 지속가능성에 대한 거주자들의 관심에 부응하고, 에너지자립주택의 가능성을 다양한 라이프스타일에 맞추어 확장할 수 있는 세 가지 컨셉으로 디자인
- '이노채_그린'은 바이오필릭이 구현된 친환경 주거공간, '이노채_갤러리'는 재활용이 가능한 강건재 특화주택, '이노채_컴포트'는 친숙하고 따뜻한 소재의 한식주거공간으로 계획

INNOCHAE_GREEN
지속가능하고 쾌적한 삶의 경험

Royal Natural



바이오필릭이 구현된 친환경 주거공간

다목적 활용 가능한 자연친화적 대공간

파노라마 그린 뷰의 쾌적한 침실

INNOCHAE_GALLERY
다양한 강건재의 가능성을 상상

Recycling Steel



재활용이 가능한 강건재 특화주택

사계절의 자연을 담은 중정공간

전시공간으로 활용 가능한 지하라운지

INNOCHAE_COMFORT
한옥 스타일의 편안한 주택공간

Traditional Elegance



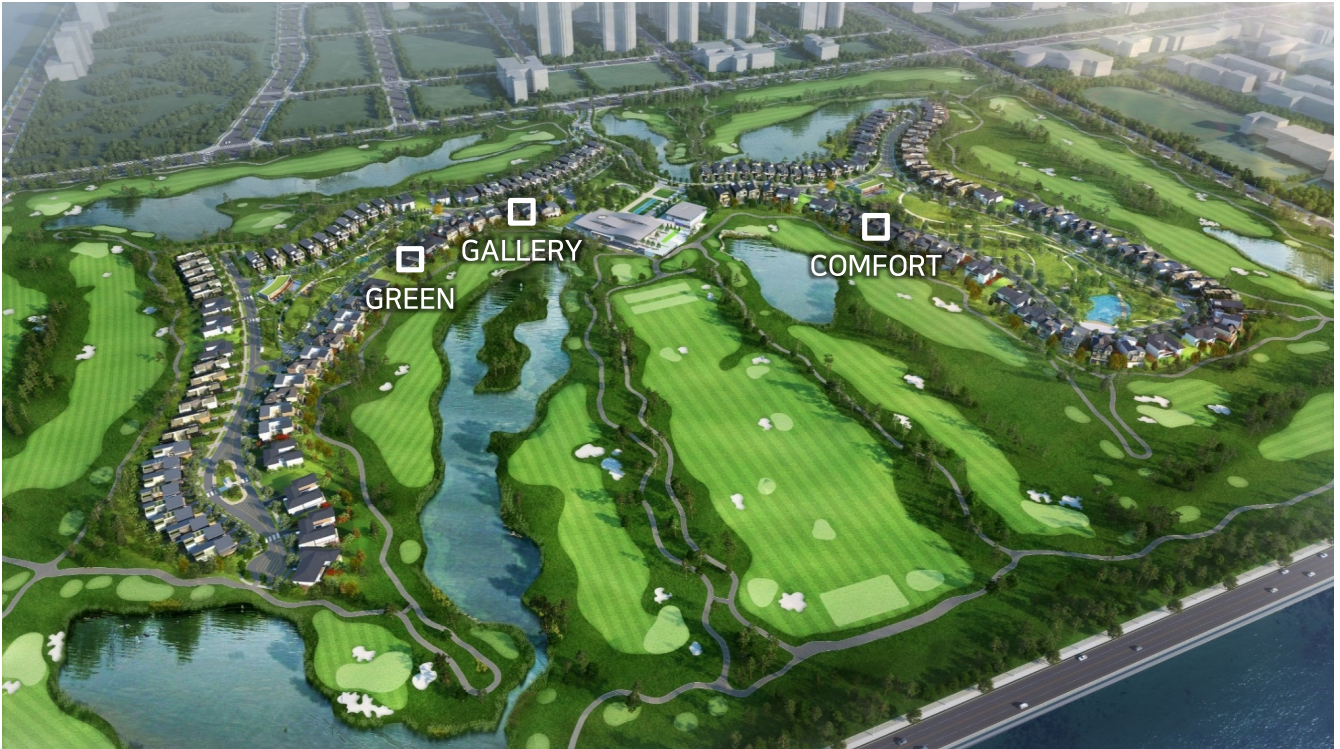
친숙하고 따뜻한 소재의 한식주거공간

다양한 문화와 경험을 위한 교류공간

개인의 라이프스타일을 위한 취미실

◎ 이노채 시범주택 적용단지

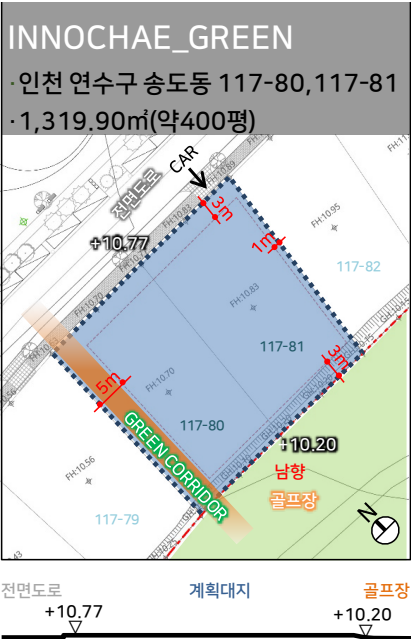
- 인천 송도 잭니클라우스 골프장 내 주택단지에 위치, 2023년 10월 3차 준공
- 주택단지의 개별 토지 소유자들에 친환경 주택 건설 홍보로 친환경 단지 조성 유도 및 강건재 친환경주택의 저변 확대를 목적으로 건립됨



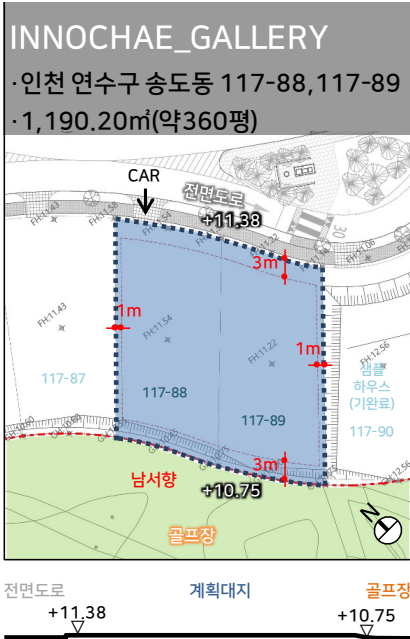
2 단지 경관계획과 친환경설계

◎ 주택별 입지 환경

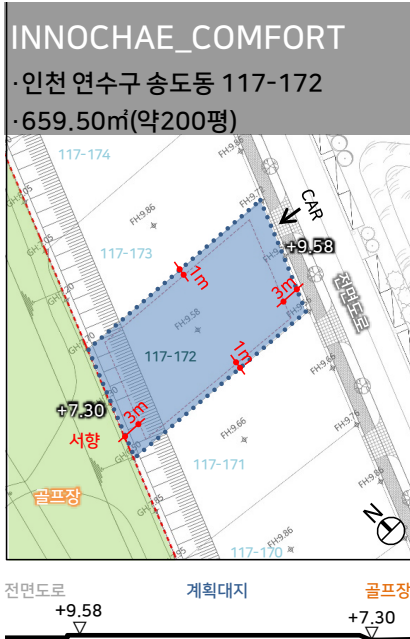
- 단지의 비정형적인 필지구획 특성에 의해, 서로 다른 입지환경 고려



• 일조: 골프장 방향으로 정남향



• 일조: 골프장 방향으로 남서향



• 일조: 골프장 방향으로 서향

◎ 경관상세계획의 적용

- 인천경제구역의 지구단위계획 및 경관상세계획 적용 대상 지역
- 지붕, 입면, 창호와 같은 건축물 형태와 재료, 색채 등이 의무사항으로 지정되어 있음
- 경관상세계획 범위 내에서 패시브 디자인 조율하는 것이 주요 설계 이슈 사항이었음



Detailed Cityscape Plan of Songdo City H1 Block | 3

◎ 경관상세계획과 패시브디자인

- 경관상세계획의 내용인 외장재 전후면 70% 이상 석재 적용을 위해 석재 패턴 강판 활용, 재활용 자재 사용률 증가
- 허용경사도 내 BIPV 설치 지붕면의 최적 경사도 설정
- 제로에너지 구현, 경관상세계획, 골프장 조망 등을 모두 고려한 주택 창면적비 최소화 조율

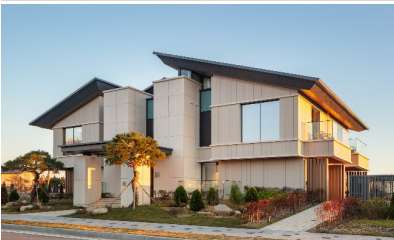
외장재 : 석재

경관상세계획을 준수한 주재료 반영

“ 전후면 70% 이상 적용 ”



재활용 가능한 석재패턴강판 적용



지붕 : 경사지붕

경관상세계획을 준수한 경사지붕 디자인

“ 경사지붕 50% 이상
허용지붕경사도 ”



BIPV 효율 고려, 최적 경사각도 설정



창면적비 : 상호최소화

에너지손실 최소화한 입면 디자인

“ 창면적비 최소화
전/후면 위주 상호 계획 ”

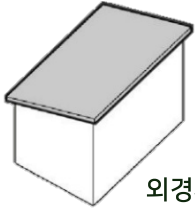


골프장 조망에 창면적 집중

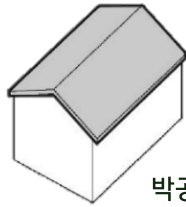


◎ 지붕 형태의 최적화

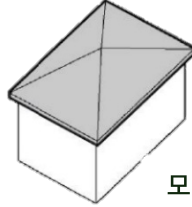
- 경관상세계획 허용 경사지붕 형태: 경사지붕 50% 이상 설치 의무



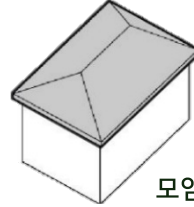
외경사지붕



박공지붕

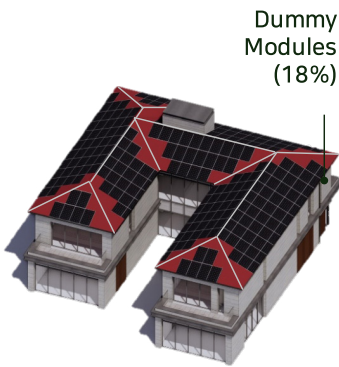


모임지붕-A



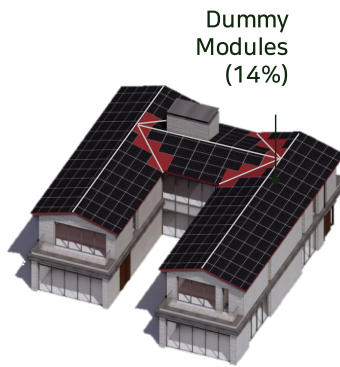
모임지붕-B (우진각지붕)

- BIPV 설치 유효면적 검토 : BIPV 실모듈 설치비율 최대화 및 DUMMY 부재 비율 최소화 방안 계획



모임지붕

BIPV 실모듈 설치비율: 약 80%
DUMMY 부재 비율: 약 18%



박공지붕

BIPV 실모듈 설치비율: 약 84%
DUMMY 부재 비율: 약 14%

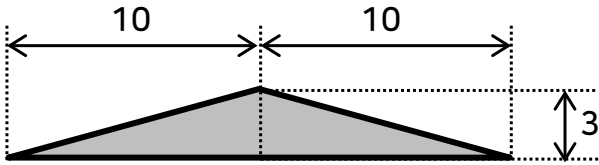


외경사지붕

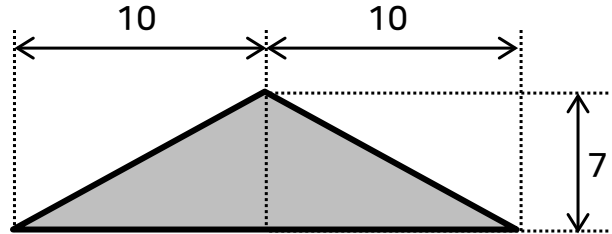
BIPV 실모듈 설치비율: 약 87%
DUMMY 부재 면적: 없음

◎ 최대 효율의 지붕 경사도 설정

- 경관상세계획 허용 지붕 경사도 충족 ($17^{\circ} \sim 35^{\circ}$)

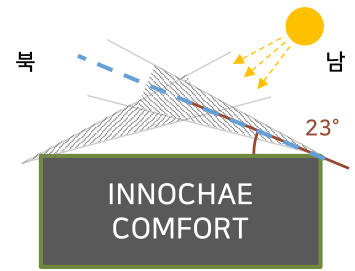
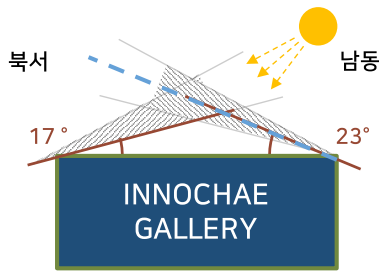




최소 경사도: 3/10 이상



최대 경사도: 7/10 이하

- 경관상세계획 최저기준 17° 적용으로 볼륨 최소화
- 남향측(남동, 남)은 친환경 경사지붕 인정이 가능한 23° 적용하여 볼륨 최소화

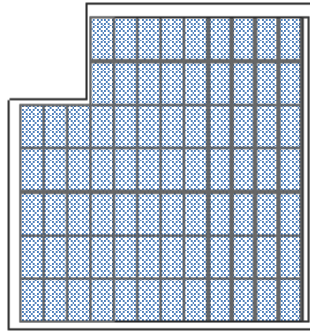
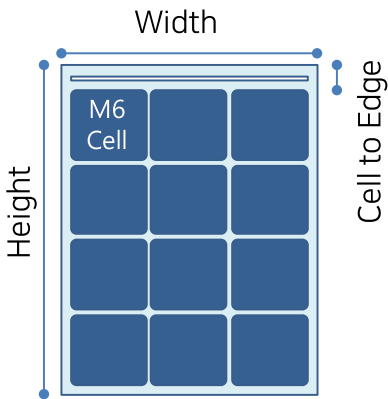


 경관 경사지붕 기울기범위 (17° 이상~ 35° 이하)
 친환경 관련 경사지붕 인정 기준(23° 이상)

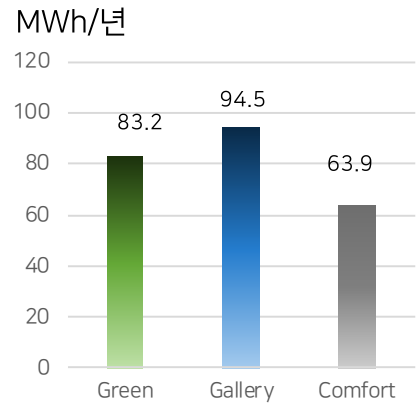
※ 방위별 태양광 발전 효율성: 남(1.00) > 남서(0.93) > 남동(0.91) > 수평(0.87) > 서(0.76) > 동(0.73)

◎ BIPV 최적화 계획

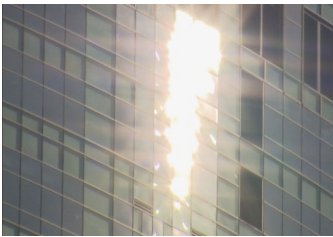
- 모듈용량 극대화: 셀 단부 여백을 최소화한 모듈규격 선정 및 지붕 형태 조정으로 발전 용량 최대화 (모듈효율 17% 이상 확보)
- BIPV 최대 설치용량 확보를 위해 지붕 크기를 모듈 규격에 최적화, dummy 부재 최소화를 위한 지붕크기 설정



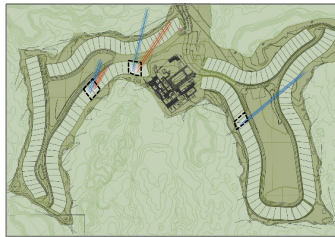
78 Modules / 0 Dummy



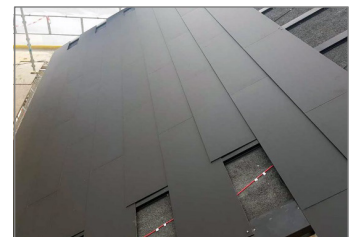
- BIPV 표면 유리의 경면반사로 인한 빛 공해 방지 및 발전효율을 위해 시뮬레이션을 통한 마감재 적용



BIPV 표면 경면반사에 따른 빛 공해 발생 문제 우려



시뮬레이션을 통한 단지내 빛 반사 영향 여부 확인

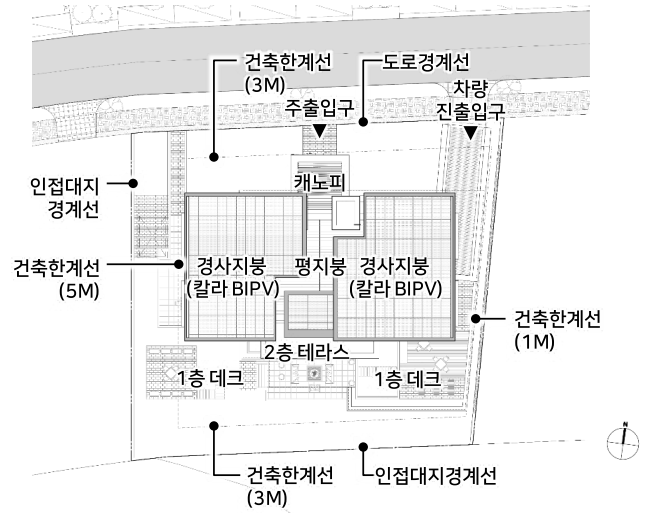


난반사 Satin Glass 적용으로 빛공해방지 및 발전효율 개선

3 이노채_그린

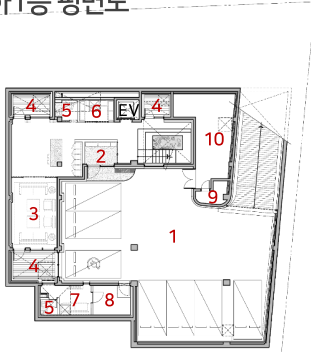
◎ INNOCHAE_GREEN | 개요 및 배치도

대 지 면 적 1,319.90㎡
 연 면 적 1,026.27㎡
 규 모 지하1층, 지상2층
 단 열 재 그라스울 T180+T150 등
 창 호 T47 로이삼중유리+AL 프레임 등
 환 기 시 스템 열회수형 환기장치
 에 너 지 관 리 HEMS & 홈통합
 건 축 물 인 증 제로에너지 1+, 에너지효율등급 1+++
 수 상 내 역 Constructsteel Awards 2023
 - "Excellence in Sustainability" 부문 수상



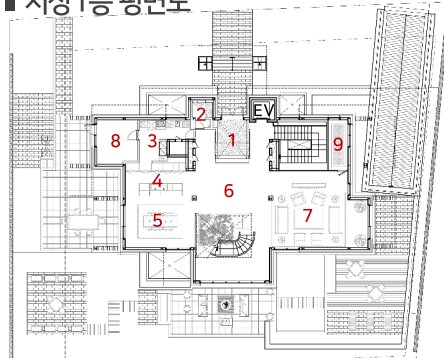
◎ INNOCHAE_GREEN | 평면도

■ 지하1층 평면도



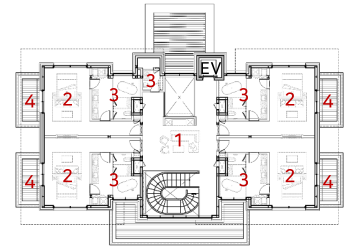
- 1 주차장 2 현관 3 라운지 4 선큰 5 욕실 6 창고
- 7 기사대기실 8 서버실 9 전기실 10 기계실

■ 지상1층 평면도

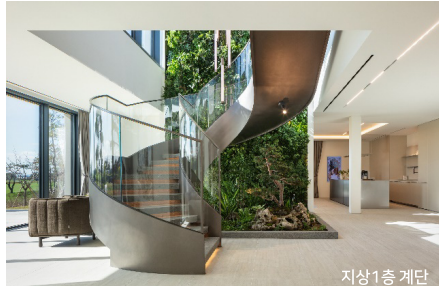
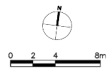


- 1 현관 2 욕실 3 보조주방 4 주방 5 다이닝 6 웰컴라운지
- 7 거실 8 창고 9 조경공간

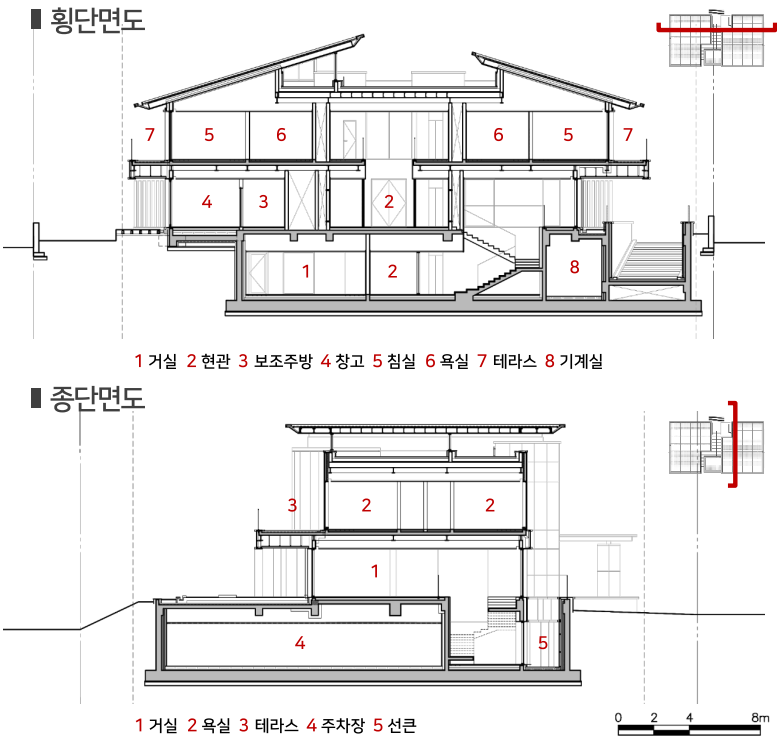
■ 지상2층 평면도



- 1 거실 2 침실 3 욕실 4 테라스



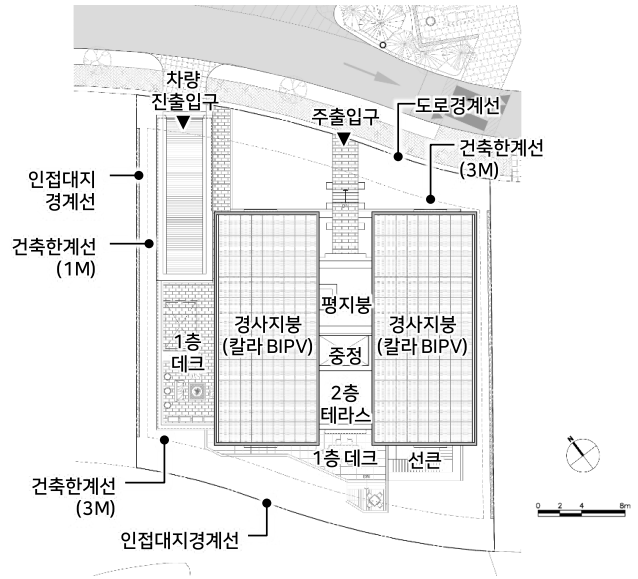
◎ INNOCHAE_GREEN | 단면도



4 이노채_갤러리

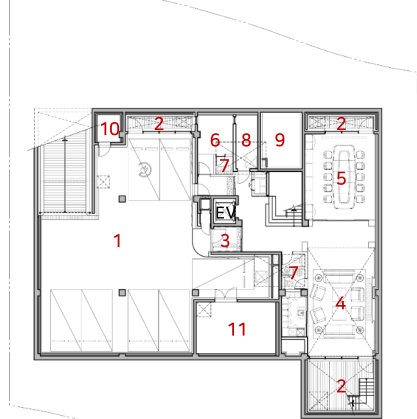
◎ INNOCHAE_GALLERY | 개요 및 배치도

대지면적	1,190.20㎡
연면적	1,027.11㎡
규모	지하1층, 지상2층
단열재	그라스울 T180+ T150 등
창호	T47 로이삼중유리 + AL 프레임 등
환기시스템	열회수형환기장치
에너지관리	HEMS & 홈통합
건축물인증	제로에너지 1+, 에너지효율등급 1+++
수상내역	Constructsteel Awards 2023 - "Excellence in Sustainability" 부문 수상



◎ INNOCHAE_GALLERY | 평면도

■ 지하1층 평면도

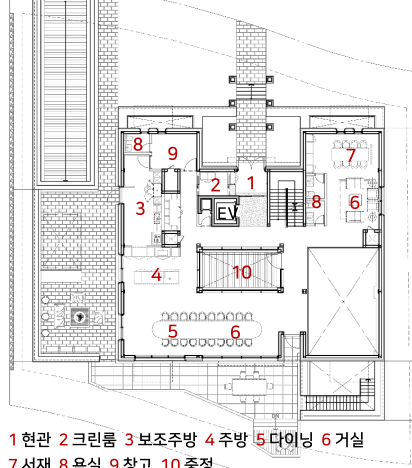


1 주차장 2 선크 3 현관 4 거실 5 서재 6 기사대기실
7 욕실 8 서버실 9 PIT 10 전기실 11 기계실



지하1층 거실

■ 지상1층 평면도

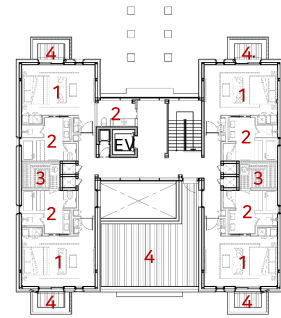


1 현관 2 크린룸 3 보조주방 4 주방 5 다이닝 6 거실
7 서재 8 욕실 9 창고 10 중정

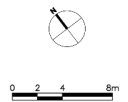


지상1층 거실/다이닝

■ 지상2층 평면도



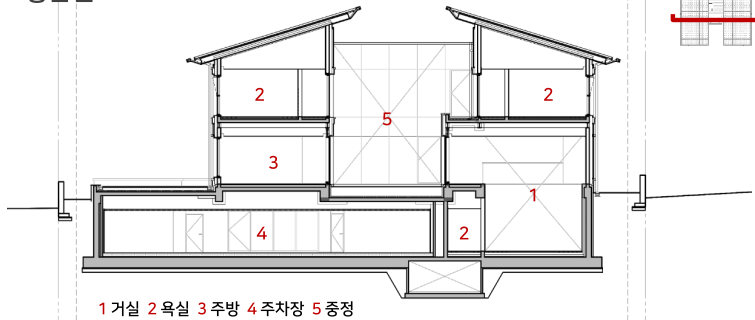
1 침실 2 욕실 3 사우나 4 테라스



지상2층 침실

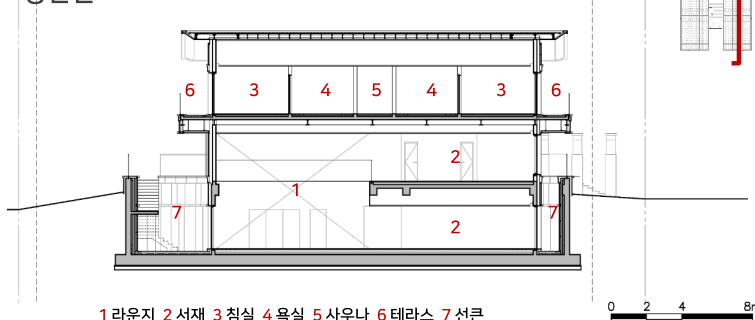
◎ INNOCHAE_GALLERY | 단면도

■ 횡단면도

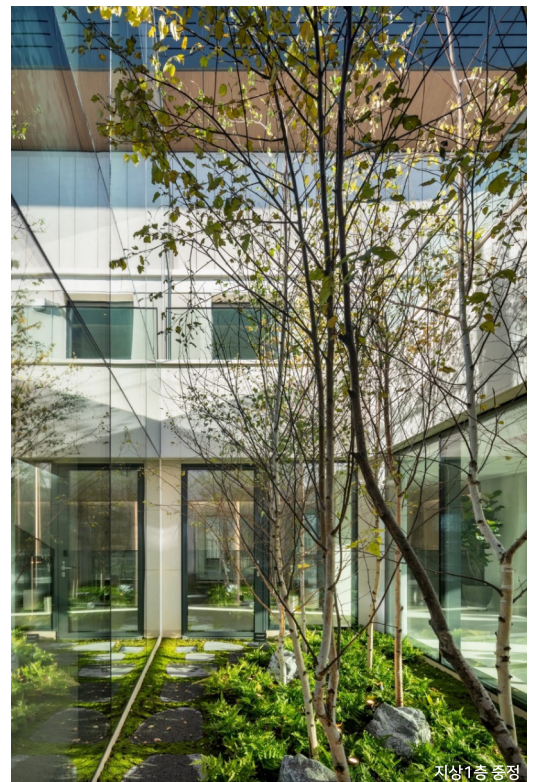


1 거실 2 욕실 3 주방 4 주차장 5 중정

■ 종단면도



1 라운지 2 서재 3 침실 4 욕실 5 사우나 6 테라스 7 선크

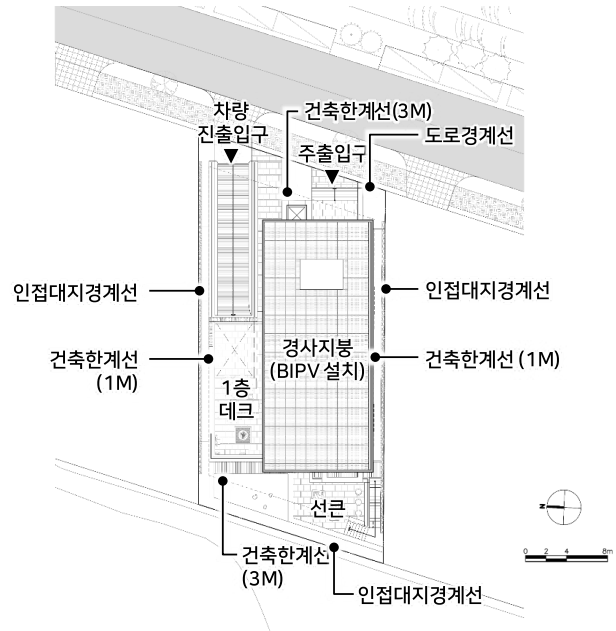


지상1층 중정

5 이노채_컴포트

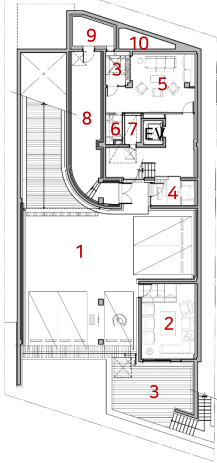
◎ INNOCHAE_COMFORT | 개요 및 배치도

대지면적	659.60㎡
연면적	692.02㎡
규모	지하1층, 지상2층
단열재	그라스울 T180+T150 등
창호	T47 로이삼중유리 + AL 프레임 등
환기시스템	열회수형환기장치
에너지관리	HEMS & 홈통합
건축물인증	제로에너지 1, 에너지효율등급 1+++
수상내역	Constructsteel Awards 2023 - "Excellence in Sustainability" 부문 수상



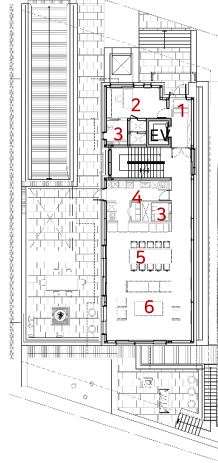
◎ INNOCHAE_COMFORT | 평면도

■ 지하1층 평면도



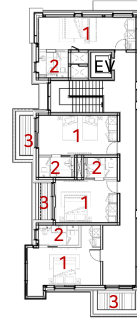
- 1 주차장
- 2 취미실
- 3 선근
- 4 현관
- 5 라운지
- 6 욕실
- 7 전기실
- 8 기계실
- 9 서버실
- 10 PIT

■ 지상1층 평면도

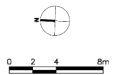


- 1 현관
- 2 알파룸
- 3 욕실
- 4 주방
- 5 다이닝
- 6 거실

■ 지상2층 평면도

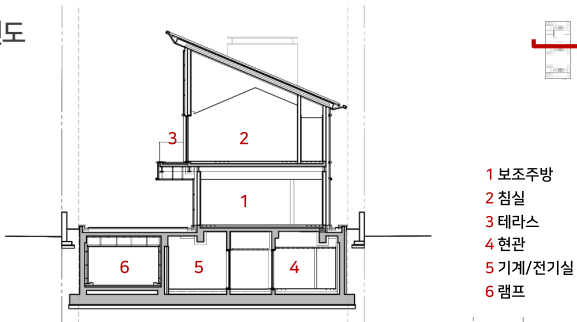


- 1 침실
- 2 욕실
- 3 테라스



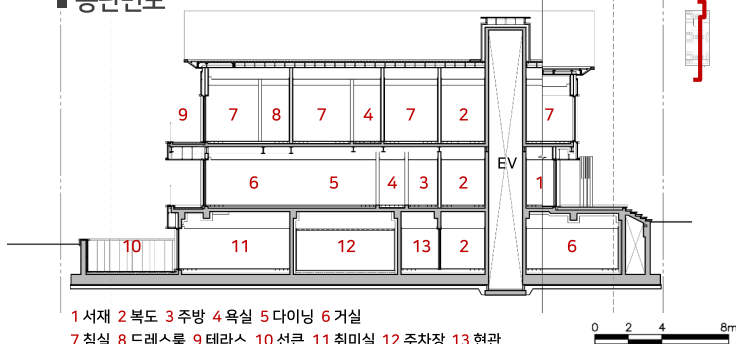
◎ INNOCHAE_COMFORT | 단면도

■ 횡단면도

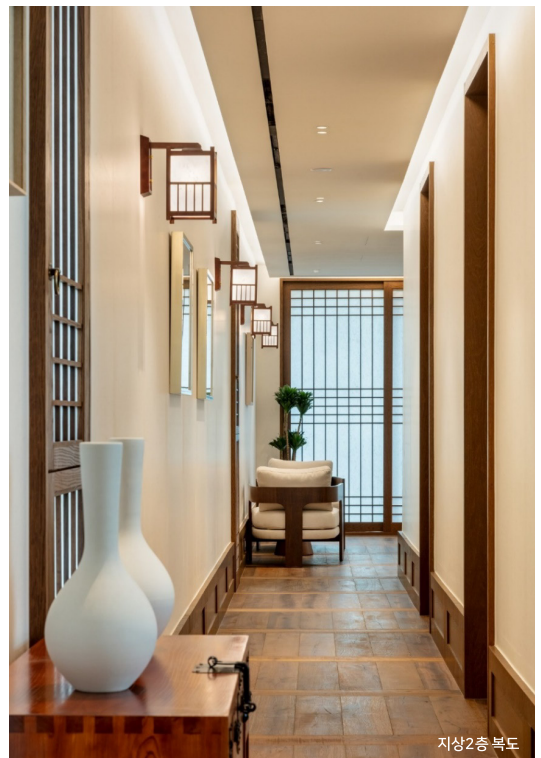
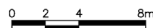


- 1 보조주방
- 2 침실
- 3 테라스
- 4 현관
- 5 기계/전기실
- 6 램프

■ 종단면도



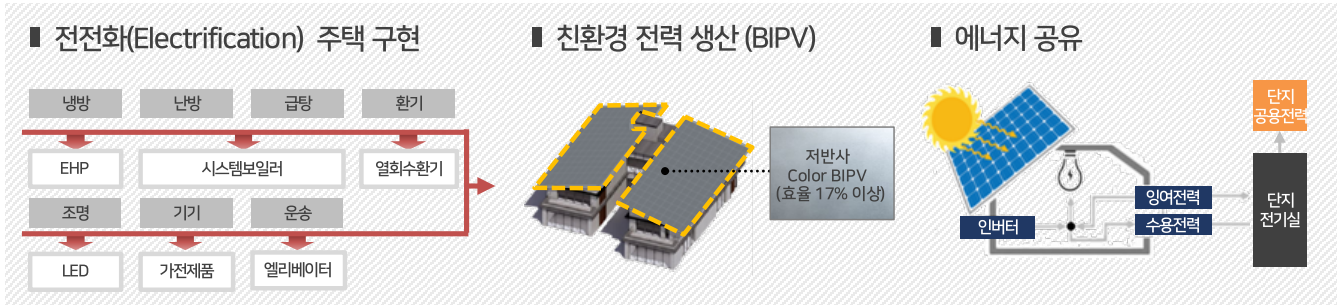
- 1 서재 2 복도 3 주방 4 욕실 5 다이닝 6 거실
- 7 침실 8 드레스룸 9 테라스 10 선근 11 취미실 12 주차장 13 현관



6 주요녹색기술

◎ 친환경 적용 기술 및 전전화 주택 구현

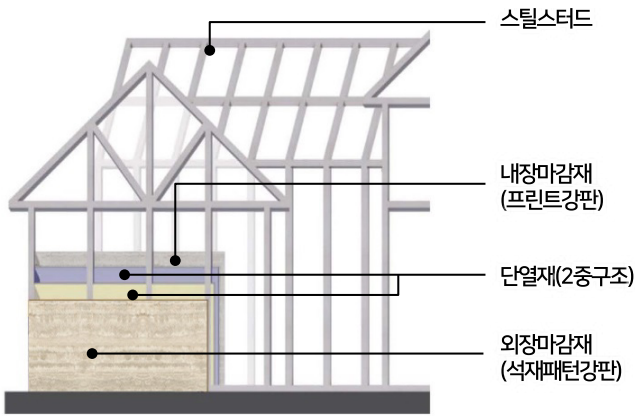
- Next Zero 구현 기술에 있어 단독주택은 상업시설에 비해 제약이 많음
- 최신 기술보다는 적용 가능한 기술의 조화를 통해 최적화된 목표를 달성하고자 노력
- 이노채는 전전화 주택(사용하는 에너지를 모두 전기로 충당하도록 설계한 주택) 달성에 큰 의의



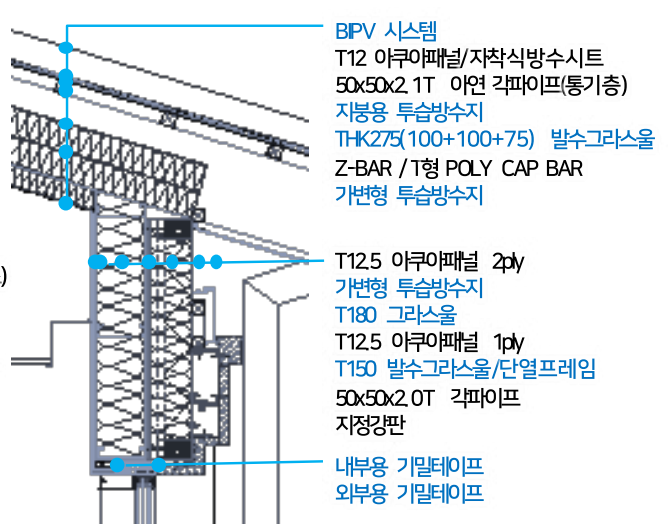
- 난방과 급탕 시스템을 전기히트펌프로 대체하여 주택 내 모든 시스템을 전기에너지 기반으로 구축
- 주택에서 사용되는 전기는 BIPV 발전 전력으로 상쇄 가능하며 잉여 에너지는 단지 내에서 공유하도록 계획

◎ 스틸 하우스의 친환경 기술 구현

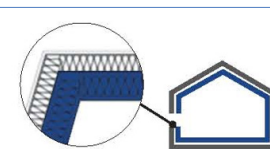
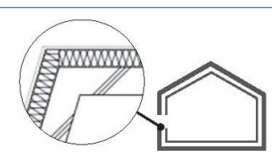
● Steel House 구현



● 외피 성능 강화를 위한 Detail



- 스틸하우스는 탈현장시공이 가능한 대표적인 시스템으로 사용 후 재활용 가능
- 스틸 하우스의 지속가능성

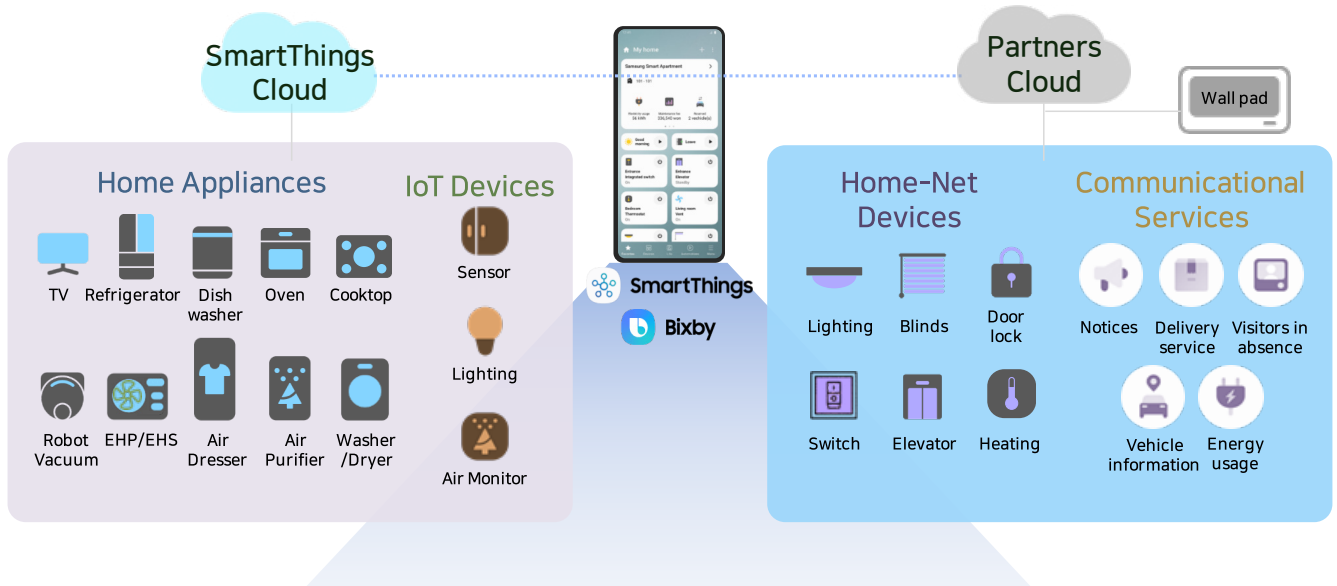
구분	스틸 하우스	RC 하우스
내재탄소	79%	100%
라돈배출	16%	100%
시공방법	Off-Site Construction	On-Site Construction
재활용	사용 후 재활용(PCR) 극대화	재생골재 외 재활용 제한
단열성능	 열교보강 이중단열구조	 단일 단열구조

- 자재 생산, 시공, 폐기까지 내재 탄소량을 줄인 지속가능한 건축물로 실내 공기질 향상과 이중단열구조 적용 가능
- 기밀과 열교 측면에서 습식구조보다 불리한 단점 극복을 위해 이중단열구조 적용 및 모든 joint 누기 방지 계획
- 외피 기밀성 강화 계획



◎ 스마트 홈 통합 솔루션

- 주택 전체의 에너지 및 전자 시스템을 하나의 앱으로 통합·운영하는 스마트 홈 통합 솔루션 적용
- 홈 네트워크 기술 적용으로 스마트폰을 통한 가전제품 및 기기 제어 가능
- 에너지 사용량과 생산량 데이터 축적으로 향후 주택 프로젝트 친환경 전략의 기초자료로 활용 예정



주택 전체의 에너지 및 전자 시스템을 하나의 앱으로 통합·운영하는 스마트 홈 통합 솔루션 적용

◎ 참고서적 및 사이트

1. https://www.ifez.go.kr/main/parts/landscape/data_plan/view.do
2. <https://news.kbs.co.kr/news/pc/view/view.do?ncd=5145560>

B.2

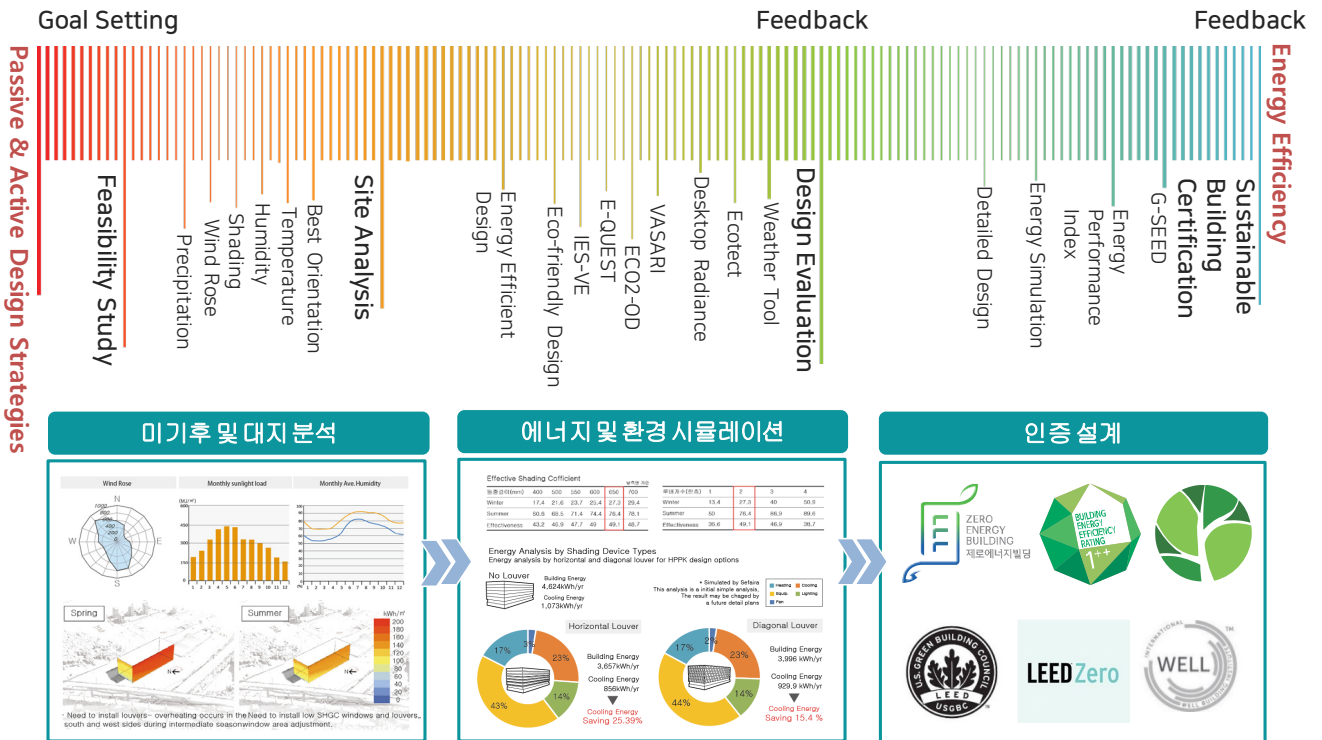
ZEB 건물 설계 사례(비주거)

교육 목표

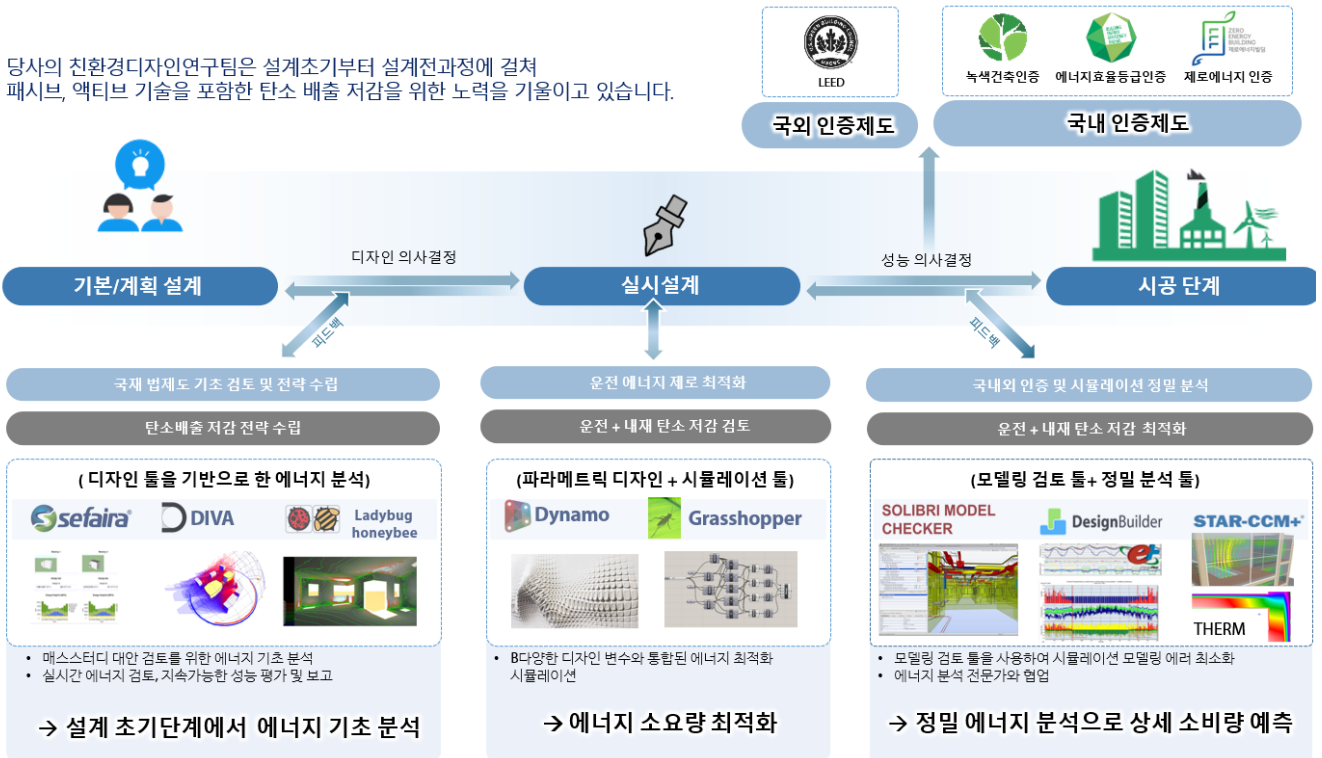
- ZEB 건물 설계 사례(비주거)** * ZEB 인증 설계 사례를 공유하여, ZEB 인증 설계 과정에 대한 이해를 도움
- * 제로에너지건축 전문가의 관련 업무 수행에 도움을 주고자 함

1 ZEB 통합설계 프로세스

◎ 제로에너지 통합설계 프로세스_희림건축



당사의 친환경디자인연구팀은 설계초기부터 설계전과정에 걸쳐 패시브, 액티브 기술을 포함한 탄소 배출 저감을 위한 노력을 기울이고 있습니다.



2 세운 5-1, 3구역 기부채납시설

◎ 설계 개요



제로에너지건축물 5등급, 건축물에너지효율 1++등급은 비주거 부문에 대한 평가 결과

구분	내용	
공사명	세운 5-1, 3 구역 도시정비형재개발사업 기부채납시설	
대지위치	서울특별시 중구 산림동 82-17 일원	
대지면적	667.40m ²	
용도	공장(지식산업센터), 공공업무시설	
건축면적	367.46m ²	연면적 6,444.42m ²
층수	지하3층, 지상17층	최고높이 78.9m
구조	철근콘크리트 구조	
지역지구	일반사업지역, 재정비촉진지구	
설계기간	2023.03~ / 인허가 : 2024.06.	

◎ 법규 검토

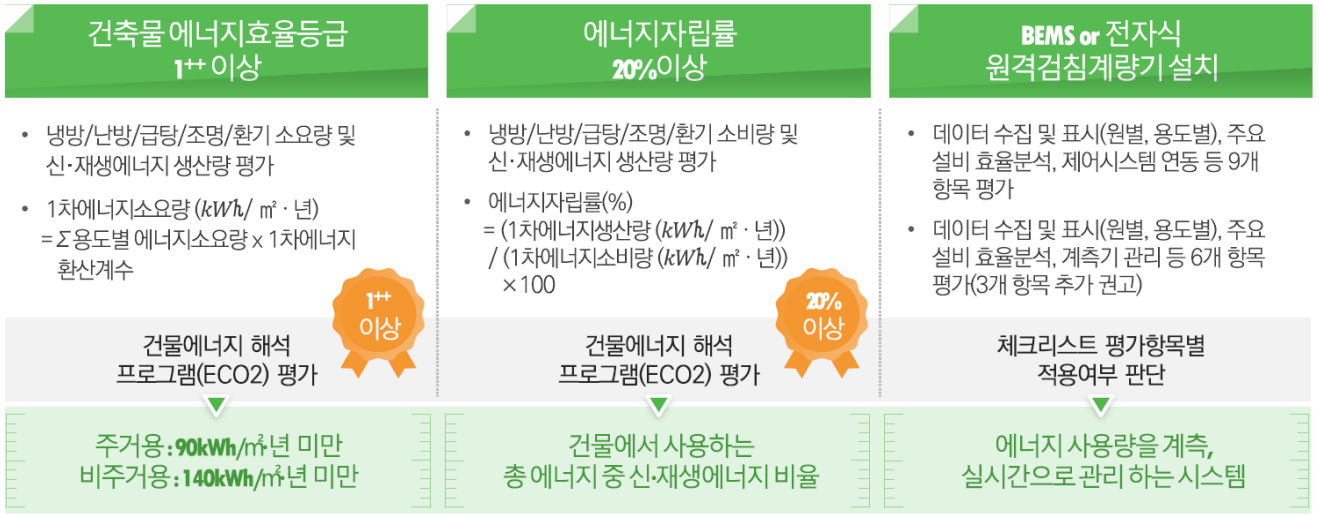
- 녹색건축물 조성 지원법
- 제17조 (건축물의 에너지효율등급 인증 및 제로에너지건축물 인증) ⑥ 대통령령으로 정하는 건축물을 건축 또는 리모델링하려는 건축주는 해당 건축물에 대하여 에너지효율등급 인증 또는 제로에너지건축물 인증을 받아 그 결과를 표시하고, 「건축법」 제22조에 따라 건축물의 사용승인을 신청할 때 관련 서류를 첨부하여야 한다. 이 경우 사용승인한 허가권자는 「건축법」 제38조에 따른 건축물대장에 해당 사항을 지체 없이 적어야 한다. <신설 2014. 5. 28., 2016. 1. 19., 2019. 4. 30.>
- 녹색건축물 조성 지원법 시행령
- 제12조 (건축물의 에너지효율등급 인증 및 제로에너지건축물 인증 대상 건축물 등) ② 법 제17조제6항 전단에 따라 에너지효율등급 인증 또는 제로에너지건축물 인증을 받아 그 결과를 표시해야 하는 건축물은 각각 별표 1 각 호의 요건을 모두 갖춘 건축물로 한다. <개정 2019. 12. 31.>
- 녹색건축물 조성 지원법 시행령 별표 1 (현행법은 제로에너지건축물 인증으로 통합됨)

요건	제로에너지건축물 인증 및 에너지효율등급 인증 표시 의무 대상
1. 소유 또는 관리 주체	가. 제9조 제2항 각 호의 기관 나. 교육감..
2. 건축 및 리모델링의 범위	신축·재축 또는 증축하는 경우일 것. 다만, 증축의 경우에는 기존 건축물의 대지에 별개의 건축물로 증축하는 경우로 한정한다.
3. 건축물의 범위	법 제17조 제5항 제1호에 따라 국토교통부와 산업통상자원부의 공동부령으로 정하는 건축물. 다만, 공동주택 및 「건축법 시행령」 별표 1 제2호 라목에 따른 기숙사는 제외한다.
4. 건축물의 연면적	연면적 1천 제곱미터 이상
5. 에너지 절약 계획서	제출 대상일 것

- 시행령 제9조 (개별 건축물의 에너지 소비 총량 제한 등)
 - ② 1. 중앙행정기관의 장
 2. 지방자치단체의 장
 3. 「저탄소 녹색성장 기본법 시행령」 제43조제1항에 따른 공공기관 및 교육기관의 장
- 법 제2조(적용대상)
 1. 「건축법 시행령」 별표 1 제1호에 따른 단독주택
 2. 「건축법 시행령」 별표 1 제2호가목부터 다목까지의 공동주택 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
 5. 「건축법 시행령」 별표 1 제15호부터 제28호까지의 건축물로 냉방 또는 난방 면적이 500제곱미터 이상인 건축

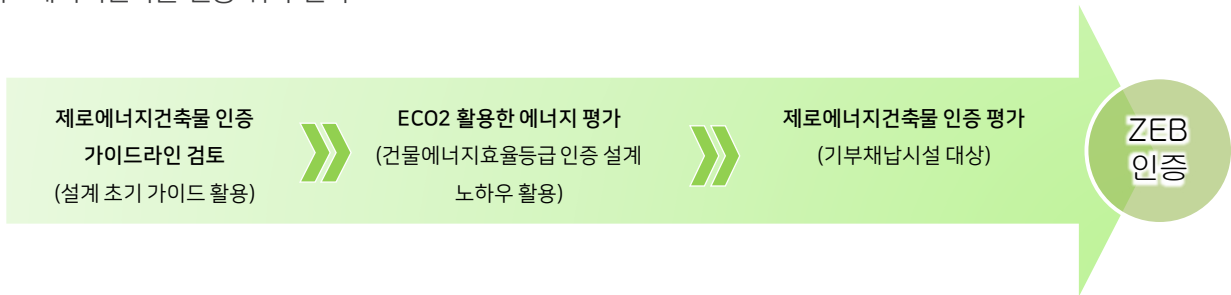
◎ 인증 설계 전략

- 제로에너지건축물 인증 기준(기준 통합 이전)



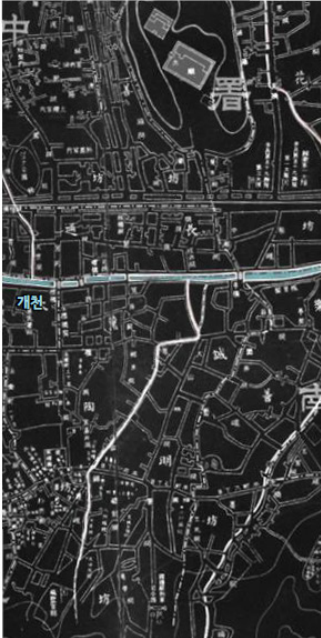
제로에너지건축물 인증 기술요소 참고서 ver.2, 한국에너지공단 건물에너지실, p9

- 제로에너지건축물 인증 취득 전략

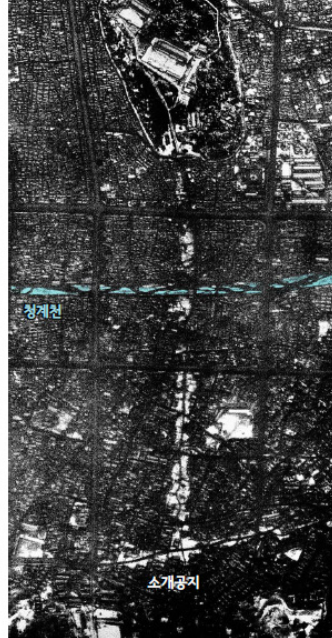


◎ SITE HISTORY

1910s,
시구개수 이전의 최신허성전도
 일제강점기 경성시구개수 이전의 가로체계
 울거로 직선화 이전



1940s,
소개공지 조성
 일제강점기 폭격을 대비한 소개공지 조성
 종로에서 남산까지 50m 대로



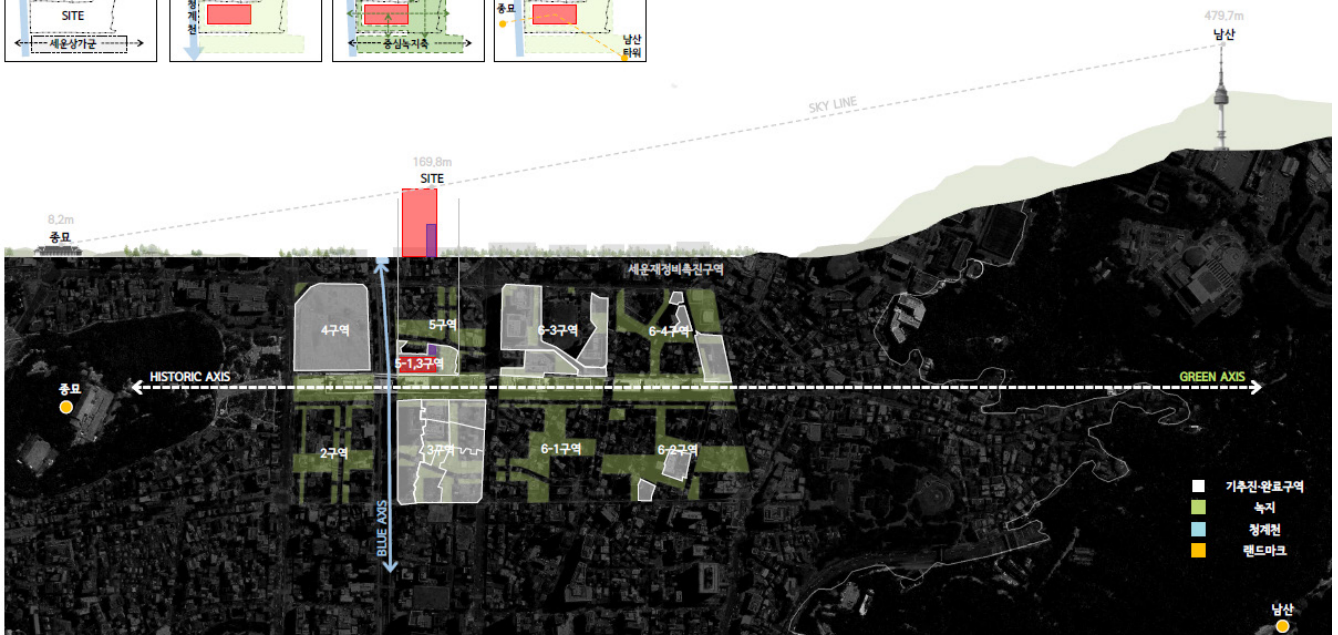
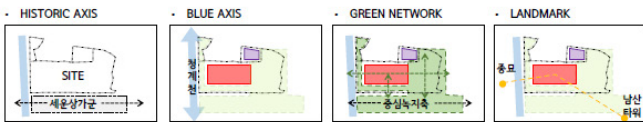
1970s,
세운상가 및 청계고가도로 건립
 세운상가(1967) 및 남산타워(1975)
 청계천 복개(1958-1978) 후 고가도로 건설



2030s,
녹지생태도심으로서 세운
 청계천 복원 및 세운재정비사업
 서울 녹지생태도심 조성계획



◎ SITE CONTEXT



• 청계천의 흐름을 재해석하고 유입할 수 있는 세운 5-1,3구역

◎ 배치 계획

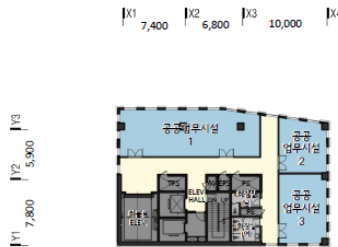


◎ 평면 계획

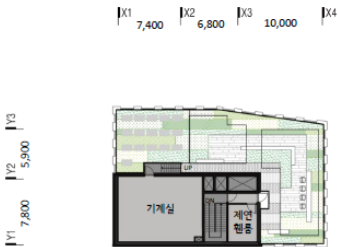
지상13-14층 평면도 _SCALE : 1/400
주요시설 : 업무지원시설



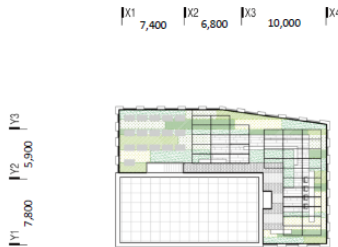
지상15-16층 평면도 _SCALE : 1/400
주요시설 : 공공업무시설









지상17층 평면도 _SCALE : 1/400
주요시설 : 기계실



옥탑지붕 평면도 _SCALE : 1/400
주요시설 : 옥상



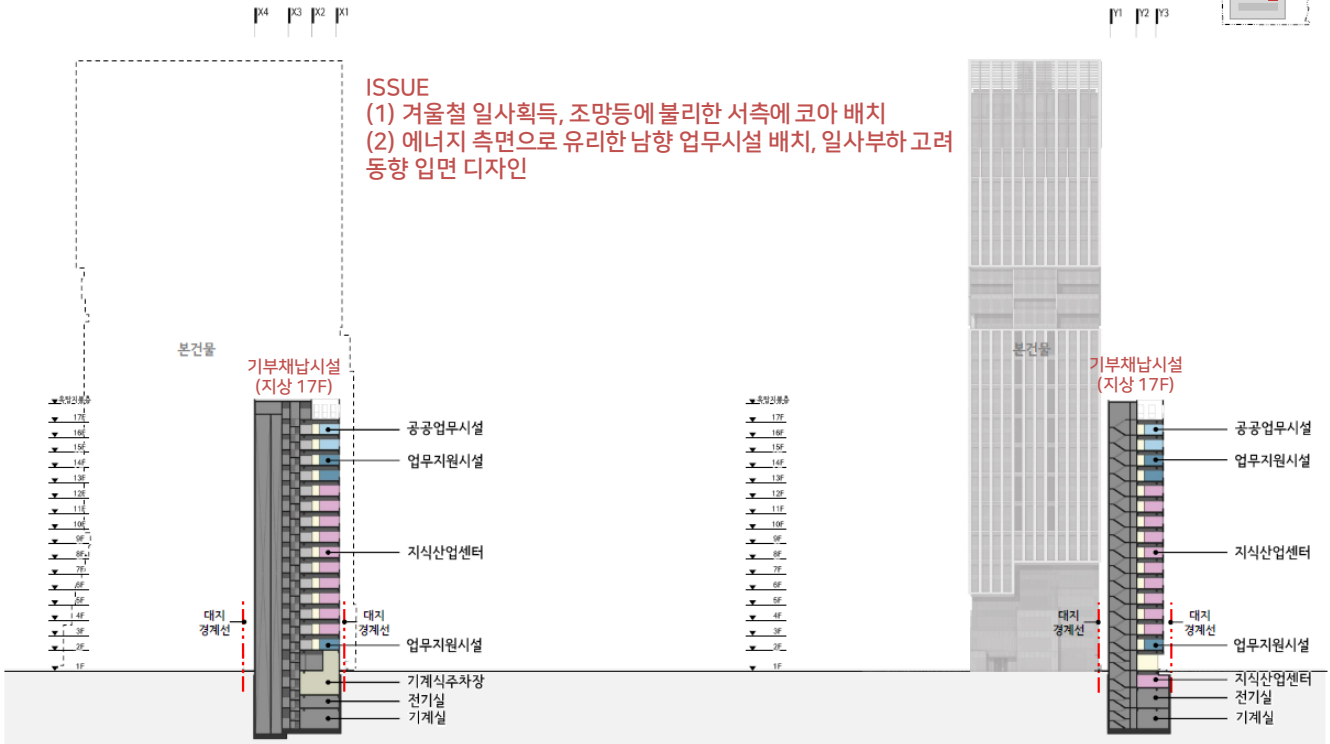
- 지식산업센터 계획(지하1F,지상3~12F)**
 · 용도에 따라 공간별 확장 및 가변성 확보


- 업무지원시설 계획(지상2F,13~14F)**
 · 진행 프로그램별 변동가능한 대공간 시설 확보


- 공공업무시설 계획(지상15~16F)**
 · 입주기업 권리와 홍보를 위한 다양한 컨설팅 프로그램 계획



ISSUE (1) 겨울철 일사획득, 조망등에 불리한 서측에 코아배치
 (2) 에너지 측면으로 유리한 남향 업무시설 배치, 대지의 배치로 인한 동향 입면 디자인

◎ 단면 계획

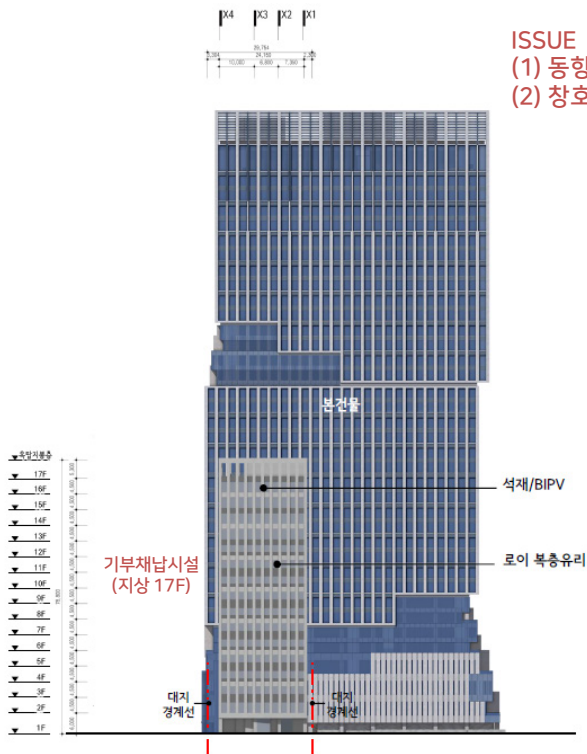
동측 단면도 _SCALE : 1/1000

남측 단면도 _SCALE : 1/1000



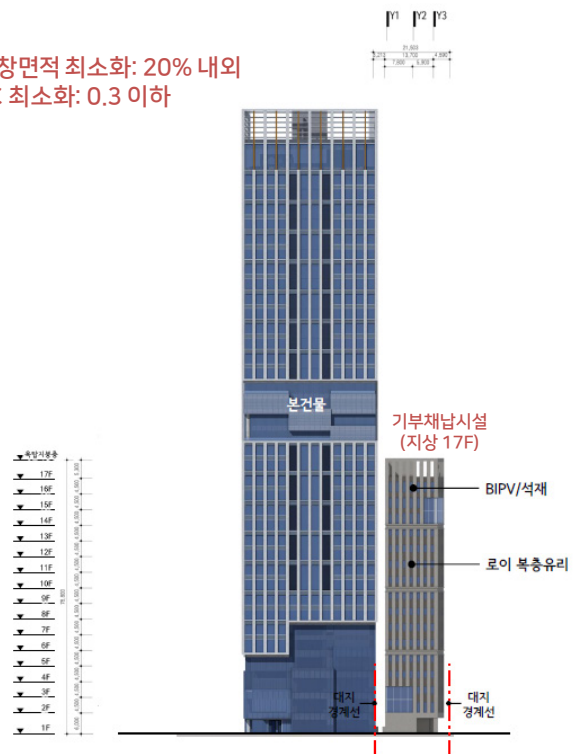
◎ 입면 계획

■ 동측면도 (전차심의안) _SCALE : 1/1000



■ 남측면도 변경후 _SCALE : 1/1000

ISSUE
 (1) 동향/서향의 창면적 최소화: 20% 내외
 (2) 창호의 SHGC 최소화: 0.3 이하



◎ 단열 계획

외벽 평균 열관류율 산정

기호	종류	주요 구성	열관류율 [W/m²·K]	보정계수	면적 [m²]	열관류율×면적 [W/K]	평균열관류율 [W/m²·K]	
WA1	외기직접	PF보드 90 mm	0.209	1.0	4141.72	865.619	0.384	
WA2	외기직접	PF보드 90 mm	0.215	1.0	808.83	173.898		
WA3	외기직접	PF보드 90 mm	0.202	1.0	65.79	13.290		
WB1	외기직접	PF보드 60 mm	0.299	0.7	405.52	84.875		
WB2	외기직접	PF보드 60 mm	0.258	0.7	215.70	38.955		
WB3	외기직접	PF보드 60 mm	0.299	0.7	345.48	72.309		
WB4	외기직접	PF보드 60 mm	0.285	0.7	83.70	16.698		
WX	단열예외	-	0.240	1.0	59.70	14.328		
G1	외기직접	28mm로이복중유리 / 기밀0.00	1.398	1.0	16.38	22.899		
G2	외기직접	28mm로이복중유리 / 기밀0.30	1.446	1.0	936.95	1,354.830		
G3	외기직접	소방관진입장 24mm로이복중유리	1.500	1.0	23.31	34.965		
D1	외기직접	방풍문	1.500	1.0	5.69	8.535		
D2	외기직접	철제 방화문	1.330	1.0	7.04	9.363		
D3	외기직접	단열셔터	0.776	1.0	13.20	10.243		
DB1	외기직접	철제 방화문	1.330	0.8	23.73	25.249		
단열조치를 하지 않는 부분							0.000	1.0배점
계					7152.740	2,746.057	0.490 미만	

ISSUE
법적기준을 충족하며 EPI 1.0 배점
(창면적비 20%내외)

지붕의 평균 열관류율 산정

기호	종류	주요 구성	열관류율 [W/m²·K]	보정계수	면적 [m²]	열관류율×면적 [W/K]	평균열관류율 [W/m²·K]	
RA1	외기직접	PF보드 180 mm	0.108	1.0	534.92	57.771	0.108	
RB1	외기직접	PF보드 130 mm	0.147	0.7	0.00	0.000		
단열조치를 하지 않는 부분							0.000	0.8배점
계					534.920	57.770	0.1~0.11 미만	

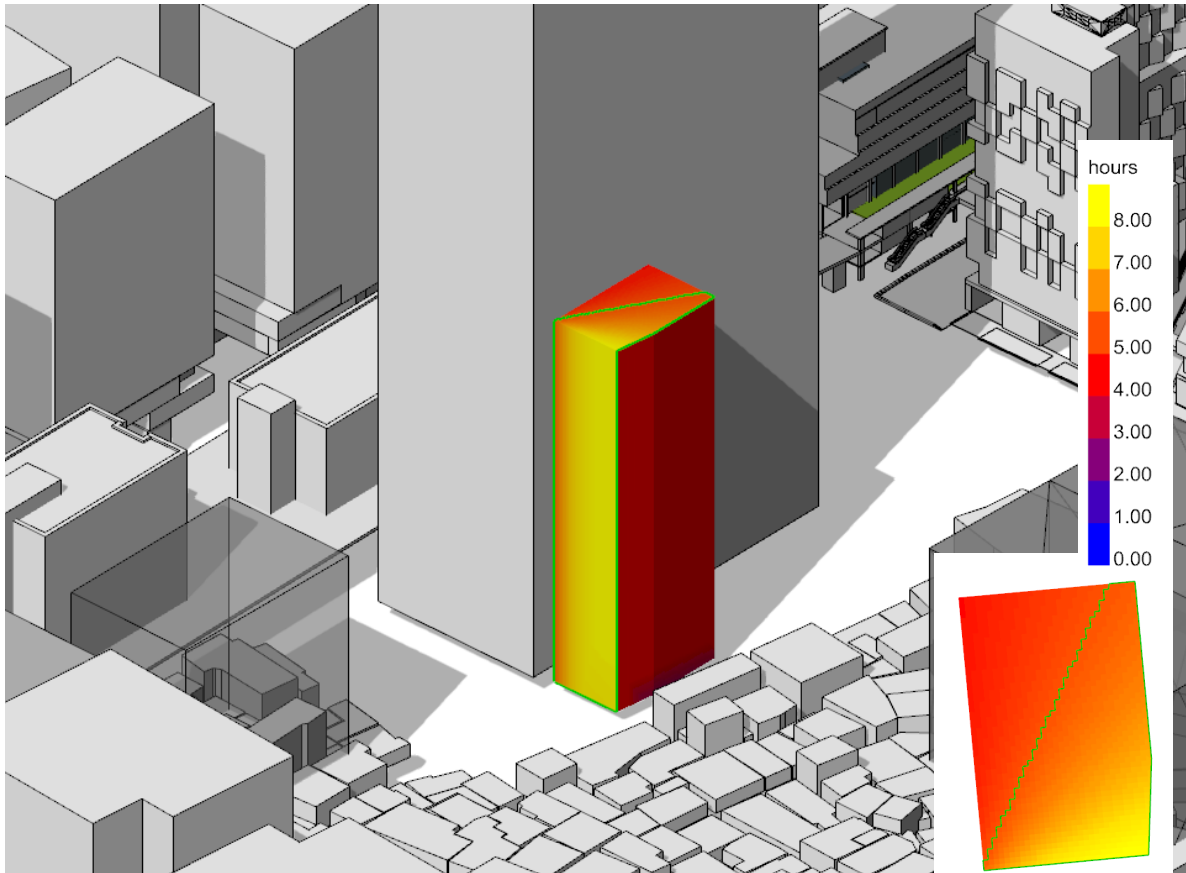
ISSUE
법적기준을 충족하며 EPI 0.8 배점

최하층 거실바닥의 평균 열관류율 산정

기호	종류	주요 구성	열관류율 [W/m²·K]	보정계수	면적 [m²]	열관류율×면적 [W/K]	평균열관류율 [W/m²·K]	
FA1	외기직접	PF보드 130 mm	0.147	1.0	113.38	16.667	0.159	
FB1	외기직접	PF보드 90 mm	0.206	0.7	282.18	40.690		
FX	단열예외	-	0.200	1.0	139.25	27.850		
단열조치를 하지 않는 부분							0.000	0.7배점
계					534.810	85.206	0.15~0.17 미만	

ISSUE
법적기준을 충족하며 EPI 0.7 배점

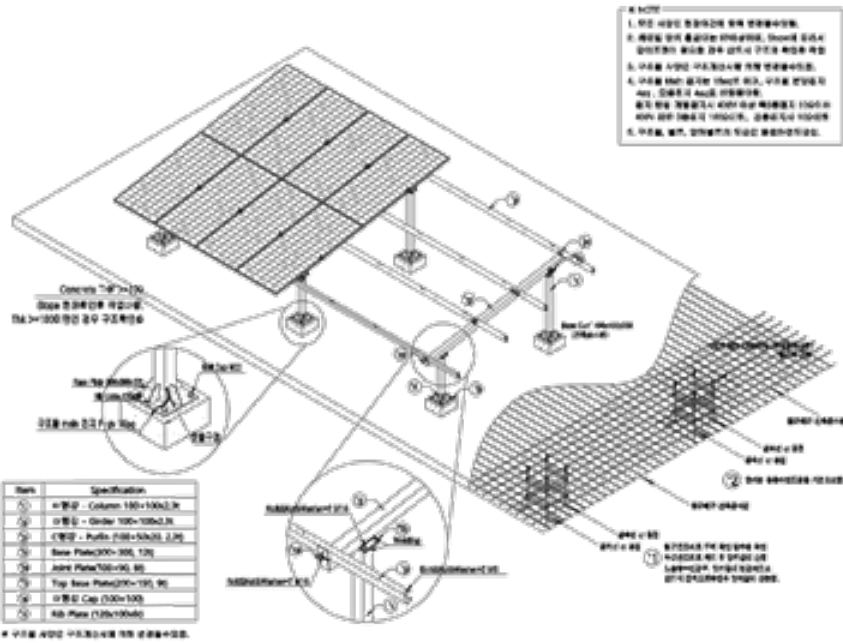
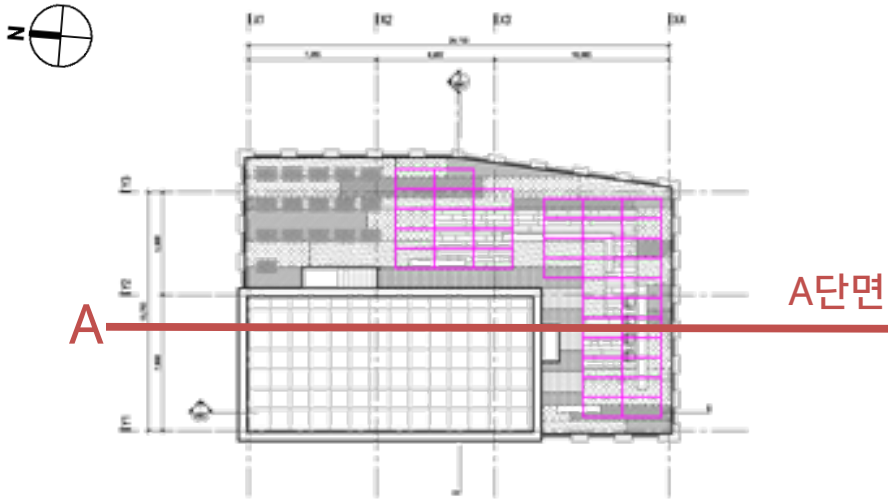
• MASS 일조시간 분석(춘추분)



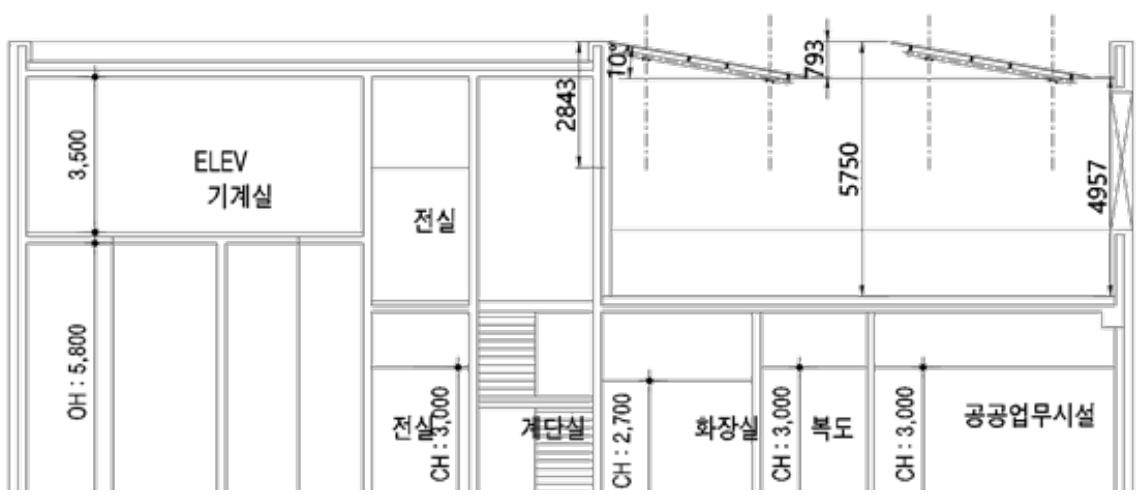
구분	모듈 (W)	수량(EA)	발전용량 (kW) (A)	일조 5시간 미확보 용량 (B)	발전 총 용량 (kW) (A-B = C)
지붕 PV	550	40	22.000	-	22.000
총 발전 용량(kW)			22.000	-	22.000

ZEB 평가에서 주변 CONTEXT에 의한 일조 방해 평가 X
별도 틀로 일조시간 확인 필요

• 옥상 PV(단결정) 설치 계획



※ NOTE
 1. 모든 사양은 한국표준규격에 의해 선정해야함.
 2. 태양광 장치 폭풍하중 2.0kN/m², Snow하중 0.5kN/m² 이하인것이 확인될 경우 20%의 구멍의 확대를 허용.
 3. 이사를 시키는 구조조건하에 적용 가능해야함.
 4. 이사를 할 때의 일정한 Shear 하중, 이사를 할 때의 지진 하중, 진동하중 등도 고려해야함.
 용도 전용 평판골격시 40% 이상 적재하중도 1500kg/m² 이하 범위 내에서 1000kg/m², 공중하중도 1000kg/m² 이하로, 설비, 장비물등의 하중도 고려하여야함.

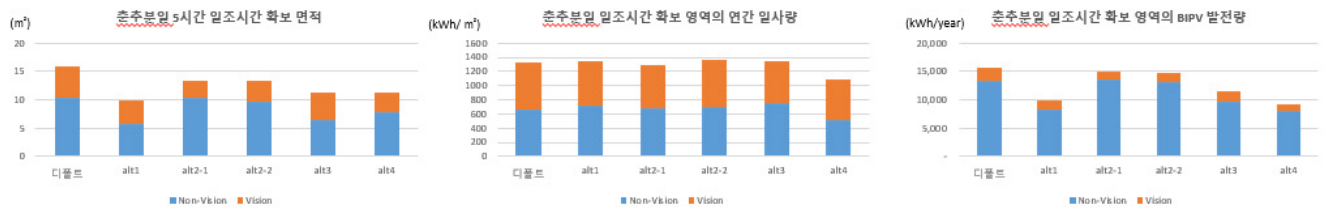


● 외벽 디자인에 따른 동향 BIPV(결정형) 설치 가능성 분석

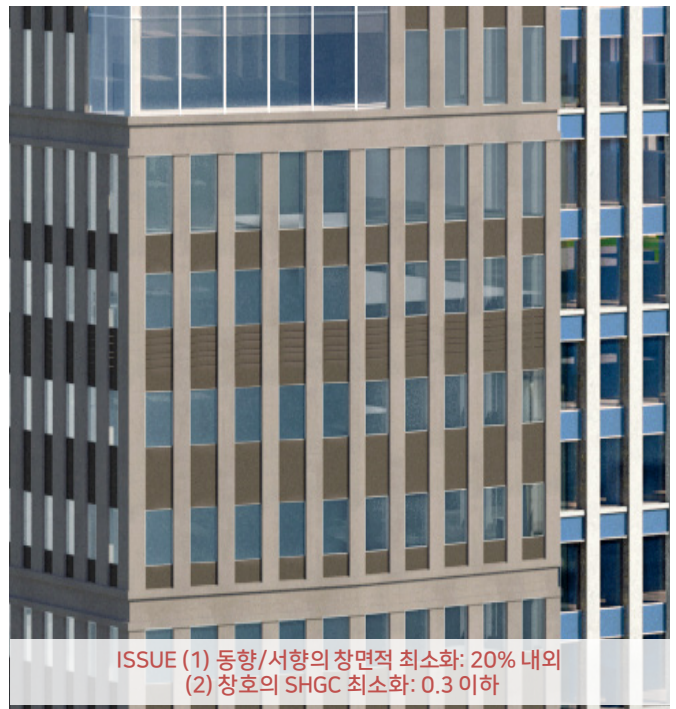
패시브 입면 제안 및 성능 분석



일조 시간 및 일사량을 고려한 입면 신재생에너지 성능 분석 및 제안

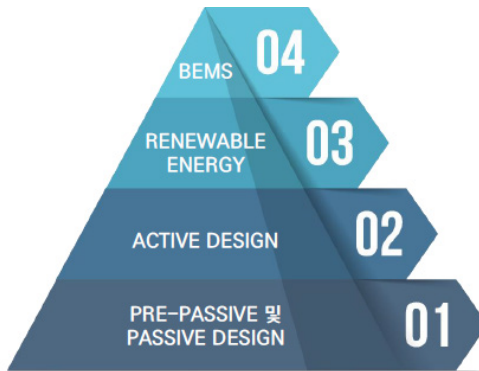


● 향후 신재생에너지 발전 가능성을 고려한 입면 계획



ISSUE (1) 동향/서향의 창면적 최소화: 20% 내외
 (2) 창호의 SHGC 최소화: 0.3 이하

◎ 인증 설계 과정



제로에너지건축물 인증 기술요소 참고서,
한국에너지공단 건물에너지실, p9

03. 에너지 자립률 최대화

초기 제안	대안
<ul style="list-style-type: none"> 신재생에너지 (서울시기준) 12%이상 연료전지 3kW 태양광 고정식 PV 22.0kW 태양광 BIPV 결정형 47.81kW 	<ul style="list-style-type: none"> 신재생에너지 (서울시기준) 12%이상 연료전지 3kW (삭제 예정) 태양광 고정식 PV 22.55kW 태양광 BIPV 결정형 68.55kW

02. 에너지 효율 극대화

초기 제안	대안
<ul style="list-style-type: none"> 지열히트펌프, GHP, EHP, 가스보일러 전열교환기(난방 70%, 냉방 45% 이상) 조명밀도 6W/㎡ 미만 	<ul style="list-style-type: none"> 지열히트펌프, GHP, EHP, 가스보일러 전열교환기(난방 70%, 냉방 45%) 조명밀도 5.2W/㎡

01. 에너지 요구량 최소화

초기 제안	대안
<ul style="list-style-type: none"> 외피 열관류율 : EPI 0.8점 수준 창면적비 : 35% 이내, SHGC : 0.4 미만 로이복층유리 	<ul style="list-style-type: none"> 외피 열관류율 : EPI 1.0점 수준 창면적비 : 20% 이내, SHGC : 0.4 미만 로이복층유리(아르곤)

◎ 인증 평가

● 주요 적용 현황

● 신청 건축물의 주요 외피 단열 성능

구 분	U-Value(W/m ² K)		비 고
	제출사항	법적기준	
외벽	0.209	0.240	PF보드 90mm
지붕	0.108	0.150	PF보드 180mm
바닥	0.206	0.290(간접)	PF보드 90mm
외부창	1.398	1.500	28mm 로이복층유리 (소프트코팅, 아르곤주입), AL

● 신청 건축물의 시스템 적용 현황

● 주요 열원 시스템

구 분	적용기기	용 량 (kW)	정격COP/효율	비 고	
온열원 시스템	난방	GHP 실외기	1,325.000	1.629	-
	급탕	가스보일러	223.200	96.041%	-
냉열원 시스템	GHP 실외기	1,180.000	1.462	-	

● 주요 냉난방 시스템

구 분	적용기기	공급방식	형 식	비 고
난방 시스템	GHP 실내기	개별식	천장카세트	-
냉방 시스템	GHP 실내기	개별식	천장카세트	-

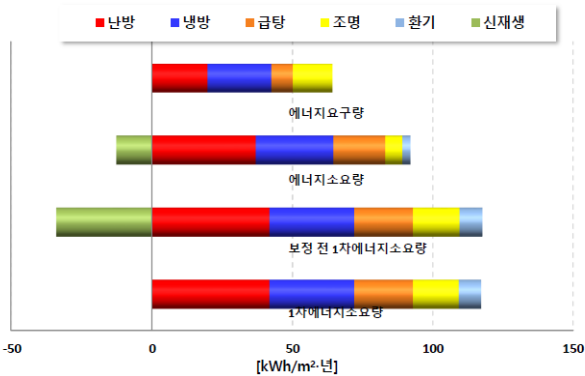
● 기타 주요 시스템

구 분	적용 사항
전열교환 환기장치	유효전열교환효율 난방 70%, 냉방 45%
-	-
-	-

● 신청 건축물의 신·재생에너지 및 열병합 시스템 적용 현황

구분	태양광 시스템	지열 시스템	열병합 시스템	태양열 시스템
면적(m ²)	611.573	-	용량(kW) 3.000	-
적용 기술기 수평 / 수직	- / 수직	-	발전효율 47.8%	-
사향 모듈방위	- / 남	-	중합효율 96.7%	-
모듈종류	단결정	-	-	-

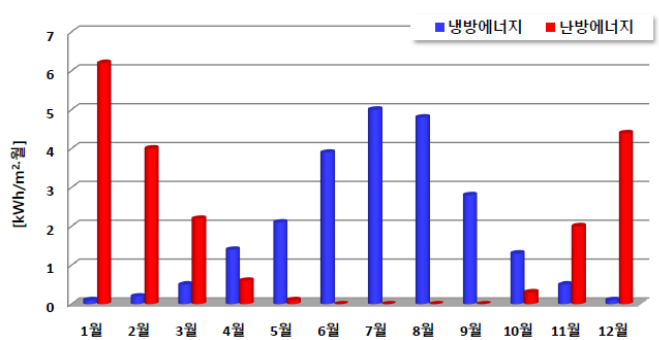
● 연간 단위면적당 에너지요구량, 에너지소요량(kWh/m²)



● 에너지 용도별 평가결과

구 분	평 가 결 과
단위면적당 에너지요구량 (kWh/m ² ·년)	64.2
단위면적당 에너지소요량 (kWh/m ² ·년)	91.9
단위면적당 1차에너지소요량 (kWh/m ² ·년)	117.3
단위면적당 CO ₂ 배출량 (kg/m ² ·년)	21.2
평가 등급	1++ 등급
에너지 자립률	22.38%

● 월별 냉난방 에너지 요구량(kWh/m²)



◎ 인증 결과

- ✓ 건축물에너지효율 : 1++등급 (예비인증 완료)
단위면적당 1차에너지소요량 : 117.3 kWh/m²·년
인증서 발급일자 : 2025년 2월
- ✓ 제로에너지건축물 : 5등급 (예비인증 진행 중)
에너지 자립률 : 22.38%
진행중

■ 건축물 에너지효율등급 인증 및 제로에너지건축물 인증에 관한 규칙[별지 제6호서식] <개정 2017.1.20>

건축물 에너지효율등급 예비인증서

건축물 개요		인증 개요	
건축물명	: 서울재경비축지구 6-1,3구역 도시경관개선사업 (기부채납사업)	인증번호	: 26-비-에-1++-0086
준공연도	: 20300228	평가자	: 김환석
주소	: 서울특별시 중구 산남동 82-17 일원	인증기관	: 한국부동산원
층수	: 지하3층 / 지상17층	운영기관	: 한국에너지공단
면적	: 6444.42(㎡)	유효기간	: 사용승인 또는 사용검사 완료일
건축물의 주된 용도	: 공장		
설계자	: (주)희협종합건축사사무소		
		인증 등급	
		인증등급 : 1++등급	

건축물 에너지효율등급 평가결과				
단위면적당 에너지요구량 (kWh/㎡·년)	요구량	단위면적당 1차 에너지소요량 (kWh/㎡·년)	등급	단위면적당 CO ₂ 배출량 (kg/㎡·년)
에너지저소비량 건축설계	0	에너지효율 높음	1++	CO ₂ 배출 적음
에너지저소비량 건축실제	64.2	1++	1++	CO ₂ 배출 양
에너지다소비량 건축설계	500	에너지효율 낮음	7	CO ₂ 배출 많음
에너지다소비량 건축실제				

에너지 용도별 평가결과				
구분	단위면적당 에너지요구량 (kWh/㎡·년)	단위면적당 에너지소요량 (kWh/㎡·년)	단위면적당 1차 에너지소요량 (kWh/㎡·년)	단위면적당 CO ₂ 배출량 (kg/㎡·년)
냉방	22.7	27.6	30.2	6.6
난방	19.8	37.0	41.8	7.7
급탕	7.6	18.4	20.8	3.8
조명	14.2	6.1	16.4	2.8
환기		2.9	8.1	1.4
합계	64.2	91.9	117.3	21.2

■ 단위면적당 에너지요구량 : 건축물이 냉방, 난방, 급탕, 조명 부문에서 요구되는 단위면적당 에너지량
 ■ 단위면적당 에너지소요량 : 건축물에 설치된 냉방, 난방, 급탕, 조명, 환기시스템에서 드는 단위면적당 에너지량
 ■ 단위면적당 1차 에너지 소요량 : 에너지소비량에 연료의 채취, 가공, 운송, 변환, 공급 과정 등의 손실을 포함한 단위면적당 에너지량
 ■ 단위면적당 CO₂ 배출량 : 에너지 소요량에서 산출한 단위면적당 이산화탄소 배출량
 * 이 건물은 냉방설비가[V] 설치된 [] 설치되지 않은 건축물입니다.
 * 예비인증을 받은 건축물은 완공 후에 본인증을 받아야 하며, 설계변경에 따라 인증결과가 달라질 수 있습니다.
 * 단위면적당 1차에너지소요량은 용도 등에 따른 보정계수를 반영한 결과입니다.
 위 건축물은 「녹색건축을 조성 지원법」 제 17조 및 「건축물 에너지효율등급 인증 및 제로에너지건축물 인증에 관한 규칙」 제 11조제 5항에 따라 에너지효율등급(1++등급) 건축물로 인증되었기에 예비인증서를 발급합니다.

한국부동산원장 2026년 02월 10일

◎ 참고서적 및 사이트

1. https://min24.energy.or.kr/nzeb/BC/BC04/BC04_02_001_view.do?no=21
2. <https://zeb.energy.or.kr/>

