



서울에너지드림센터 제로에너지건축물 최적화 운영 현황 보고서 (2018 ~ 2019)

2020. 1. 30.



서울에너지드림센터
제로에너지건축물
최적화 운영 현황
보고서 (2018 ~ 2019)



CONTENTS

01. 운영 현황 보고서의 목표	5
02. 서울에너지드림센터 에너지절약 기술요소 적용 현황	7
2.1 패시브디자인 개요 및 사양	8
2.2 액티브시스템 개요 및 사양	15
2.3 신재생에너지 개요 및 사양	39
03. 서울에너지드림센터 전력 운영 현황	55
3.1 연간 전력 운영 현황	56
3.2 계절별 전력 운영 현황	64
04. 서울에너지드림센터 시스템별 전력 소비 및 운영 현황	67
4.1 지열시스템	77
4.2 환기시스템	79
4.3 냉온수/냉동기	83
4.4 조명시스템	85
4.5 전열시스템	86
4.6 전시장 및 BEMS	87
4.7 냉동기 성능 분석	88
4.8 공기질(IAQ) 및 열 쾌적도 분석	99
05. 서울에너지드림센터 건축물 운영 장애요인 분석 및 해결방안	101
5.1 시스템 운영 및 현황	102
5.2 시스템 관리 및 구성	109
5.3 데이터 분석, 관리 및 활용	110
06. 향후 서울에너지드림센터 운영 방향 및 계획	113
6.1 서울에너지드림센터 관제 설비 시스템의 최적화	114
6.2 첨두부하(Peak Demand) 제어	114
6.3 지열 히트펌프의 효율적인 운영	114
6.4 공기질(IAQ) 및 쾌적도 개선	114
6.5 서울에너지드림센터 내 설비 시스템의 최적화 운용	114
07. 맺음말	115
08. 참고문헌	117

서울에너지드림센터
제로에너지건축물
최적화 운영 현황
보고서 (2018 ~ 2019)



운영 현황 보고서의 목표

01





01 운영 현황 보고서의 목표



- 서울에너지드림센터 초기 계획 및 시스템 설치 현황을 분석하고 이에 따른 운영 방안도 분석하고자 함
- 서울에너지드림센터 Net-Zero Energy Building을 넘어서는 한전독립형 Nearly Zero Energy 건축물을 위한 운영기술 개발 및 보급을 목표로 함
- 운영 사례를 통해 초기 설계시와 운영상의 차이점을 분석하고 SCADA같은 모니터링 시스템 운영 및 데이터 관리의 문제점 및 건물관리 체계에 대한 제언 등을 통해 서울에너지드림센터의 최적화 운영 방안에 대해 고찰함



보고서 작성자 : 김선민 팀장 / 시설연구팀
안기혁 선임 / 시설연구팀
이상목 반장 / 시설연구팀
황경섭 선임 / 시설연구팀

자문 및 감수자 : 김재민 박사 / 한국해양대학교 산학연 초빙교수

서울에너지드림센터 에너지절약 기술요소 적용 현황

02

- 2.1 패시브디자인 개요 및 사양
- 2.2 액티브시스템 개요 및 사양
- 2.3 신재생에너지 개요 및 사양

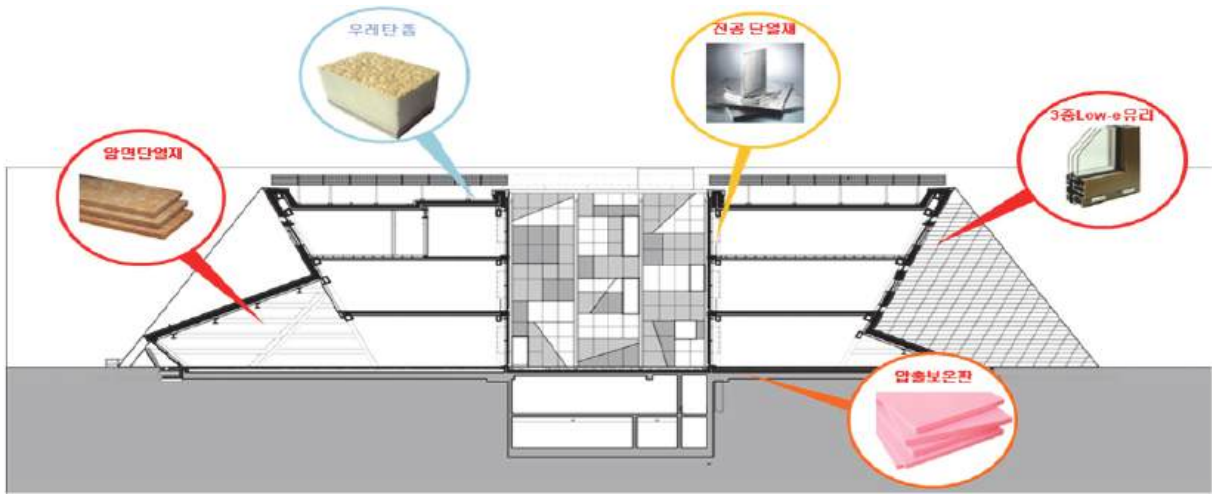


02 서울에너지드림센터 에너지절약 기술요소 적용 현황



2.1 패시브디자인 개요 및 사양

1) 고성능 외피 : 고기밀, 고단열, 고성능 창호, 외단열



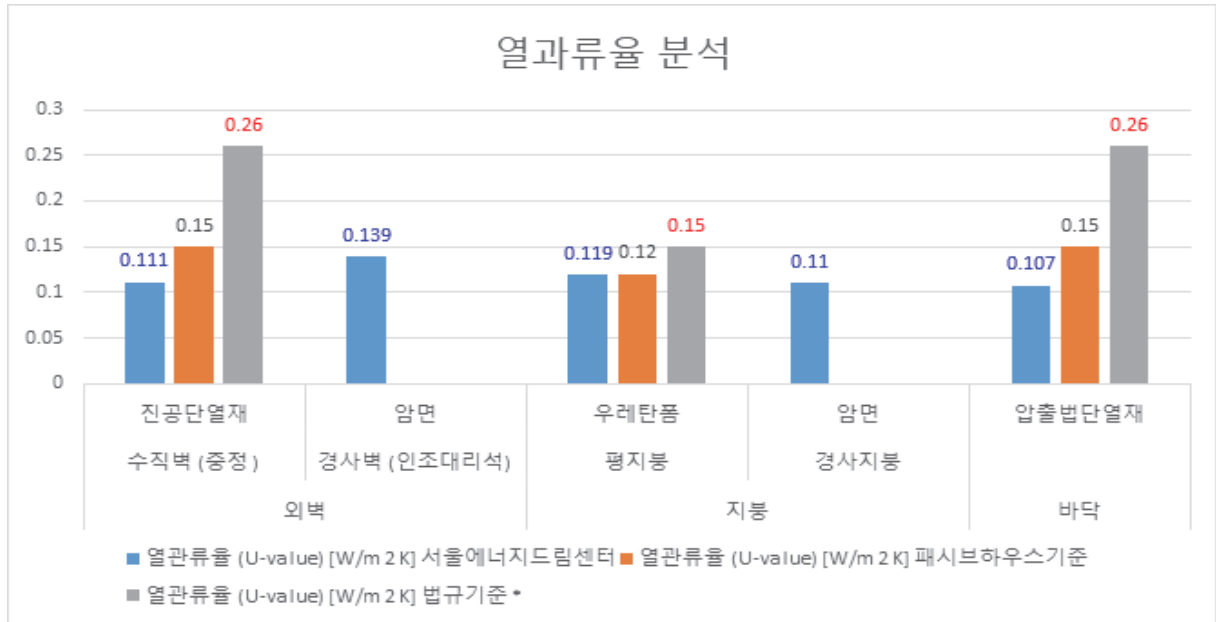
2) 적용성능

- 2012년 당시 일반 건축물 성능 대비 3배 강화된 고단열 외피시스템 적용, 패시브하우스 기준 단열성능 확보

구분	단열재	열관류율 (U-value) [W/m ² K]		
		서울에너지드림센터	패시브하우스 기준	법규기준 *
외벽	수직벽 (중정)	0.111	0.15	0.26
	경사벽 (인조대리석)	0.139		
지붕	평지붕	0.119	0.12	0.15
	경사지붕	0.110		
바닥	압출법단열재	0.107	0.15	0.26

※ 건축물의 에너지절약 설계기준 (중부지역)

- 건축물 부위별 압출법단열재(XPS), 우레탄폼, 암면, VIP(진공단열재) 시공
- 암면단열재(벽체 250, 경사지붕 320) : 목재 스타드 부재 사이공간에 이중으로 암면 단열재 설치 → 열교현상 최소화
- 열반사 투습방수지(Tyvek®) 적용 : 복사열 차단, 방풍·방수기능과 함께 통기 가능 → 결로 방지



① 고단열

- 중정 외벽의 외단열 시스템 (진공단열재)
- 경사지붕 (암면단열재 320mm), 경사벽체 (암면단열재 250mm)

② 고기밀 설계 및 시공

- 창호, 콘센트, 각종 배관과 외벽체의 연결부위에 기밀성 확보를 위해 기밀테이프 설치
- 삼중유리 창호 적용

구분	환기회수 [ach/h]		
	적용 성능	기준 성능	비고
침기량 (Depressurization)	0.38	0.6	DIN Standards 기준
누기량 (Pressurization)	0.54		

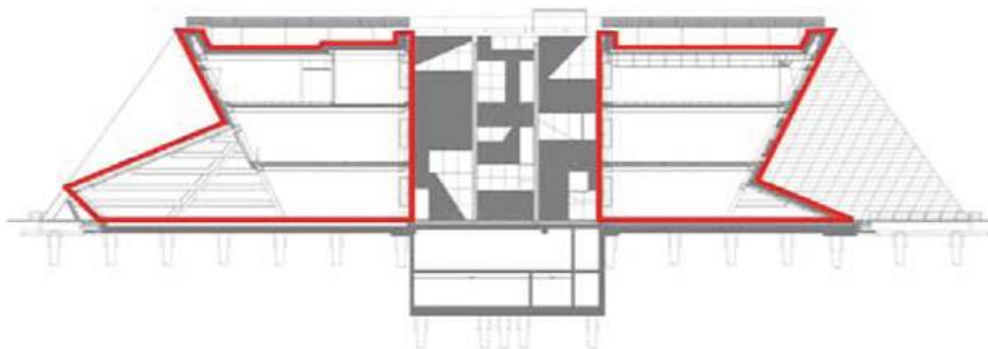
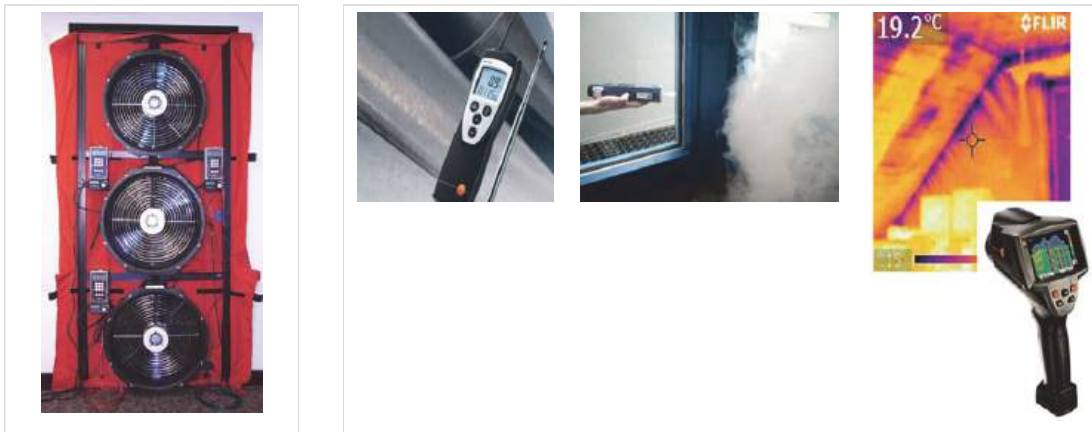


그림 2.1-1 서울에너지드림센터의 기밀면

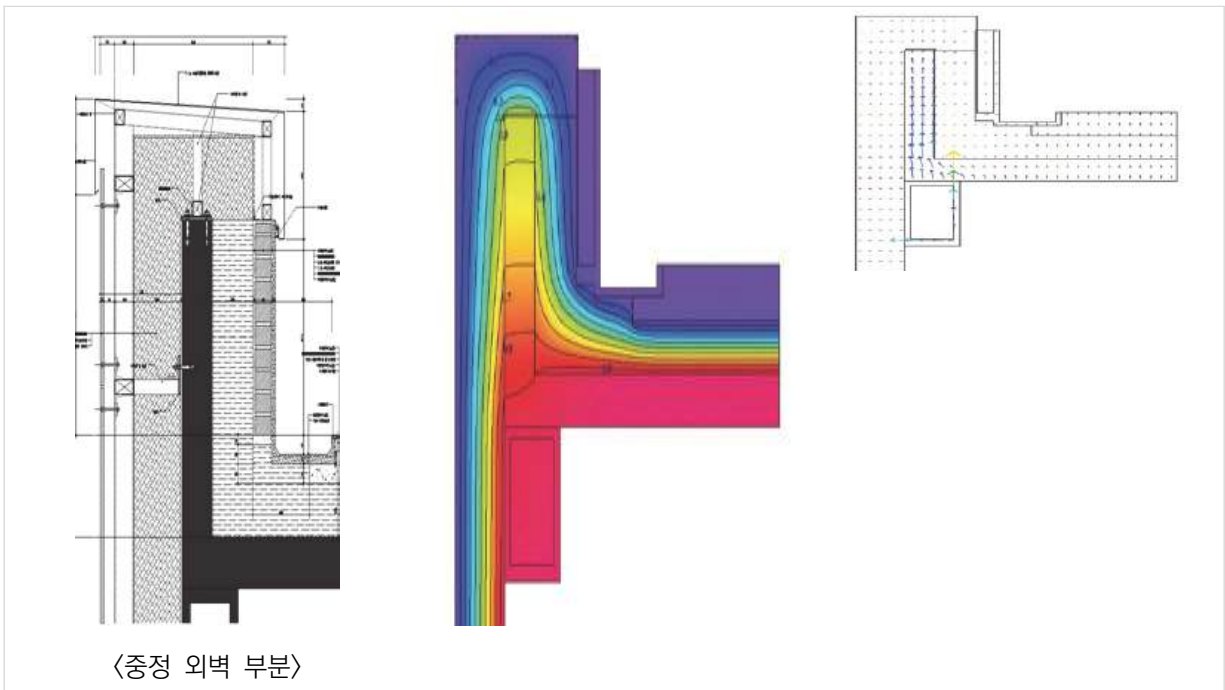
- 독일 패시브 하우스 기준의 Blower Door Test 통과 (0.34회/h)
- 건물의 기밀성을 목표값 이하로 달성하기 위하여 준공 전 blower door를 이용한 기밀테스트 실시. 침기되는 위치를 사전에 파악하여 기밀 조치 실시
- 테스트는 3차로 실시하며, 테스트 결과 목표 기준값 미달 시 기밀 보완작업 시행하고 목표 기준 값 달성 시 테스트 종료하는 방식으로 진행
- 측정 장비 및 도구 : Blower Door (Minneapolis, BD 3230V, 60Hz), 열선풍속계(Etesto425), Fog machine, 열화상 또는 적외선 카메라



- 매관 배선 관통부위 코킹 처리 및 시공 품질관리 실시

③ 열교방지 설계

- 열교분석 프로그램(HEAT)을 이용하여 각 부위별 상세설계에 대한 분석 실시 → 열교방지를 통한 열손실 최소화





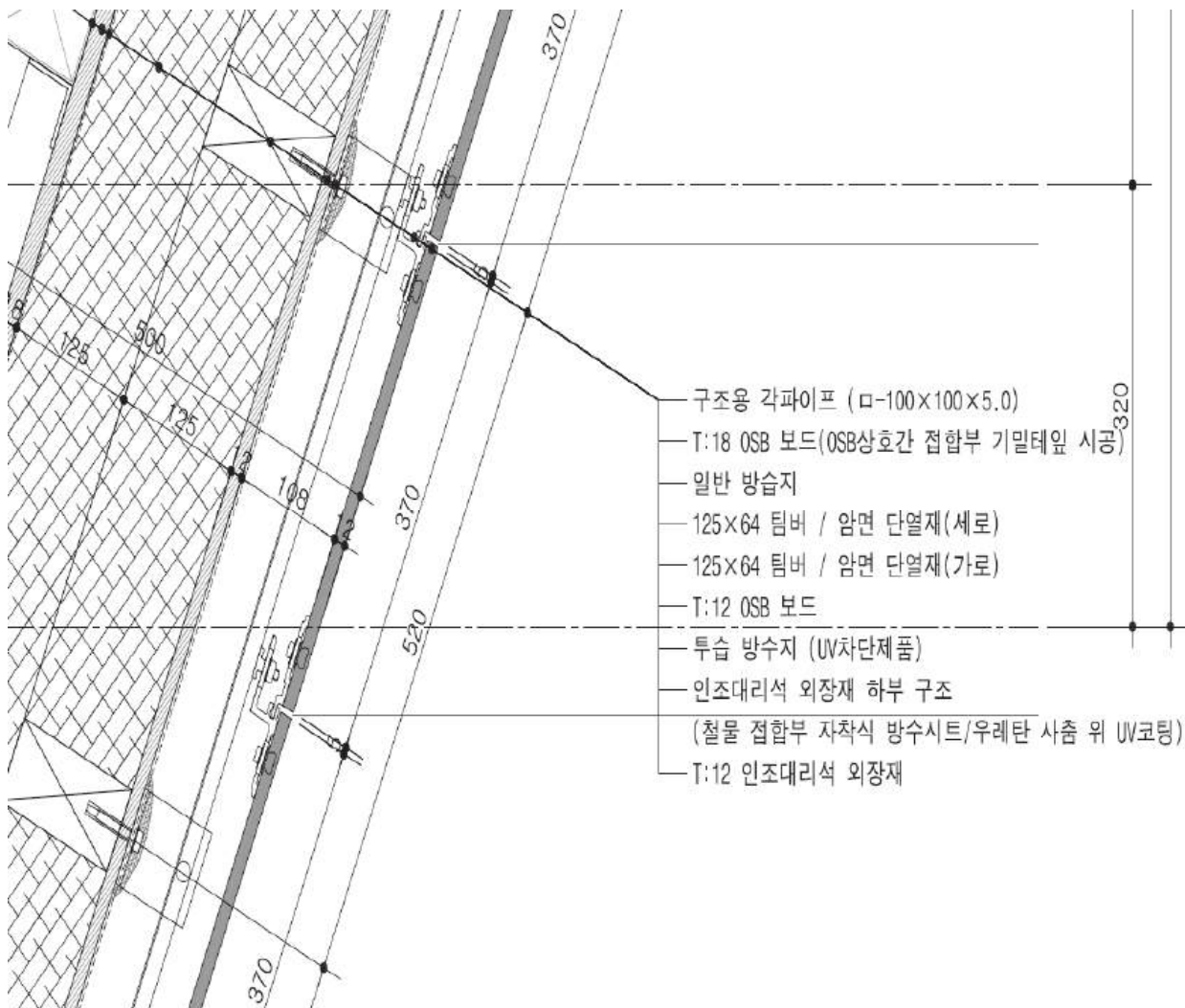
중정 (외단열 시스템)



경사지붕 (암면 단열재)

④ 경사지붕 : 320mm

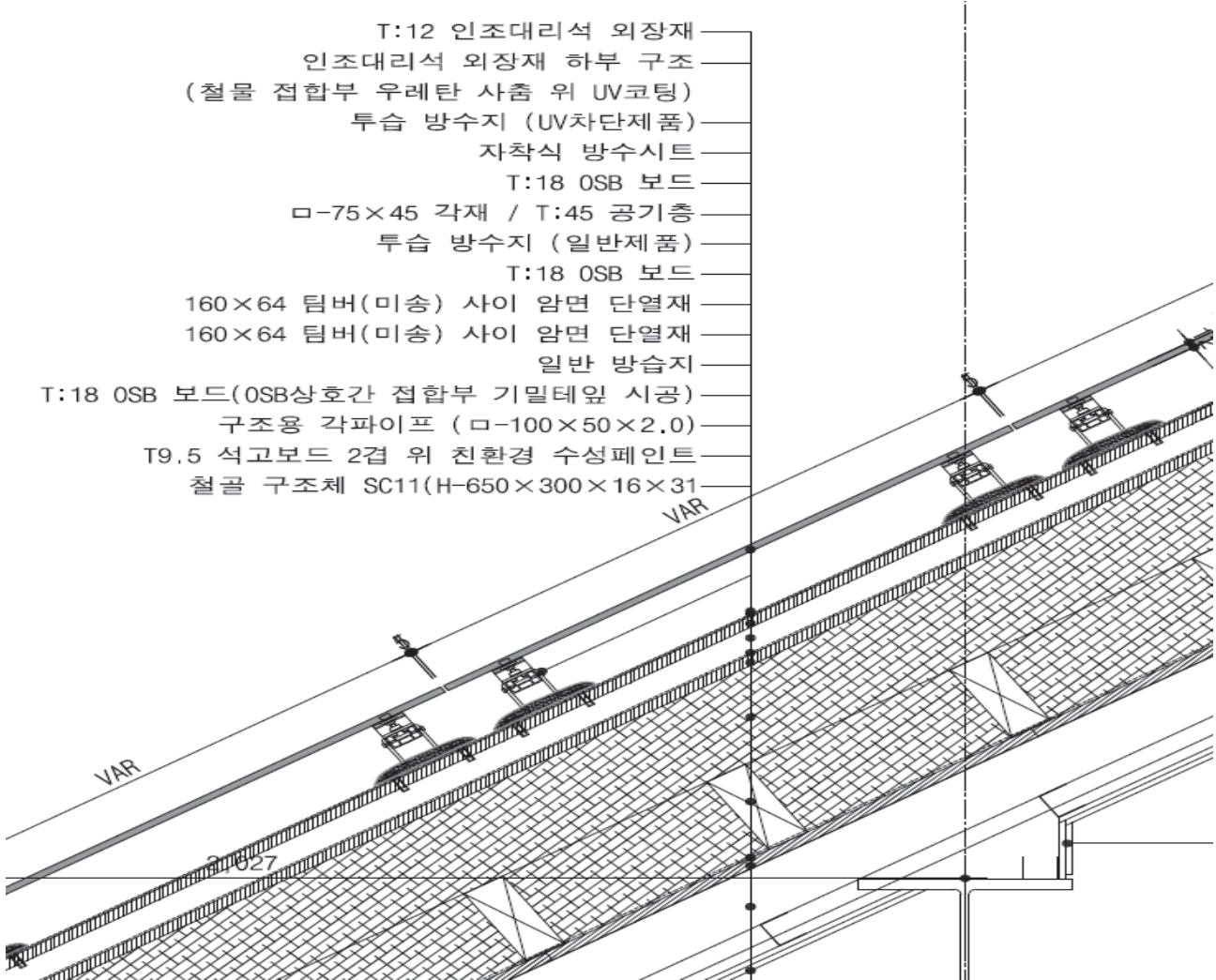
Wall Components





⑤ 경사벽체 : 250mm

Wall Components

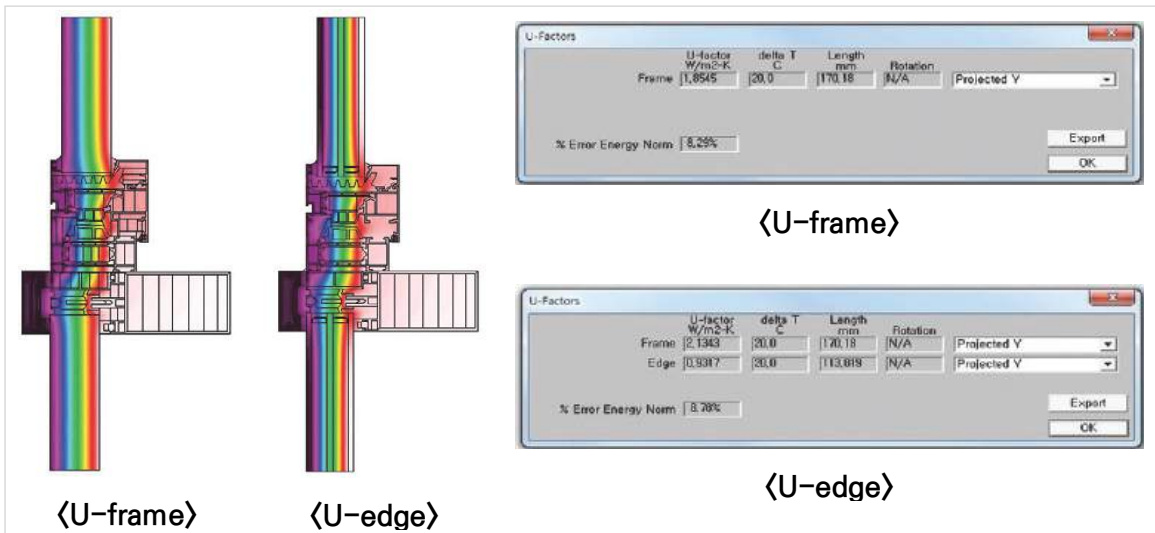


⑥ 고성능 창호 시스템

- 건물의 창호는 1.0W/mK, 유리는 0.7W/mK이하의 열관류율을 유지할 수 있는 양면 low-e 코팅된 삼중유리 적용
- 단열 기능이 강화된 알루미늄 기밀성 창호시스템 적용
- 외부 창호 공사 시 100mm, 75mm 기밀테이프 적용

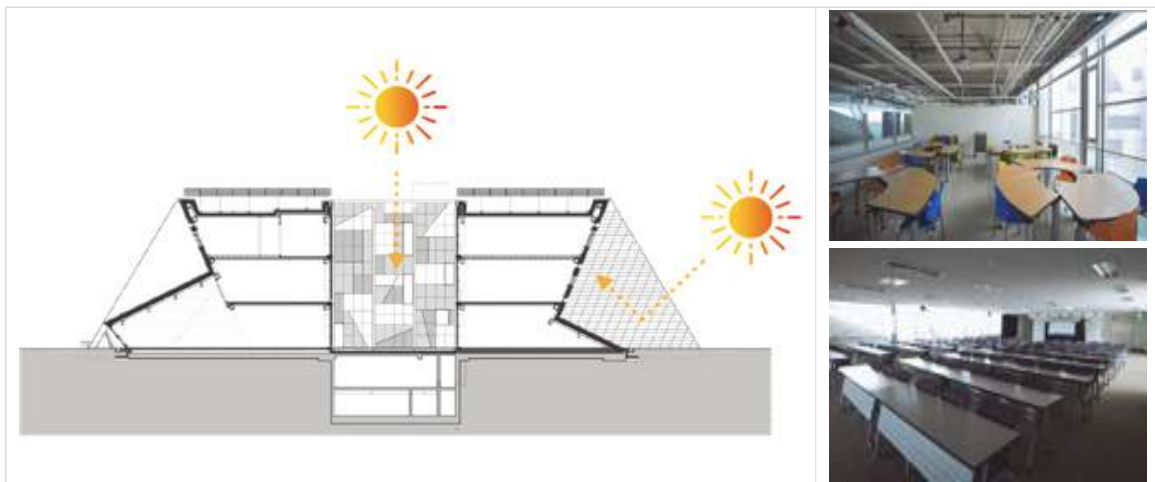
구분	종류	적용 성능	기준 성능	비고
열관류율 (U-value) [W/mK]	수평따창, 중정 커튼월	0.688	0.7	DIN Standard 기준
	외부 커튼월	0.636		
일사 차폐 계수 [G]	수평따창, 중정 커튼월	0.544	0.5	
	외부 커튼월	0.267	0.3	
가시광선 투과율 [TVIS]	수평따창, 중정 커튼월	0.68	0.65	
	외부 커튼월	0.55	0.58	

- 창호 열교 분석 : 프레임을 포함한 창호 전체에 대한 열관류율 평가 시험



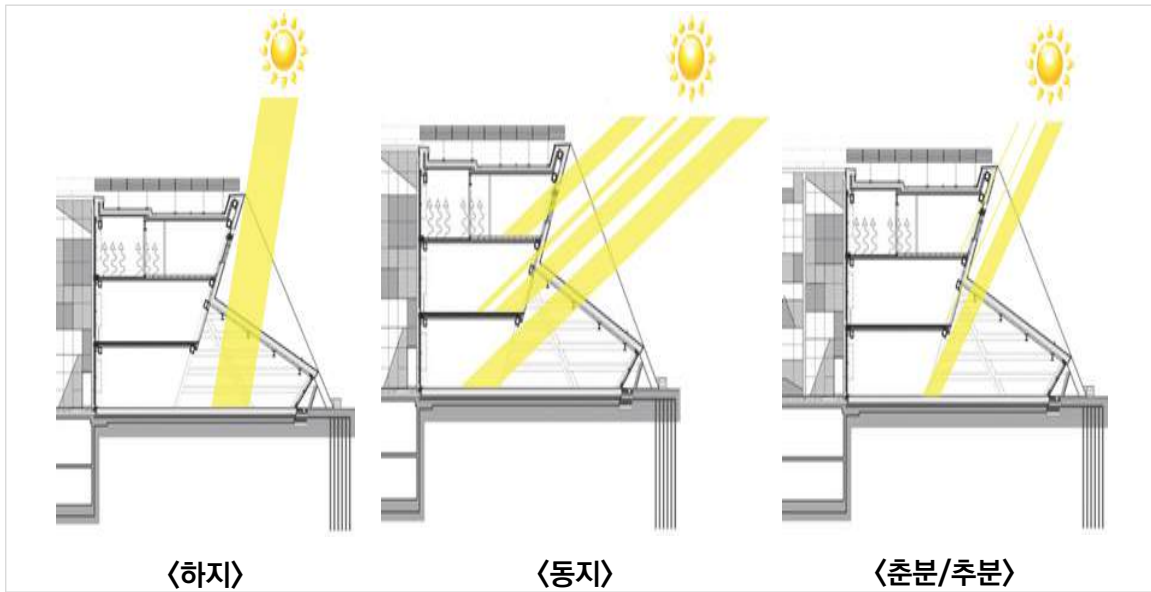
⑦ 자연채광 활용

- Light well(光井) : 창으로부터 실의 깊이가 깊어질수록 자연채광 활용도가 낮아지는 것을 해결하기 위하여 건물의 중앙에 광정(光井, light well)역할을 하는 중정 이용
- Sunlight Reflector : 바람개비 날개 형태의 경사지붕은 빛 반사율이 높은 흰색의 인조대리석(Dupont社, Corian®)으로 마감되어 태양광을 실내로 반사시키는 역할을 함
- 실내로 유입되는 자연채광의 실내 확산을 위하여 천정 및 내부 벽체를 빛 반사율이 높은 하얀색으로 마감



- 기울어진 외벽(66°)은 한옥의 처마¹⁾와 같이 여름철에는 일사 유입을 차단하여 냉방에너지를 절감하고 겨울철에는 실내로 일사가 유입되도록 하여 난방에너지 절감
- 확산광이 지속적으로 실내로 유입되어 조명에너지 절감

1) 한옥의 처마 각도는 약 60°이며, 서울에너지드림센터의 경사 커튼월 각도는 66°이다.



⑧ 외부 자동 베네시안 블라인드

- 수평 루버(louver)형을 적용한 개폐 및 블레이드 각도를 자동제어 및 사용자 제어(리모콘)하여 여름철 직달일사의 실내 유입을 차단하여 냉방부하를 줄이고 블라인드 슬랫(blind slat) 사이로 유입된 자연채광으로 조명에너지를 절감시킴
- 블라인드 수 : 56개 (건물 외측 32개, 중정 24개)
- 외부 환경 감지 : Sun, Wind, Wind Direction, Outdoor Temperature, Rain 센서사용
- 한계 최대풍속 : 15m/s (54km/h)



[그림 2.1-2] 중정측 외부 블라인드



[그림 2.1-3] 건물 외측 외부 블라인드

- 블라인드 제어시스템

- 제어 기준 조건 : 건물 운영시간, 풍속/풍향, 일사량, 기상상태(비, 눈, 최저온도),
- 기능 우선순위 : 안전 → 수동 → 타이머 → 에너지절약 → 쾌적
- 에너지 절약 기능
- 난방에너지 절약 : 실내온도가 기준값 이하일 경우 일사량의 크기에 따라 개폐 제어
- 냉방에너지 절약 : 냉방 시 일사 유입 차단
- 제어 변수 : 차폐 높이, 슬릿 각도(일별 3개의 각도와 제어 시간을 월 단위로 설정)
- 재실자 제어 (리모컨) : 14개 (27개 제어 그룹)



[그림 2.1-4] 블라인드 제어시스템 화면

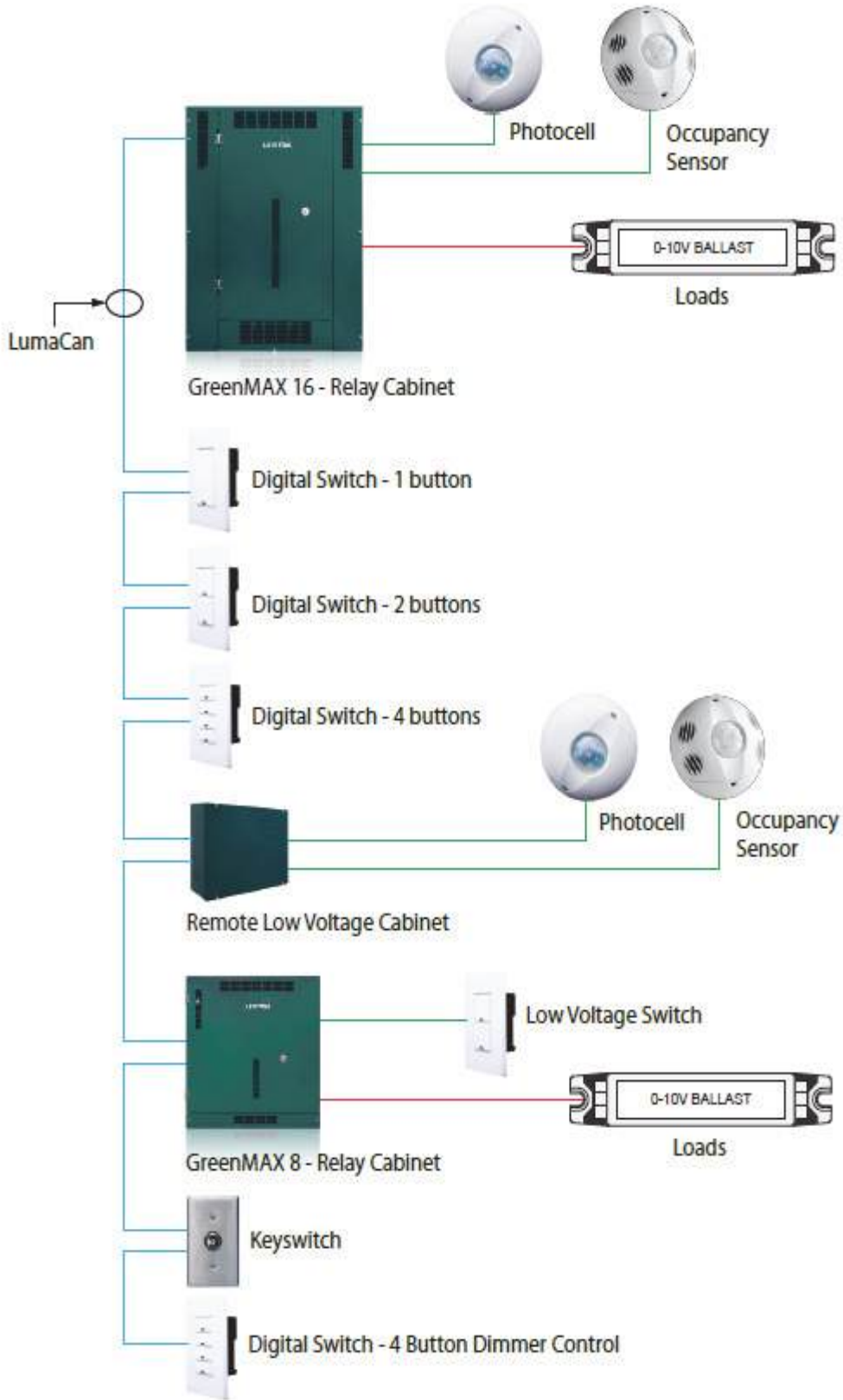
[그림 2.1-5] 블라인드 모니터링 화면

2.2 액티브시스템 개요 및 사양

1) 자동조명제어시스템

가. 존별 조도 센서를 감지하여 자동조명제어

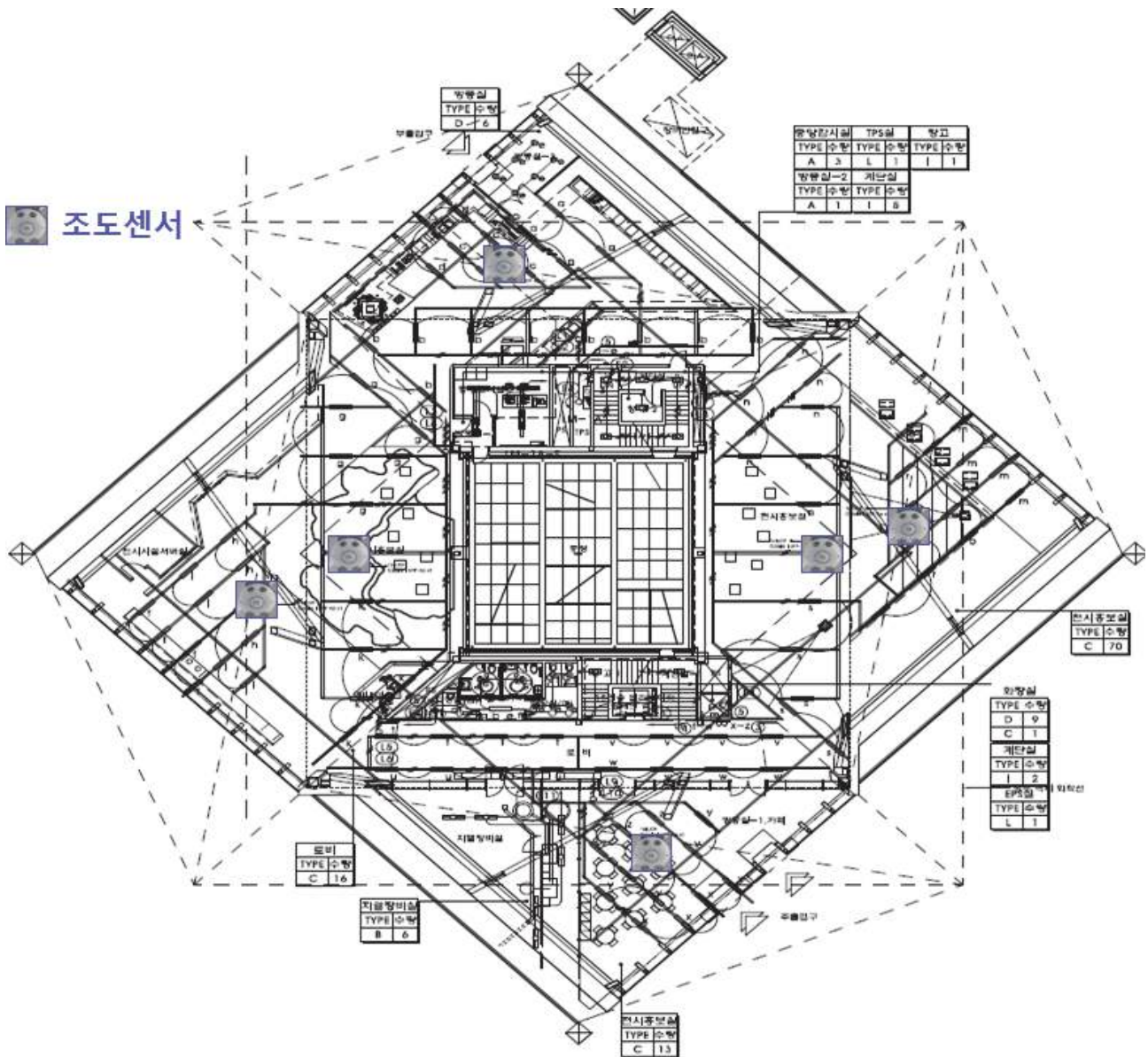
- ① LED 조명 + 조명 제어 → 조명에너지 절약
- ② Dimming 제어 : 실내 재실 여부나 태양광의 세기에 따라 조명의 세기를 자동으로 조절하여 에너지 절감
- ③ 실내에서 인체의 움직임을 감지하는 재실센서와 실내에 유입되는 태양광을 감지하는 조도센서에 의하여 자동으로 조명의 세기 조절 또는 점등/소등 실시
- ④ 공간사용목적 및 스케줄에 따라 12가지 제어모드 설정



[그림 2.2-1] 자동조명제어시스템 구성

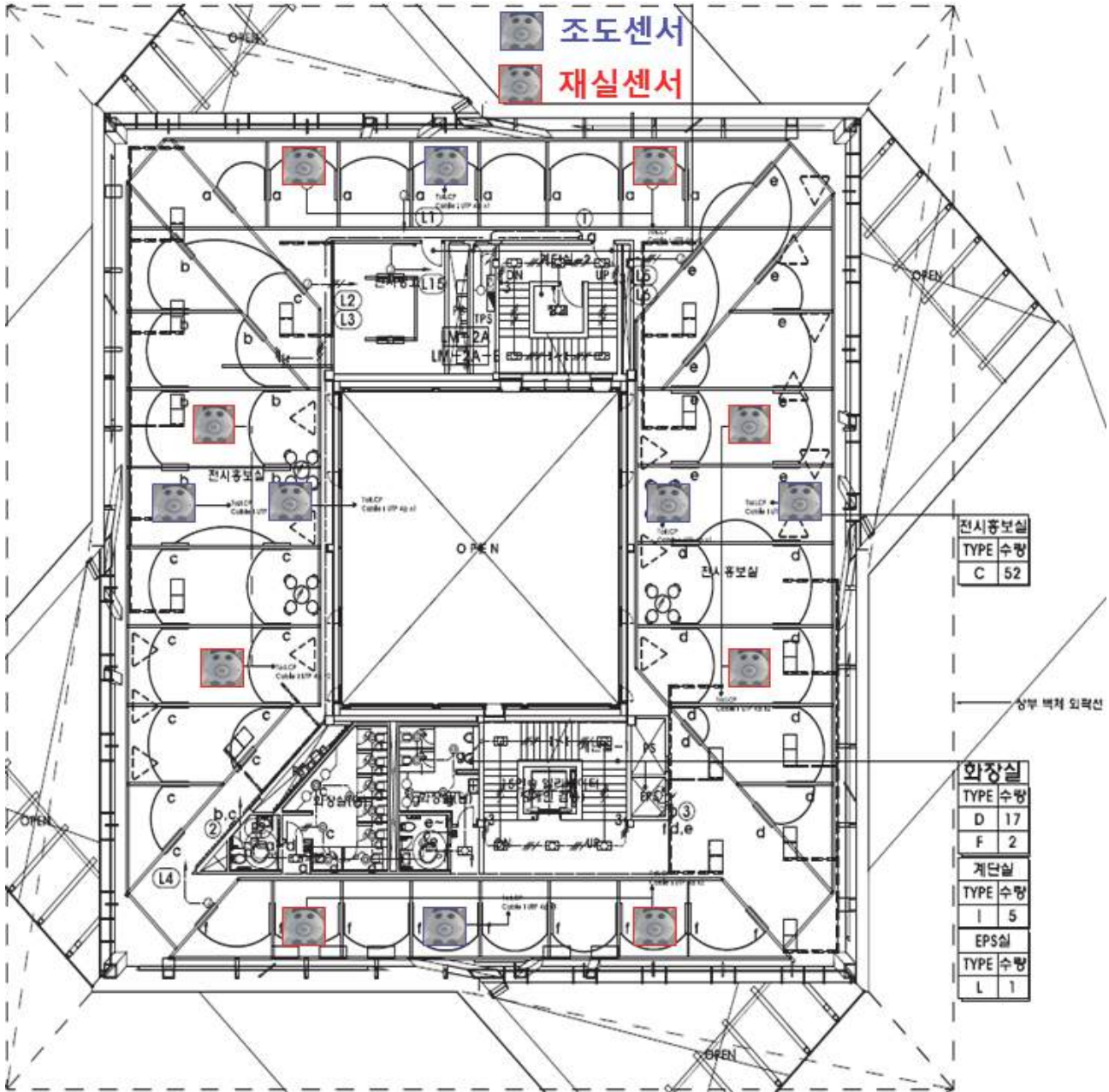
나. [그림 2.2-2], [그림 2.2-3] 그리고 [그림 2.2-4]는 서울에너지드림센터 내 각 층별 조도 및 재실센서들의 설치 위치를 나타내고 있다.

다. [그림 2.2-2] 1층 에너지드림관은 에너지관련 전시 및 해설이 주로 이루어지는 곳으로 주요 전시관에 6개의 조도센서가 설치되어 있다.



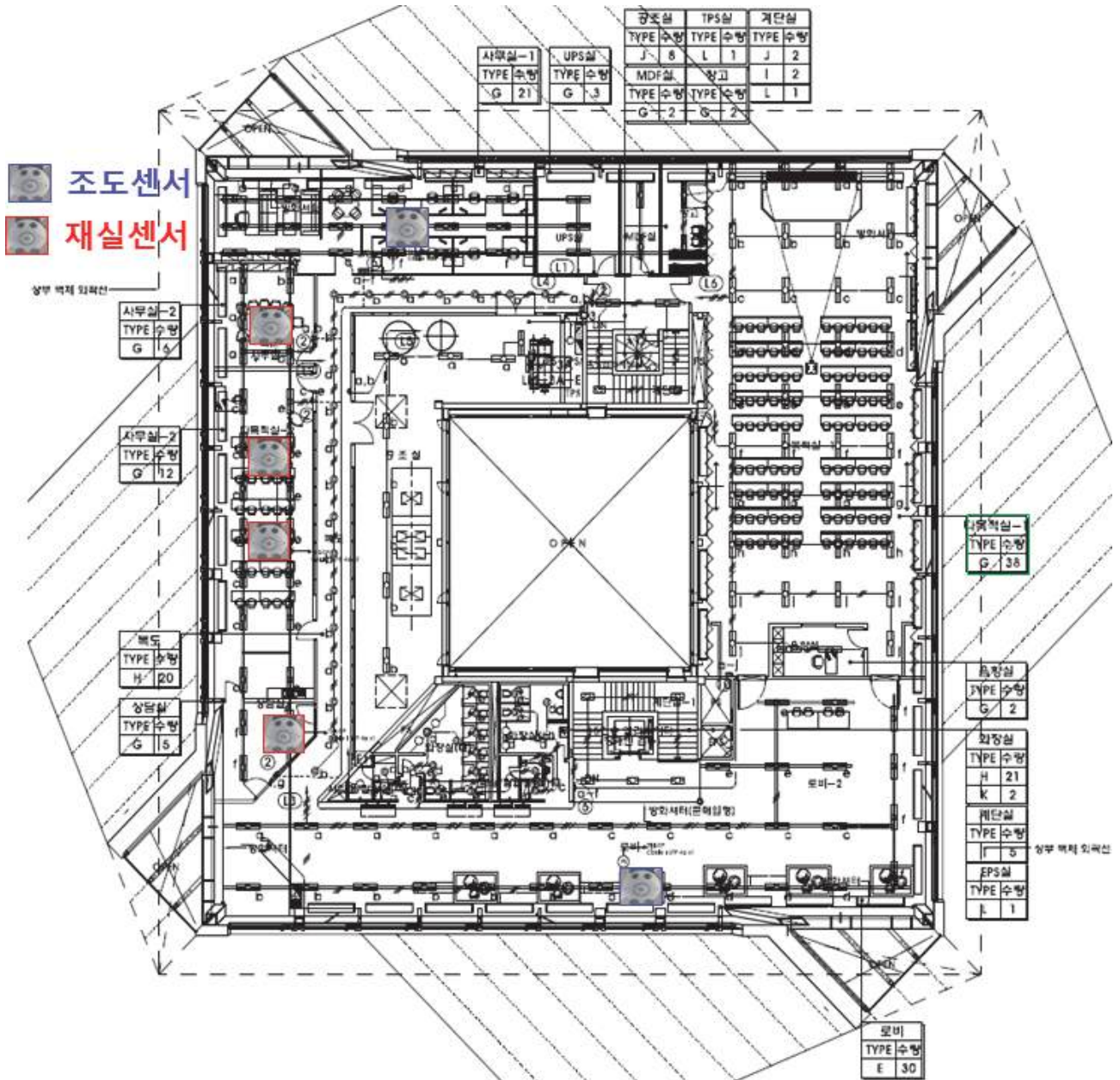
[그림 2.2-2] 1층 조도센서 설치 위치 현황

라. [그림 2.2-3] 2층 서울기후변화배움터는 지구 온난화 및 기후변화와 관련해서 전세계에서 진행되고 있는 일련의 약속과 노력들에 대해서 보고 느낄 수 있는 곳으로 6개의 조도센서와 8개의 재실센서를 포함해서 총 14개의 센서들이 있다.



[그림 2.2-3] 2층 조도 및 재실센서 설치 위치 현황

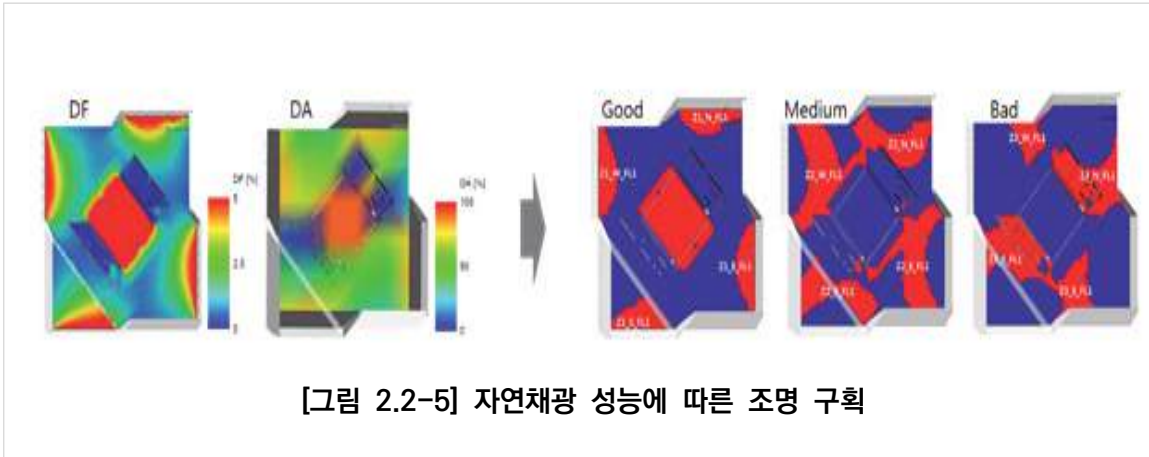
마. [그림 2.2-4] 3층 커뮤니티관은 운영사무실, 회의실, 체험실, 카페테리아 그리고 다목적실 등 거의 매일 많은 방문객들과 직원들이 상시 상주하는 곳이라 2층처럼 많은 조도 및 재실센서를 설치하지 않고 회의실과 체험실에는 4개의 재실센서만 설치하고 운영사무실과 북카페가 있는 휴게공간에 각각 1개의 조도센서가 설치되어 있다.



[그림 2.2-4] 3층 조도 및 재실센서 설치 위치 현황

⑤ 빛환경 분석

- Daylight Factor (주광율, DF) 분석과 Daylight Autonomy Factor (DA)을 통해 공간 별 자연채광 활용도에 따라 Good/Medium/Bad로 구분하여 조명기기 설치 및 제어 구획 설정
- DF [%] : 외부 장애물이 존재하지 않는 담천공 조건에서의 외부조도와 작업면 높이의 일정 포인트의 실내조도 비율로서 건물 내 대부분의 공간에서 DF 2% 이상을 목표로 설정
- DA [%] : 일과시간(07:00 ~ 19:00)을 기준으로 연간 자연채광만으로 기준조도(300lux, 100lux)를 초과하는 총 시간의 합의 비율

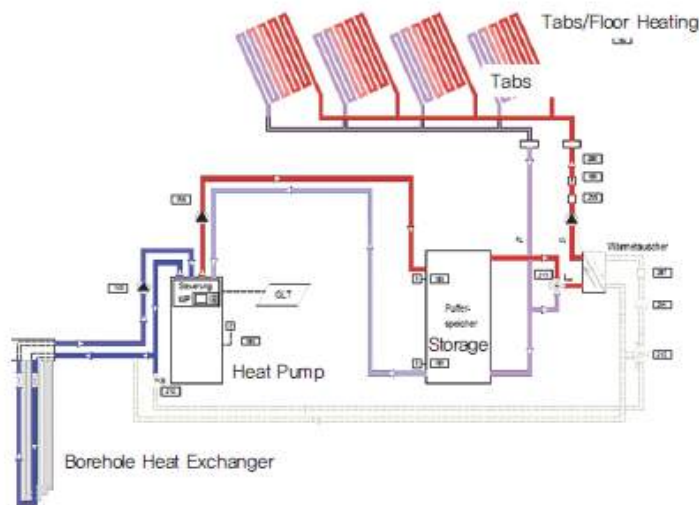


2) 바닥 복사 냉난방 시스템

① 건물의 1층과 2층의 냉난방을 담당하고 있음

② 난방 (Heating)

- 난방을 위한 열에너지는 지중의 열원을 이용하는 히트펌프에 의해 공급되고 시추공 열 교환기가 지중의 열을 추출하기 위해 사용
- 열은 히트펌프를 이용한 바닥난방 시스템에 의해 사용처로 공급됨. 이로 인해 전체 난방 시스템의 연간성능계수(COP) 4 달성

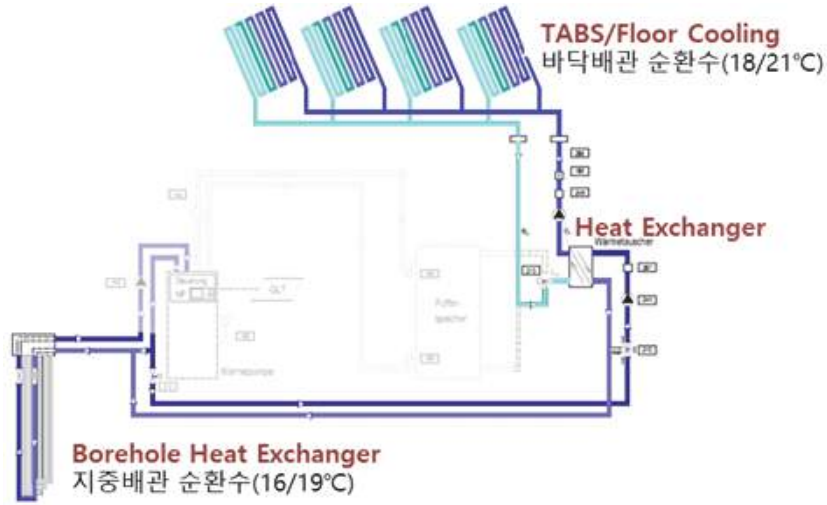


[그림 2.2-6] 난방시스템 계통도

③ 냉방(Cooling)

- 열교환기에 의하여 지중순환수와 바닥배관 순환수간 열교환으로 펌프 동력 외에는 전력소비 없이 운전

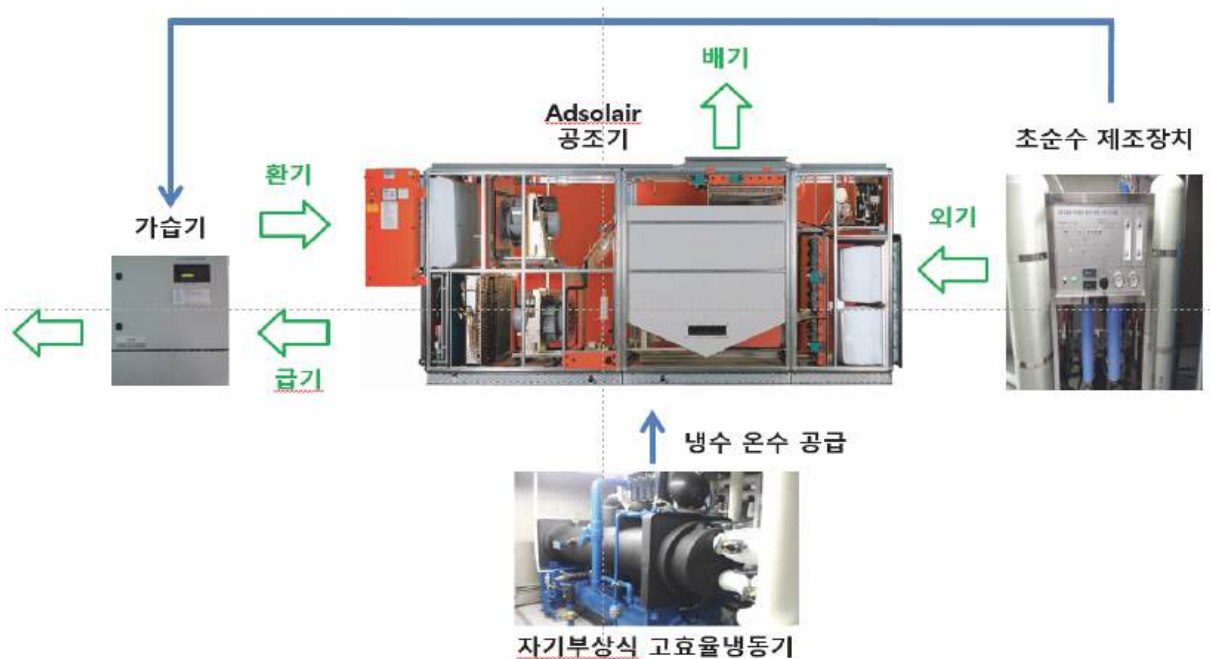
- 지중순환수 온도가 높아 냉방용량이 부족할 경우, 터보냉동기로 냉수 공급



[그림 2.2-기] 냉방시스템 계통도

3) 열회수 환기시스템(Ventilation)

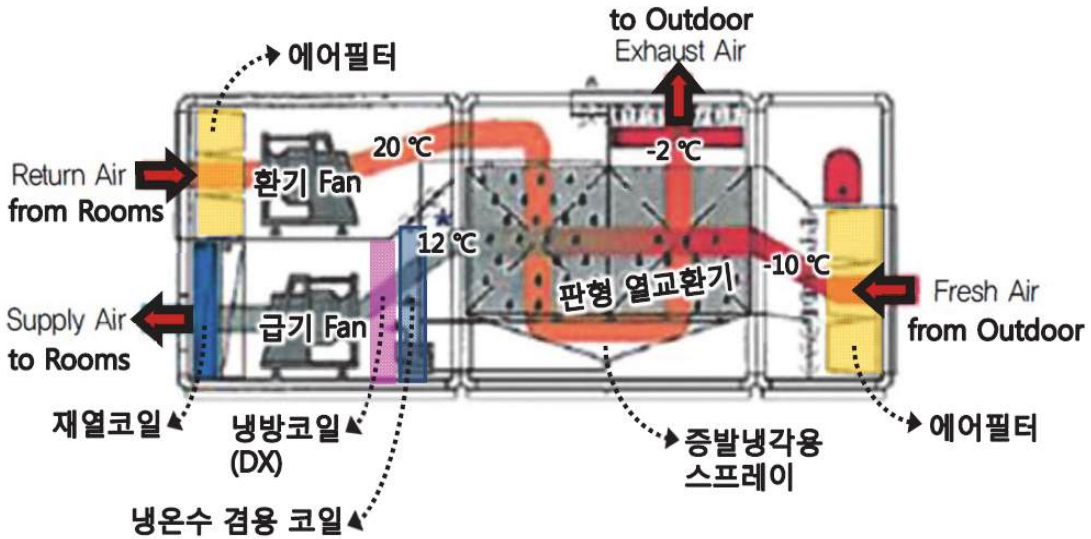
- 독일 Menerga 사의 최신 기술이 적용된 공조기인 AdSoair 582501을 사용하고 있다. AdSolair 열교환기술과 단열증발냉각시스템(adiabatic evaporative cooling) 기술에 의해서 절대온도 12K까지 기온을 저감시킬수 있고 통합된 압축기 냉각 시스템으로 고온에서 시스템 전체의 냉각용량을 증가시키고 외기(Outside Air)의 제습을 가능하도록 한다.





[그림 2.2-8] 서울에너지드림센터 열회수 환기시스템

- 환기시스템과 독립적으로 가동하는 난방과 냉방으로 인해서 환기시스템의 공기 변화 속도는 위생요건에 따라서 치수화



[그림 2.2-9] 열회수 환기시스템의 구조

- 환기 속도는 난방이나 냉방 에너지가 아닌 위생 공기변화 속도에 달려있으며, 열 쾌적성은 공기가 아닌 바닥 난방과 냉방 시스템으로 제공
- 각 실내 CO₂ 농도를 감지하여, 농도가 낮을 경우 VAV unit damper 개도를 줄여 환기량을 조절하는 VAV방식의 환기시스템 설치

- 환수공기(RA)와 도입 외기(OA) 사이의 열교환(현열교환기+단열냉각)을 통해 열회수
- 현열교환기(recuperator)
 - 실내 공기를 실외로 배출시킬 때 열회수장치에 실내공기가 갖고 있던 열을 저장해 두었다가 외부에서 들어오는 찬공기에 저장된 열을 다시 옮겨주는 장치
 - 여름 90%, 겨울 81%의 효율로 에너지 회수
- 단열냉각
 - 실내에서 환수된 공기(RA)를 외부로 배출(EA)하기 전에 물을 분사하여 온도를 낮추고(증발 냉각기로 유입되는 공기의 습도가 높으면 안됨), 온도는 배기를 외기와 열교환을 하여 현열(온도)을 회수해 외기 온도를 더욱 낮추는 방식으로 약 30%의 에너지 절감효과 발생
- 환기시스템의 운전모드는 총 6가지이며, 계절별 건물의 온열환경 변화에 따라 운전모드는 자동 및 수동으로 동작
 - 여름철 : 외기 → 단열냉각+Recuperator (현열 90% 회수) → 냉수코일 (냉각) → 증발기(상대습도 100% → 70% 감소하여 재열) → 실내취출 (18°C, 70%) → 실내온도 유지 (26°C, 50%)
 - 겨울철 : 외기 → Recuperator (현열 81% 회수) → 가열코일 → 가습기 → 실내온도 유지(20°C, 30%)
 - Recuperator (현열 교환기; 여름: 90%, 겨울 : 81% 효율)로 에너지 절감

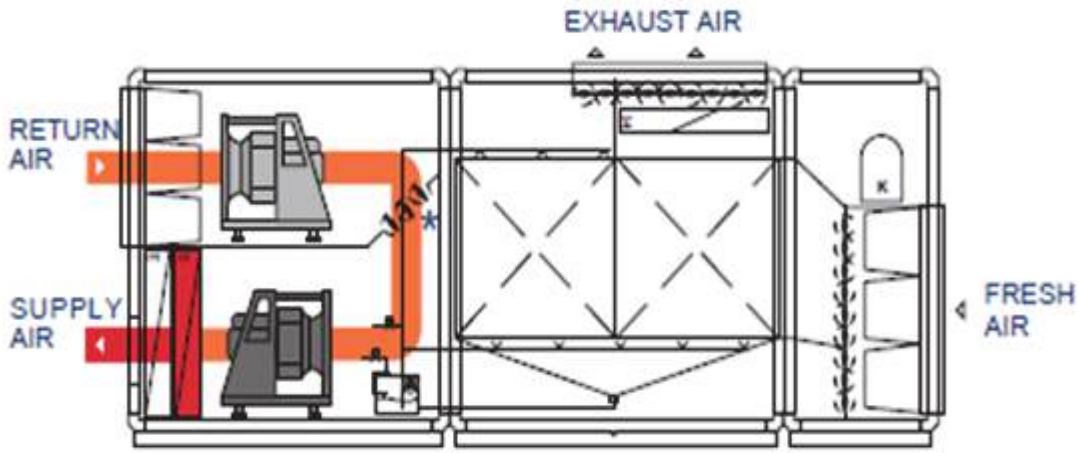


[그림 2.2-10] 서울에너지드림센터 환기 구성도

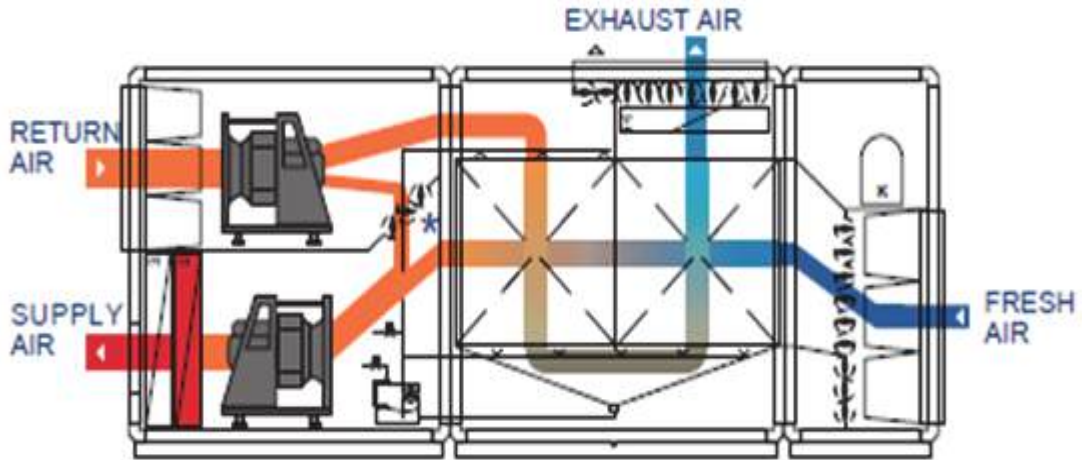
배기 : Exhaust Air, 외기 : Fresh Air, 급기 : Supply Air, 환기 : Return Air



가. 동절기



- 동절기 외기는 전혀 공급하지 않은 상태에서 온수 탱크의 온수만을 펌프로 공급하는 동절기 난방 동작으로 건물 오픈을 앞두고 일과시간 전에 예열(pre-heating)
- 전열교환이 없는 운전모드로 실내공기를 재순환하여 가열
- 혹한기 운전 방법



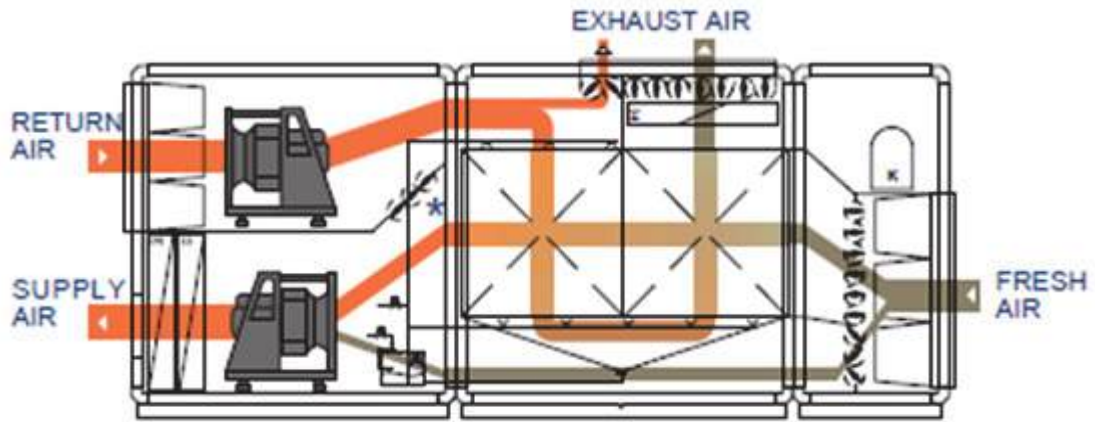
- 배기로부터 냉열 또는 온열을 회수하여 에너지를 절감하는 동작으로 동절기 또는 하절기에 사용 가능한 방법, 혹한기 또는 혹서기 제외

외기(Outdoor Air)
 판형 열교환기 → 온수 겸용 코일 → 가습기 → 급기(Supply Air)

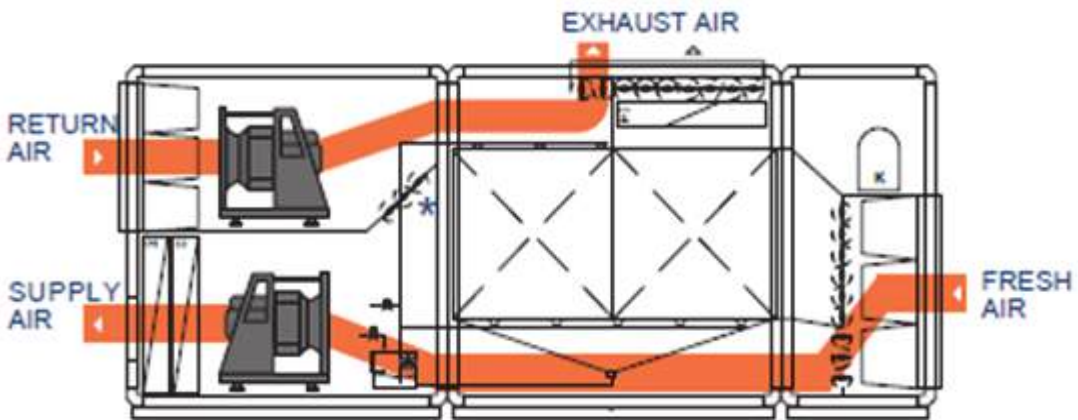
환기(Return Air)
 판형 열교환기 → 배기(Exhaust Air)

- 실내 CO₂ 농도에 따라 외기량을 결정하며 실내공기는 일부만 재순환하여 가열

나. 중간기

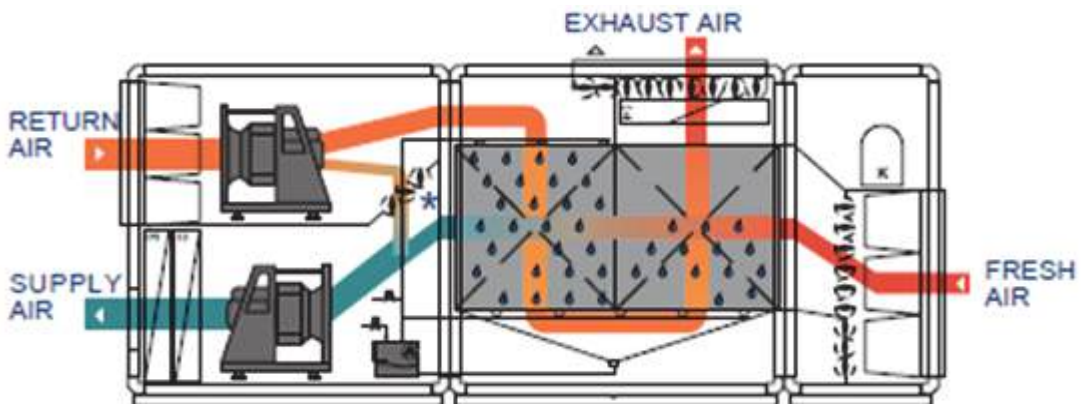


- 중간 계절 외기 직접 공급 및 전열교환기를 이용하여 차갑지 않도록 열회수를 일부 이용하거나 약간의 외기 냉방을 시도하여 실내 부하를 조절하는 동작



- 중간의 계절 외기의 온도가 17℃ 이하 실내온도는 27 ~ 8℃ 일 때에 냉방 에너지를 절약하고자 취하는 전열교환기를 사용하지 않는 외기 냉방 동작

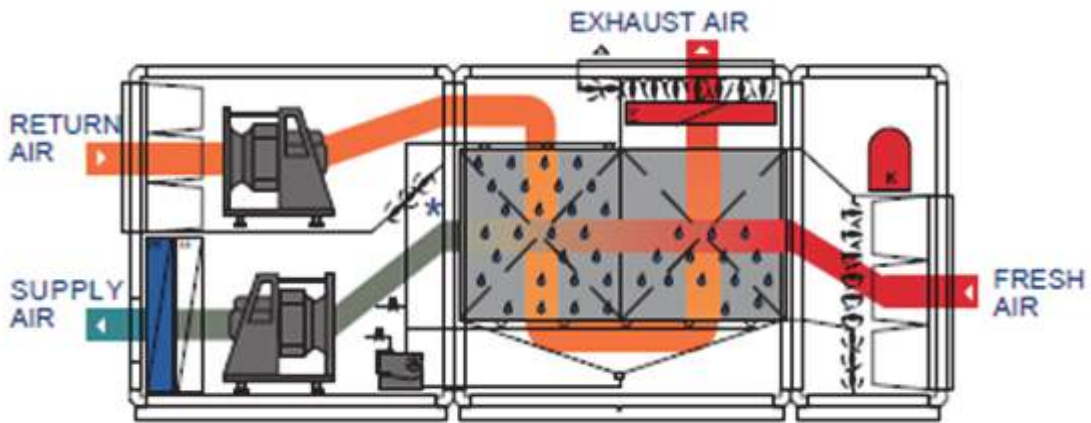
다. 하절기



- 하절기 단열증발냉각 및 열회수만으로 공기를 냉각하여 냉방 부하 조절 및 냉각 제습 동작 일부만 재순환하여 가열

외기(Outdoor Air)
 판형 열교환기 → 냉수 겸용 코일 → 가습기 → 급기(Supply Air)

환기(Return Air)
 판형 열교환기 → 배기(Exhaust Air)



- 하절기 장마철 외기온도와 습도 상승으로 인한 단열증발냉각 제습 포함 기계식 냉방 제습 동작 추가(열회수, 냉각코일, 재열코일 풀가동)

[그림 2.2-11] 서울에너지드림센터 열회수 환기시스템 운전모드

■ 기능설명

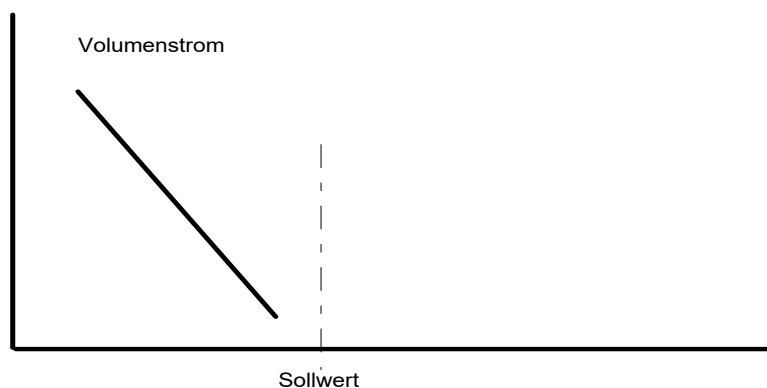
- ① 정압 유지를 위한 급기와 환기 챔버 내의 압력 조절
 - 급기와 환기팬의 풍량 조절은 급기와 환기 덕트 내에 설치된 압력 센서에 의한다.
 - 급기와 환기 챔버 내의 압력은 어떠한 조건하에서도 항상 정압을 유지
 - 각 존의 부하 변동에 따라 이에 상응하는 볼륨 댐퍼(Volume Damper)를 조절하여 급기와 환기 챔버 내의 압력은 항상 정압을 유지하게 되는 이유는 이에 상응하는 급기 및 환기풍량은 solVent system이나 또는 메네르가 제어기(Menerga controller)에 의하여 계산된 후 제어되기 때문이다.
 - 급기와 환기의 실제 압력이나 풍량(XI)은 메네르가 제어기에 Pa와 m³/h로 각각 표시되고, 급기와 환기의 초기 압력이나 풍량(XS)은 메네르가 제어기에 인입한 그대로 나타나며 이러한 초기값은 커미셔닝(Commissioning)중이거나 커미셔닝 이후라도 언제든지 메네르가 제어기를 이용하여 직접 타이핑 하면 변환이 가능하며 (code level 2). 이후 제어는 각각의 PI controller를 이용
 - 초기 타이핑하여 입력된 압력이나 풍량과 실제 장비 내의 압력이나 풍량은 항구적으로 서로 비교된다.



운전 중에 초기 압력이나 풍량과 실제 운전시 압력이나 풍량의 차이가 발생한 경우 즉, 범위 내의 편차인 경우, 급기와 환기 덕트 내 지시된 초기 압력이 일정하게 유지 되도록 하기 위해 각각의 모터 회전 변환기를 동작시킬 수 있도록 이에 상응하는 신호가 바뀐다. 예를 들어서 필터의 오염으로 인한 내부 또는 외부의 압력이 변하더라도 공조기 내부 압력은 즉시 주어진 초기 압력을 유지

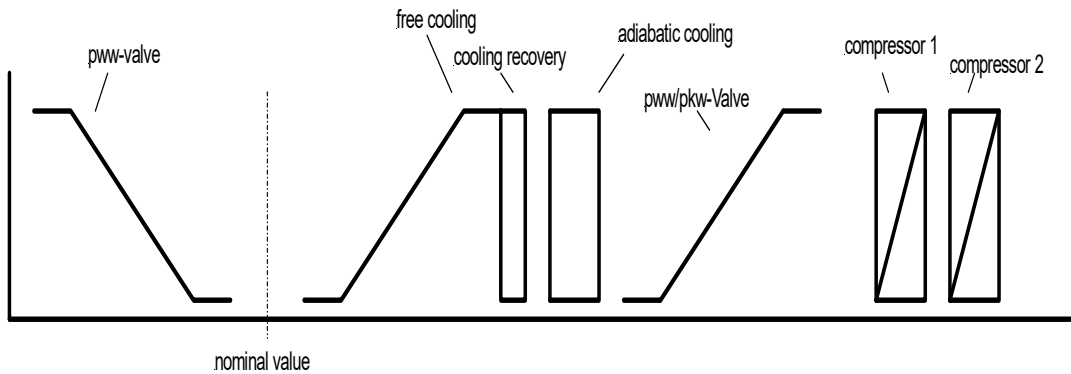
② 환기/급기의 온도 조절과 최대 최소 급기 풍량 제한

- 온도 조절을 위하여, 환기(실온)와 급기 온도는 항상 감지되고 현재 온도(XI)는 제어기 상에 °C로 표현되고 초기 설정된 온도(XS)도 역시 메네르가 제어기 상에 °C로 표시



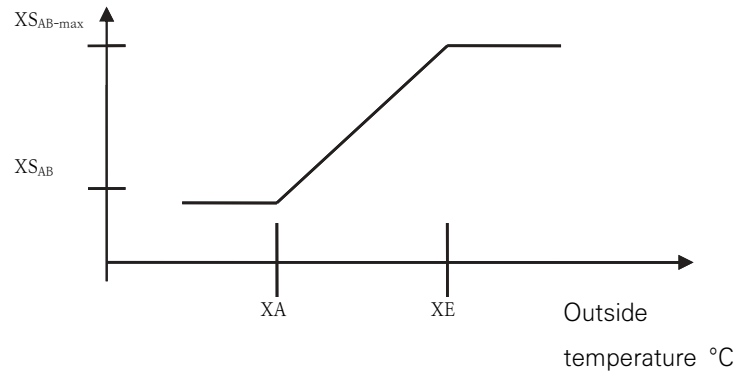
- 환기의 현재 온도는 항상 초기 설정 온도와 비교가 되는데, 이 때 표준 편차가 발생하면 즉 범위 내 편차가 발생하면 급기 온도를 제어하기 위해 초기 급기 온도도 설정으로 변환된다. PI 제어기는 급기의 실제 온도(XI)와 초기 설정 온도를 비교하며, 표준편차 즉 범위 내에서 편차가 발생을 하면, 난방이나 또는 냉방이나를 결정하게 되고, 급기 온도는 최소 제한 온도와 최대 제한 온도 범위 내에서 제어를 받으며, 만약 급기 온도가 초기 설정 값보다 현저하게 떨어지거나 올라가더라도 초기 설정된 온도는 변하지 않는다. 만약 하절기 보상 운전중이면, 급기의 초기 설정 온도는 최대로 초기 환기 설정 온도까지 올라간다.
- 다음의 초기 설정 온도는 PI controller unit에 의해 메네르가 제어기에 입력이 되는데 제어기 조작 레벨은 다음과 같다.
 - XSAB 환기 온도(실내온도), code level 1
 - XSZU-Min 냉방 온도 설정, code level 2
 - XSZU-Max 난방 온도 설정, code level 2
- 단계별 온도 조절 기능은 다음과 같다.
 - 난방 단계 : 온수 펌프용 밸브는 항상 열려 있어야 하며, 공조기 팬은 사전에 입력된 속도로 운전된다. 특히, 외기온도가 12°C보다 낮으면, 온수펌프용 밸브는 동파 방지를 위해 공조기 가동 후 1분 동안 100% 열려야 한다.

- 냉방 단계 1 : 공조기 내부에 설치된 외기 및 배기 바이패스 댐퍼는 항상 열려있어야 한다.
외기 댐퍼는 외기 냉방이 100% 될 때까지 닫혀있어야 한다.
- 냉방 단계 2 : 실내 환기 온도가 외기 온도 보다 최소한 4K 이상 낮으면 단열냉방은 가동이 된다.
- 냉방 단계 3 : 냉방/난방 변환
냉수 펌프/온수 펌프 밸브는 꾸준히 상승하여야 한다.
- 냉방 단계 4 : 기계식 냉방 1단계가 동작
- 냉방 단계 5 : Compressor를 100% 까지 동작 시키는 단계
- 냉방 단계 6 : 기계식 냉방 2단계가 동작
- 냉방 단계 7 : Compressor를 100 %까지 동작 시키는 단계



③ 하절기 보상 운전

- 하절기 모드에 의한 기계식 냉방 또는 냉수에 의한 하절기 보상 냉방 운전을 말함
- 초기 온도 값 XSAB 은 외기온도에 따라서 올라간다.
- 메네르가 제어기 초기 설정 온도
 - XSAB : 초기 설정 된 환기 온도 = 21°C
 - XSAB-max : 초기 설정된 환기 최대온도 = 26°C
 - XA : 동작 설정 온도 = 24°C
 - XE : 동작 최대 온도 = 32°C



④ 냉수 또는 온수 펌프 제어 시스템

- 2차측 펌프를 위해, 펌프를 복합적으로 제어하기 위한 3 x 400V 또는 1 x 230V 전원이 스위치 캐비닛에 구비되어 있다.
- 외부의 1차 측 펌프를 위하여 터미널에 potential-free signal 이 적용된다.
- 자동 모드에서는 요구되는 온수량을 공급하기 위한 온수 밸브의 개도에 따라 온수펌프는 온수를 공급한다. 온수 밸브가 닫힌 이후에도 펌프는 약 5분 동안 가동이 된다, 이는 펌프의 멈춤으로 인한 관로 상 진공상태에서의 펌프의 동작으로 인한 관로 및 펌프 손상을 방지하기 위함이며, 하절기라도 매일 1회 점검 차 임시 가동하여야 한다.

⑤ 기계식 냉방

- 온도 조절 시스템에 의해 기계식 냉방은 동작한다. 급기는 내부의 팽창기에 의해 냉방이 되며 이때 발생한 열은 응축기(Condenser)의 배기에 의하여 실외로 방출이 된다.
- 냉방 설비의 모든 안전 장치는 제어 시스템에 내장되어 있으며, 압축기(Compressor)를 보호하기 위한 최소한의 동작시간이 요구 된다.

⑥ 하절기 냉열 회수

- 하절기에 환기 온도가 외기 온도 보다 대략 2K 정도 낮을 경우, 본 공조기는 자동으로 환기로부터 냉열을 회수하기 위한 운전을 하며 이때 외기 온도는 recuperator에 의하여 외기보다 낮은 환기 온도에 의하여 냉방 되어 진다.

⑦ 야간 외기 냉방

- 야간 외기 냉방은 메네르가 제어기의 clock channel 8에 의하여 작동된다.
- 장비 운송 중에는 clock channel은 가동하지 않으며, 야간 외기 냉방을 가동하기 위해서는 가동시간이 반드시 지정되어야 하며, 다음과 같은 조건을 충족 하여야 한다.
 - 내부 주간 타이머 채널 8이 On 되어야 한다.
 - 표준 가동 시간대를 : On = 03:00 HRS, OFF = 08:00 HRS로 지정해야 하며, 운송중 타임은

00:00 hrs로 설정되어 있다.

- 외기온도가 12°C 보다는 높되
 - 실내온도보다는 적어도 3K 이상 낮아야 하고
 - 실내온도는 1K 정도 day mode 동작의 초기 온도보다 높아야 하고
 - 동작은 연간 채널 1에서, 동작 기간은 15 May - 15 September로 해야 한다.
- 공조기를 100% 외기로 day mode 하에서 지정된 실내온도보다 1k 낮을 때까지 동작 만약 공조기가 day mode 하에서 오전 중 가동하면, 히터는 3시간 동안 가동하지 않도록 해야 한다. 만약 실내 및 외부 센서가 구별이 되어 있지 않은 표준형 공조기 일 경우, 동작은 인터발 스위치(Interval Switch)에 의하고 인터발 스위치에 의한 경우, 팬의 동작은 예를 들면 03:00에 최소 5분간 가동시키는데, 실내 및 외기 온도를 내부에 설치된 온도 센서에 의해 측정하기 위함이다. 이후 야간 외기 냉방을 위한 모든 조건이 충족 되었다면 공조기는 야간 외기 냉방을 위해 가동해도 된다. 또한, 실내 및 외기온도 센서가 추가로 구비되어 있고 상기 야간 외기 냉방 조건이 충족되었다면 장비를 가동하면 된다.

⑧ 단열냉방

- 만약 제어 시스템에서 단열냉방이 요구되면, 외기 및 배기 바이패스 댐퍼는 모두 닫히고 외기 댐퍼만 열리고, 동시에 냉각수 배수라인과 전열교환기 여제 위에 설치된 급수 라인 밸브도 닫히고 오직 시수 공급 밸브만 열린다.
- 시수 공급으로 냉각수 통이 가득 채워졌으면 단열냉각을 위한 냉각수 순환펌프는 가동준비가 된 것이므로 시수 공급 밸브는 닫힌다.
- 특별히 고안된 순환수 보충 장치에 의해, 이 장치의 제어는 메네르가 제어기에 구비되어 있는데, 오염 제거 장치가 자동으로 물의 정도에 따라서 작동을 한다. 이 장치는 물 순환장치에 축적되는 오염물을 방지하기 위한 것이다.
- 만약 단열냉방이 제어 시스템에 의해 가동이 중지되면, 순환수는 냉각수 통에 최대 한시간 동안 담겨 있어 한 시간 안에 재가동 시에 필요한 물을 보충하지 않아도 되도록 고려되어 있다.
- 만약 한 시간 안에 단열냉방이 재 가동 되지 않으면 냉각수 통의 물은 배수라인을 통해 배수된다.

⑨ 동파 방지 회로

- Phase 1 : 장비의 가동이 중지되면, 온수펌프 하단의 온도는 공기 온도 센서에 의해 제어된다. 만약 온도가 10 °C이하로 내려 가면 온수 펌프용 밸브가 열리고 온수펌프는 자동 모드 하에서 가동이 된다.
- Phase 2 : 동파 방지 온도 조절 장치는 온수펌프 하단에 설치되어 있다. 만약 온도가 + 5°C이하로 떨어지게 되면, 동파 방지 회로가 작동되며 즉, 팬은 동작을 멈추고 모든 댐퍼는 닫히고



온수펌프 밸브가 열리면서 온수 펌프가 가동된다
(단, 자동 모드하에서 만).

- "Antifreeze active"라는 메시지가 제어기 상에 표시되고, 공기 온도가 + 8°C를 넘으면 공조기는 자동으로 재가동 되나, "Antifreeze was triggered"라는 메시지는 리셋하기 전까지 계속 나타난다.

⑩ 현장 운전

- 장비를 가동하거나 또는 가동하지 않을 지라도, code 1 은 항상 살아있어야 한다.
- 결합 키 'Test' 와 '4'를 사용해도 가동이 된다.
- 공조기는 외기, 급기 공급 모드 그리고 급기 온도 제어하에서 만 작동된다.
- 초기 설정 온도는 메네르가 제어기에 "nominal value for the feed air temperature" 로 표기된다.

⑪ 동파 방지 회로, 전열교환기 여제, 공기 순환

- 외기온도가 0°C이하가 되면, 전열교환기 여제를 위한 동파 방지 회로가 가동된다.
- 정상적인 동파방지 간격에, 공조기 내부의 모든 댐퍼는 닫히고 동파 방지를 위한 댐퍼가 열린다.
- 동파 방지 운전 시간은 영구히 사전 설정이 되어 있으며, 동파 방지 간격은 외기 온도에 따라서 변한다.

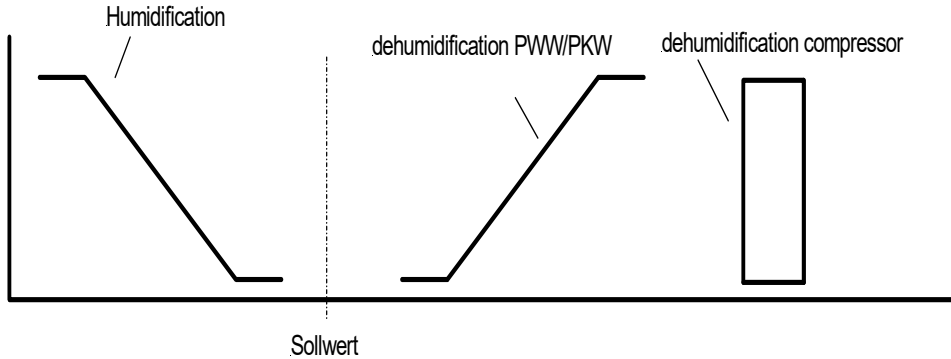
⑫ 공기 순환 제어 시스템 : Start-up 회로 (예열모드), 재순환 공기 댐퍼에 의한 표준동작

- 장비 : 공기재순환 댐퍼와 장비내 환기온도 센서 또는 실내 센서 가동 이후, 환기 온도가 초기 설정 온도 대비 1K이하가 될 때까지 장비는 지속적으로 공기 재순환모드로 작동을 한다. 이후 외기 공급 모드로 자동연계 된다.

⑬ 습도 조절

- 실내의 실제 습도(XI)는 %r.F로 표기되는 반면, 초기 설정 습도(XS)는 메네르가 제어기에 %RH 로 표기되고 실내습도는 항상 일정하게 유지된다. PI controller는 환기 습도와 (XI - actual value) 초기 설정 습도(XS)를 비교한다.
- 표준 편차 범위 내에서, 가습 또는 제습이 요구되며 급기 습도는 최대 범위 내에서 조절 된다.
- 만약 급기 습도가 초기 설정 습도를 초월하면 PI 제어기가 환기 제어기를 제어해 급기가 더 이상 가습을 하지 못하도록 하여 습도가 최대 제한 습도 이내에서 유지되도록 한다.
- 다음의 초기 설정 습도는 PI 를 이용하여 메네르가 제어기에 인입 할 수 있다.
 - XSAB-humidify 가습, 환기 습도, code level 1
 - XSAB-dehumidify 제습, 환기 습도 code level 1
 - XSZU-Max 급기 최대 가습 제한, code level 2
- 습도 조절 기능은 다음과 같다.

- 가습 : 가습 요구가 지속적으로 증가 할 때
- 제습 Level 1 : 냉수 펌프가 지속적으로 상승 가동 할 때
- 제습 Level 2 : 제습을 위한 기계식 냉방이 요구 될 때



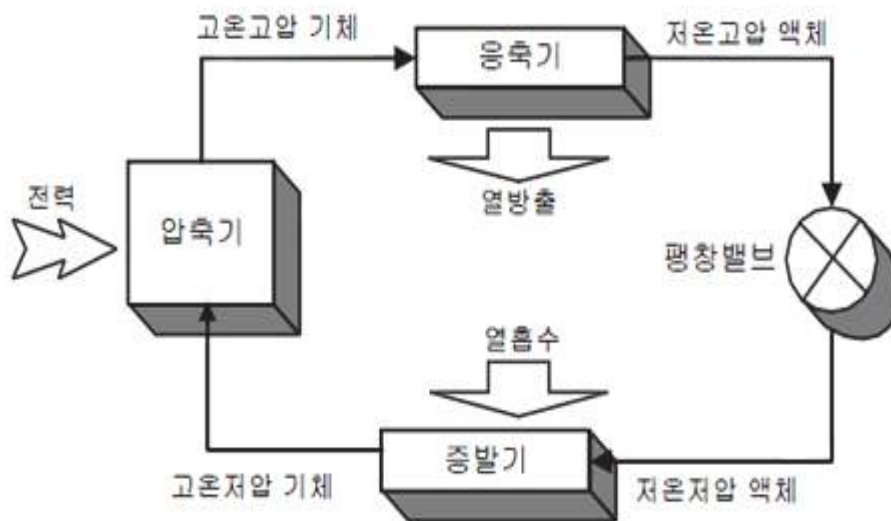
⑭ 설치 완료된 공조기

- 현장에 설치 완료된 공조기의 운전은 항상 clock channel에 의한다.

4) 수냉식 무급유 터보냉동기(Water-Cooled Oil-Free Centrifugal Chiller)

- 서울에너지드림센터의 열원설비는 지열시스템을 기본으로 보조 (냉)열원 설비인 무급유 터보냉동기를 운용하고 있다.
- 본 건물은 전시 및 대관용으로 주로 운영되기에 시민에게 열려있는 공간으로 방문 인원을 정확하게 예측하거나 제한하기 어렵다. 또한, 행사나 세미나 개최시 평소보다 많은 사람이 센터를 방문하게 되는 경우도 빈번하다. 사람의 몸은 성별, 나이, 체격, 작업상태(활동량), 실온에 따라 80 ~ 330kcal/h의 열량을 방출하기 때문에, 센터 재실자 수의 변화는 건물의 냉난방에 영향을 미치게 된다.
- 추운 한겨울 여러 사람이 함께 있으면 방이 곧 훈훈해지는 것과 같이 사람의 몸에서 방출되는 열은 난방에 도움을 주지만 여름에는 재실자가 많아질수록 냉방을 통해 제거해야 할 열량 또한 증가하기 때문에 더 많은 냉방을 요구하게 된다. 이와 같이 서울에너지드림센터에서는 지열시스템에서 공급할 수 있는 용량보다 더 많은 양의 냉방이 요구될 때, 보조 (냉)열원 설비인 무급유 터보냉동기를 가동한다.
- 냉동장치에서 냉동(refrigeration)은 물체를 그 주위의 대기 온도 이하로 냉각하는 것으로, 냉동의 방법은 여러 가지가 있으나, 보통 냉동기에는 증발이 쉬운 액체를 증발시켜 그 잠열을 이용하는 방법이 주로 사용되며 냉동기는 아래와 같이 크게 네 부분으로 구성되어 있다. 압축기(compressor), 응축기(condenser), 팽창밸브(expansion valve), 증발기(evaporator)로 구성되며, 계통 내에 일정량의 냉매가 연속적으로 순환하면서 흡열과 방열을 반복하는 것을 냉동 사이클이라고 한다.

- 압축기 : 증발기에서 넘어온 저온 저압의 냉매 가스를 응축 액화하기 쉽도록 압축하여 응축기로 보냄
 응축기 : 고온, 고압의 냉매액을 공기나 물을 접촉시켜 응축 액화시킴
 팽창 밸브 : 고온 고압의 냉매액을 증발기에서 증발하기 쉽도록 하기 위해 저온 저압으로 팽창시키는 역할을 함
 증발기 : 팽창밸브를 지난 저온 저압의 냉매가 실내 공기로부터 열을 흡수하여 증발함으로 냉동이 이루어짐



[그림 2.2-9] 냉동 계통도

- 냉동기는 냉동방식에 따라 압축식과 흡수식으로 구분되며 터보냉동기, 스크류냉동기, 왕복동식냉동기 등 종류가 다양합니다. 냉동기의 성능은 냉동기를 가동하기 위하여 소비되는 에너지의 열량 환산값에 대한 냉동효과를 나타낸 효율인 성능계수(COP, Coefficient of Performance)로 나타내며, 냉동효과는 냉동능력으로서 냉동톤(RT, Ton of Refrigeration)으로 표시됩니다. 1 RT는 0℃의 물 1톤을 24시간 동안 0℃의 얼음으로 만드는 능력을 말하며, 한국과 일본의 경우 약 3,320kcal/h의 열량을 냉각하는 능력이라고 할 수 있다(미국의 경우 1USRT = 3,024 kcal/h).

$$1RT = \frac{1000kg \times 79.7kcal/kg}{24h} = 3,320[kcal/h]$$

- 냉동기의 제원 및 사양은 아래와 같다.
 - ① 제조사 : 캐나다 SMARDT (<http://www.smartd.com>)
 - ② 모델명 : SWA027-1Bj41-4A4AN
 - ③ 용량 : 61RT

④ 주전원 : 3상, 400V, 60Hz

⑤ 냉매 : R-134a

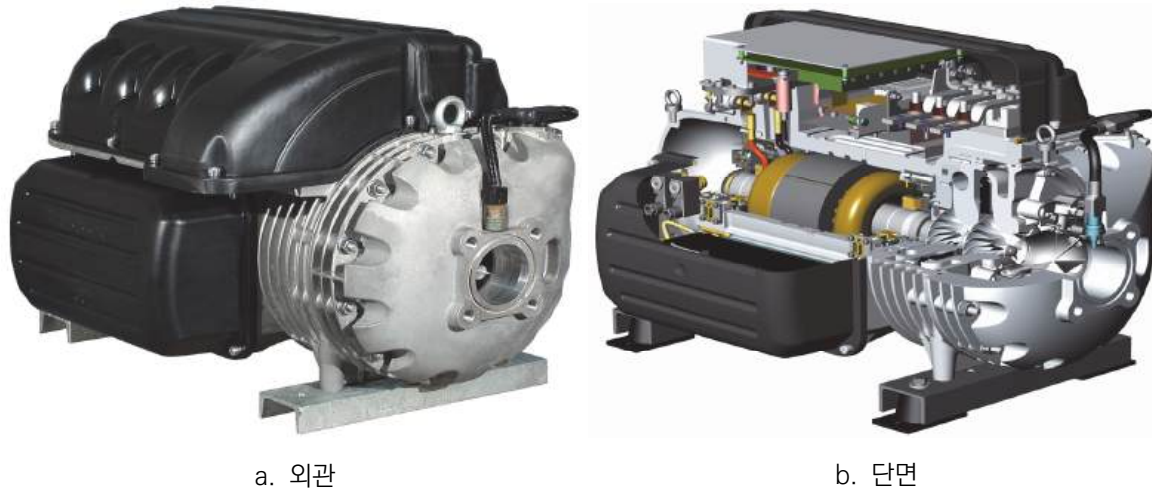
⑥ 구성

- 셸 앤 튜브타입 증발기(shell and tube type evaporator), 셸 앤 튜브타입 응축기, 2단 터빈 원심형 압축기, 압축기 제어기, 고온가스 바이패스 밸브, 냉매수위센서, 전자적인 팽창밸브, 냉매배관, 3중 냉각보호 등과 같은 안전장치 등
- 윤활유가 필요 없는 DTC (Danfoss Turbocor Compressors Inc.)사의 원심형 압축기 고효율, 저소음, 저탄소배출 부분부하 조건에서 높은 효율과 신뢰도

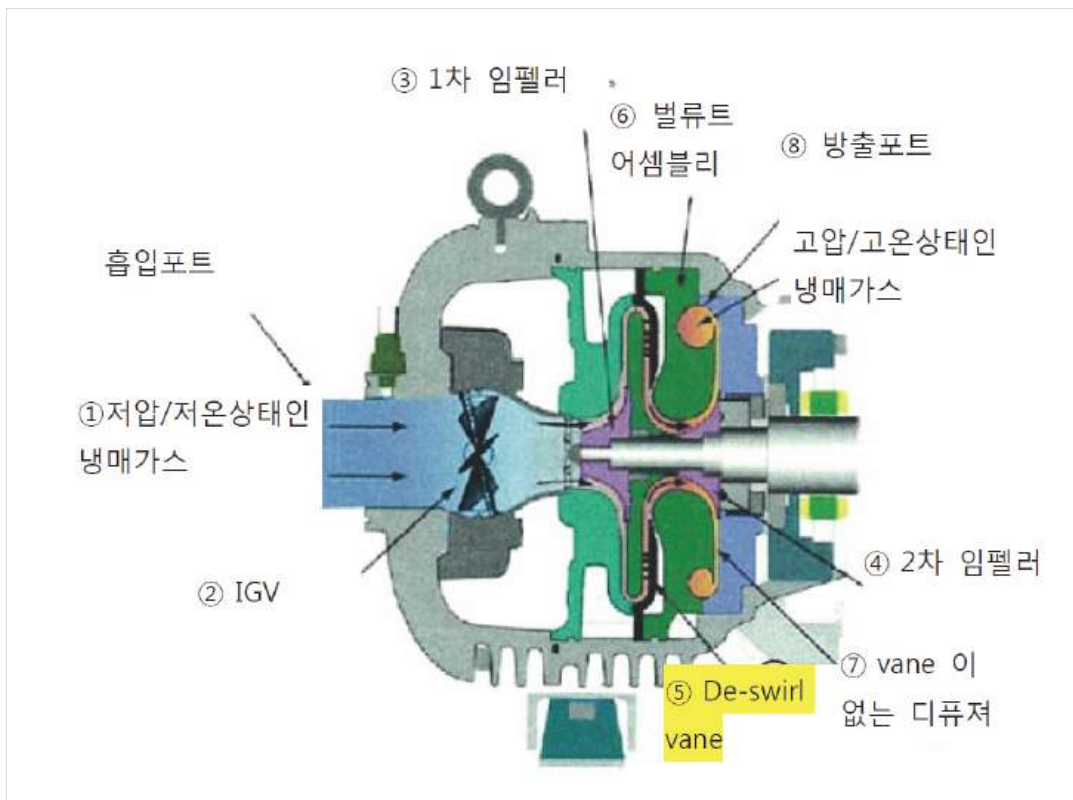


[그림 2.2-13] 서울에너지드림센터 수냉식 터보냉동기

- 자기부상 냉동기의 실체는 2단 터빈 원심형 압축기라고 할 수 있고 일반 압축기는 내부 모터의 회전시 기기 내 마찰로 인하여 소음이 발생되고 회전효율 저하가 발생하며, 이를 막기 위해 윤활유를 주입함으로써 이에 따른 오일 계통 관련 부품이 증가, 기기의 마모, 윤활유의 유출 등 유지관리 상 어려움이 발생한다. 이러한 단점을 보완하기 위하여 압축기 내부 모터의 회전축을 전자기력을 활용해 마그네틱 베어링(magnetic bearing)으로 지탱하는 것이 자기부상 냉동기의 핵심이라고 할 수 있다. 마그네틱 방식의 비접촉식 베어링을 적용하면, 오일 주입이 필요 없어지면서, 소음 저감, 효율 향상, 유지관리비용 절감 등의 효과를 얻을 수 있고 서울에너지드림센터 냉동기에 적용된 터보 변속 자기 베어링 압축기는 [그림 2.2-14]와 같은 외관과 단면을 갖고 있으며, 각 부의 명칭은 [그림 2.2-15]와 같다.



[그림 2.2-14] 2단 터빈 원심형 압축기(자기부상 압축기)



[그림 2.2-15] Turbocor 압축기의 구성

- 서울에너지드림센터가 계획되고 시공되던 2010년의 전후에는 국내에 무급유 터보냉동기가 개발되지 않아 외산 설비를 수입해 설치하였습니다. 그러나 지금은 국내에도 LG전자에서 자기부상형태가 아닌 공기 베어링(Air Bearing)을 사용하여 중량을 낮추고 비용을 절감한 무급유 인버터 터보냉동기 (Oilless Inverter Turbo Chiller)를 독자기술로 개발하여 국내외 공급 중이다.

5) 초순수 제조 장치(Ultra Pure Water System)



[그림 2.2-16] 초순수 제조 장치



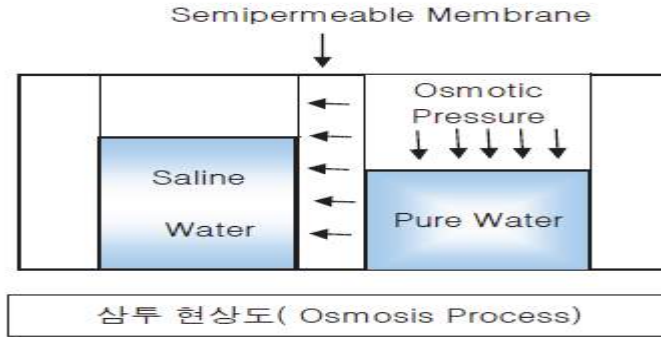
가. 초순수 제조 장치의 사양 및 특징

- ① 제조사 : 한국 Pure & Clean Incorporation (<http://www.pnc-tech.kr>)
- ② 모델명 : UPWS-3000
- ③ 구성 : 자동활성탄장치+마이크로필터(5 μ)+고압펌프+역삼투모듈+탈이온장치
- ④ 기능 및 특징
 - 공조기 내 가습 및 냉각수 공급
 - 역삼투 방식 (R/O 시스템, Reverse Osmosis System) : 각종 불순물이 섞여있는 물에 삼투압 이상의 압력을 가해 물이 반투막인 멤브레인을 통과할 때 미생물, 바이러스, 중금속, 무기물질, 방사선 물질 등 불순물은 걸러주고 순수한 물과 용존산소, 미량의 미네랄만을 통과시켜주는 방식
 - 역삼투 장치의 유체를 반투막(Membrane)에 가압 처리함으로써 유체가 상변화(相變化) 없이 간단히 용존성 이온 물질을 분리
 - 단순치 압력만을 가하여 조작하므로 원리 및 장치가 간단하고 실온에서 조작되어 고온 조작시 발생하는 장치의 부식과 Scale의 문제가 없고, 또한 조작에 필요한 Energy가 다른 탈염 장치에 비해 상당히 적다.
 - 장치가 compact 함으로 설치 면적이 작다.
 - 장치의 주요 재질은 내산성이므로 부식에 강하며, 또한 내구성이 강하고 운전 조작 및 유지 관리가 간편하다.
 - 운전에 필요한 인력이 타 장치에 비해서 적게 소요
 - 통상적으로 24시간 가동 중 3시간 정도 인력 소요
 - 원수의 용존성 이온 물질의 제거율이 높다.
 - R/O 장치는 이온 물질의 분리 장치이므로 미리 부과수 및 농축수를 사용함으로써 원가절감에 기여
 - R/O 장치는 용량 조정이 매우 쉽다.
- ⑤ 효과
 - 반투막을 이용한 용존성 무기염류 (TDS), 유기물질(TOC), 미생물질(Micro Organic Material) 95% 제거, 입자상 물질 99.9% 제거

나. 삼투현상(Osmosis Phenomenon)

- ① 일상 생활에서 흔히 볼 수 있는 현상으로 어떤 용액의 농도가 다른 두 용액 사이에 반투막 (Semipermeable Membrane)을 설치하면 농도가 낮은 쪽에서 농도가 진한 쪽으로 용액이 점차적으로 이동하게 되는 현상을 삼투현상이라고 한다.
- ② 반투막이라 함은 용매(Solvent)는 자유로이 통과 시키지만 용질(Solute)은 통과 시키지 못하는 성질을 지닌 막을 말한다.
- ③ 삼투현상의 예를 든다면 배추를 소금물에 절이면 배추속의 수분은 급격히 소금물 쪽으로 이동하게

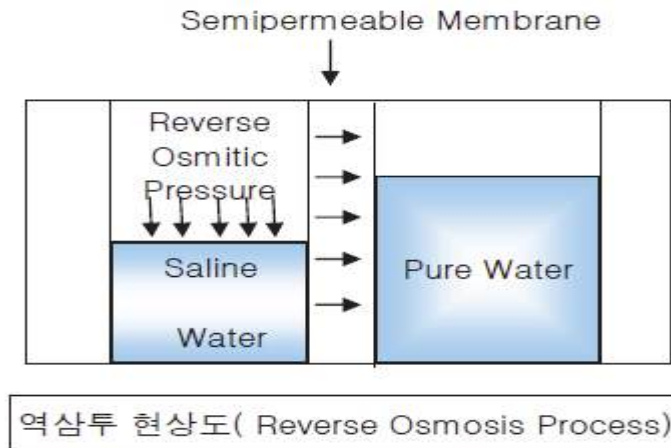
되어 배추의 부피가 감소되면, 이것은 소금물의 농도가 진하기에 배추 속 수분이 삼투현상을 일으켜 급격히 이동하기 때문이다.



[그림 2.2-17] 삼투 현상도

나. 역삼투현상(Reverse Osmosis Phenomenon)

- ① 농도가 다른 두 용액 사이에서 발생하는 용액의 이동 현상은 어느 한계점에 도달하게 되면 양 용액 사이에 평형을 이루게 된다.
- ② 한계점이란 농도가 진한 쪽의 용액과 농도가 낮은 용액 사이에서 더 이상 용매 이동이 없는 상태이며 이것은 삼투현상으로부터 발생된 이동된 용매의 수두압력과 계속적으로 삼투하려는 용액의 압력이 평형을 이루기 때문이며 이 삼투현상에 의해 얻어진 농도가 진한쪽의 수두압력을 삼투압이라고 한다.
- ③ 만일 이 삼투압보다도 더 큰 압력을 농도가 진한 용액에서 가하면, 반투막을 통과하는 용액은 용질이 제외된 순수한 용액의 이동현상이 발생할 것이며 이때의 현상을 역삼투라 한다.
- ④ 이 역삼투는 과학적인 방법으로 특수 제작된 반투막을 이용한 상태에서 나타나는 삼투현상보다 더 큰 압력을 인위적으로 농도가 높은 용액에 가하여 삼투현상의 반대방향으로 용액의 흐름을 유도하는 기술적 장치이며, 이 장치를 역삼투장치(Reverse Osmosis System)이라 한다.
- ⑤ 참고적으로 바닷물의 경우, 삼투압은 375 PSIG, 담수의 경우에는 5 ~ 30 PSIG로 추정

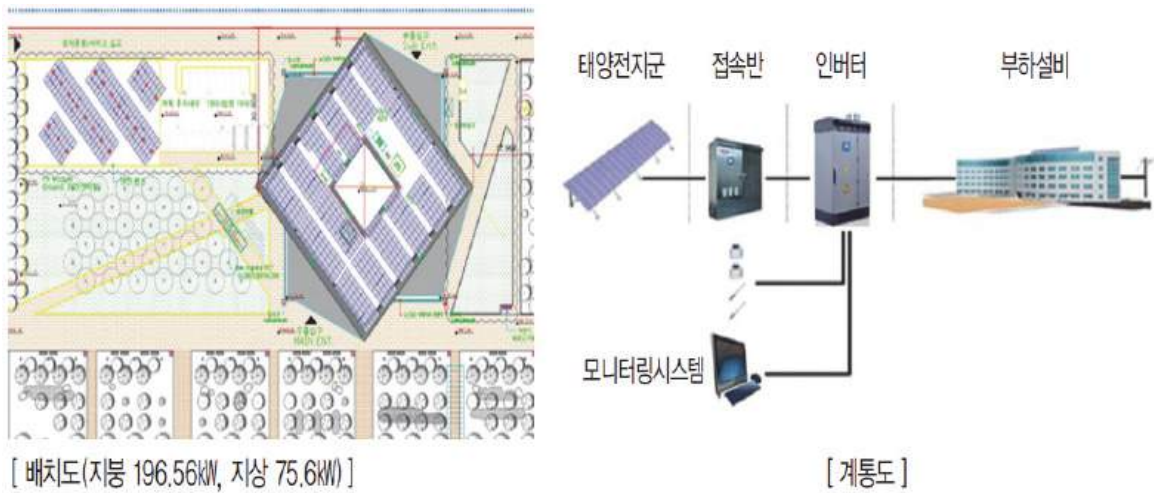


[그림 2.2-18] 역삼투 현상도

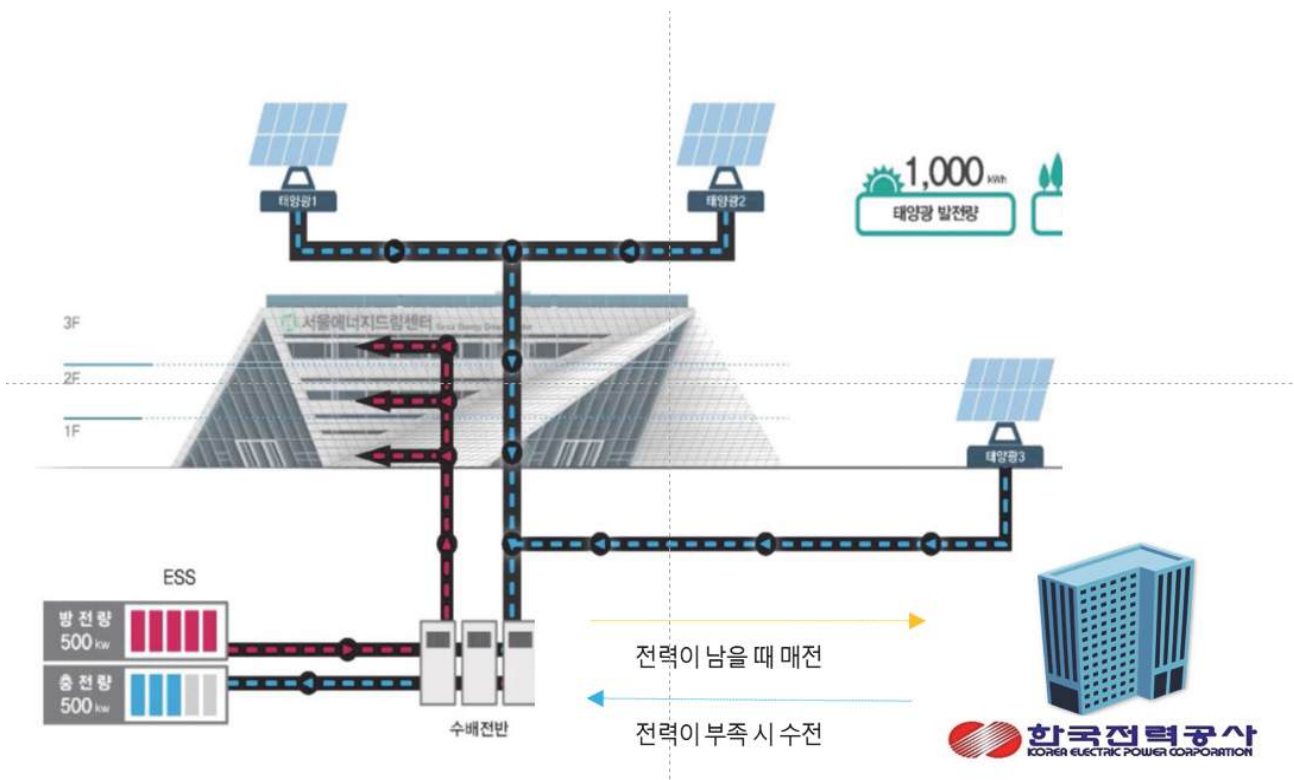
2.3 신재생에너지 개요 및 사양

1) 태양광 발전 시스템

- ① 설치 소요면적 : 1,063 m² (1.23 m² / 1매)
- ② 형식 : 고정형 어레이, 중규모, 평판형 태양전지모듈

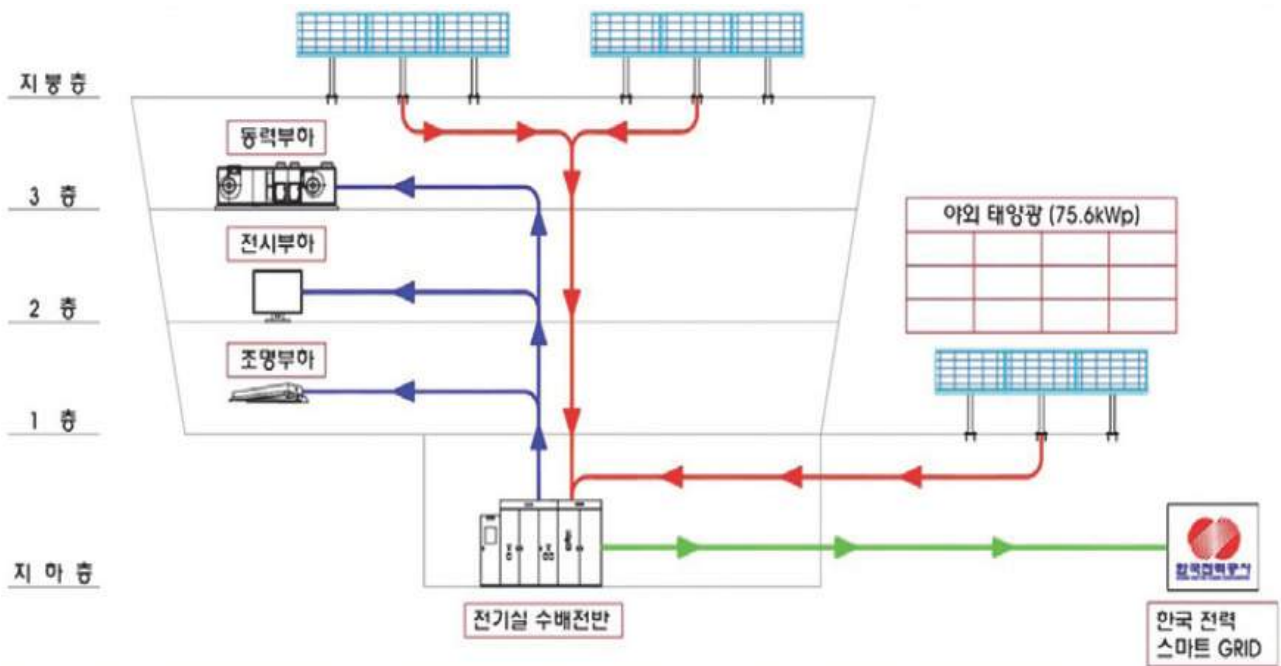


[그림 2.3-1] 서울에너지드림센터 태양광시스템 배치도 및 계통도



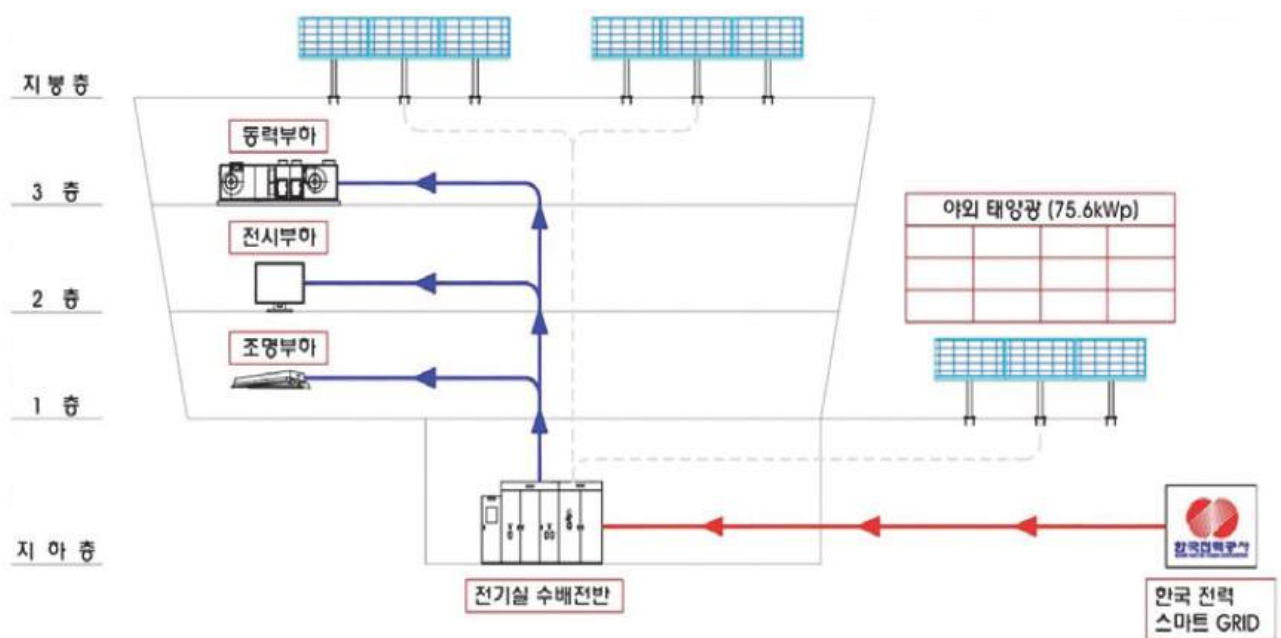
[그림 2.3-2] 서울에너지드림센터 전력 흐름도

- [그림 2.3-2]는 에너지 자립형 제로에너지건축물을 지향하고 있는 서울에너지드림센터에서 운용중인 Hybrid ESS + PV의 BEMS구성화면을 통한 전력 흐름도를 나타낸다.
- 태양광발전 전력생산이 원활한 경우 서울에너지드림센터에서 필요한 소비전력을 모두 충당하고 잉여전력을 한전에 역 송전해 준다.



[그림 2.3-3] 서울에너지드림센터 전력 흐름도(송전)

- 태양광발전 전력생산이 원활하지 못 할 경우 부족한 전력을 한전에서 수전한다.



[그림 2.3-4] 서울에너지드림센터 전력 흐름도(수전)



본 시스템은 크게 두 부분으로 구성이 되어 있다.

가. 태양전지모듈 총량 : 272kW (315Wp×864매) (SUNPOWER 19.37[%])

- ① 제조사 : Sunpower (<http://www.sunpower.com>) / USA
- ② 모델명 : SRE-315E-WHT-K
 - 315W / m² at peak (Daily 1.26kWh / m² = 4.536MJ / m²)
- ③ 사양 : 첨부1. Sunpower 315 태양광 패널

나. 인버터 : 계통연계형, 100kW x 3대 (SMA, 독일)

- ① 제조사 : SMA Solar Technology AG (<https://www.sma.de>)
- ② 모델명 : Sunny Central 100 Outdoor / Indoor
- ③ 사양 : 첨부2. SMA Sunny Central 100 Outdoor / Indoor Inverter

부1. Sunpower 315 태양광 패널(1/2)

SUNPOWER™

E19 / 315 SOLAR PANEL


최고 효율과 성능

최고 효율
SunPower 태양광모듈은 현재 상업용 태양광 모듈로 가장 효율이 높습니다.

더 많은 에너지 출력
SunPower 태양광모듈은 단위 면적당 기존의 일반 모듈보다 50%, 그리고 박막 태양전지 모듈보다 100%까지 높은 에너지를 생산합니다.

설치 비용 절감
모듈 당 더 많은 에너지 출력은 설치할 모듈의 수가 적어짐을 의미하며 그것이 바로 시간과 비용의 절감으로 이어집니다.

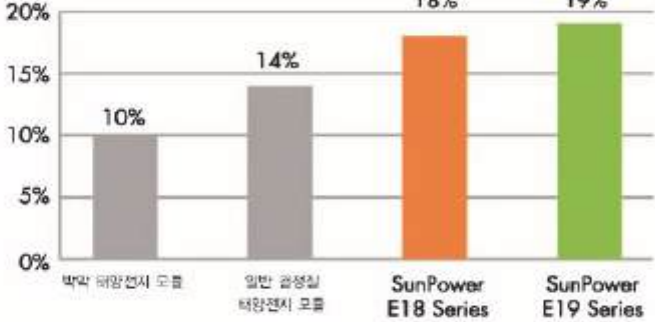
견고하고 신뢰할 수 있는 설계
검증된 자재들, 가공 처리된 전면유리와 도금된 프레임으로 여러 가지 유형의 설치에도 잘 운용됩니다.




E19
SERIES

SunPower™ 315 태양광모듈은 현재 가장 높은 효율과 성능을 자랑합니다. 후면전극 태양전지 96개를 사용하는 SunPower 315 태양광모듈의 전체 전환 효율은 19.3%입니다. SunPower 315 태양광모듈의 낮은 전압 온도 계수와 반사 방지 유리, 뛰어난 저조도 특성은 와트 당 현저하게 뛰어난 최대 전력을 제공합니다.





SunPower's High Efficiency Advantage



태양광 모듈 유형	전환 효율 (%)
박막 태양전지 모듈	10%
일반 고품질 태양전지 모듈	14%
SunPower E18 Series	18%
SunPower E19 Series	19%



SPR-315E-WHT-K


첨부1. Sunpower 315 태양광 패널(2/2)

SUNPOWER

E19 / 315 SOLAR PANEL

최고 효율과 성능

전기적 제품 사양 I

표준 시험 조건 STC: 1000W/m²의 일사량, AM1.5G, 셀 온도 25°C

공칭 출력 (+5/-3%)	P _{nom}	315 W
효율	η	19.3%
장기 전압	V _{mpp}	54.7 V
장기 전류	I _{mpp}	5.76 A
개방 전압	V _{oc}	64.6 V
단락 전류	I _{sc}	6.14 A
최대 출력 전압	IEC	1000 V
온도 계수	Power	-0.38% / K
	Voltage (V _{oc})	-176.6mV / K
	Current (I _{sc})	3.5mA / K
공칭 내장전지 동작 온도(NCCT)		45° C +/-2° C
직렬 용즈 정격		15 A
역전류 제한(3-string)	I _r	15.3 A

I-V Curve

Current/voltage characteristics with dependence on irradiance and module temperature.

전기적 제품 사양 II

공칭 내장전지 동작 온도(NCCT): 600W/m²의 일사량, 대기압(AM) 1.5G

공칭 최대 출력	P _{nom}	231 W
장기 전압	V _{mpp}	50.1 V
장기 전류	I _{mpp}	4.62 A
개방 전압	V _{oc}	60.5 V
단락 전류	I _{sc}	4.97 A

시험 운영 조건

온도	-40°C 에서 +85°C까지
최대하중	풍하중 - 앞 뒤 각각 245kg / m ² (2400 Pa)
충격 저항 강도	23 m/s 속도에서 25mm 무작위충돌

보증과 인증

보증	25년 출력 보증
	10년 제품 보증
인증	IEC 61215 Ed. 2, IEC 61730 (SC1)

기계적 제품 사양

타입전지	SunPower 단결정 후면전극 태양전지 66개	출력 커넥터	1000mm 길이/MC 4 커넥터
압박 유리	반사방지ASA를 코팅의 고전도 열 가공 유리	4개입	알루미늄 표면 처리를 6063 합금(공정: 고정된)
단자형	3개 B형패스 다이오드 IP-65등급	무게	18.8kg
	32 x 155 x 128 (mm)		

면적

주의: 제품 사용 전, 안전과 설치 안내 사항을 숙지하시기 바랍니다.
 자세한 내용은 www.sunpowercorp.kr 을 참조하십시오.

SUNPOWER 및 SUNPOWER 로고 SunPower의 상표 또는 등록상표입니다.
 © September 2010 SunPower Corporation. SunPower는 모든 권리 보유입니다. 이 제품/서비스에 포함된 사양은 변경 없이 변경될 수 있습니다.

www.sunpowercorp.kr
 연락처: #001-5389590-11 / 44,47



첨부2. SMA Sunny Central 100 Outdoor / Indoor Inverter (1/2)



기술 자료

유연성

- -20 °C ~ +50 °C 로 확장된 온도 범위
- 컴팩트한 크기, 간소화된 설치

경제성

- 혁신적인 변압기 기술을 바탕으로 97.6 % 까지 향상된 최대 효율과 97.0 % 의 유로 효율

안전성

- 일체형 데이터 로거에 의한 시스템 감시와 분석
- 원격 접속에 의한 간편한 원격 감시 가능

선택사양

- 스트링별 전류 감시
- EVR을 사용하여 입력 전압 범위를 최대 1,000 V 까지 확장 가능
- 집사가 필요한 모듈과의 뛰어난 호환성 (SunPower, Thin Film Module)
- HE 타입으로도 구매 가능

입력 데이터
 최대 입력 전력 (P_{in})
 MPPT 전압 범위 (V_{DC})
 최대 MPPT 전압 (V_{MPPT,max})
 최대 입력 전압 (V_{DC,max})
 최대 입력 전압 (V_{DC,EVR})
 최대 입력 전류 (I_{DC,max})
 전압 리플 (V_{ripple})
 DC 입력단 지수 (류즈 없음)
 DC 연결 방식
 설치 오류 감시 가능

출력 데이터
 정격 출력 전력 (P_{AC,nom})
 정격 출력 전류 (I_{AC,nom})
 전원 전류의 왜곡률
 정격 계층 전압 (V_{AC,nom})
 정격 계층 주파수 (f_{AC})
 역률 (cos φ)
 AC측 전계 차단기

효율 (IEC 61683)
 최대 효율
 유로 효율

외형
 외형 규격 (EN 60529)
 냉각 방식
 동작 허용 온도
 습도

인버터 크기 및 무게
 무게
 가로 / 세로 / 높이 (mm)

Sunny Central 100 Outdoor/HE**

110 kWp
 450 V - 820 V
 820 V
 900 V
 1000 V (선택 사양)
 235 A
 < 3 %
 3
 Bus Bar 3 x M12
 있음 (선택 사양)

100 kW*
 145 A / 193 A**
 < 3 % 정격 출력시
 380 V / 300 V*
 50 Hz / 60 Hz
 ≥ 0.99 정격 출력시
 선택 사양 /
 회로 차단기**

97.6 % / 98.5 %**
 97 % / 98.3 %**
 (500V_{DC} 예시)

IP54 / IP44
 OptCool
 -20 °C ~ +50 °C
 15 % ~ 95 %

925 kg / 505 kg*
 1280 / 1825 / 830

Sunny Central 100 Indoor/HE**

110 kWp
 450 V - 820 V
 820 V
 900 V
 1000 V (선택 사양)
 235 A
 < 3 %
 3
 Bus Bar 3 x M12
 있음 (선택 사양)

100 kW*
 145 A / 193 A**
 < 3 % 정격 출력시
 380 V / 300 V*
 50 Hz / 60 Hz
 ≥ 0.99 정격 출력시
 선택 사양 /
 회로 차단기**

97.6 % / 98.5 %**
 97 % / 98.3 %**
 (500V_{DC} 예시)

IP21
 OptCool
 -20 °C ~ +50 °C
 15 % ~ 95 %

925 kg / 505 kg*
 1280 / 1825 / 830

* +40 °C 의 최대 외기 온도에서 정격 출력 후의 외기 온도가 +50 °C 일 때 2시간 동안 정격 출력 유지

** 예: 고조파 전압에 대응한 인버터에 전용 16kV 차단기 및 전압기 모듈 (3000V) 사용 가능

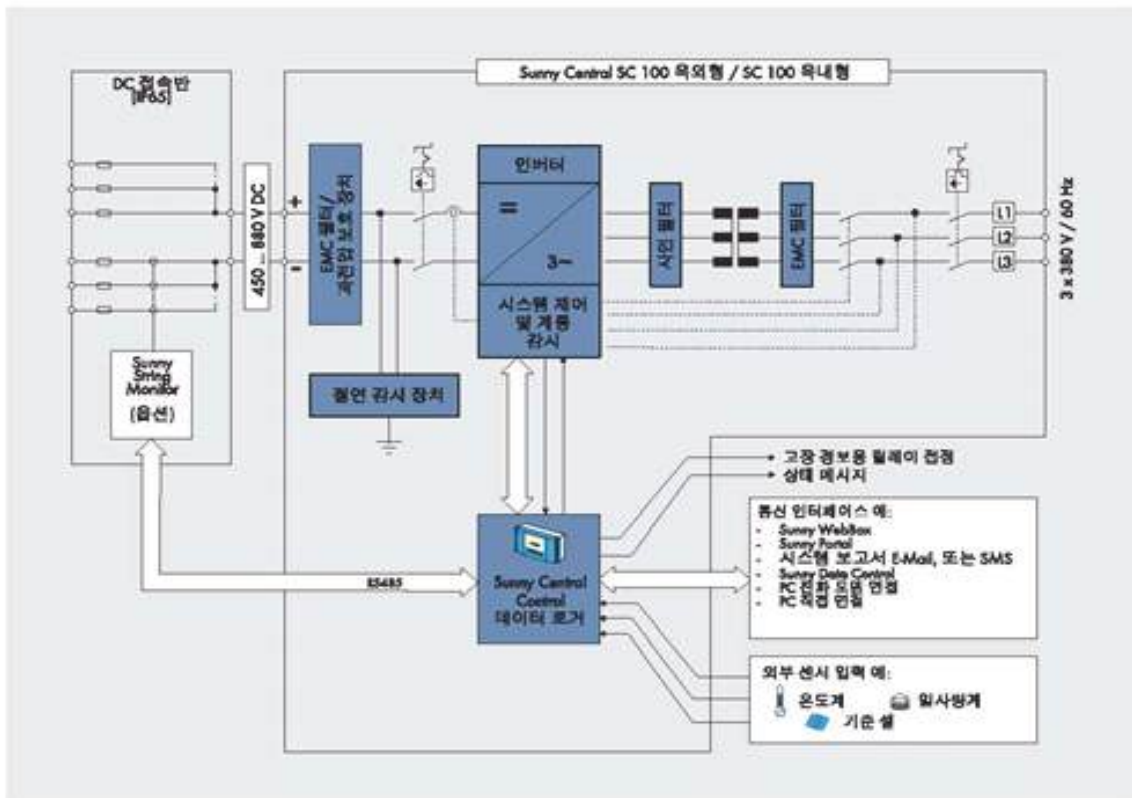
첨부2. SMA Sunny Central 100 Outdoor / Indoor Inverter (2/2)

SUNNY CENTRAL 100 Outdoor / 100 Indoor



강력하면서도 효율적인 장치

대형적인 가격에 집약된 파워: Sunny Central 100 Outdoor는 실외 설치를 위한 최적의 솔루션입니다. 외장형 외형과 확장된 온도 범위에 따라 본 제품은 실외에서 - 또한 열악한 환경 조건에서도 - 신뢰할 수 있는 운전을 위한 최고의 제품으로 선정되었습니다. 따라서 외장형 SC100 제품을 적용하여 이익을 극대화하실 수 있습니다. SC100 옥외형은 설치 비용 감소를 위해 설치 면적을 최소화하였고 고효율 효율 (97.6%)로 동급 최강의 선풍형 인버터를 입증하였습니다.

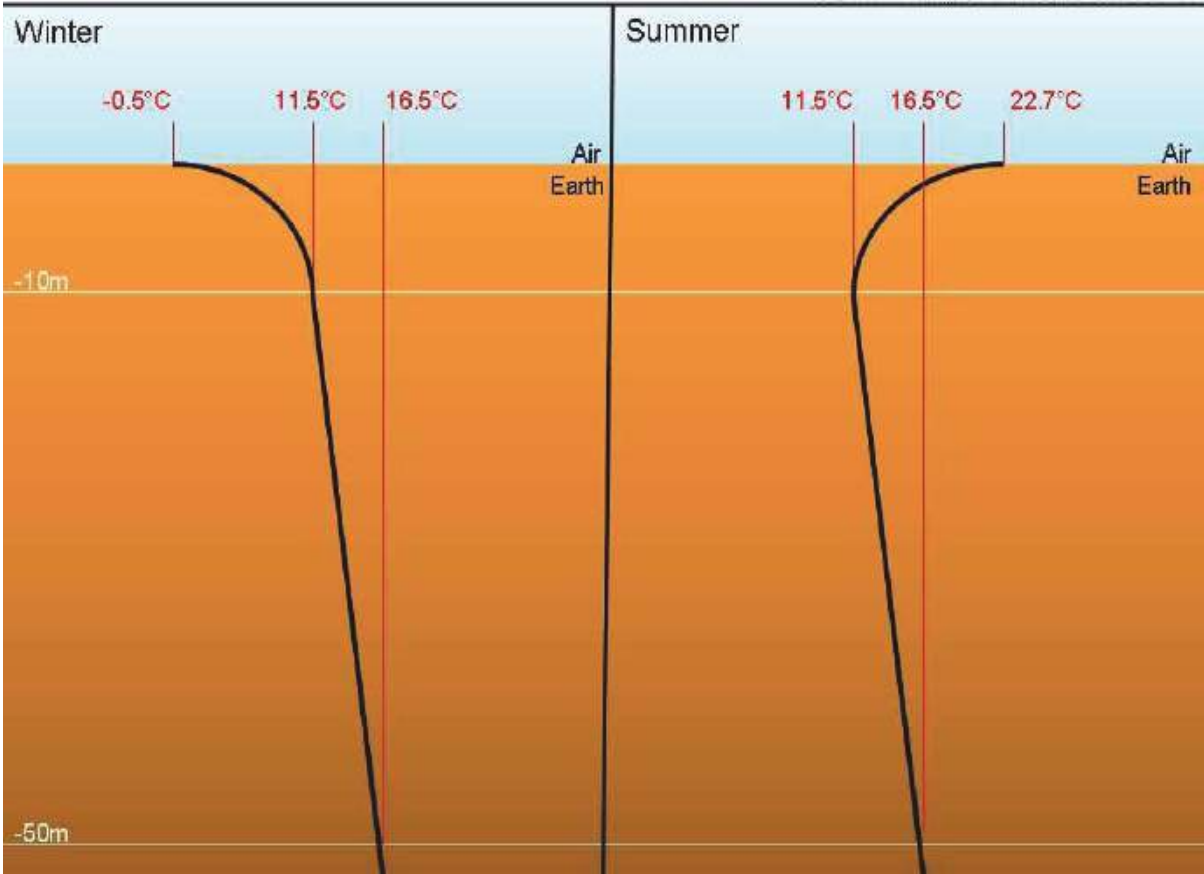


2) 지열시스템(Geothermal System)

- 서울에너지드림센터의 냉난방은 지열시스템을 기본으로 한다. 겨울철에는 지중 열교환기를 통해 외기보다 높은 6℃ 온도의 지열수를 뽑아 올린 뒤 히트펌프(Heat Pump)를 이용하여 지열수로부터 열을 추출하여 온수를 만들고, 여름철에는 외기보다 낮은 17℃의 지열수를 뽑아 올린 뒤 이를 직접 열교환하여 냉수를 만든다. 이렇게 만들어진 온수와 냉수는 그 용도에 따라 5개의 단열 처리된 수조에 보관을 하는데 서울에너지드림센터는 이 수조를 버퍼탱크라고 하며, 5개 중 3개의 버퍼탱크에는 난방과 급탕을 위해서 온수, 2개의 버퍼탱크에는 냉방을 위한 냉수가 저장된다.

Natural Soil Temperatures

Annual Average Air Temperature : 11.5℃
 Winter Average Air Temperature : -0.5℃
 Summer Average Air Temperature : 22.7℃

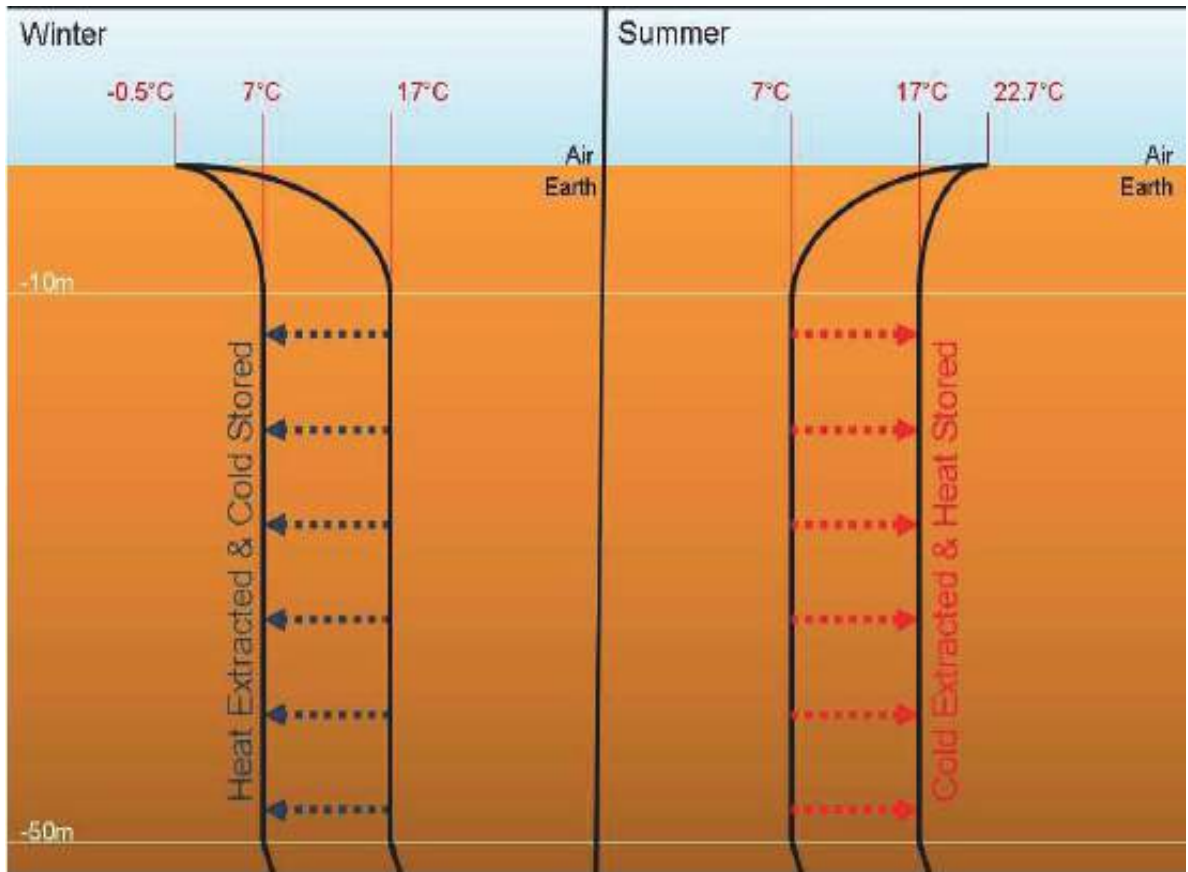


- 자연에너지를 활용하는 신재생에너지의 경우, 때에 따라 원하는 만큼의 에너지를 사용하기 어려울 때가 발생한다. 따라서 신재생에너지를 이용한 시스템을 적용 할 경우 원활한 운영을 위해 보조장치를 갖추게 되는 데 서울에너지드림센터에는 냉열원장치인 자기부상식 터보냉동기만이 추가로 설치되어 있다. 이는 서울에너지드림센터가 전시장이기 때문에 방문객수를 정확히 예측하거나 제한하기 어렵다는 특성이 반영된 것이다.



Soil Temperatures with Geothermal System

Annual Average Air Temperature : 11.5℃
 Winter Average Air Temperature : -0.5℃
 Summer Average Air Temperature : 22.7℃

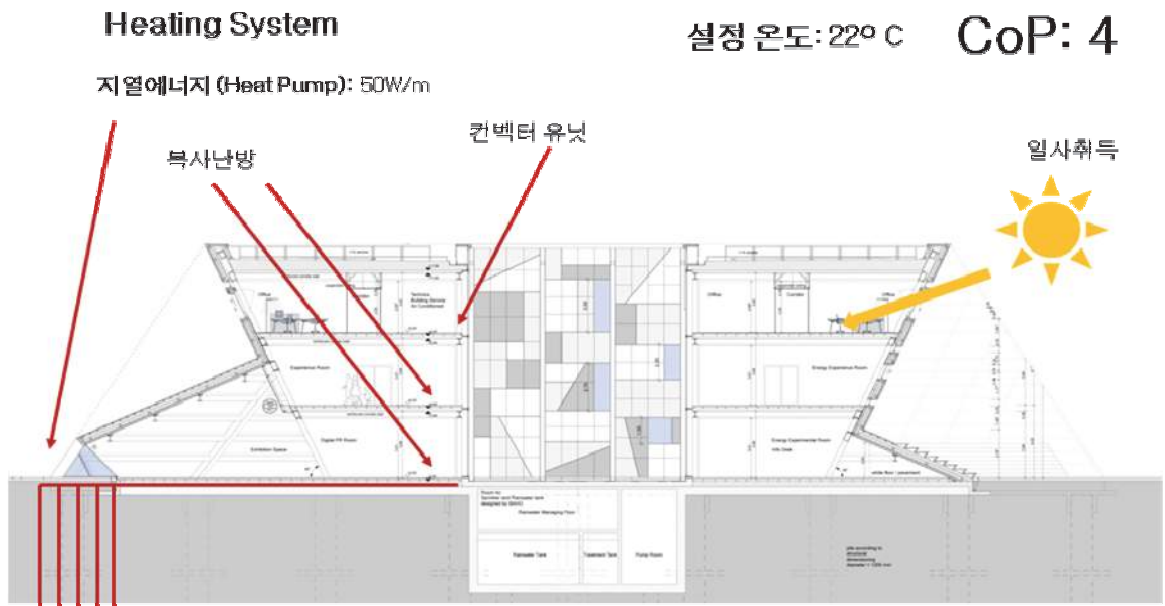


- 방문객이 증가할 경우 여름철에는 냉방부하가 증가하는 반면, 겨울철에는 오히려 난방부하가 감소하기 때문에 별도의 온열원설비는 필요가 없다는 판단 아래 냉열 원설비만이 추가된 것이라 할 수 있다.
- 서울에너지드림센터의 냉난방은 크게 3개의 시스템에 의해 이루어진다. 전시장이 있는 1층과 2층은 바닥 복사 냉난방이라고 해서 여러분의 집에 있는 온돌과 같은 구조의 바닥배관에 난방시는 35℃의 온수, 냉방시는 16℃의 냉수를 공급하여 냉난방을 하게 된다.
- 사무공간과 체험실, 다목적실이 있는 3층은 책상을 자유롭게 배치하거나 공간을 다양하게 이용할 수 있도록 바닥 내 배선이 가능한 뜬바닥 구조(OA floor)를 갖고 있어서 전시장과 같은 바닥 복사 냉난방시스템을 적용할 수 없다. 이에 따라 외부로부터 열유입 또는 열손실이 발생하는 창 주변에 컨벡터(Convector)가 설치되어 있다. 컨벡터는 냉각코일 또는 가열코일로 공기의 온도를 조절하여 실(室)로 차갑거나 따뜻한 공기를 fan에 의해 공급해 주는 장치이다.



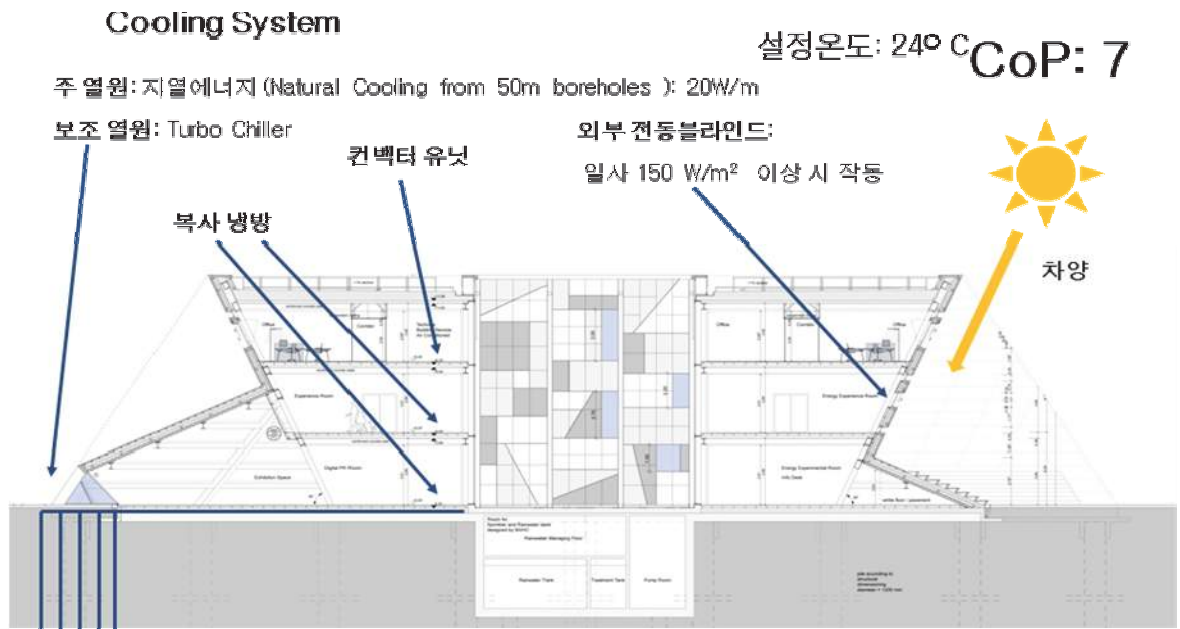
가. 구성도

① 에너지 절감을 위해 난방을 위한 열 에너지는 지중으로부터 추출하며 히트펌프(Heat Pump)를 통해 온수를 난방, 급탕 및 가습에 사용한다. 이렇게 사용되는 온수는 1, 2층의 바닥 복사난방 뿐 아니라 3층의 팬 컨벡터에 공급되어 실내온도를 영상 22℃까지 달성합니다. 지열 난방 시스템은 최대 50W/m의 용량을 가지고 있다. Heating 시즌 초반에는 영상 17℃가 예상되는 반면에 Heating 시간 시즌 동안 지열 천공 주위의 지중온도는 영상 7℃까지 내려갈 것으로 예상하고 전체 난방 시스템의 연간성능계수(COP) 4를 달성할 수 있게 설계가 되었으며, 이 목표치는 특히 히트펌프와 보조펌프 등 최적화된 시스템 설계에 의해서만 얻을 수 있다.



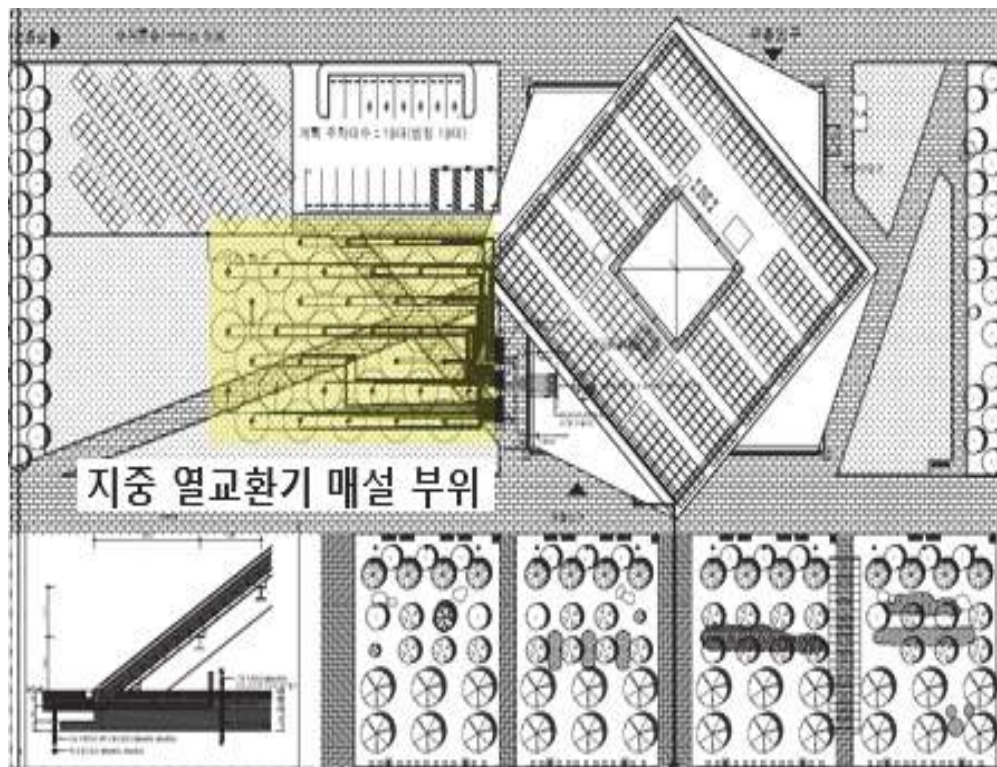
[그림 2.3-5] 난방 시스템(Heating System)

② 냉방을 위한 열 에너지는 지중에서 직접 14 ~ 16℃의 지열수를 열 교환기를 통하여 건물의 냉방에 직접 공급(Natural Cooling System)하는 식으로 지열천공의 브라인 온도를 복사냉방과 팬 컨벡터에 사용되는 물의 온도로 전달하며 시스템의 용량은 최대 20W/m인 반면 효율성은 매우 높다. 참고로 전체 지열 냉방 시스템의 SPF (Seasonal Performance Factor ; 계절별 성능계수)는 7 이다. Cooling 시즌에는 초반 7℃가 예상되는 반면에 Cooling 시즌 동안 지열 천공 주위의 지중온도는 17℃로 올라갈 것으로 예상 하고 전체 냉방 시스템의 연간성능계수(COP) 7을 달성할 수 있도록 설계가 되었다. 지중온도가 17℃ 이상이 되는 경우에는 Turbo Chiller로 버퍼탱크(16℃)에 냉열원을 공급하여 건물의 부족한 냉방을 충당한다.



[그림 2.3-6] 냉방 시스템(Cooling System)

③ 냉난방 운전 시 항시 일정한 지열원의 공급으로 에너지 소비의 최소화

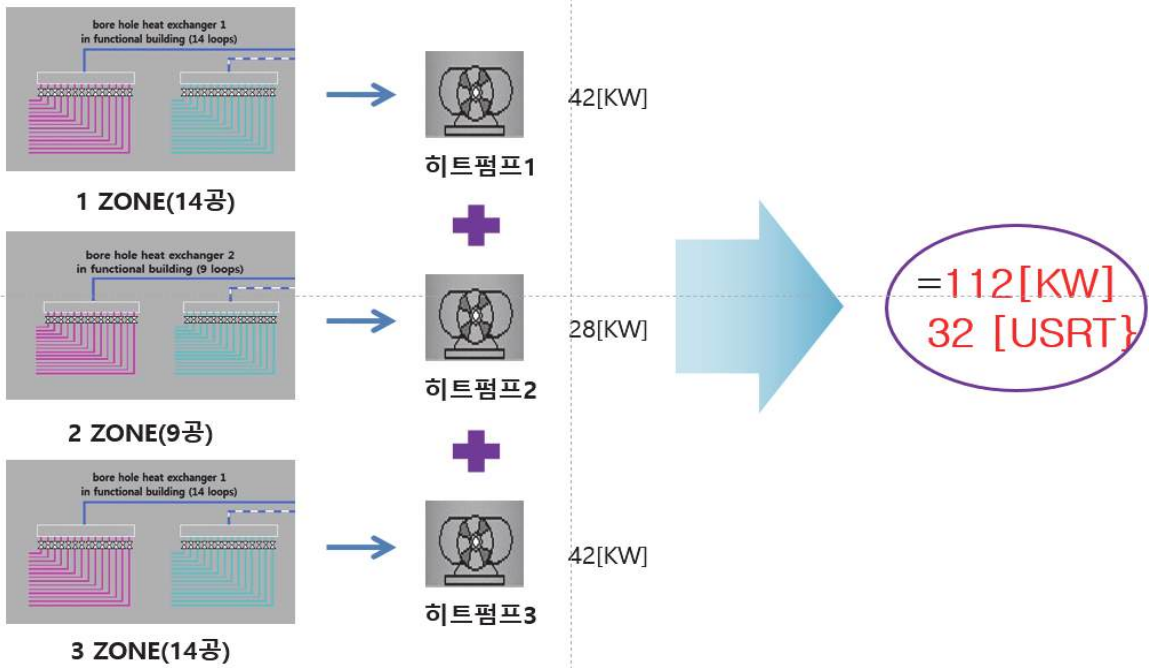


[그림 2.3-7] 지중 열교환기 매설 부위

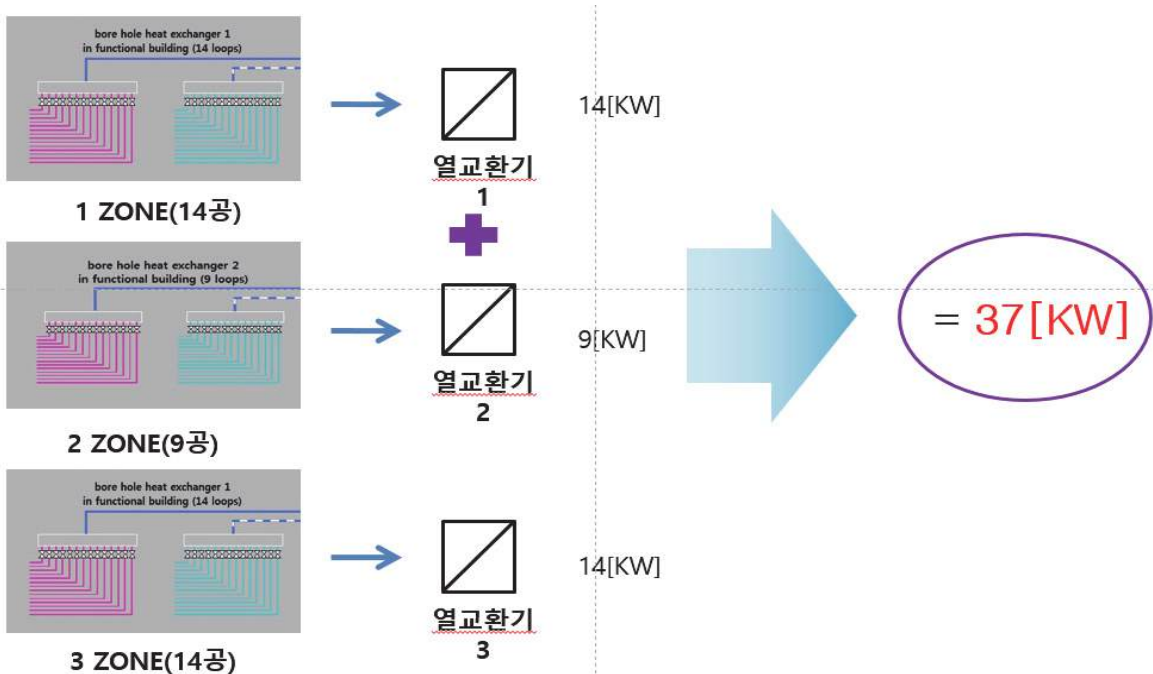


나. 설치규모

- ① 설비용량 : 112kW (수직 밀폐형식)
- ② 천공수량 : 37공 (천공깊이 50.2m)
 - 난방시 14공(1~3층 난방), 14공(공조기), 9공(급탕)으로 용도에 따라 3개의 계통으로 분리 운영



- 냉방시 37공(1~3층 냉방, 공조기)으로 계통 통합하여 운영





다. 시스템의 규격

- ① 형식(Type) : 밀폐 스크롤 히트 펌프(Hermetic Scroll Heat Pump)
- ② 성능(Performance) : 냉, 난방능력(사양서 참조)
- ③ 냉매(Refrigerant) : R-407C
- ④ 주전원 : 3상, 380V, 60Hz
- ⑤ 조작전원 : 단상, 220V, 60Hz
- ⑥ 구성 : 42kW x 2 (난방, 공조용), 28kW x 1 (급탕용) 총 3대

라. 구성품의 규격

- 지열용 Scroll Heat Pump SY-GHP30W는 크게 세 부분과 기타 구성품으로 구성이 되어 있다.

① 압축기(Compressor)

- 형식 : 밀폐 스크롤 압축기(Hermetic Scroll Compressor)
- 제조사 : 미국 Emerson Copeland (<https://climate.emerson.com>)
- 냉매 : R-407C
- 모터전원 : 3상, 380V, 60Hz
- 모터 기동방식 : 직입기동

② 냉, 난방 열교환기(Cooling, Heating Heat Exchanger)

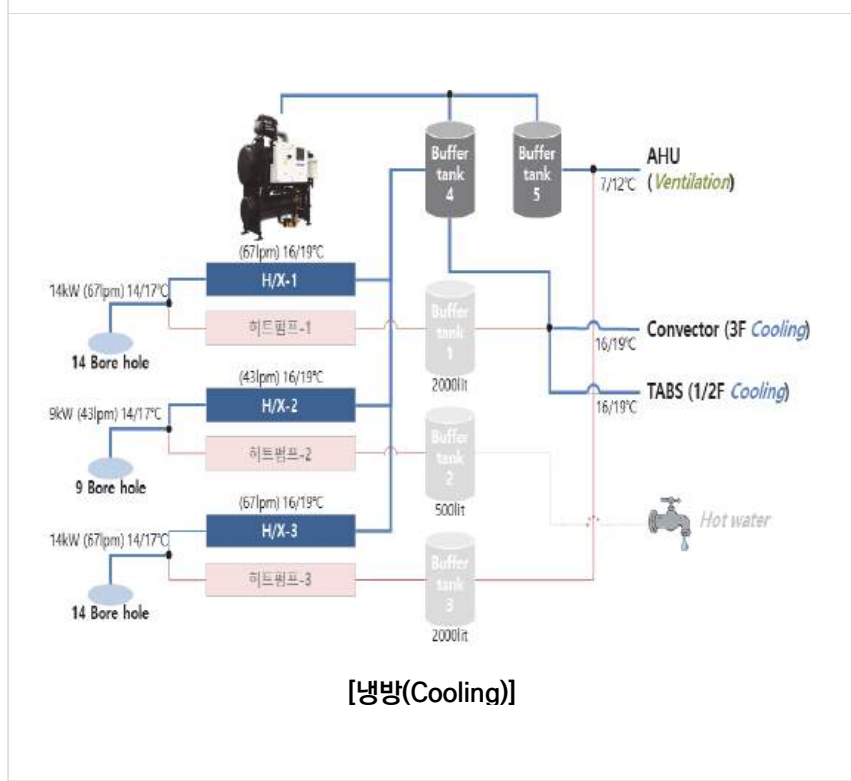
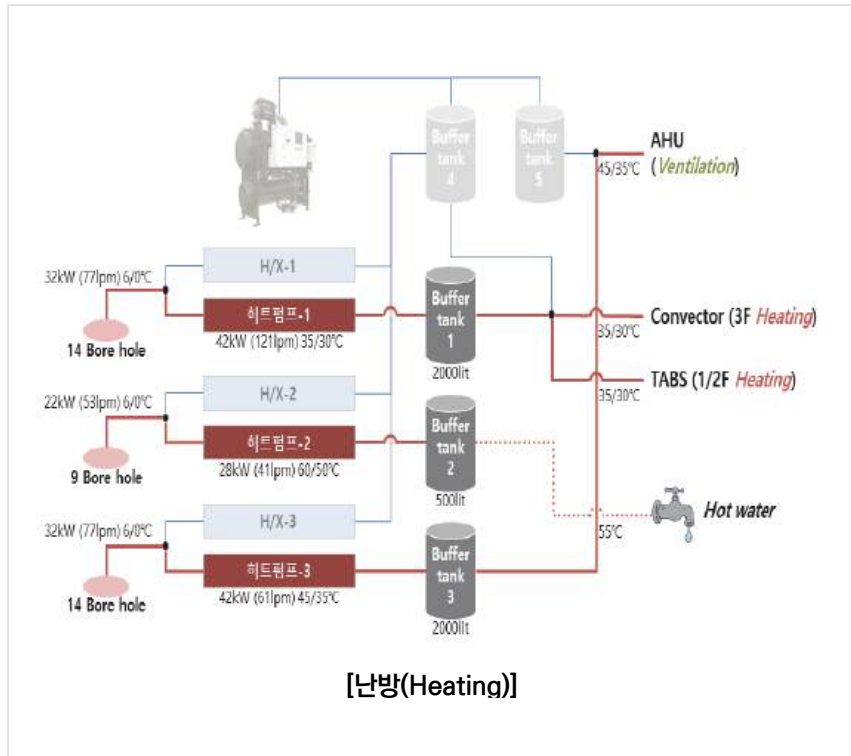
- 형식 : Plate (Brazing)
- 제조사 : 미국 SWEP (<https://www.swep.net>)
- 재질 : STS 316
- 단열 : 난연성 고무발포 보온재 20 mm

③ 지중 열교환기(Ground-coupled Heat Exchanger)

- 형식 : Plate (Brazing)
- 제조사 : 미국 SWEP (<https://www.swep.net>)
- 재질 : STS 316
- 단열 : 난연성 고무발포 보온재 20 mm
- 자원
 - 길이 100.4m, 관경 30 mm
 - 입출구 평균 온도차 : 약 2℃ (준공 전 지중열전도도 시험시 4.1℃)

④ 기타

- 각종 압력용기 : 유 분리기, 수액기, 액 분리기
- 각종 부품류 및 재료 기재
 - 4방밸브(4-Way Valve), 냉매부품 및 배관, 냉각, 냉수배관, 자동제어반



[그림 2.3-8] 지열시스템 구성도



라. 사양(Specification)

SAM YOUNG GEOTHERMAL HEAT PUMP

SPECIFICATION SHEET			
T Y P E		SCROLL HEAT PUMP UNIT	
M O D E L		SY-GHP30W	
COOLING CAPACITY		kW	85.2 (73304 kcal/h)
			E.T : 2 ℃ , C.T : 40 ℃
HEATING CAPACITY		kW	101 (86822 kcal/h)
			E.T : 2 ℃ , C.T : 55 ℃
CONSUMPTION POWER (A/C MODE / HP MODE)		kW	24.8 / 30.8
PERFORMA -NCE FACTOR	EER (A/C)	W/W	4.17
	COP (HP)	W/W	3.48
COMPRES- SOR	TYPE		SCROLL COMPRESSOR
	MODEL		ZR380KCE - TW7
	DISPLACEMENT	m ³ /h	87.5
	NORMAL kW	kW	23.6 (30 HP)
	기 동 방 식		꺾입기동
HEAT EXCHANGER (For ROOM)	TYPE		PLATE HEAT EXCHANGER
	MODEL		V200H-120
	TEMP (IN/OUT)	℃	A/C : 12 / 7 , HP : 45 / 50
	FLOW	L/min	A/C : 296.7 , HP : 348.9
	PIPE CONNECT		50 A
HEAT EXCHANGER (For GEO- THERMAL)	TYPE		PLATE HEAT EXCHANGER
	MODEL		V200H-120
	TEMP (IN/OUT)	℃	A/C : 30 / 35 , HP : 10 / 5
	FLOW	L/min	A/C : 428 , HP : 285
	PIPE CONNECT		50 A
REFRIGERANT	TYPE		R - 407C
	EXPANSION VALVE		TEV (온도식 팽창밸브)
POWER SOURCE	MAIN		AC 3φ 380V 60Hz
	CONTROL		AC 1φ 220V 60Hz
안전장치 및 보호장치			SIGHT GLASS, FILTER DRYER, SOLENOID VALVE, OIL SEPARATOR, ACCUMULATOR, RECEIVER, CHECK VALVE, 4-WAY VALVE, HIGH & LOW PRESSURE SWITCH
SIZE			L1400 x W900 x H1300
WEIGHT		kg	650

서울에너지드림센터
제로에너지건축물
최적화 운영 현황
보고서 (2018 ~ 2019)



서울에너지드림센터 전력 운영 현황

03

- 3.1 연간 전력 운영 현황
- 3.2 계절별 전력 운영 현황



03 서울에너지드림센터 전력 운영 현황



- SCADA시스템에 의해서 30초 간격으로 모니터링 되어지는 데이터를 일별로 저장된 데이터를 1시간 간격으로 변환하여 데이터 분석을 수행
- 누락된 데이터의 경우, 데이터값을 1시간 간격으로 균등하게 보간 및 보정하여 데이터 처리
- 연간 전력 운영 현황은 태양광 발전,한전 송수전 데이터를 분석하였으며, 건물 내 시스템별 에너지소비 데이터 분석을 위해서 전력량계(WHM) 파일을 이용
- 연간 전력 운영에 관한 데이터는 계측된 값을 중심으로 분석하였으며, 월별 시간별 데이터의 경우에는 특정 상황에 따른 변수에 대한 것을 고려하여 상하의 10% 값을 제외한 중간값을 이용하여 분석

3.1 연간 전력 운영 현황

1) 발전

가. 2018년 연간 태양광 발전량은 364,608kWh로 나타났으며, 전년대비 5.9%정도 증가했으며 월별 태양광 발전량은 하단의 표와 그림과 같음

① 2018년 연중 6월의 태양광 발전량이 38,995kWh로 가장 많은 것으로 나타남

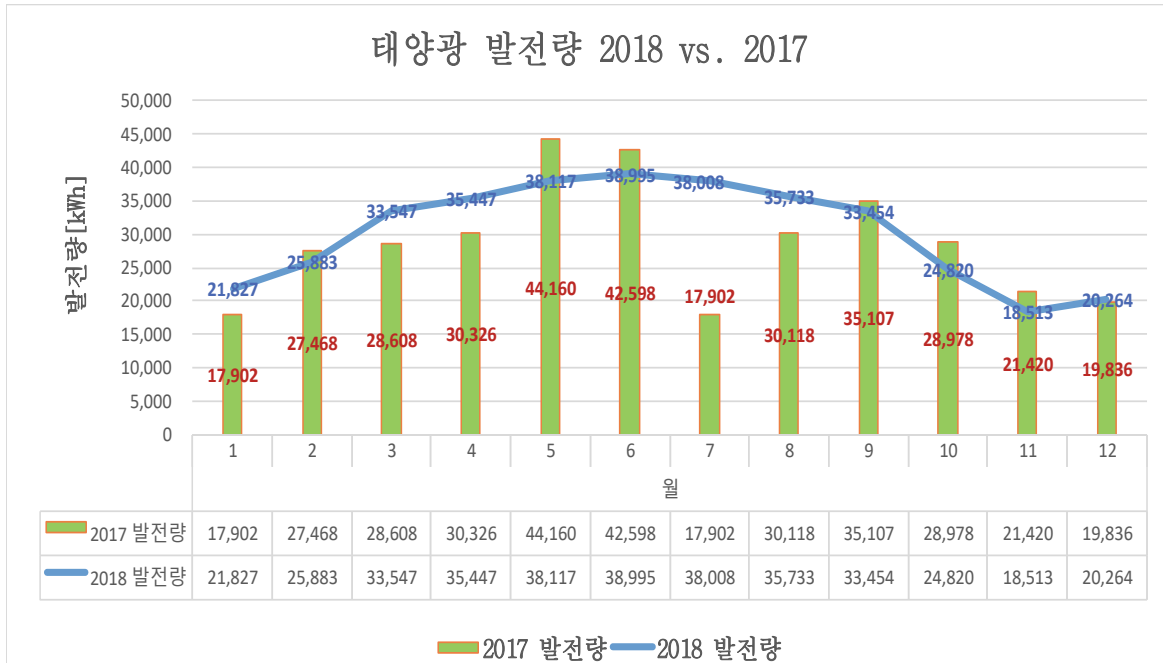
② 2018년 연중 11월의 태양광 발전량이 18,513kWh로 가장 적은 양으로 발전한 것으로 나타남

나. CIMON SCADA 시스템을 통해서 수집된 데이터와 SMA Solar Technology사의 Sunny Central 100 Inverter PVES-030 Data Logger상에 기록된 데이터간에 불일치가 발생한 것으로 확인이 되었다.

다. 전체적으로 SCADA시스템 컴퓨터에 저장된 데이터중 일정시점의 데이터가 유실되는 문제가 확인되었기에 이중화 개념에 의거해서 주기적으로 서울에너지드림센터내 별도의 SSD에 주기적으로 백업을 진행하기 시작했다.

[표 3.1-1] 태양광 월별 발전량(2018 & 2017)

년도	구분	월												비고
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2018	발전량	21,827	25,883	33,547	35,447	38,117	38,995	38,008	35,733	33,454	24,820	18,513	20,264	kWh
	일사량	158.99	309.28	446.41	513.19	561.24	602.59	561.10	517.16	470.96	403.34	265.35	253.64	MJ/m ²
2017	발전량	17,902	27,468	28,608	30,326	44,160	42,598	17,902	30,118	35,107	28,978	21,420	19,836	kWh
	일사량	256.11	311.86	444.90	488.91	645.35	625.27	375.27	411.09	445.23	240.97	145.34	151.69	MJ/m ²

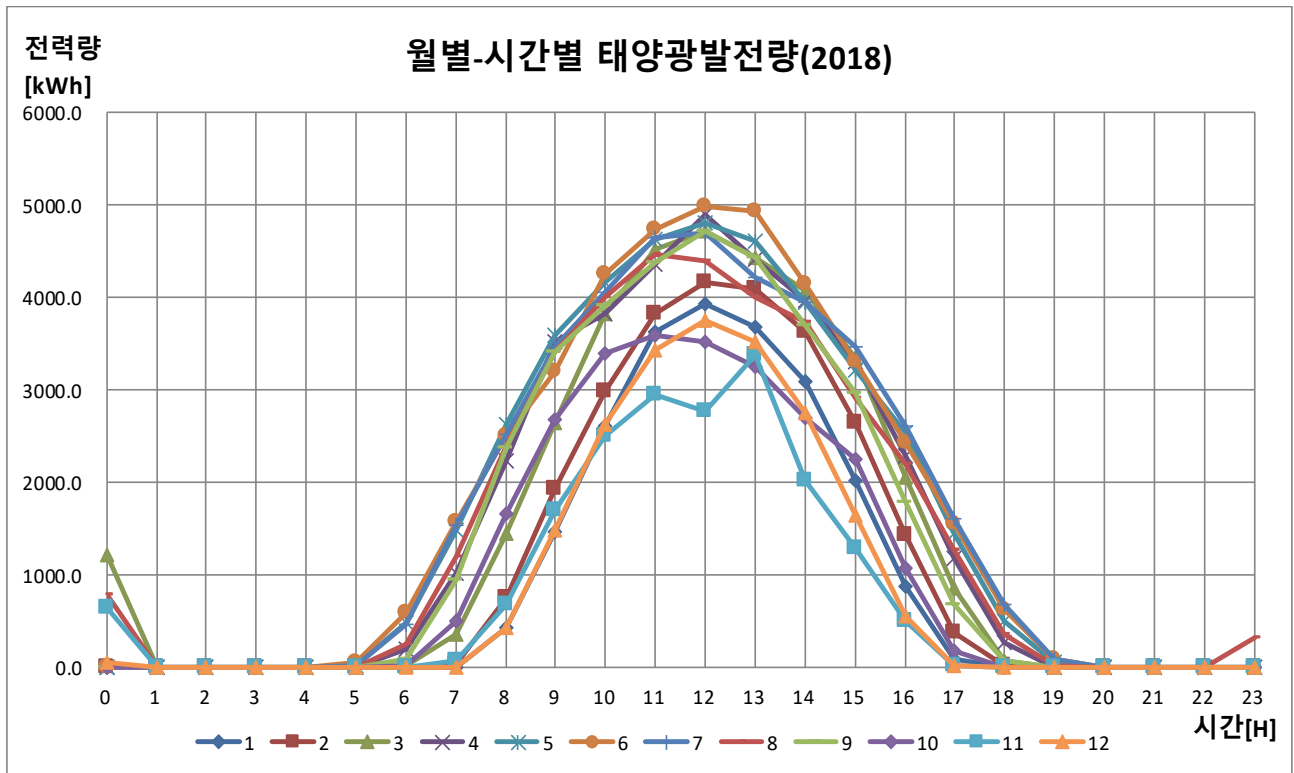


[그림 3.1-1] 2018년 월별 태양광 발전량

라. 월별-시간별 발전량

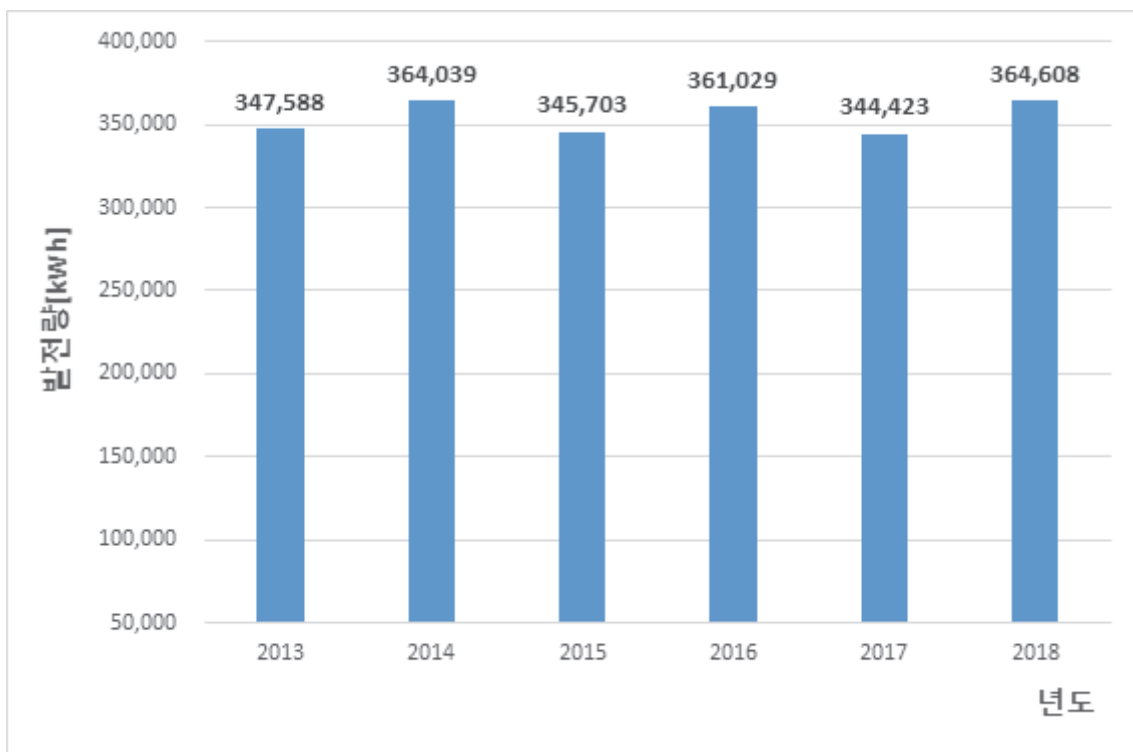
[표 3.1-2] 2018년 월별-시간별 태양광 발전량

시간	월											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	0.0	0.0	1217.9	0.0	0.0	0.0	0.0	787.2	0.0	0.0	645.7	59.5
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	1.6	26.5	45.2	22.8	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	9.1	187.5	489.3	589.7	458.3	247.8	88.6	10.4	0.0	0.0
7	4.6	42.6	353.7	1013.8	1477.7	1580.5	1529.4	1188.2	951.3	501.2	70.8	6.0
8	421.2	754.0	1439.8	2225.1	2624.6	2496.4	2525.0	2391.1	2373.1	1661.5	685.1	430.3
9	1471.2	1925.1	2641.0	3527.0	3585.1	3196.9	3468.6	3417.4	3413.8	2671.4	1699.4	1485.9
10	2602.3	2978.2	3822.0	3828.2	4171.2	4259.5	4051.0	4001.6	3919.0	3397.0	2494.1	2623.6
11	3635.4	3819.9	4527.0	4360.8	4626.7	4739.2	4650.7	4473.2	4374.1	3596.7	2954.4	3426.7
12	3936.7	4159.8	4714.2	4895.9	4811.6	4986.5	4698.7	4401.2	4717.1	3519.1	2766.3	3750.4
13	3676.4	4089.2	4423.0	4404.7	4603.1	4940.1	4217.2	4006.6	4425.9	3256.4	3384.3	3511.1
14	3083.0	3634.2	4067.9	3973.5	3948.3	4151.3	3944.9	3738.0	3703.1	2697.9	2015.6	2749.3
15	2022.4	2651.8	3346.5	3296.8	3219.7	3307.8	3459.0	2909.9	2960.4	2257.3	1278.3	1641.8
16	878.7	1434.7	2047.4	2283.2	2528.9	2436.5	2612.3	2194.2	1787.6	1071.7	493.5	555.5
17	95.4	383.3	860.5	1173.5	1454.1	1548.4	1602.0	1268.8	675.9	179.0	25.2	23.8
18	0.1	10.6	76.6	269.0	504.5	623.0	679.2	364.9	64.3	0.3	0.0	0.0
19	0.0	0.0	0.0	6.0	45.2	93.8	88.7	24.3	0.0	0.0	0.0	0.0
20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
21	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
22	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
23	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	316.9	0.0	0.0	0.0	0.0
합계	21,827.4	25,883.4	33,546.6	35,446.6	38,116.5	38,994.9	38,007.8	35,733.3	33,454.2	24,819.9	18,512.7	20,263.9



[그림 3.1-2] 2018년 시간별 태양광 발전량

마. 태양광 연간 발전량 비교



[그림 3.1-3] 태양광 연간 발전량 비교

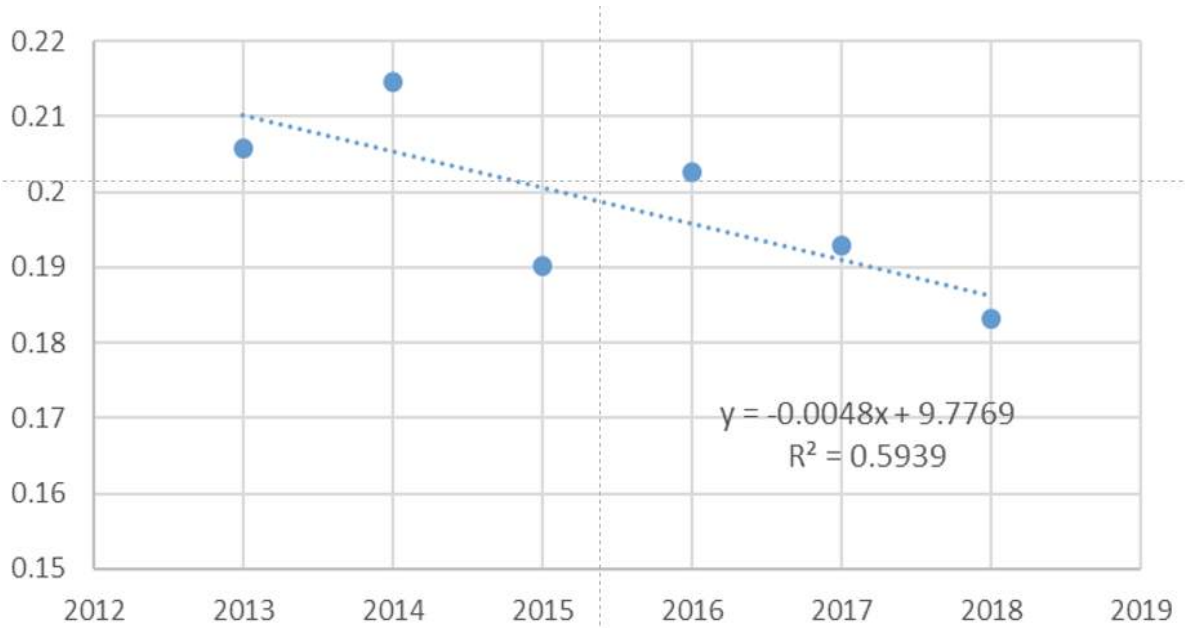


바. 태양광 발전 효율 추세(연도별)

2013년 20%

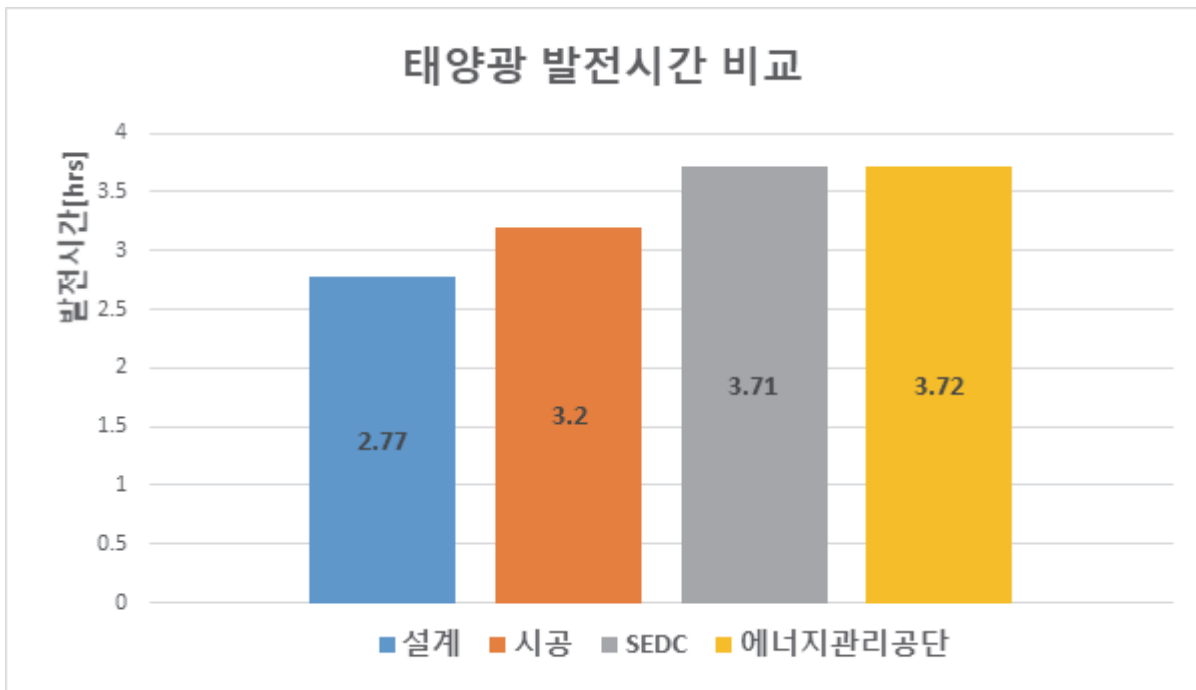
2018년 18%

매년 평균 0.48% 씩 감소



[그림 3.1-4] 태양광 발전 효율 추세(연도별)

사. 태양광 발전시간 비교



[그림 3.1-5] 유형별 태양광 발전시간 비교

- 상기 chart에서 보는 바와 같이, 서울에너지드림센터(SEDC) 설계시 고려한 태양광 발전시간이 시공업체(SPV)에서 제안한 값, 에너지관리공단 기준 발전시간 그리고 2018년 현재 SEDC 발전시간과 상당한 차이를 보이고 있다.
- 또한, 서울에너지드림센터 설계당시 예측한 재실자수(600,000名)와 2018년 기준 연간 관람객 92,074名과 비교해 상당한 차이가 있다. 상기 상황들을 종합해 볼 때 서울에너지드림센터 설계당시 에너지자립률을 60.37%로 예측했던 것과 달리 현재 자립률은 176.3%로 거의 3배에 달하고 있다.
- 이러한 점들로 비추어 볼 때, 제로에너지건축물을 건축할 때는 설계부터 설비시스템의 과도한 초기투자를 줄이고 시공 후 실제 운영시 최적화된 시스템이 될 수 있도록 좀 더 세밀한 사항들에 대한 고려가 선행되어야 할 것으로 본다.

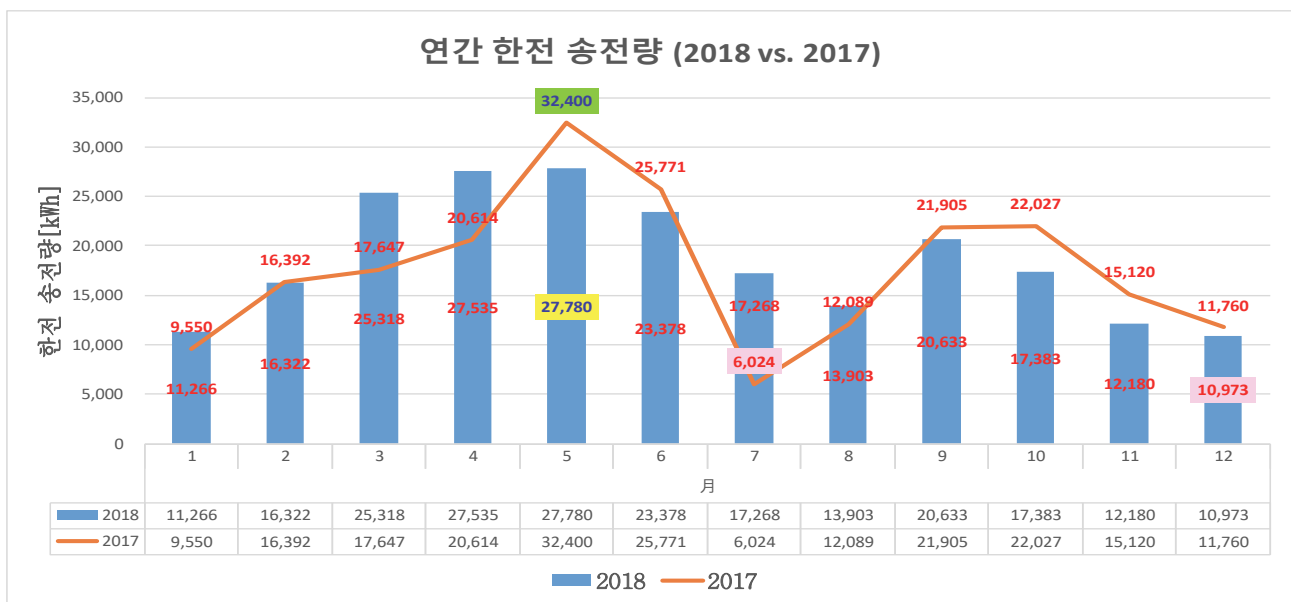
2) 송전

가. 연간 한전 송전량은 총 223,939kWh인 것으로 나타났으며 월별 한전 송전량은 하단의 표와 그림과 같음

- ① 2018년 연중 5월의 한전 송전량이 27,780kWh로 가장 많은 것으로 나타남
- ② 2018년 연중 12월의 한전 송전량이 10,973kWh로 가장 적은 것으로 나타남

[표 3.1-3] 2018년 월별 한전 송전량

구분	月												총계
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2018	11,266	16,322	25,318	27,535	27,780	23,378	17,268	13,903	20,633	17,383	12,180	10,973	223,939
2017	9,550	16,392	17,647	20,614	32,400	25,771	6,024	12,089	21,905	22,027	15,120	11,760	211,299



[그림 3.1-6] 2018년 월별 한전 송전량

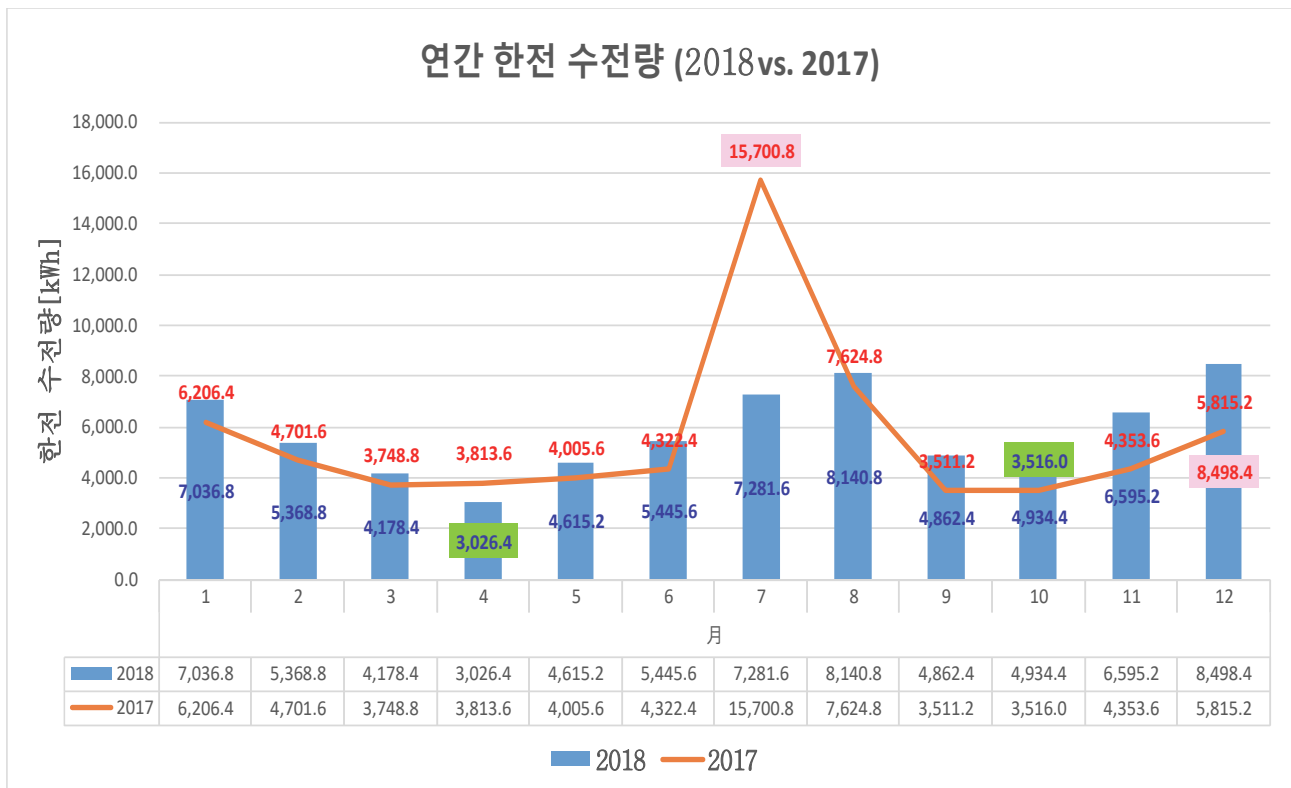
3) 수전

가. 2018년 한전 수전량은 총 69,984kWh로 나타났으며, 월별 한전 수전량은 하단의 표와 그림과 같음

- 2018년 연중 12월의 한전 수전량이 8,498.4kWh로 가장 많은 것으로 나타남
- 2018년 연중 4월의 한전 수전량이 3,026.4kWh로 가장 적은 것으로 나타남

[표 3.1-4] 2018년 월별 한전 수전량

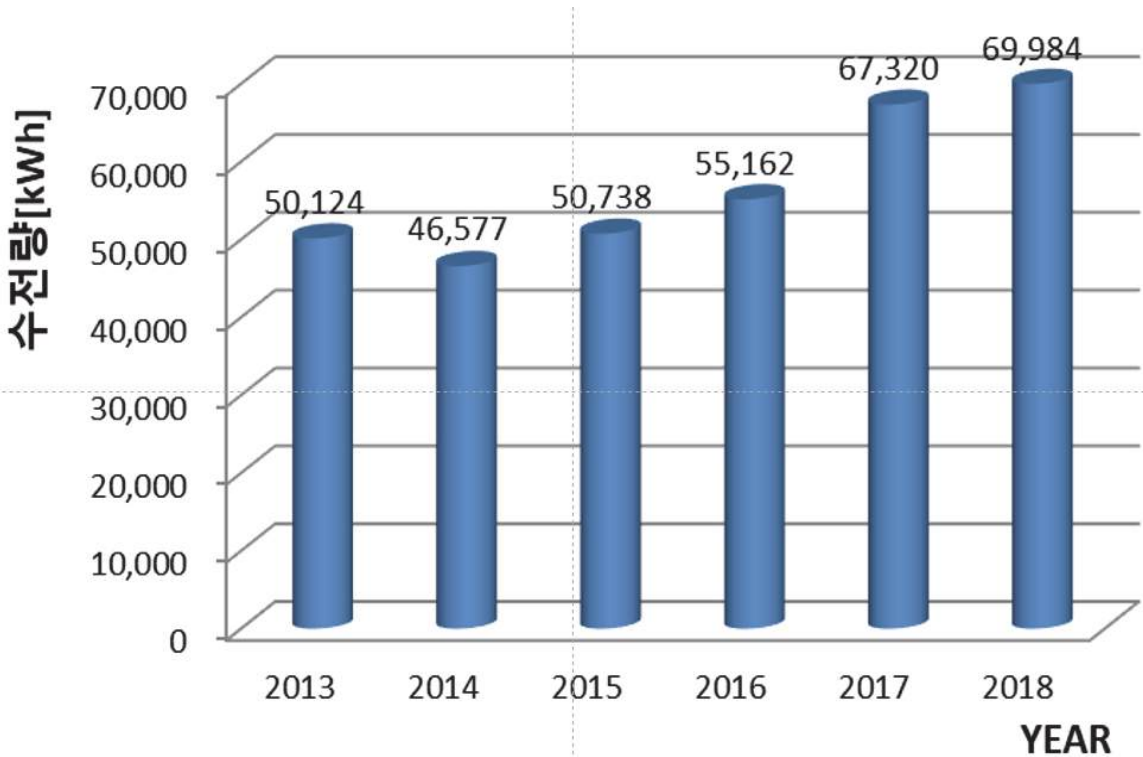
구분	月												총계
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2018	7,036.8	5,368.8	4,178.4	3,026.4	4,615.2	5,445.6	7,281.6	8,140.8	4,862.4	4,934.4	6,595.2	8,498.4	69,984
2017	6,206.4	4,701.6	3,748.8	3,813.6	4,005.6	4,322.4	15,700.8	7,624.8	3,511.2	3,516.0	4,353.6	5,815.2	67,320



[그림 3.1-7] 2018년 월별 한전 수전량



가. 연도별 한전 수전량



[그림 3.1-8] 연도별 한전 수전량

4) 소비

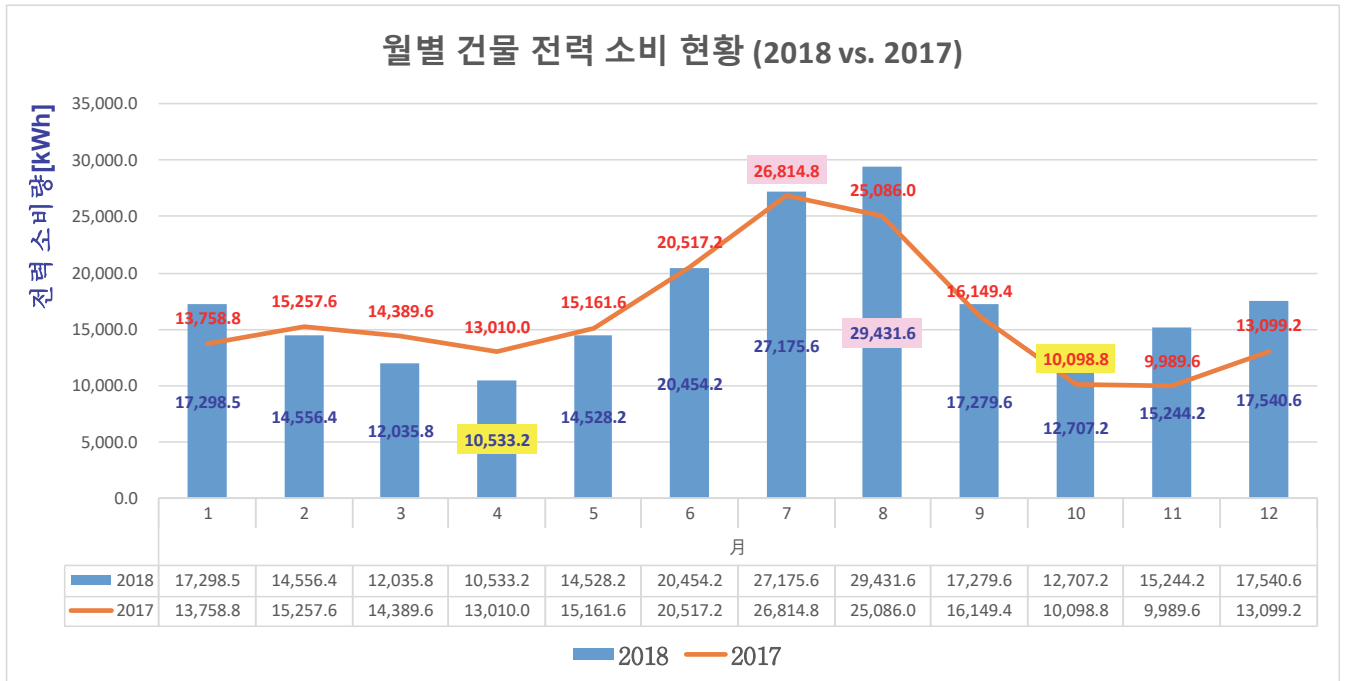
가. 2018년 전력 소비량은 총 208,785kWh로 나타났으며, 월별 건물 전력 소비량은 하단의 표와 그림과 같음

- 2018년 연중 8월의 건물 전력 소비량이 29,431.6kWh로 가장 많은 것으로 나타남
- 2018년 연중 4월의 건물 전력 소비량이 10,533.2kWh 가장 적은 것으로 나타남

[표 3.1-5] 2018년 월별 건물 전력 소비량

구분	月												총계
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2018	17,298.5	14,556.4	12,035.8	10,533.2	14,528.2	20,454.2	27,175.6	29,431.6	17,279.6	12,707.2	15,244.2	17,540.6	208,785
2017	13,758.8	15,257.6	14,389.6	13,010.0	15,161.6	20,517.2	26,814.8	25,086.0	16,149.4	10,098.8	9,989.6	13,099.2	193,333

나. 2018년 전력 소비량은 2012년 12월 에너지드림센터 개관 후 2013년 대비 대략 43%가 증가했으며, 이는 지속적인 방문객의 증가와 연평균 외기온도가 증가함에 따라 냉난방 부하의 증가에 기인함을 알 수 있다.

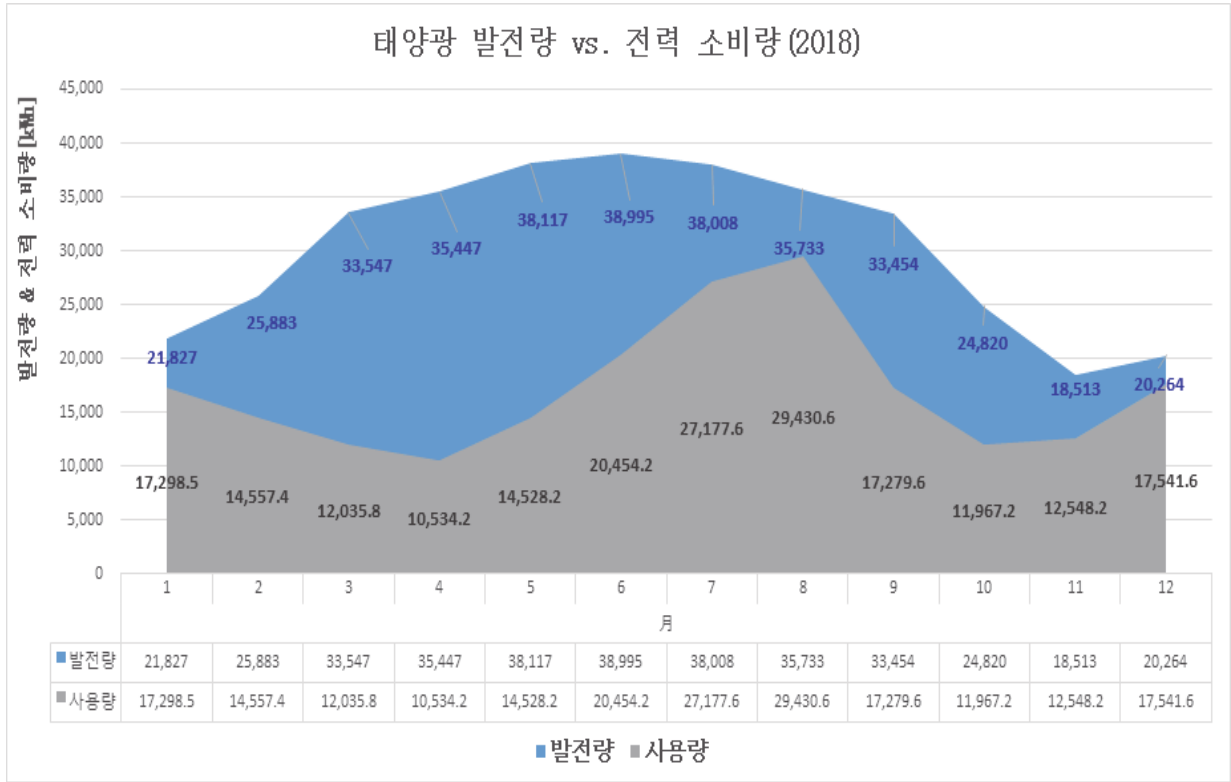


[그림 3.1-9] 2018년 월별 건물 전력 소비량



[그림 3.1-10] 연도별 건물 전력 소비량

3.2 계절별 전력 운영 현황



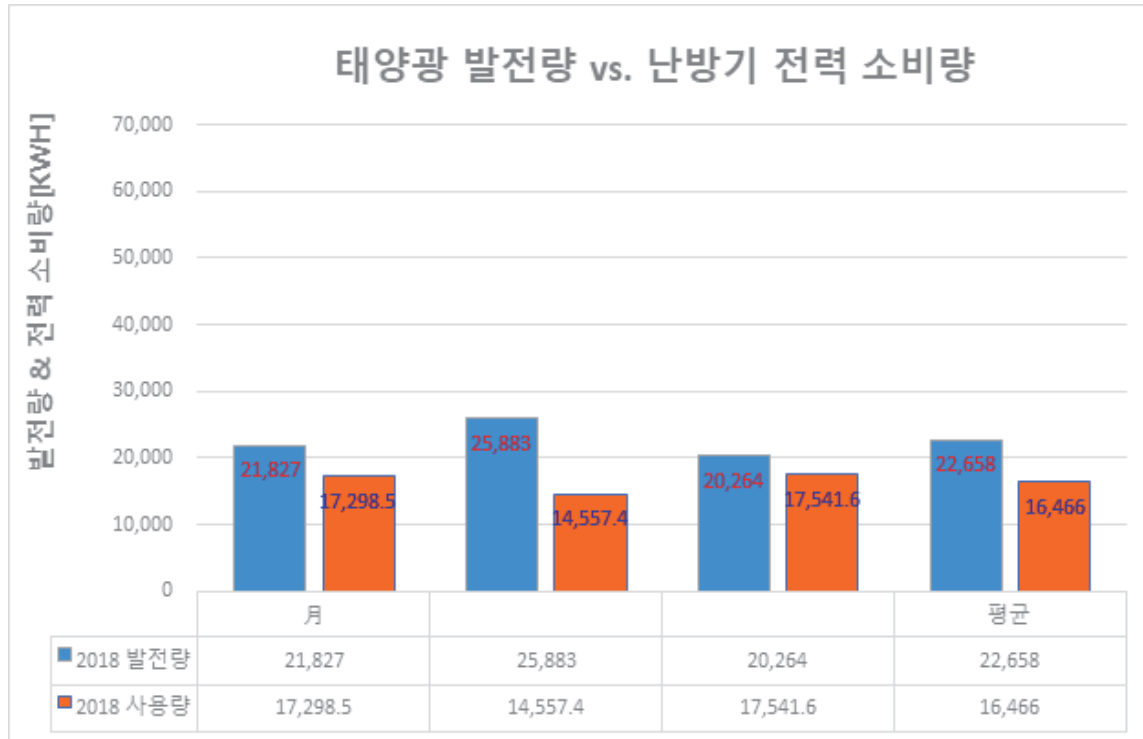
[그림 3.2-1] 2018년 월별 태양광발전량 및 전력 소비량

1) 우리나라의 경우, 뚜렷한 일년 사계절의 순환속에 난방기는 12 ~ 2월, 냉방기는 6~ 8월, 중간기는 난방기와 냉방기를 제외한 달을 통칭해 왔으나 지구 온난화와 맞물려 우리나라의 평균최고기온이 2000년대 들어 꾸준히 상승하여 서울시 경우에 2018년 기준 월평균최고기온이 33.3℃까지 상승을 함에 따라 난방기는 큰 변화가 없으나 아래 [그림 3.2-1]에서 보는 바와 같이 계절적 냉방기 수요가 5~9월로 확대된 것을 알 수 있음

2) 난방기, 냉방기, 중간기의 태양광 발전량과 전력 소비량을 함께 비교하고자 함

가. 난방기

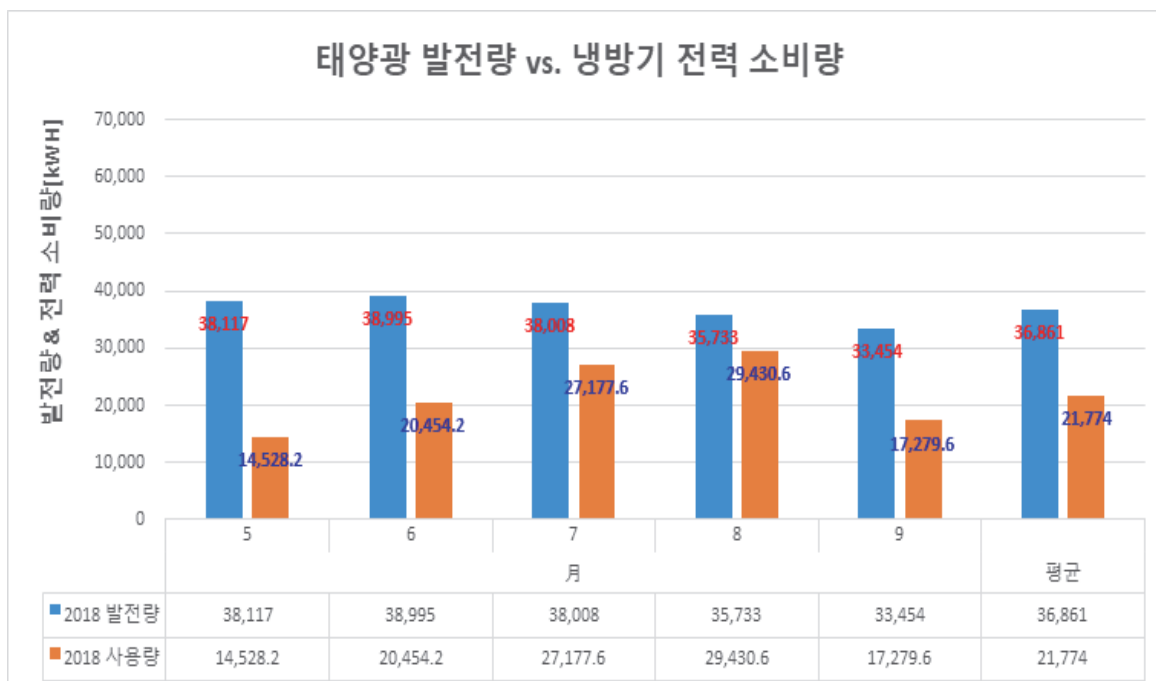
- 2018년 1월, 2월, 12월의 태양광 월평균 발전량은 22,658kWh, 월평균 전력 소비량은 16,466kWh인 것으로 나타남
- 난방기의 경우, 서울에너지드림센터 내에서 사용하는 전력 소비량보다 태양광 발전량이 많은 것으로 나타남



[그림 3.2-2] 2018년 난방기 태양광발전량 및 전력 소비량

나. 냉방기

- 2018년 5 ~ 9월을 냉방기로 정의하고, 태양광 월평균 발전량은 36,861kWh, 월평균 전력 소비량은 21,774kWh로 나타남



[그림 3.2-3] 2018년 냉방기 태양광발전량 및 전력 소비량

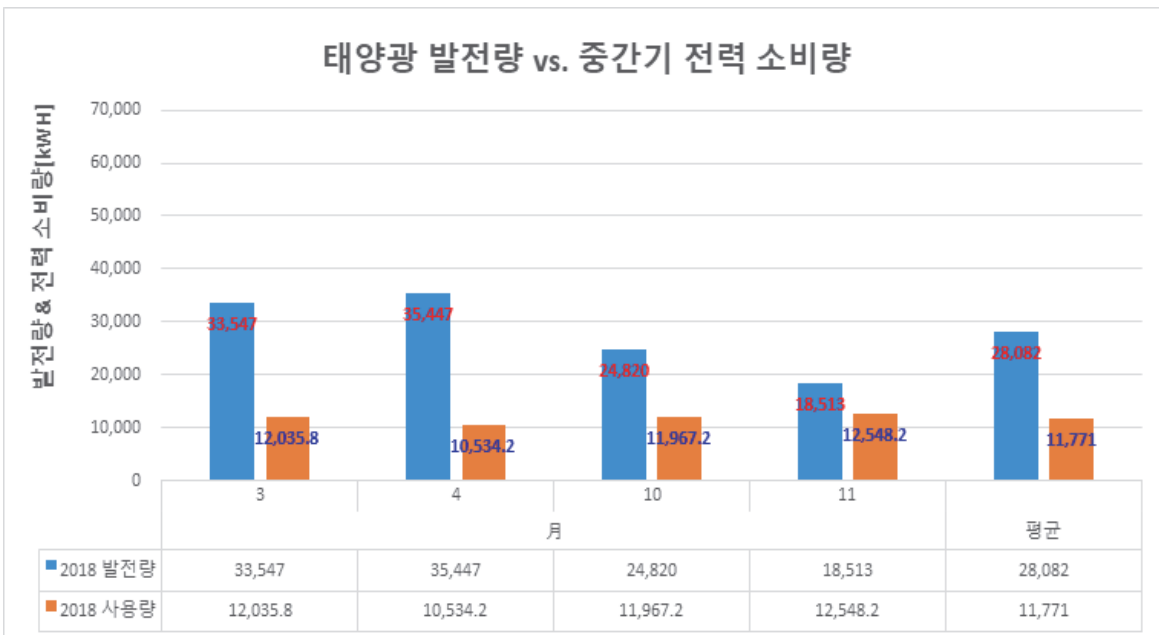
- 2018년도는 전년 대비 하절기, 특히 7 ~ 8월에 월별 평균 최고기온이 2 ~ 3℃ 상승함에 따라 아래 [그림 3.2.-4]에 보는 바와 같이 태양광 발전량이 전년 대비 5.9% 정도 늘어난 것을 알 수 있다.



[그림 3.2-4] 태양광 발전량 비교(2018 vs. 2017)

다. 중간기

- 2018년은 3월, 4월, 10월, 11월을 중간기로 정의함
- 중간기 월평균 태양광 발전량은 28,082kWh, 중간기 월평균 전력 소비량은 11,771kWh로 나타남



[그림 3.2-5] 2018년 중간기 태양광발전량 및 전력 소비량

서울에너지드림센터 시스템별 전력 소비 및 운영 현황

04

- 4.1 지열시스템
- 4.2 환기시스템
- 4.3 냉온수/냉동기
- 4.4 조명시스템
- 4.5 전열시스템
- 4.6 전시장 및 BEMS
- 4.7 냉동기 성능 분석
- 4.8 공기질(IAQ) 및 열 쾌적도 분석

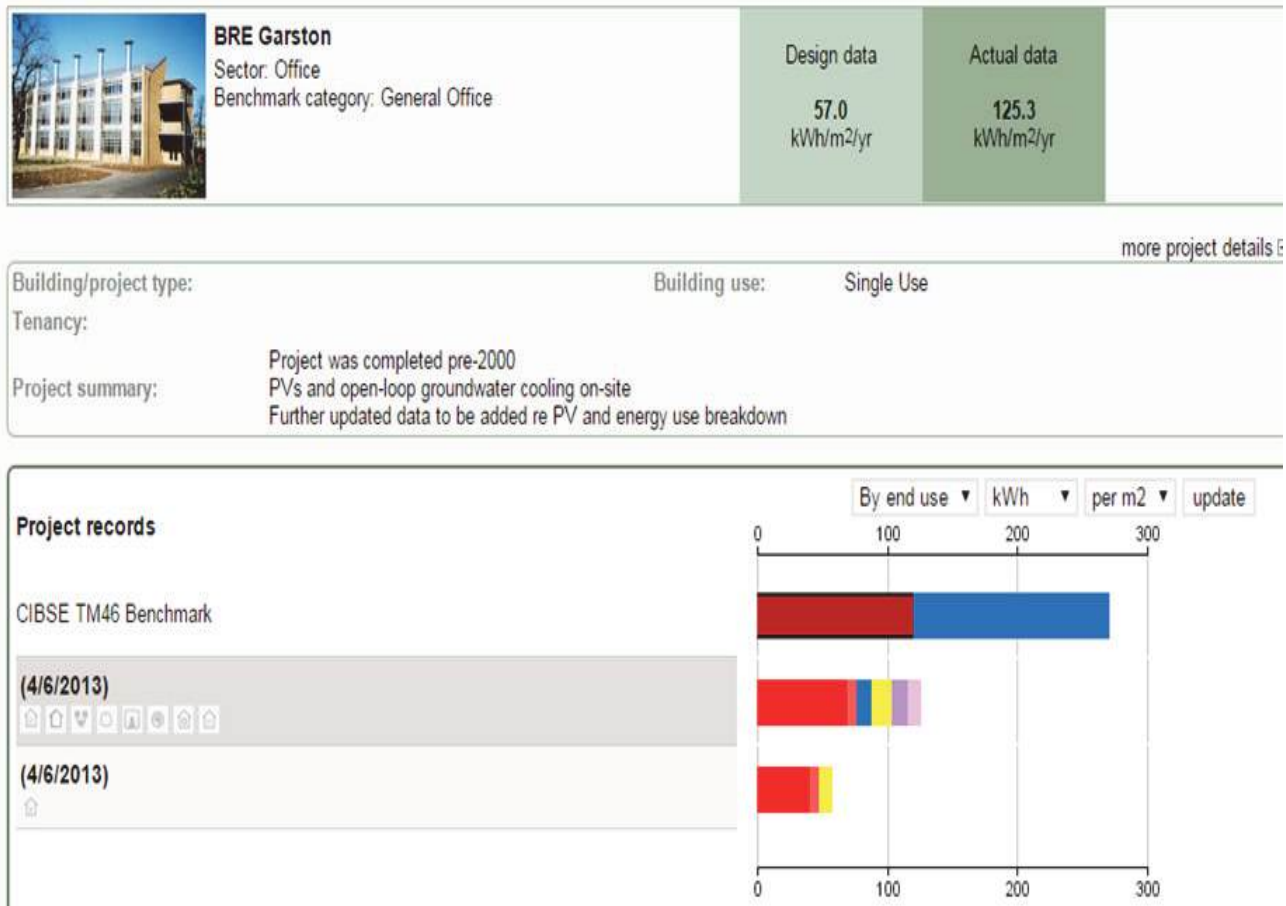


04 서울에너지드림센터 시스템별 전력 소비 및 운영 현황



서울에너지드림센터의 실제 전력 사용량을 논하기에 앞서서 국내외 설계시와 실제 소비량 차이 그리고 한국의 제로에너지 건축물 인증 기준에 대해 간략히 기술하고자 한다.

■ 국외 건축물의 설계안과 실제 전력 소비량의 비교(영국 사례)

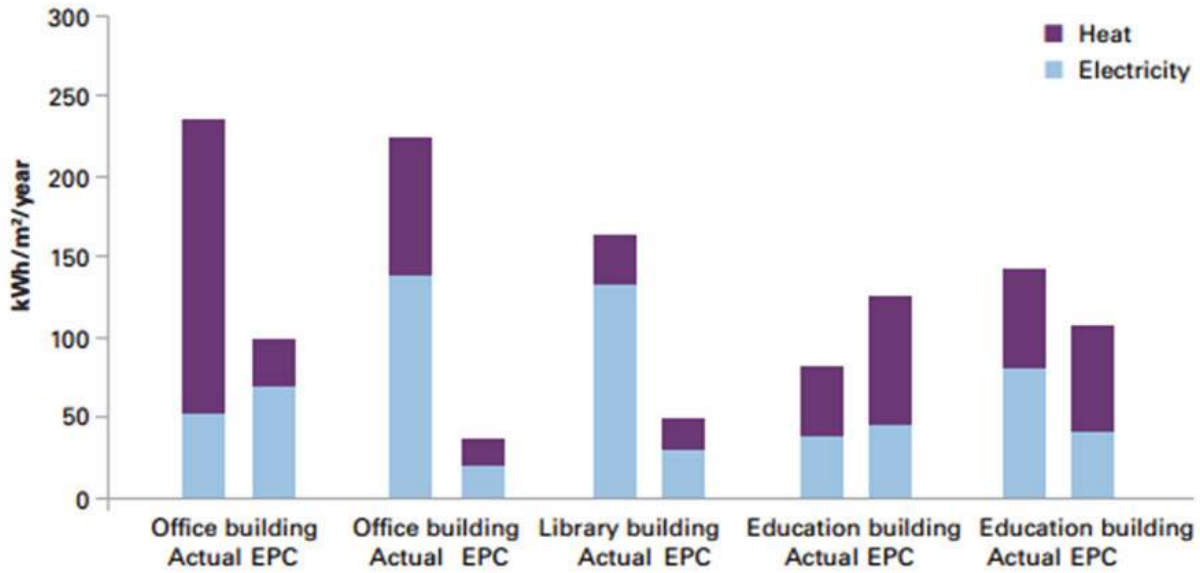


[그림 4-1] 국외 제로에너지 건축물의 설계안과 실제 전력 소비량 비교
CarbonBuzz (<http://www.carbonbuzz.org>)

- 상기 [그림 4-1]의 영국 제로에너지 건물 사례에서 보듯이 건축물 설계시와 실제 운영 후 전력 소비량에 상당한 차이가 보이는 것을 알 수가 있다.
- 평균적으로 실제 건물에너지 전력 소비량은 설계대비 1.5 ~ 2.5배 정도의 차이를 보이고 있는 데, 이는 예상되는 건물에너지 소비량을 너무 작게 잡는 리스크를 범한 결과라 할 수 있다.



■ 건물 유형별 에너지 소비량 사례



[그림 4-2] 건물 유형별 설계안과 실제 전력 소비량 비교
CarbonBuzz (<http://www.carbonbuzz.org>)

■ 한국 제로에너지 건축물 인증 기준

[표 4-1] 한국 제로에너지 건축물 인증 기준

▶ 건축물 에너지효율등급 1++이상

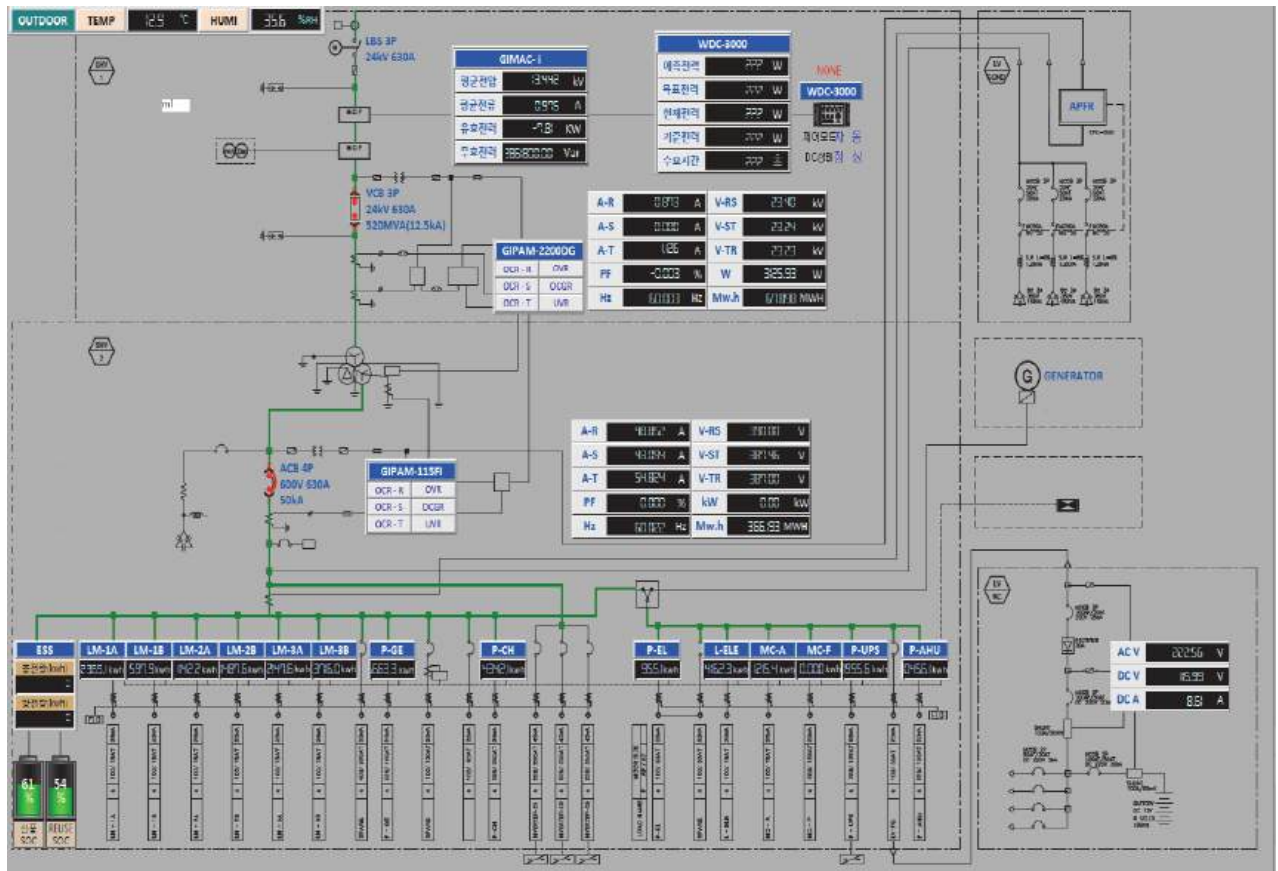
등급	주거용 건물	주거용 이외의 건물
	1차 에너지소요량(kWh/m², 년)	1차 에너지소요량(kWh/m², 년)
1+++	60미만	80미만
1++	60이상 90미만	80이상 140미만

▶ 에너지자립률(%)

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

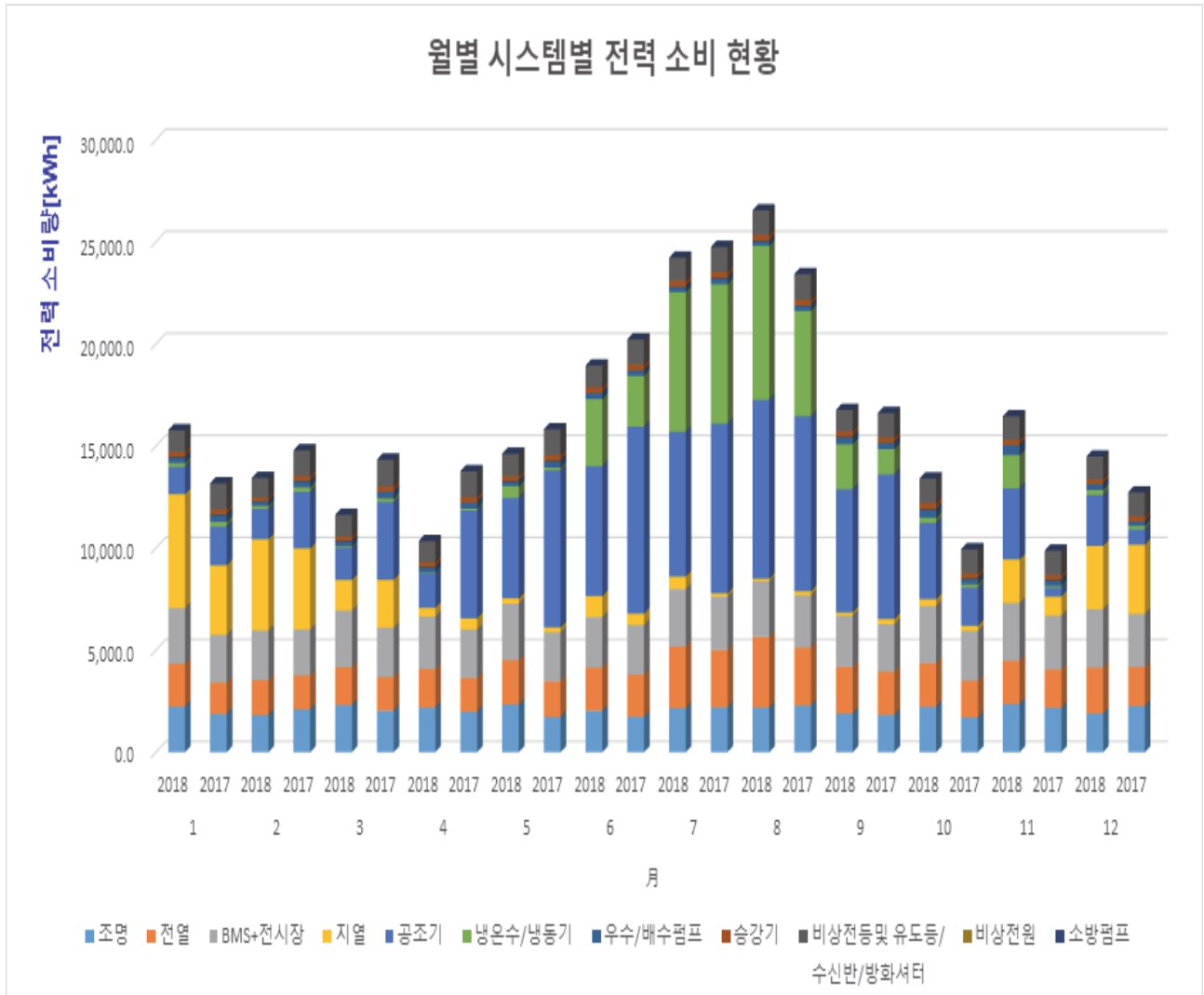
$$\text{에너지자립률(\%)} = \frac{\text{단위면적당 1차 에너지 생산량}^{*1}}{\text{단위면적당 1차 에너지 소비량}^{*2}} \times 100$$

- 서울에너지드림센터는 SCADA시스템에서 WHM파일에 각 시스템별 전력 소비 현황을 30초 간격으로 모니터링한 데이터가 저장되고 있음
- 이를 시스템별 10분 간격으로 변환하여 시간별, 일별, 월별 데이터로 재작업
- 시스템별로 모니터링되는 지점은 1, 2, 3층 조명 및 전열 전력 소비량, 전시장 및 BMS, 지열시스템, 공조기, 냉온수/냉동기, 우수/배수펌프, 승강기, 비상전등 및 유도등/수신반/방화셔터, 비상전원, 소방펌프 등 15개 포인트가 있으나 이중 2개의 포인트(비상전원, 소방펌프)는 전력 사용량이 없는 상황
- [그림 4-3]은 상기 설비 시스템별 전력량계가 설치되어 있는 서울에너지드림센터 내운용 중인 수변전 설비 구성도를 보여주고 있다.



[그림 4-3] 서울에너지드림센터 수변전 설비 구성도

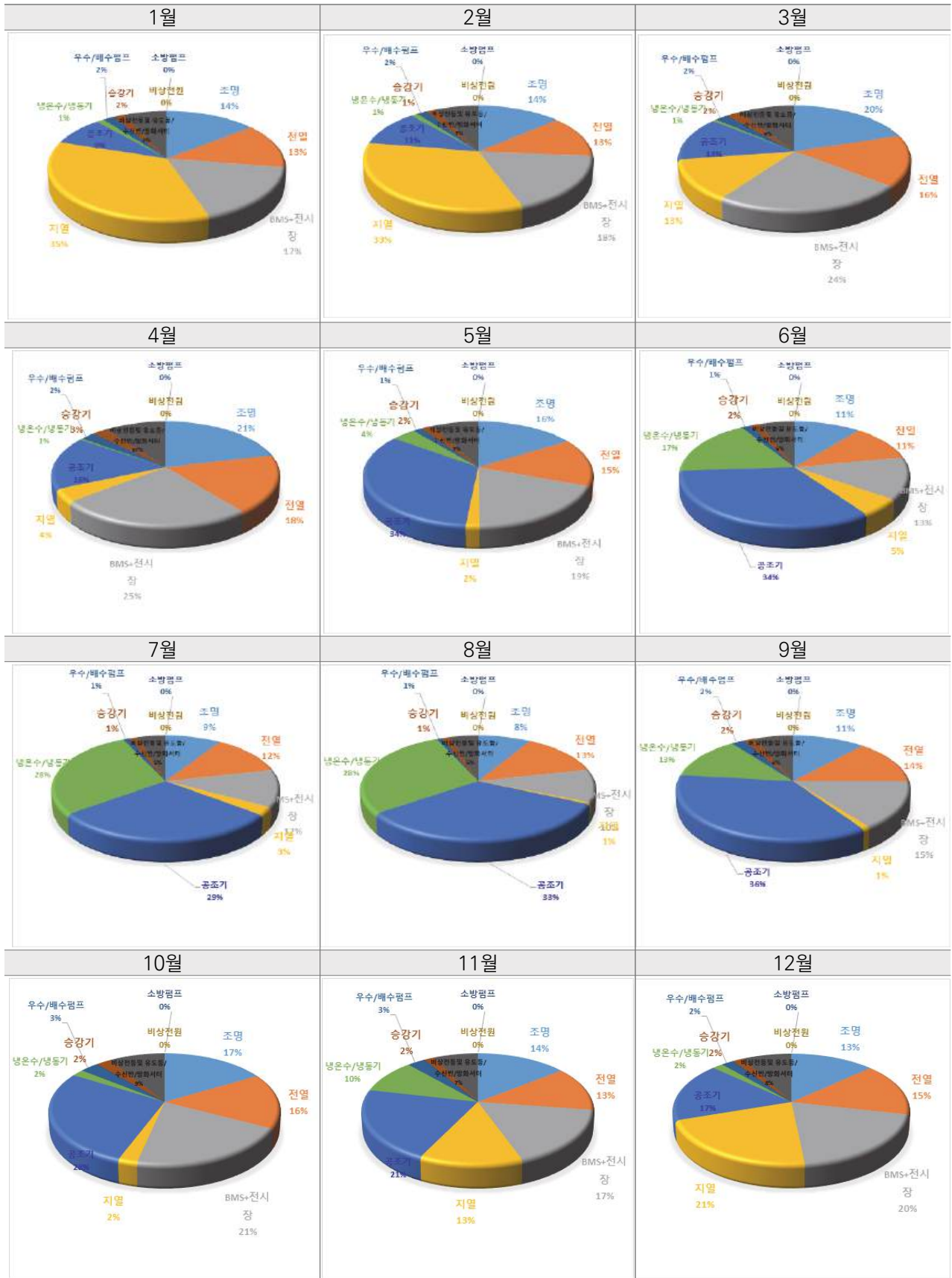
- [그림 4-4]에서 보는 바와 같이, 서울에너지드림센터의 전력 소비량이 최대로 나타난 달은 8월인 것으로 나타남. 공조와 냉방기의 전력 소비량이 전체 사용량의 61.4%로 높은 비중을 차지하고 있는 것으로 보여주는 데, 이는 전형적인 건물내 에너지소비량의 상당량을 차지하는 부분이 냉난방과 환기를 맡고 있는 HVAC (Heating Ventilation Air Conditioning) 시스템인 것과 일치

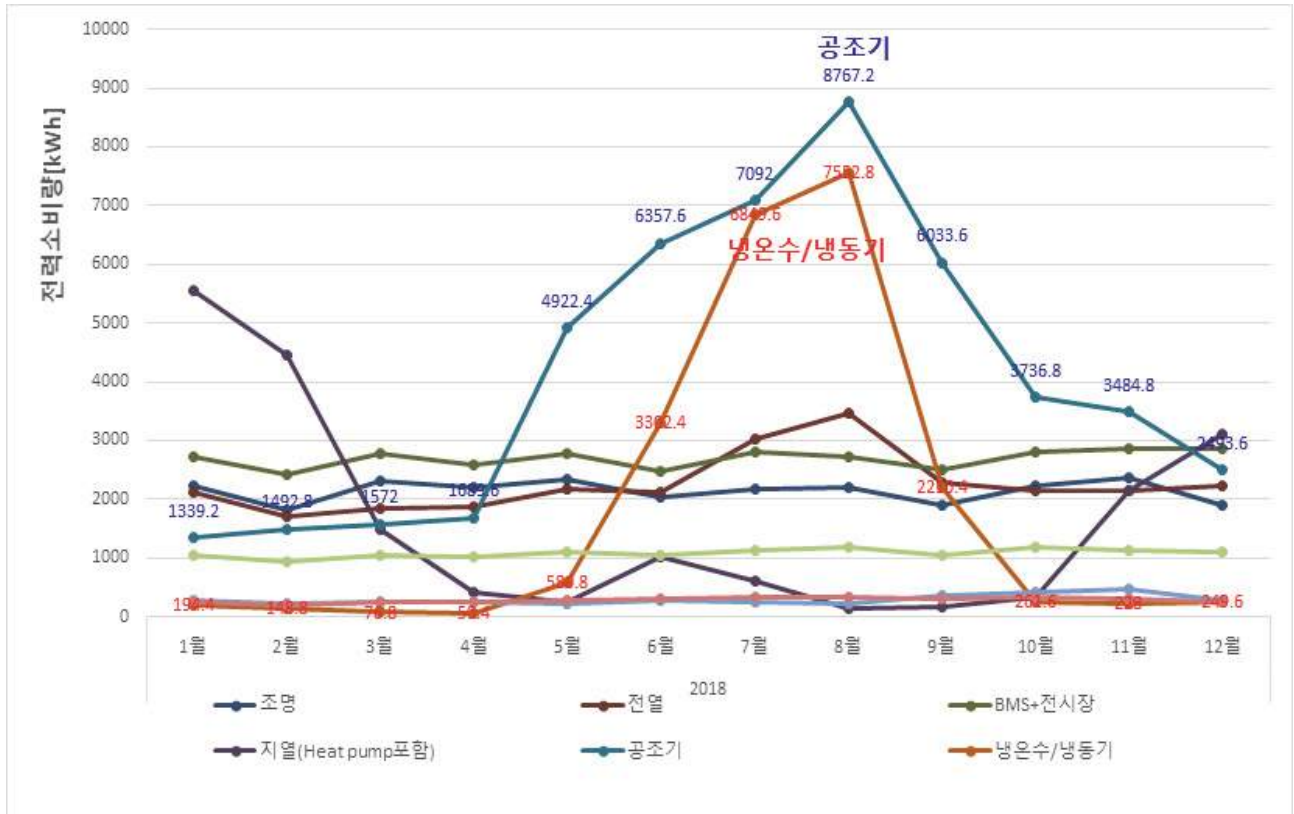


[그림 4-4] 2018년 월별 시스템별 전력 소비 현황

- [그림 4-5]와 같이 월별 시스템별 전력 소비 비율을 보여주며 계절별로 각 시스템의 전력 소비 비율의 차이가 있는 것으로 나타남
- [그림 4-6] 2018년 월별 시스템별 전력 소비량 추이에서 보는 바와 같이 공조기와 냉동기 쪽이 계절적 요인에 따른 사용량 증가로 급격히 큰 폭의 변화를 보이고 있음

[그림 4-5] 월별 시스템별 전력 소비 비율 현황



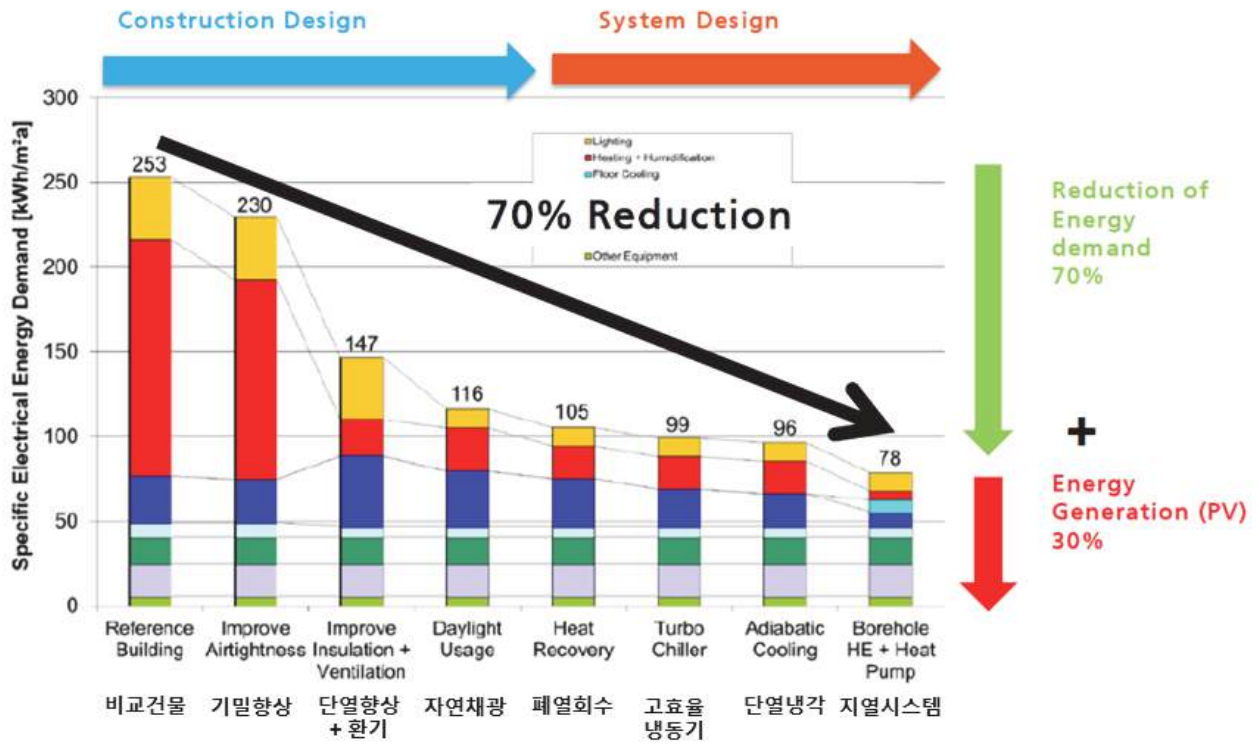


[그림 4-6] 2018년 월별 시스템별 전력 소비량 추이



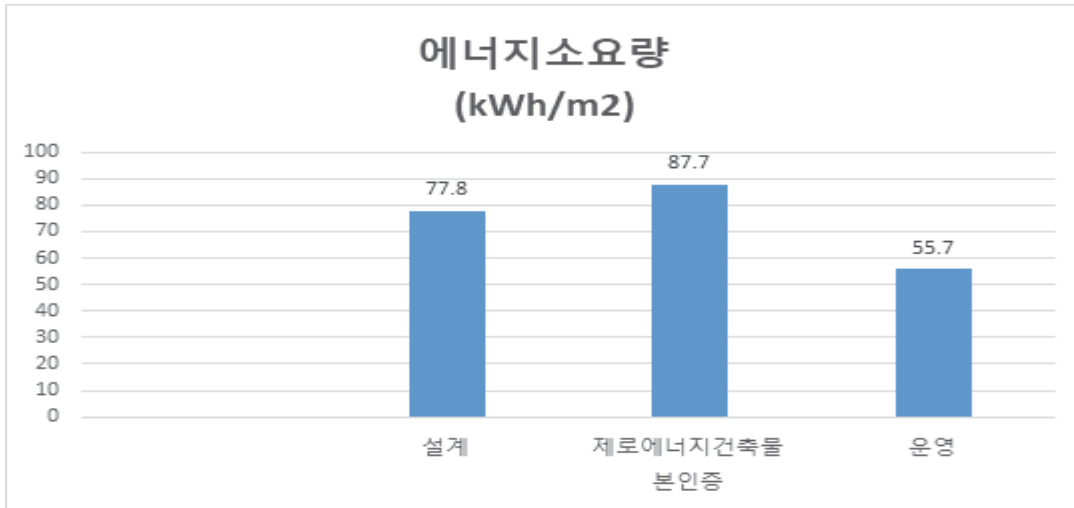
[그림 4-7] 2018년 월별 시스템별 전력 소비 현황

- [그림 4-7]에서 보는 바와 같이, 2012년 서울에너지드림센터 최종 설계보고자료상의 전기에너지 소요예측량과 2018년 현시점에서 서울에너지드림센터내 시스템 운용시 전력 소비량을 비교해 보면, 설계(274,986kWh) 대비 운용(196,819kWh)시 71.6% 정도 사용이 되고 있는 것으로 나타남
- [그림 4-7]은 전기에너지 설계시 소요량과 실제 운용시 소비량을 비교한 것을 보여 주고 있고 [그림 4-8]은 패시브와 액티브 시스템의 설계 결합에 의해서 제로 에너지 건물을 달성할 수 있는 것을 보여주는 전기에너지 소요량 향상 추이 그래프이다.



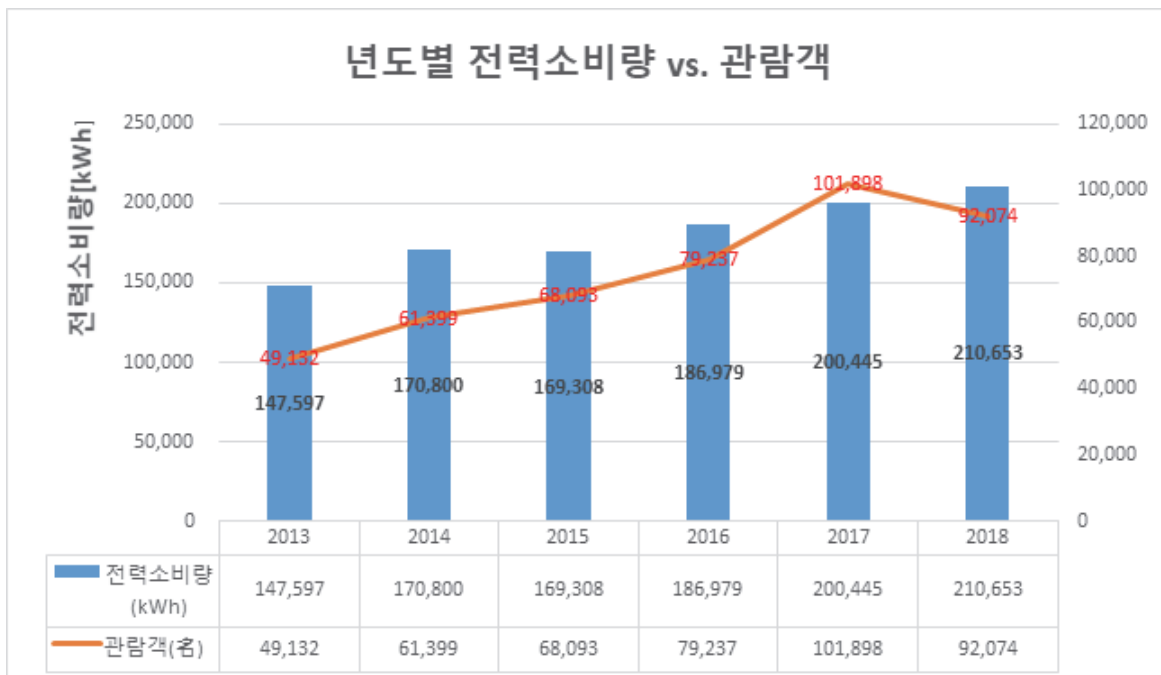
[그림 4-8] 시뮬레이션 변수를 이용한 전기에너지 소요량

- [그림 4-8]에서 보는 바와 같이 일반건물의 연간 에너지 소요량 253kWh/m²을 연간 78kWh/m²까지 절감(대략 70%)하고 나머지는 태양광 발전에 의한 신재생에너지로 에너지 제로를 구현하였다.
- 하지만, [그림 4-9]처럼 설계안, 인증시와 실제 운영시 큰 차이가 보이는 것은 아래와 같이 정리할 수 있을 것으로 본다.



[그림 4-9] 설계, 인증, 실제 전력 소비량 비교

- [그림 4-10]에서 보는 바와 같이, 매년 관람객수의 증가로 서울에너지드림센터의 전체 전력소비량도 증가하는 것을 볼 수가 있다. 특이한 것은 2018년에 관람객수가 전년대비 9.6%가 감소했음에도 전력소비량이 5%가 증가한 것은 여름철(6 ~ 8월) 평균외기온도가 2℃ 상승하여 냉방부하가 증가하였기 때문이다.



[그림 4-10] 관람객수에 따른 년도별 전력소비량 변화

1) 서울에너지드림센터의 운영시간

가. 서울에너지드림센터는 매주 월요일 휴관을 하고 운영시는 오전 9시 30분부터 오후 5시 30분까지 운영되며, 직원들은 오전 9시부터 오후 6시까지 근무하여 실제 운영시간은 매일 9시간이라 할 수 있다. 그러나 제로 에너지 건축물 인증시 ECO₂ (에너지 시뮬레이션 프로그램)에 의해서 평가를

하면서 건물 운영시간을 매주 월요일부터 일요일까지 휴관도 고려하지 않고 오전 7시부터 오후 7시까지 매일 12시간으로 현운영시간보다 상당히 길게 산정이 되었다.

① 건물의 사용시간

- 설계 : 매일 12시간 기준으로 연간 4,380 시간
- 실제 운영 : 매일 9시간 기준으로 2,817 시간

② 내부 부하와 재실자를 위한 일일계획의 설계

- 07 ~ 11H : 34%
- 11 ~ 13H : 70%
- 13 ~ 17H : 100%
- 17 ~ 19H : 70%

나. 또한 패시브하우스인 서울에너지드림센터의 설비 시스템 운용시간도 일반 건물에 비해 짧다. 건물의 운영시간과 설비 운용시간이 길다는 것은 에너지 소비량도 실제값보다 더 많이 계산될 수 있다는 것을 의미한다.

2) 재실자수의 차

가. 에너지드림센터는 전시·교육기관으로 대부분의 프로그램은 예약제로 운영이 되기에 프로그램 운영 시간(오전 10시 ~ 오후 12시, 오후 2시 ~ 4시)에 방문객이 집중하며, 이외의 시간에는 자유 관람객 및 직원과 교육강사들만이 건물 내에 있게되어 재실자의 수가 급감하거나 변동이 심하다. 하지만, 에너지효율 평가시에는 이러한 인원 변동 상황이 반영되지 않는다.

나. 에너지드림센터 설계시 관람객의 수를 연간 약 600,000명 (1일 약 1,600명)으로 산정하였으나 실제로는 연간 평균 100,000명정도이며 현재 2018년 기준 92,074명으로 상당한 차이를 보이고 있다.

3) 태양광 발전량

가. 에너지드림센터 설계시 태양광 패널의 일평균 발전시간을 2.77시간으로 예측하였지만 현재 에너지드림센터 지역의 일평균 발전시간은 3.71시간으로 실제로는 134% 정도 일평균 발전시간이 많은 것으로 나타나고 있다.

나. 일평균 발전시간이 길다는 것은 그만큼 태양광 패널의 발전량이 증가하는 의미로 해석할 수 있다.

4) 전기에너지 소요량

- 설비 시스템별(조명, 전열, 지열, 환기, 냉동기, 냉온수, 펌프 등) 냉난방 부하의 정확한 계측을 위해 설계시부터 명확한 설비 시스템의 monitoring point에 대한 정의가 고려되어야 할 것으로 본다.
- 결론적으로, 제로에너지건축물 인증시 서울에너지드림센터의 에너지소비량은 과다하게 설계 및 계산되고 에너지생산량은 적게 예측이 되어 현시점에서 전력 사용량에 큰 차이를 보이고 있으며 이것이 에너지자립률 측면에서도 설계시 60.37%에 비해서 2018년 기준 거의 3배에 가까운 177.6%로 나타나고 있다.

4.1 지열시스템

- [그림 4.1-1]과 같이, 지열시스템의 전력 소비는 1월, 2월, 3월, 11월, 12월에 사용을 하는 것으로 나타남. 주로 난방 및 급탕에 활용하기 때문에 외기온이 내려가는 늦은 가을부터 겨울, 그리고 이른 봄까지 사용하는 것으로 나타남
- 가장 많이 사용한 1월은 5,565.2kWh, 다음으로 2월 4,464.4kWh, 12월 3,100.8kWh 순으로 사용하는 것으로 나타남
- 겨울철 (12 ~ 2월)에 사용하는 지열에너지 평균값은 3,601.6kWh로 나타남
- 2018년 1월 지열시스템의 전력 소비량이 2017년에 비해서 상대적으로 크게 나타나는 이유는 평균최고기온이 0.1℃로 2017년 2.9℃에 비해 낮고 2017년 1월에 설연휴 4일이 있었지만 2018년도에는 2월에 있어서 1월에 상대적으로 서울에너지드림센터 개관일수가 4일이 많았기에 지열시스템에 의한 난방및 급탕시 전력 사용량이 많은 것으로 나타남

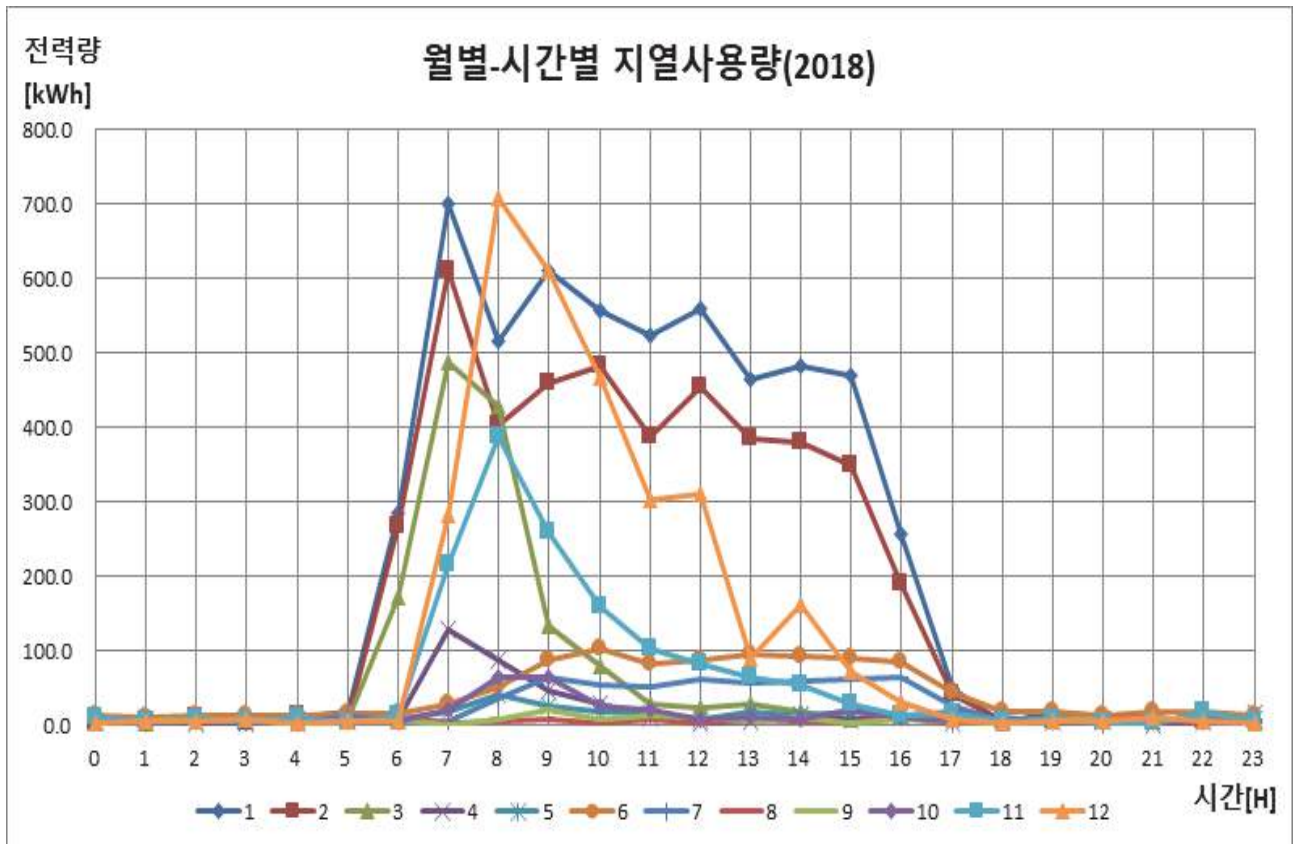


[그림 4.1-1] 월별 지열시스템 전력 소비 현황

- 2018년 11월에는 지열시스템의 냉난방이 함께 가동되면서 과냉방에 의한 지열난방이 작동한 것으로 추정

[표 4.1-1] 2018년 월별-시간별 지열 사용량

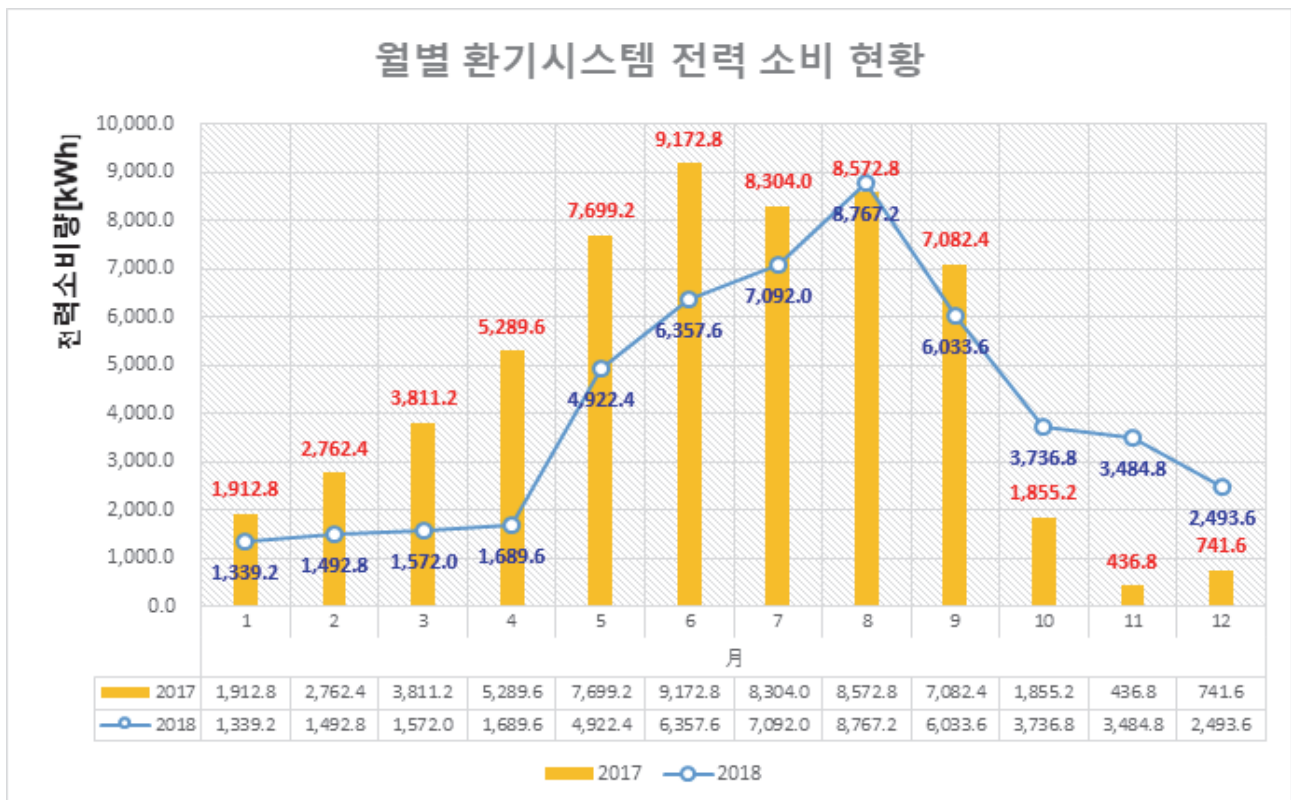
월 시간	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	4.8	2.4	2.4	4.8	4.8	12.0	4.8	4.8	2.4	2.4	9.6	2.4
1	4.8	4.8	2.4	4.8	7.2	9.6	2.0	4.8	4.8	2.4	4.8	4.8
2	7.2	9.6	9.6	2.4	4.8	12.0	7.2	7.2	9.6	7.2	7.2	4.8
3	2.4	2.4	12.0	2.4	4.8	12.0	7.2	4.8	4.8	4.8	4.8	7.2
4	9.6	12.0	2.4	2.4	7.2	12.0	2.4	4.8	2.4	4.8	9.6	2.4
5	19.2	7.2	7.2	7.2	4.8	14.4	12.0	4.8	4.8	7.2	2.4	4.8
6	285.6	266.4	172.8	7.2	7.2	14.4	4.8	9.6	7.2	4.8	12.0	4.8
7	700.8	609.6	487.2	127.2	19.2	28.8	4.8	2.4	0.0	21.6	216.0	283.2
8	516.0	403.2	427.2	86.4	40.8	50.4	36.0	4.8	7.2	64.8	386.4	708.0
9	609.6	458.4	134.4	45.6	26.4	87.6	64.8	7.2	21.6	64.8	259.2	609.6
10	556.8	482.4	79.2	28.8	16.8	102.0	52.8	2.4	7.2	26.4	158.4	468.0
11	523.2	386.4	28.8	9.6	14.4	81.6	50.4	7.2	12.0	21.6	103.2	302.4
12	559.2	453.6	24.0	2.4	7.2	86.4	62.4	2.4	9.6	7.2	81.6	309.6
13	465.6	384.0	28.8	4.8	16.8	96.0	55.2	7.2	4.8	9.6	64.8	88.8
14	482.4	379.2	19.2	12.0	12.0	91.2	60.0	4.8	9.6	7.2	52.8	160.8
15	470.4	348.0	7.2	7.2	16.8	88.8	62.4	2.4	2.4	21.6	28.8	72.0
16	256.8	189.6	9.6	12.0	9.6	84.0	64.8	12.0	7.2	9.6	12.0	31.2
17	48.0	40.8	7.2	16.8	2.4	43.2	26.4	0.0	4.8	4.8	14.4	7.2
18	2.4	4.8	2.4	4.8	7.2	16.8	4.8	4.8	2.4	9.6	4.8	2.4
19	16.8	4.8	9.6	4.8	4.8	16.8	7.2	4.8	7.2	4.8	7.2	4.8
20	7.2	2.4	4.8	7.2	4.8	12.0	0.0	7.2	7.2	2.4	2.4	4.8
21	9.6	4.8	4.8	0.0	4.8	19.2	7.2	9.6	2.4	4.8	2.4	9.6
22	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	19.2	4.8	2.4	12.0	7.2	19.2	4.8
23	2.4	4.8	4.8	14.4	7.2	12.0	7.2	7.2	4.8	4.8	4.8	2.4
합계	5,565.6	4,466.4	1,492.8	420.0	256.8	1,022.4	611.6	129.6	158.4	326.4	1,468.8	3,100.8



[그림 4.1-2] 월별-시간별 지열사용량

4.2 환기시스템

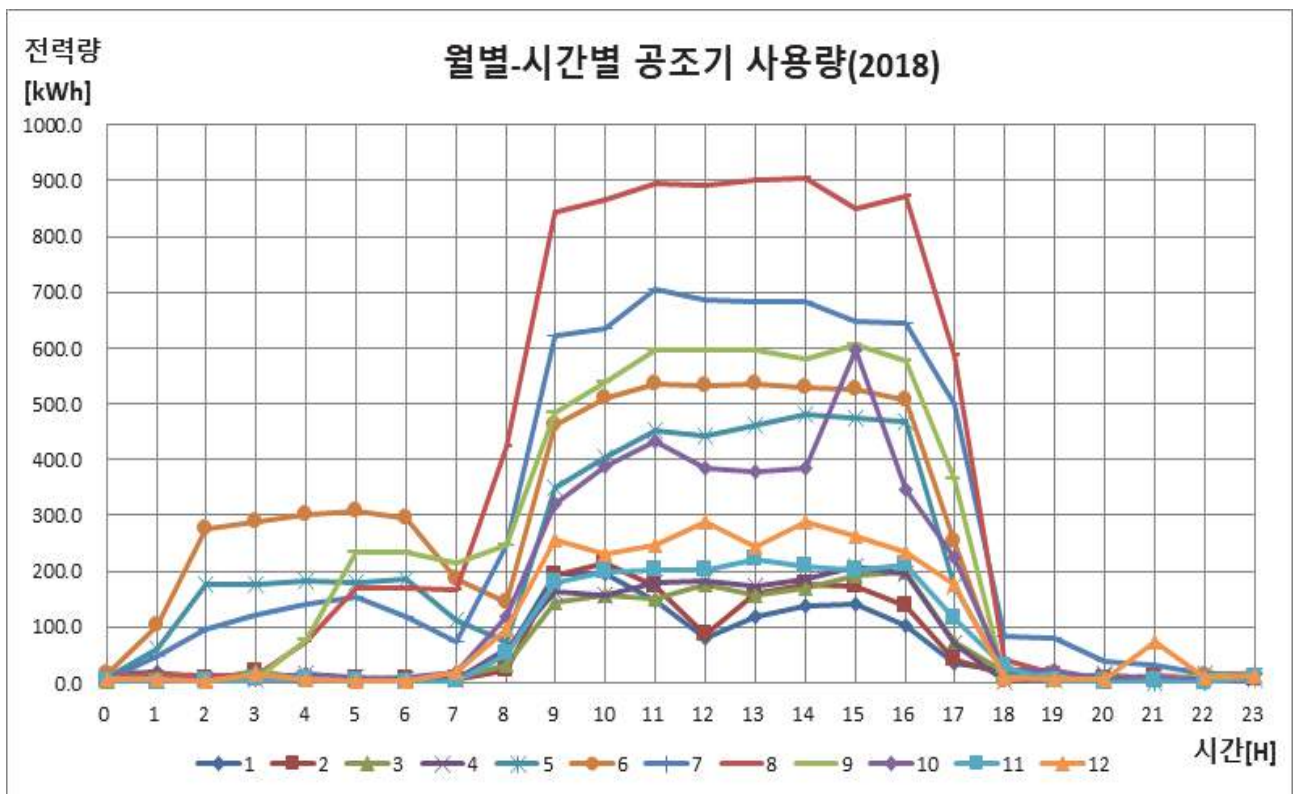
- SEDC는 기계환기 100%로 환기를 제어하고 있음. 여름철의 경우, 냉동기에서 만든 냉수를 이용하여 버퍼탱크 온도를 낮춘 후 이를 여름철에 Convactor 및 VAV를 이용해 각 실의 환기 및 냉방을 함께 이용하고 있음
- [그림 4.2-1]과 같이, 냉방을 하지 않는 10월부터 4월까지 환기로 이용하는 에너지는 월평균 2,258.4kWh로 나타남. 외기온도가 올라가는 봄철부터 초가을까지 공조기를 통해 냉방을 함께 하기 때문에 전력 소비량이 큰 것으로 나타남. 가장 많이 사용한 8월은 8,767.2kWh로 나타남
- 주로 냉방을 하는 여름철에 집중적으로 환기시스템의 전력 소비량이 증가하는 경향이 나타남
- 냉방을 위해 지열을 활용해야 하지만, 지열수의 온도가 높아서 냉방부하를 전부 커버할 수 없기 때문에 공조기로 냉방을 의존하는 운전을 하고 있음
- 2018년에는 늦가을에서 동절기 초반인 10 ~ 12월 사이에 전력 사용량이 2017년 동기대비 6,681.6kWh이 증가하였으나 2018년에는 동절기가 끝나는 2월에서 초여름으로 접어든 6월까지 전력 사용량이 2017년 동기 대비 12,700.8kWh 감소하여, 2018년은 2017년 대비 환기시스템의 전체적인 전력사용량이 15% (8,659.2kWh) 절감



[그림 4.2-1] 월별 환기시스템 전력 소비 현황

[표 4.2-1] 2018년 월별-시간별 공조기 사용량

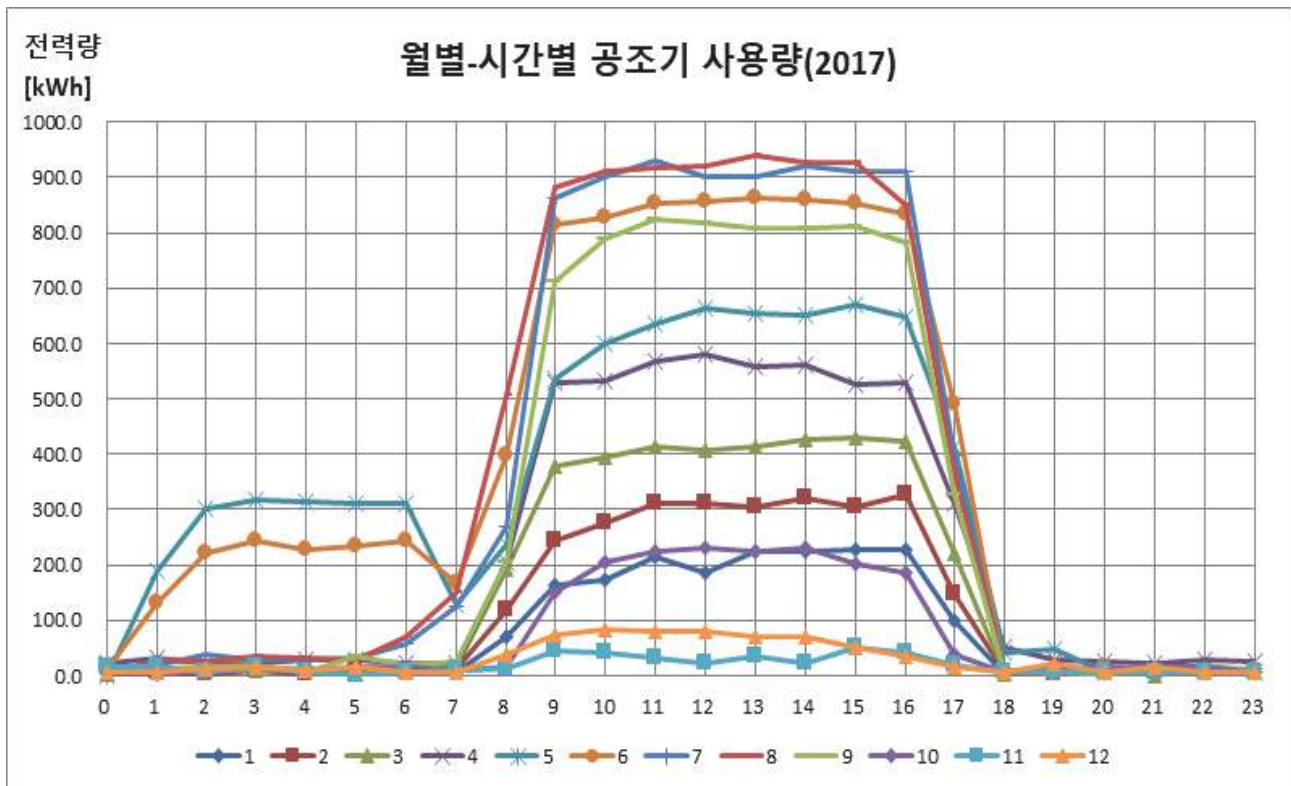
월 시간	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	14.4	2.4	2.4	4.8	9.6	14.4	7.2	12.0	9.6	9.6	2.4	4.8
1	19.2	7.2	2.4	7.2	62.4	103.2	48.0	14.4	7.2	7.2	0.0	4.8
2	7.2	4.8	2.4	4.8	177.6	276.0	96.0	12.0	0.0	4.8	2.4	2.4
3	9.6	19.2	24.0	7.2	175.2	288.0	122.4	12.0	4.8	4.8	4.8	14.4
4	4.8	7.2	7.2	14.4	182.4	302.4	141.6	74.4	76.8	14.4	7.2	4.8
5	4.8	7.2	2.4	9.6	180.0	307.2	153.6	170.4	235.2	7.2	2.4	2.4
6	7.2	7.2	9.6	7.2	184.8	295.2	120.0	170.4	232.8	9.6	0.0	2.4
7	7.2	7.2	9.6	7.2	112.8	187.2	74.4	165.6	216.0	19.2	2.4	19.2
8	50.4	24.0	33.6	60.0	74.4	144.0	247.2	422.4	247.2	117.6	52.8	96.0
9	196.8	192.0	144.0	163.2	350.4	463.2	621.6	844.8	484.8	319.2	180.0	256.8
10	196.8	213.6	156.0	158.4	403.2	511.2	633.6	866.4	540.0	388.8	199.2	230.4
11	146.4	172.8	151.2	180.0	451.2	535.2	705.6	895.2	597.6	434.4	201.6	247.2
12	79.2	86.4	175.2	182.4	444.0	532.8	686.4	890.4	595.2	386.4	201.6	288.0
13	117.6	160.8	156.0	172.8	463.2	535.2	684.0	900.0	597.6	379.2	220.8	242.4
14	139.2	177.6	170.4	184.8	482.4	530.4	684.0	904.8	580.8	384.0	208.8	288.0
15	141.6	172.8	192.0	208.8	475.2	525.6	648.0	849.6	607.2	595.2	201.6	261.6
16	103.2	139.2	199.2	194.4	468.0	506.4	645.6	873.6	576.0	345.6	211.2	232.8
17	36.0	40.8	74.4	69.6	172.8	252.0	499.2	585.6	364.8	223.2	115.2	177.6
18	21.6	14.4	19.2	2.4	14.4	2.4	84.0	40.8	4.8	24.0	28.8	9.6
19	12.0	12.0	7.2	7.2	4.8	14.4	81.6	16.8	14.4	21.6	2.4	4.8
20	7.2	4.8	2.4	12.0	14.4	4.8	38.4	4.8	7.2	7.2	0.0	7.2
21	2.4	9.6	7.2	9.6	0.0	7.2	33.6	12.0	4.8	9.6	2.4	74.4
22	0.0	2.4	12.0	9.6	14.4	12.0	16.8	9.6	12.0	4.8	0.0	9.6
23	14.4	7.2	12.0	12.0	4.8	7.2	16.8	19.2	16.8	16.8	9.6	12.0
합계	1,339.2	1,492.8	1,572.0	1,689.6	4,922.4	6,357.6	7,089.6	8,767.2	6,033.6	3,734.4	1,857.6	2,493.6



[그림 4.2-2] 2018년 월별-시간별 공조기 사용량

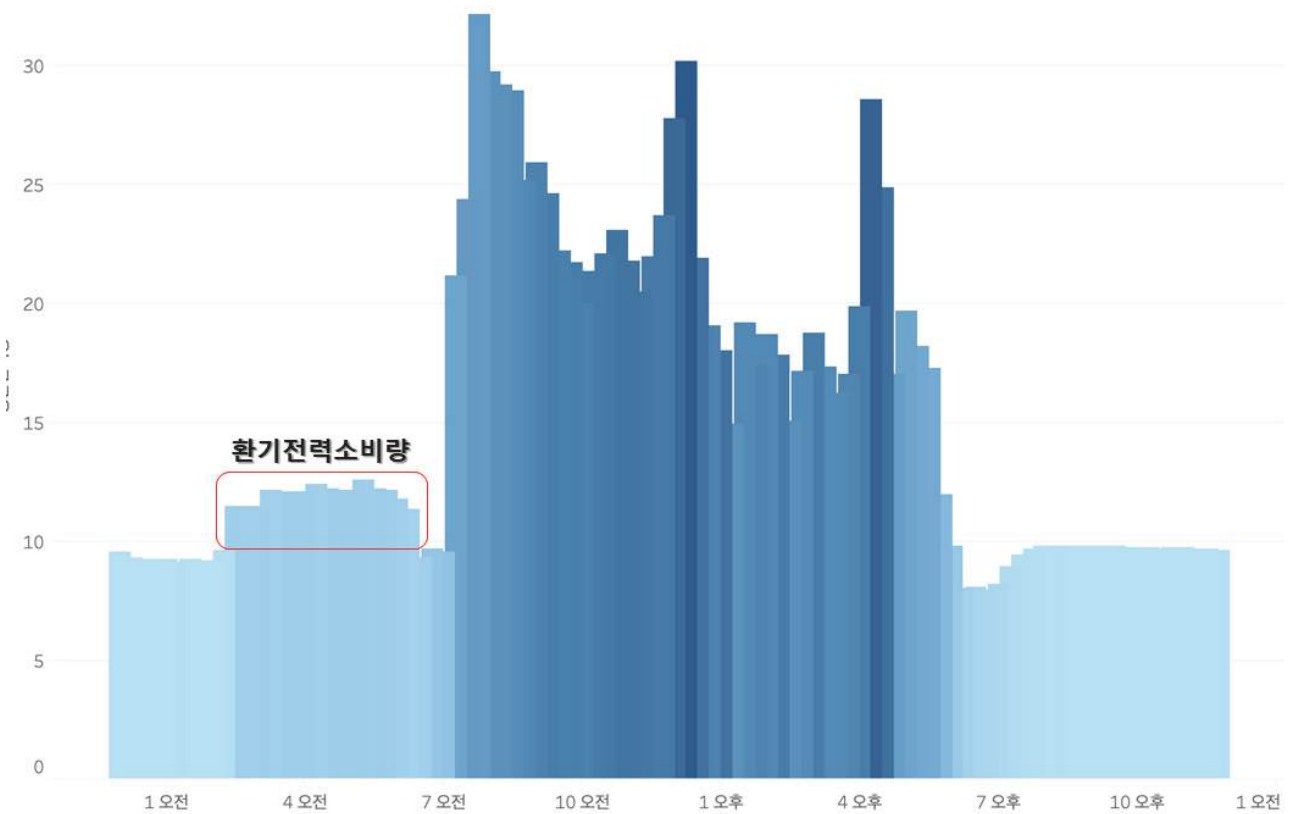
[표 4.2-2] 2017년 월별-시간별 공조기 사용량

월 시간	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	비고
0	4.8	16.8	2.4	24.0	0.0	12.0	7.2	2.4	7.2	2.4	14.4	4.8	
1	4.8	4.8	7.2	31.2	189.6	132.0	19.2	28.8	12.0	2.4	14.4	4.8	
2	12.0	2.4	9.6	21.6	302.4	220.8	38.4	26.4	16.8	4.8	7.2	12.0	
3	12.0	9.6	9.6	21.6	316.8	242.4	28.8	36.0	19.2	14.4	14.4	16.8	
4	4.8	2.4	12.0	28.8	314.4	228.0	28.8	31.2	7.2	9.6	4.8	9.6	
5	7.2	9.6	2.4	28.8	312.0	232.8	33.6	28.8	36.0	16.8	0.0	14.4	
6	9.6	7.2	4.8	24.0	312.0	244.8	57.6	69.6	19.2	14.4	7.2	7.2	
7	7.2	12.0	16.8	24.0	129.6	165.6	124.8	151.2	26.4	9.6	9.6	7.2	
8	72.0	117.6	192.0	204.0	237.6	398.4	268.8	506.4	204.0	16.8	12.0	38.4	
9	163.2	242.4	376.8	528.0	535.2	816.0	864.0	880.8	710.4	151.2	45.6	74.4	
10	172.8	276.0	396.0	532.8	600.0	828.0	900.0	909.6	789.6	204.0	40.8	84.0	
11	213.6	309.6	412.8	568.8	636.0	852.0	931.2	916.8	823.2	225.6	33.6	79.2	
12	184.8	309.6	408.0	580.8	662.4	856.8	902.4	921.6	818.4	230.4	24.0	79.2	
13	225.6	304.8	415.2	559.2	655.2	861.6	902.4	938.4	808.8	225.6	36.0	69.6	
14	225.6	321.6	427.2	561.6	650.4	859.2	919.2	926.4	808.8	230.4	24.0	72.0	
15	228.0	304.8	429.6	525.6	669.6	854.4	912.0	926.4	811.2	201.6	50.4	52.8	
16	228.0	326.4	424.8	528.0	648.0	832.8	912.0	849.6	782.4	187.2	43.2	36.0	
17	98.4	148.8	220.8	309.6	412.8	492.0	398.4	364.8	326.4	38.4	19.2	16.8	
18	2.4	4.8	2.4	52.8	43.2	7.2	4.8	9.6	4.8	7.2	7.2	4.8	
19	7.2	2.4	12.0	28.8	48.0	2.4	9.6	4.8	7.2	14.4	7.2	21.6	
20	7.2	7.2	9.6	26.4	4.8	14.4	16.8	14.4	2.4	12.0	4.8	7.2	
21	9.6	7.2	0.0	24.0	9.6	4.8	7.2	9.6	12.0	14.4	7.2	14.4	
22	7.2	9.6	14.4	28.8	4.8	4.8	9.6	7.2	19.2	16.8	4.8	7.2	
23	4.8	4.8	4.8	26.4	4.8	9.6	7.2	12.0	9.6	4.8	4.8	7.2	
합계	1,912.8	2,762.4	3,811.2	5,289.6	7,699.2	9,172.8	8,304.0	8,572.8	7,082.4	1,855.2	436.8	741.6	



[그림 4.2-3] 2017년 월별-시간별 공조기 사용량

- [그림 4.2-3]에서 보는 바와 같이 새벽 시간대, 특히 02시 30분에서 06시 30분 사이 대략 4시간 동안 공조기 전력 소비량이 서울에너지드림센터 폐관 후 새벽 2시전의 사용량에 비해서 시간당 3kWh씩 12kWh가 더 소비되는 것을 확인할 수가 있습니다(공조기 기저부하는 대략 10kWh). 이는 공조기의 환기를 위해서 3 ~ 9월 사이 자동설정에 의해서 환기시스템이 동작하도록 한 것에 기인
- 여름철(6 ~ 8월)에는 야간 환기뿐만 아니라 건물의 열기를 식히는 순효과가 있기에 바람직하지만 다른 달(3, 4, 5, 9월)에는 서울에너지드림센터의 폐관 이후 공조기 가동을 정지시킴으로써 공조기 내 냉동기 부하를 줄일 수 있음



[그림 4.2-3] 년중 시간별 공조기 가동 전력 소비량

- 여름철에만 공조기를 24시간 가동시킴으로써 년중 예상되는 전력 사용량 절감효과는 대략 1,440kWh (3kW x 4hrs x 30 days x 4 months)로 추정
- 서울에너지드림센터 개관일부터 2019년 11월 30일까지의 시스템 가동 시간 대비 용도별 운용 시간을 분석해 보면 아래와 같다.

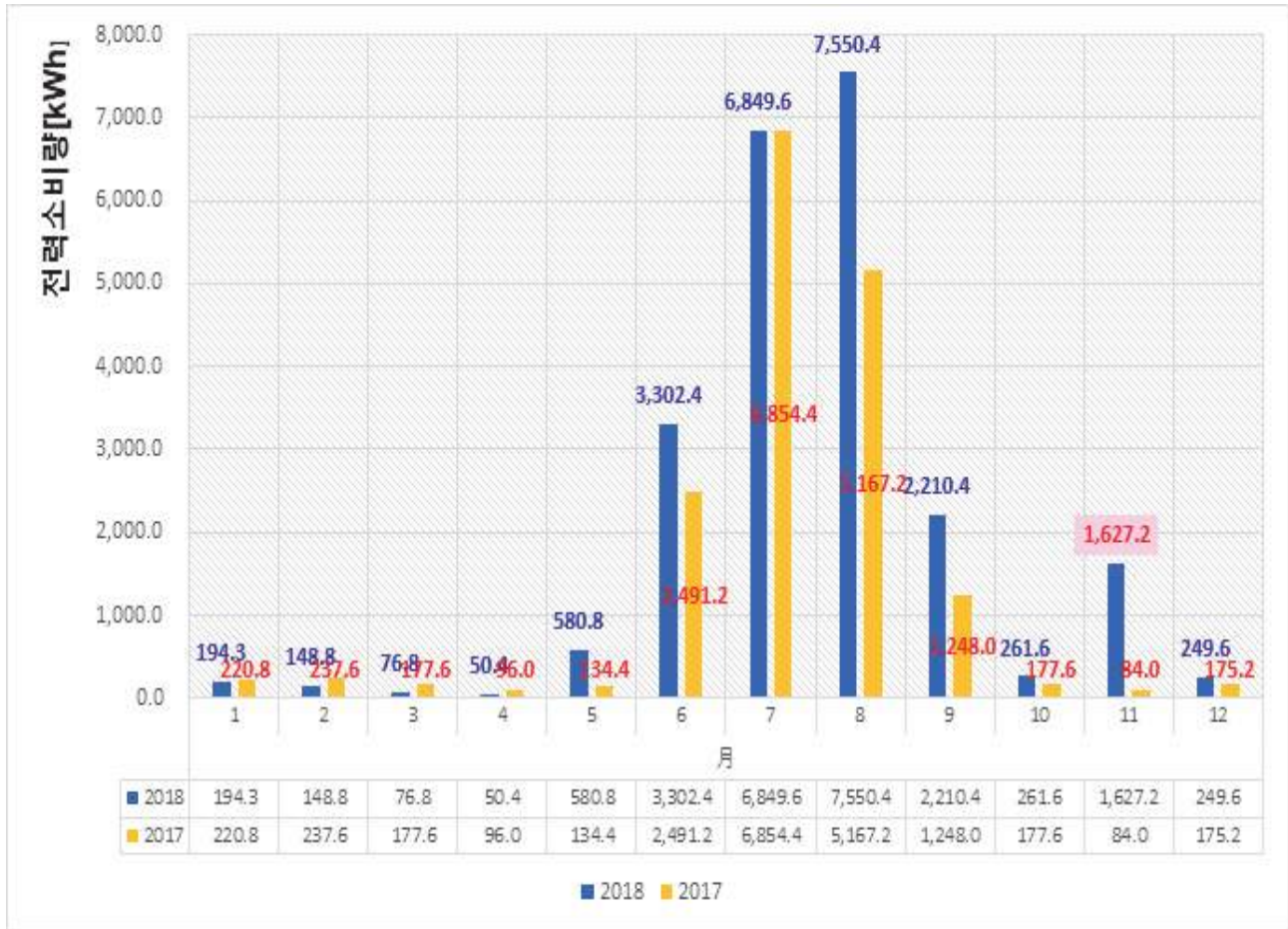


[그림 4.2-4] 공조기 시스템 용도별 가동 시간

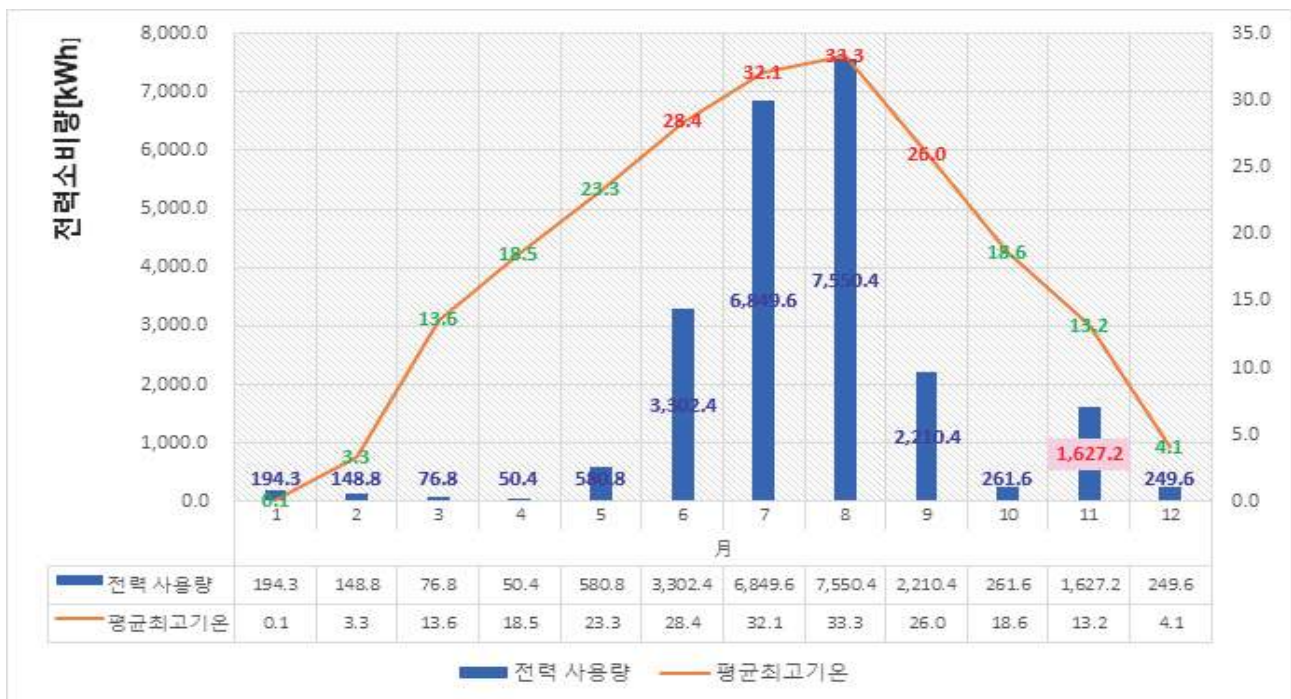
- 상기[그림 4.2-4]에서 보는 바와 같이 에너지드림센터 개관 이래 공조기 내 압축기의 운전시간(7,151시간)이 환기시스템 전체 가동시간(16,564시간)의 약 43%에 이르고 있으며, 이는 압축기가 제습용으로만 가동이 되지 않고 급기풍량을 조절하여 [그림 4-4] 2018년 월별 시스템별 전력 소비 현황에서 보는 것처럼 상당히 많은 실내 냉방부하를 감당하고 있는 것을 알 수 있다.

4.3 냉온수/냉동기

- 2018년도에는 냉온수및 냉동기 전력 소비량이 전년 대비 6,038.3kWh가 증가하였으며, 특히 여름철인 6, 7, 8월에 집중(3,189.6kWh) 사용
- 특히, 2018년 8월 평균최고기온이 33.3℃로 2017년 평균최고기온(29.7℃)보다 상당히 높아 냉동기 사용량이 크게 증가한 것으로 판단
- 2018년 11월 전력 소비량이 전년 동월대비 상당히 큰폭으로 사용량이 증가한 것으로 나타나는 데(1,543.2kWh), 계절적인 비수요기를 감안하면 비정상적인 사용으로 이에 원인파악이 되어야 할 것으로 생각(냉동기 시스템 오동작, SCADA시스템 오류 등)



[그림 4.3-1] 월별 냉온수/냉동기 전력 소비 현황

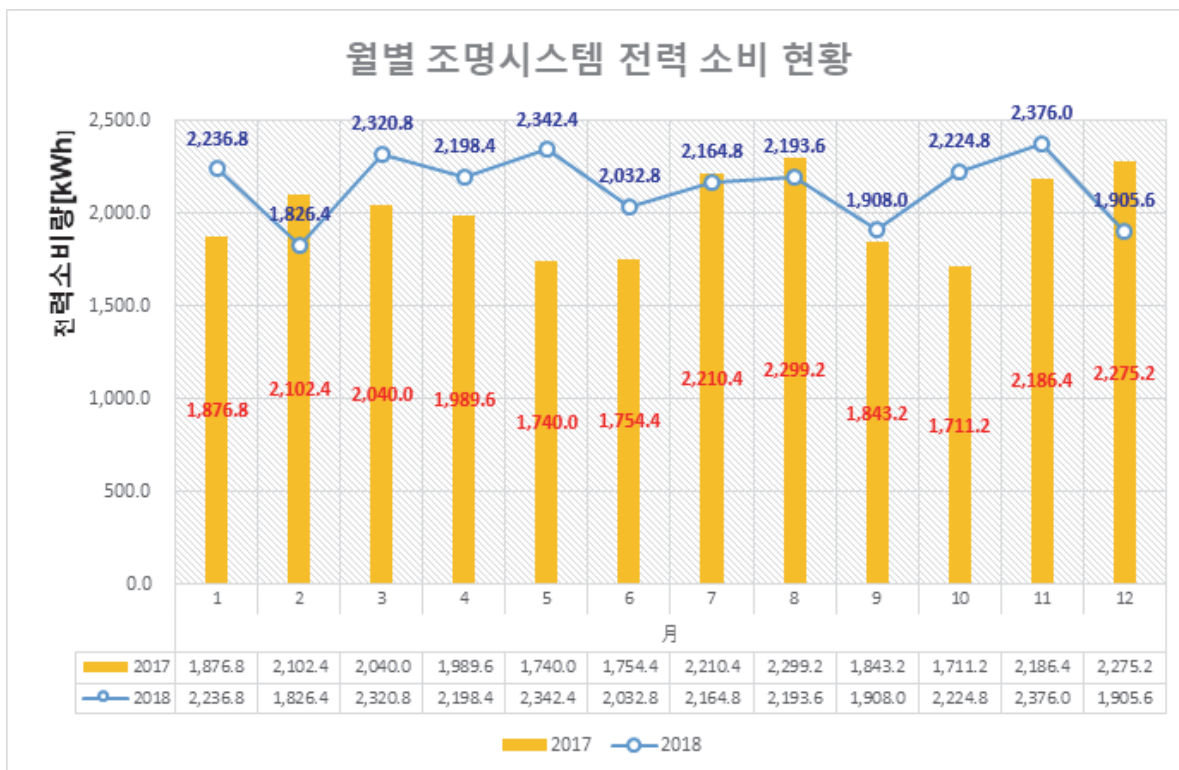


[그림 4.3-2] 2018년도 외기온도에 따른 월별 냉온수 & 냉동기시스템 전력 사용량

- 2018년도 서울시 평균최고기온을 기준으로 전력 소비량을 비교해보면, 확연하게 여름철 기온이 크게 상승한 7월과 8월에 전력 사용량이 큰폭으로 증가한 것을 확인할 수 있습니다. 따라서, 이시기에는 월별 시간별 온도, 습도 및 CO₂농도 등에 맞추어 건물내 재실자들의 불쾌지수에 영향을 최소화하는 한도에서 적절한 부하제어를 통해서 전력 사용량을 줄이는 노력을 해야 할 것으로 판단이 됨 각 층의 조명 전력 소비값을 계측하고 있음

4.4 조명시스템

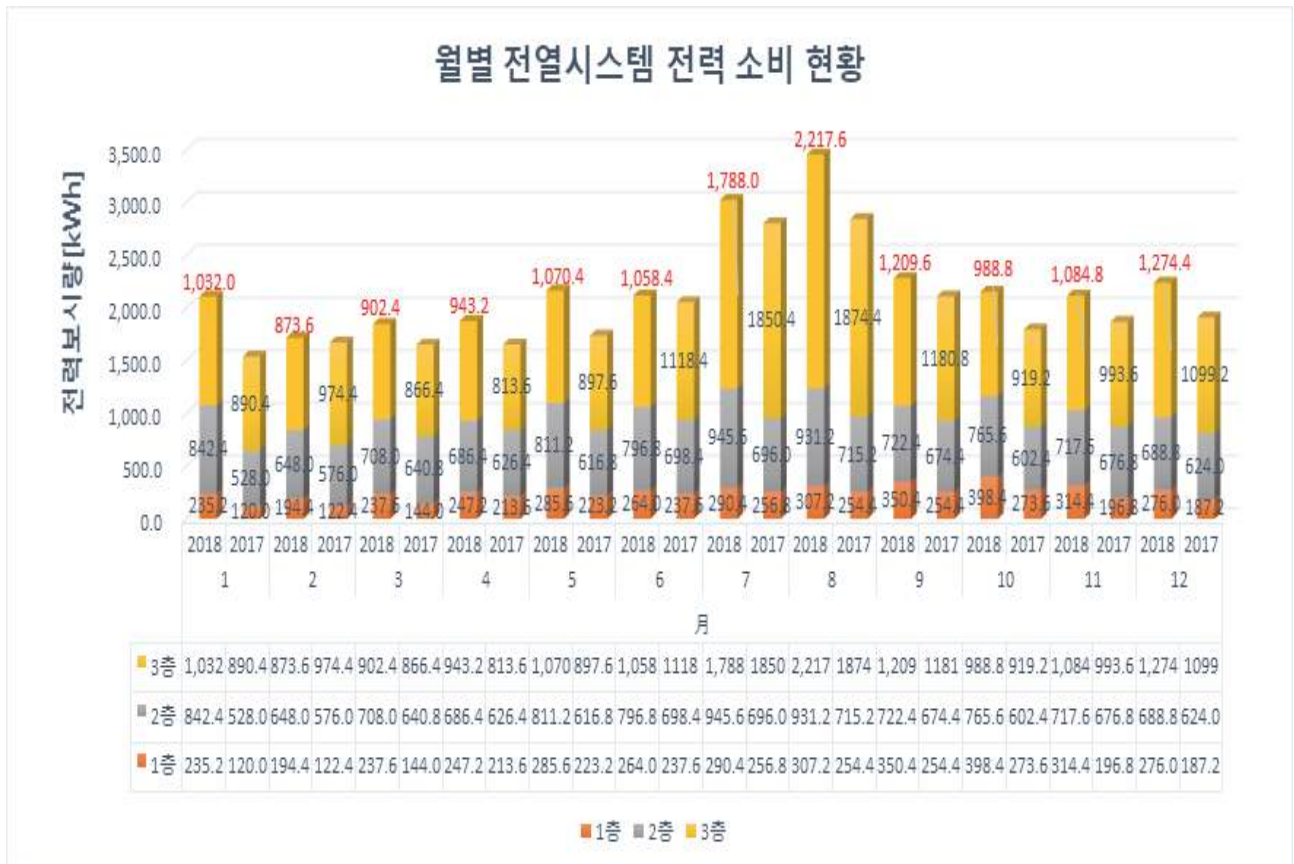
- SEDC는 각 층의 조명 전력 소비값을 계측하고 있음
- 조명시스템 전력 소비가 가장 많은 달은 11월 2,376kWh로 나타지만 조명시스템은 재실자수와는 관련이 없기에 연중 월별 사용량에는 큰차이는 없지만 2월 설명절, 9월 추석 연휴와 12월 연말의 3달 동안은 연간 평균사용량의 87.7%정도 소비한 것으로 나타남
- 2018년 조명 시스템 전력 소비가 가장 많은 달의 경우는 2,376kWh (vs. 2,299.2kWh / 2017년), 가장 적은 달은 1,826kWh (vs. 1,711.2kWh / 2017년)으로 나타났지만 월평균 전력 소비량은 2,144.2kWh (vs. 2,002.4kWh / 2017년)으로 매달 비슷한 전력 소비 패턴을 보임
- 조명시스템의 경우, 자동제어를 통해 실내에서 인체의 움직임을 감지하는 재실센서와 실내에 유입되는 태양광을 감지하는 조도센서에 의해 자동으로 조명의 세기 조절 또는 점등 및 소등이 제어가 됨



[그림 4.4-1] 월별 각층 조명시스템 전력 소비 현황

4.5 전열시스템

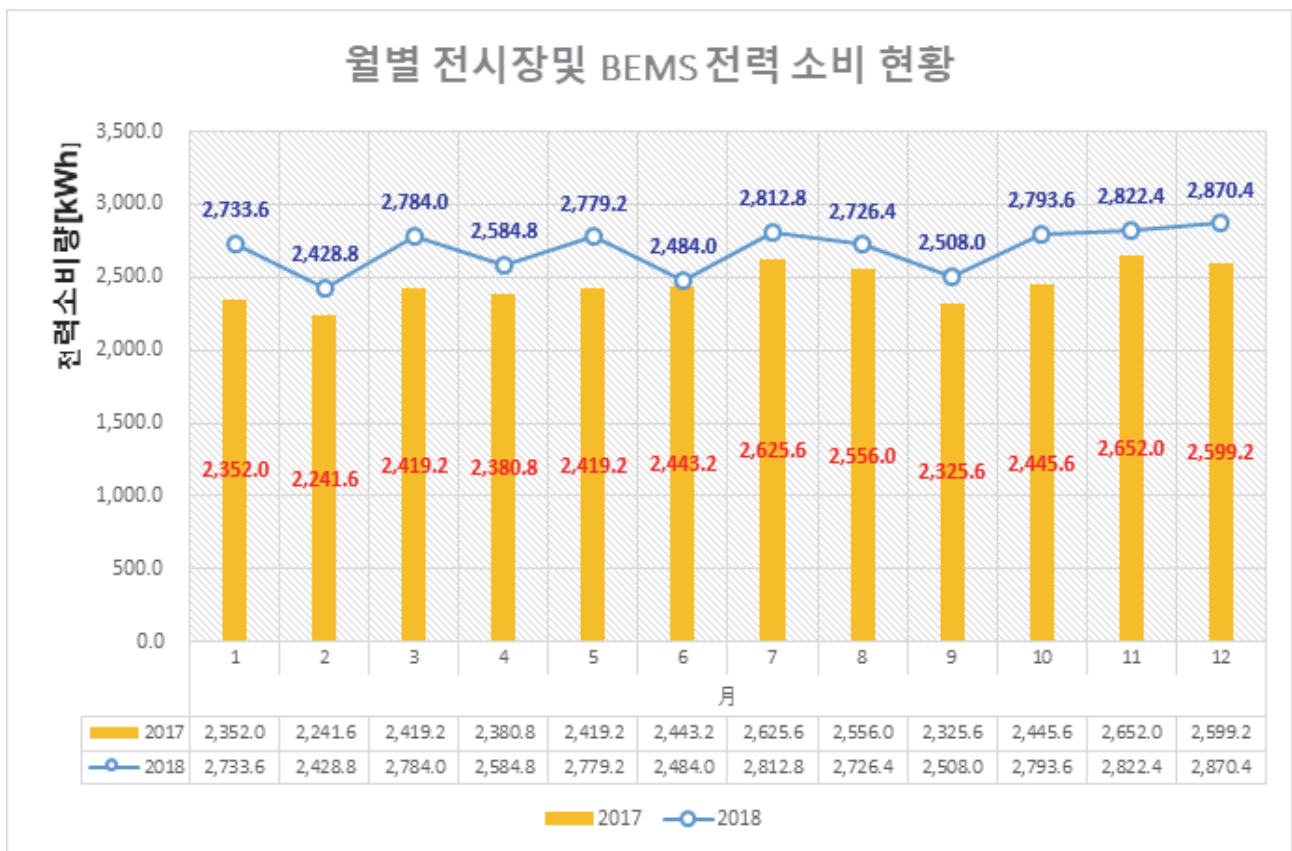
- 각 층의 콘센트 부하를 전열시스템이라고 통칭
- 분전반을 통해 각 층의 콘센트의 전력 소비량을 계측
- 3층 전열시스템의 전력소비량이 1층과 2층에 비하여 높은 것으로 나타나는 데, 이는 3층에 사무실이 위치하고 있어 컴퓨터, 프린트, 냉장고, 선풍기 등 전열기기가 많기 때문인 것으로 파악
- 특히, 3층의 7, 8월의 전열시스템의 전력 소비량이 높은 이유는 분전반에 3층 컨벡터 부하가 함께 계측되고 있기 때문인 것으로 판단됨. 여름철에 3층 사무실 및 다목적실 등에서 컨벡터를 통해 냉방을 하기 때문인 것으로 확인
- 2018년 전력소비량(27,108kWh)이 2017년(23,637.6kWh)대비 14.7%(3,470.4kWh) 사용량이 증가한 것으로 나타나는 데, 이부분은 확인이 필요



[그림 4.5-1] 월별 각층 전열시스템 전력 소비 현황

4.6 전시장 및 BEMS

- 센터의 1층과 2층 전시장 및 제어실의 BEMS 전력사용량을 함께 계측하고 있음
- 전시장 및 BEMS의 전력사용량은 센터의 운영일과 밀접한 연관이 있음. 이에 2월의 전력사용량이 2,428.8kWh로 가장 적게 사용하고, 12월에 2,870.4kWh 가장 많이 사용된 달인 것으로 나타남
- 2018년 전력사용량도 2017년과 마찬가지로 대동소이하게 계절적 요인에 따라서 봄(3 ~ 5월)과 가을에서 초겨울(10 ~ 12)사이에 전력사용량이 다소 높게 나타나는 것으로 되어 있지만 대체로 평균값 기준으로 +/- 10% 범위내에 고르게 분포되어 있는 것을 확인할 수 있음



[그림 4.6-1] 월별 전시장 및 BEMS 전력 소비 현황

- 월요일 휴관일의 경우, 평균 60kWh 정도의 전력을 사용하는 것으로 나타나 있으나 10월 8일부터 12월 10일까지는 휴관일 평균 77kWh의 전력 소비량을 확인할 수 있는 데, 이부분은 추가 확인이 필요할 것으로 보임
- 전반적으로 주말에 관람객들의 증가로 평균 100kWh 정도의 전력을 사용하는 것으로 보이고 있으나 12월 15일(土)과 16일(日)에는 122.4kWh의 높은 전력 사용량을 나타내고 있는 데, 이부분도 추가 확인이 필요할 것으로 보임



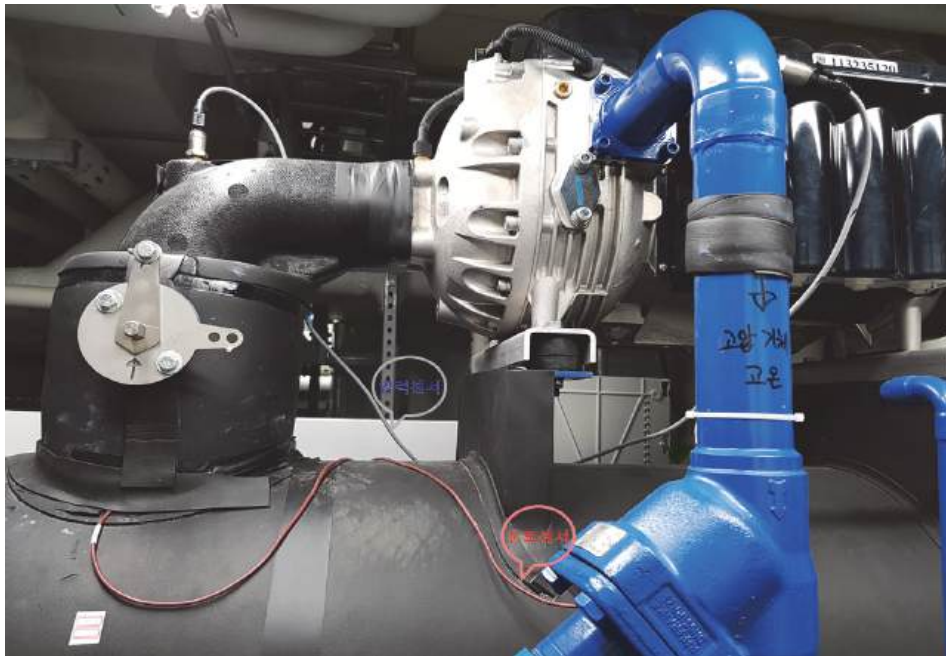
4.7 냉동기 성능 분석

- SMARDT사의 무급유 자기부상 터보냉동기의 동작상태 감시 및 성능 분석을 위해서 Sweden ClimaCheck사의 ClimaCheck Performance Analyzer를 이용하여 터보냉 동기에 부착된 온도 및 압력 센서상의 데이터를 기반으로 24시간 실시간으로 측정하고 있다.



[그림 4.7-1] ClimaCheck Performance Analyzer

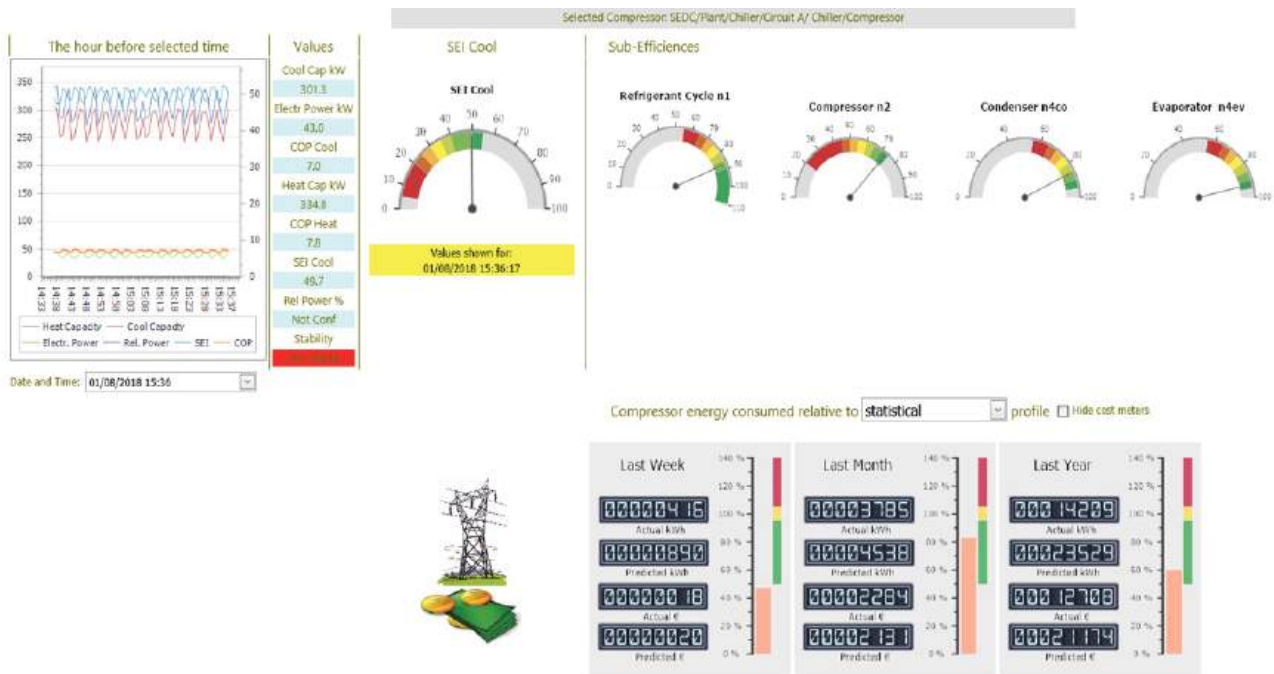
■ 터보냉동기에 부착된 온도와 압력센서는 아래 그림과 같다.



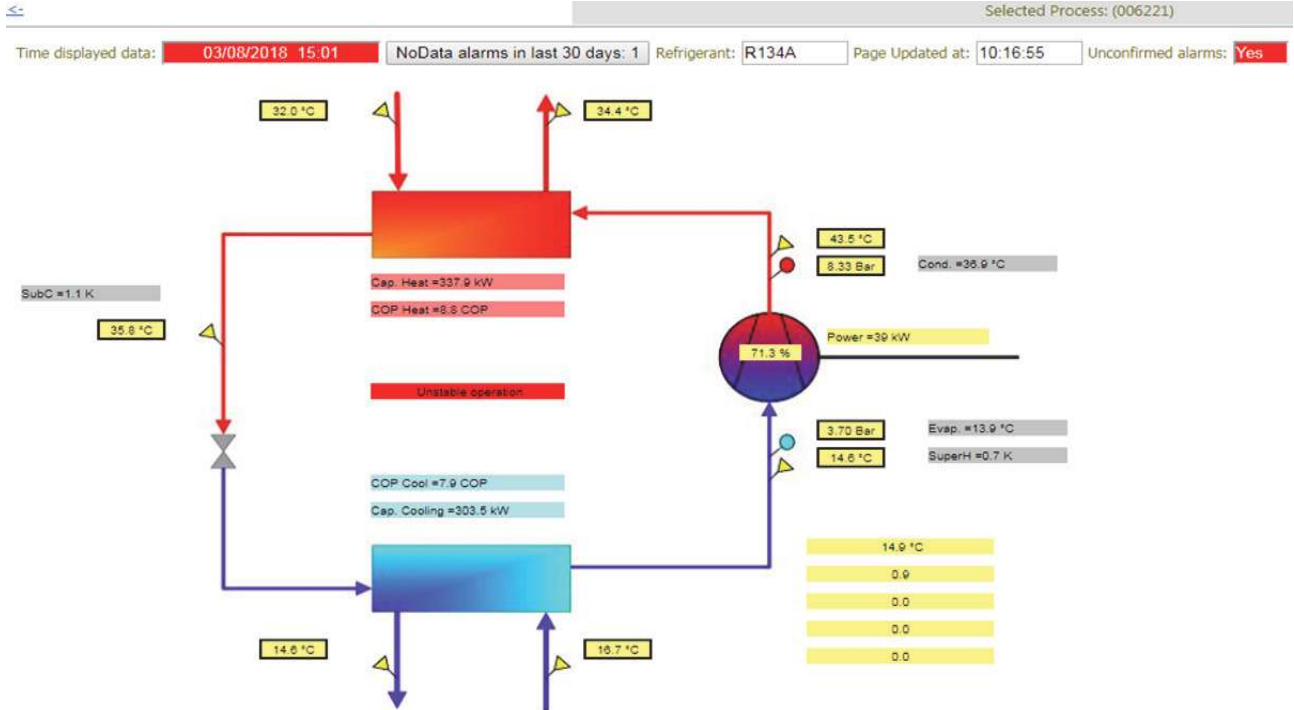
[그림 4.7-2] ClimaCheck 온도 및 압력센서 연결도

1) Chiller

가. 성능 분석을 위해 외기온도(Outdoor temperature)가 가장 높게 나타난 2018년 8월 1일이 포함된 7월 30일 주차에 대해서 분석을 하였다.



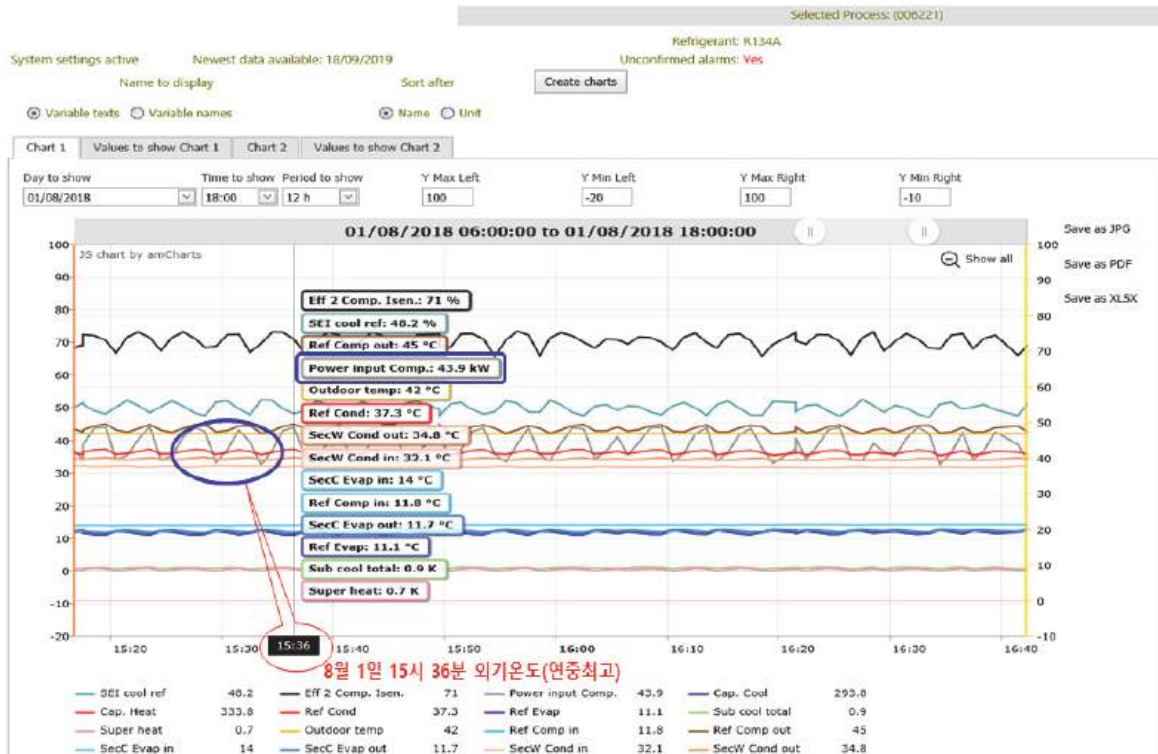
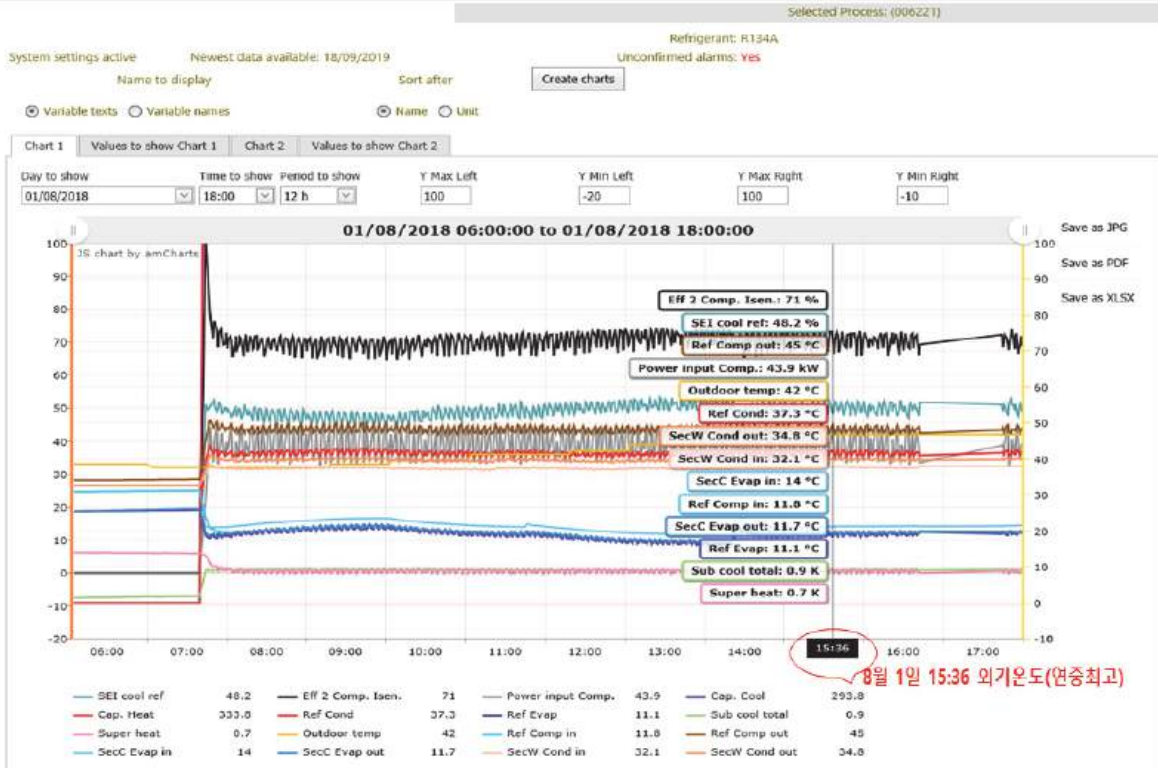
[그림 4.7-3] Chiller Dashboard (2018년 8월 1일 15:36)



[그림 4.7-4] Chiller Flowchart (2018년 8월 1일 15:36)



[그림 4.7-5] Chiller System Performance Graph (2018년 7월 30일 주차)



[그림 4.7-6] Chiller System Performance Graph (2018년 8월 1일 15시 36분)

나. 상기 [그림 4.7-6] 아래쪽 그래프에서 보는 바와 같이 압축기 전력(소요동력) 부분을 확대해 보면 압축기(Compressor) 입력 전력의 변동폭이 22.3 ~ 45.6kW로 상당히 크게 요동치면서 공급되는 것을 볼 수 있다.

- 이처럼 급격한 실내 부하변동이 있을 경우 증발기에서 포밍(forming) 및 스로틀링(throttling) 등이 불완전한 증발현상이 발생하여 증발기를 통과한 냉매에도 약간의 액체가 있을 수 있는 데, 이는 과열도(super heating)의 문제인 것으로 추정된다. 액체 상태의 냉매가 압축기로 들어가면 압축기에서 액압축에 의한 액 해머링(hammering)이 발생해 압축기의 소손을 야기하고 전력 소비량의 증가 가능성도 야기할 수 있다. 혹은 부하가 너무나 작지만 액압축은 발생하지 않을 정도라고 한다면 이는 압축기 흡입가스의 온도가 조금 낮은 상태 즉, 과열도가 작은 상태가 된다. 효율 측면으로는 좋으나 안전상 우려가 될 수 있을 것이다. 따라서 이러한 우려들로 증발기 출구와 압축기 입구측에 액분리기(accumulator)나 액 해머링을 방지하는 장치들을 설치하여 압축기를 보호해야 할 것이다.

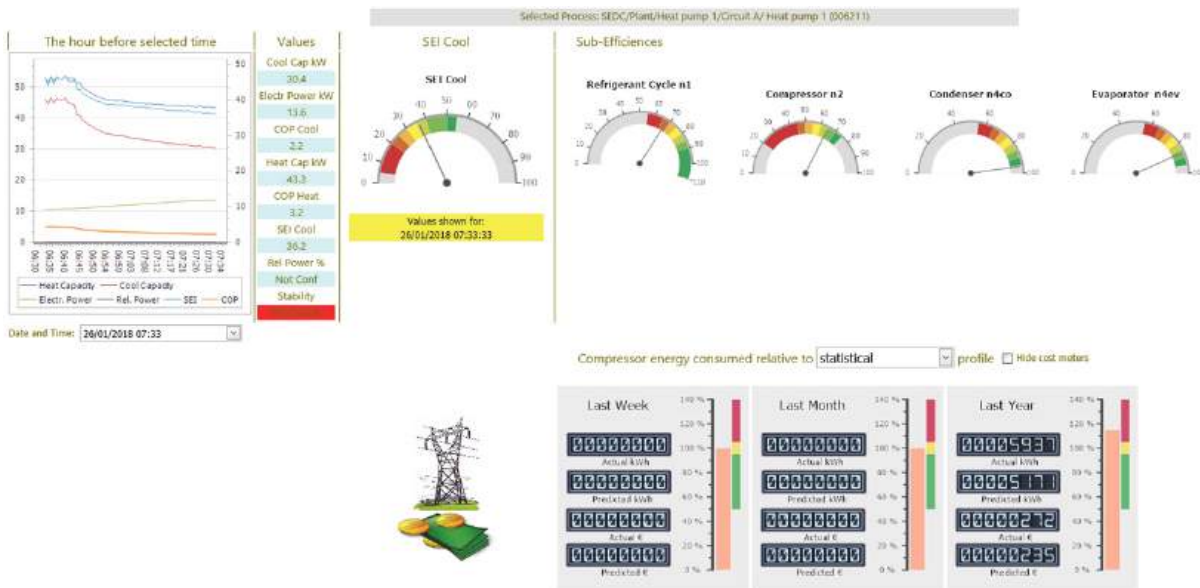
다. 상기 문제는 에너지 소비량 측면보다는 냉동기 자체의 결함이나 효율과 밀접한 관계가 있기에 향후 SMARTD사를 통해서 진단이 필요할 것으로 판단한다.

2) Heat Pump

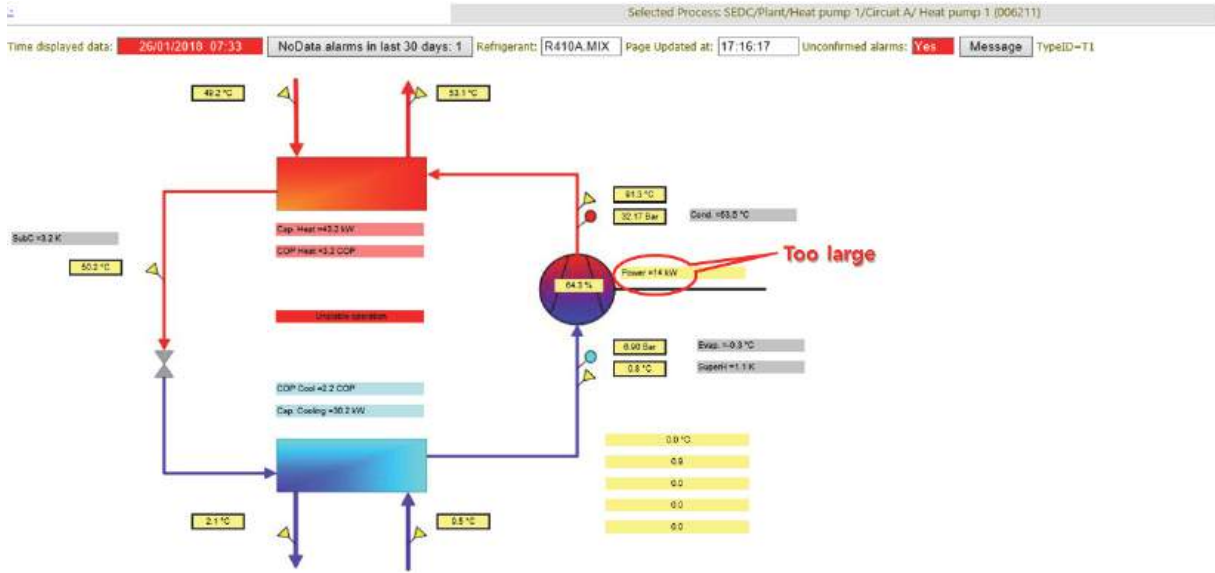
가. 성능분석을 위해 외기온도(Outdoor temperature)가 가장 낮게 나타난 2018년 1월 26일이 포함된 1월 22일 주차에 대해서 분석을 시행하였다.

- Heat Pump는 총 3개로 난방용과 공조용으로 각각 42kW용량의 HP1과 HP3이 운용되고 있고 급탕용으로 28kW용량의 HP2가 사용되고 있으며, 히트펌프별 성능을 분석하면 아래와 같다.

① Heat Pump 1

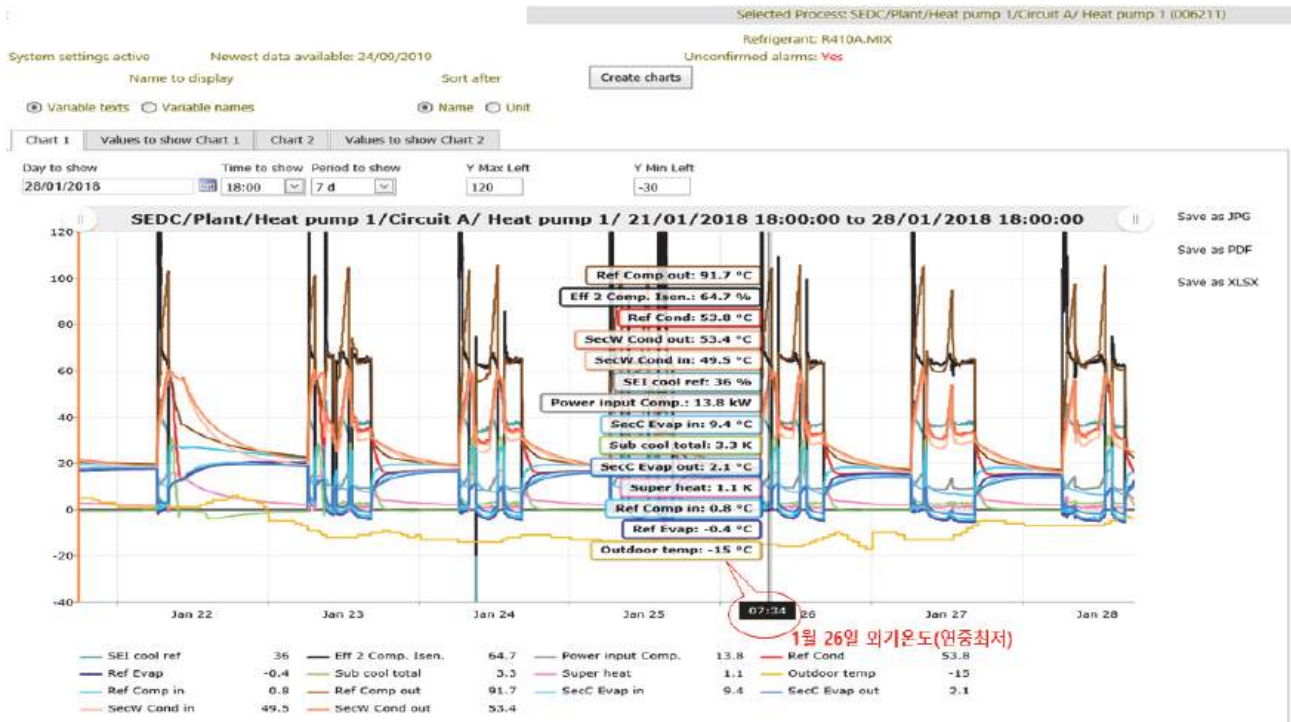


[그림 4.7-7] HP1 Dashboard (2018년 1월 26일 07:33)

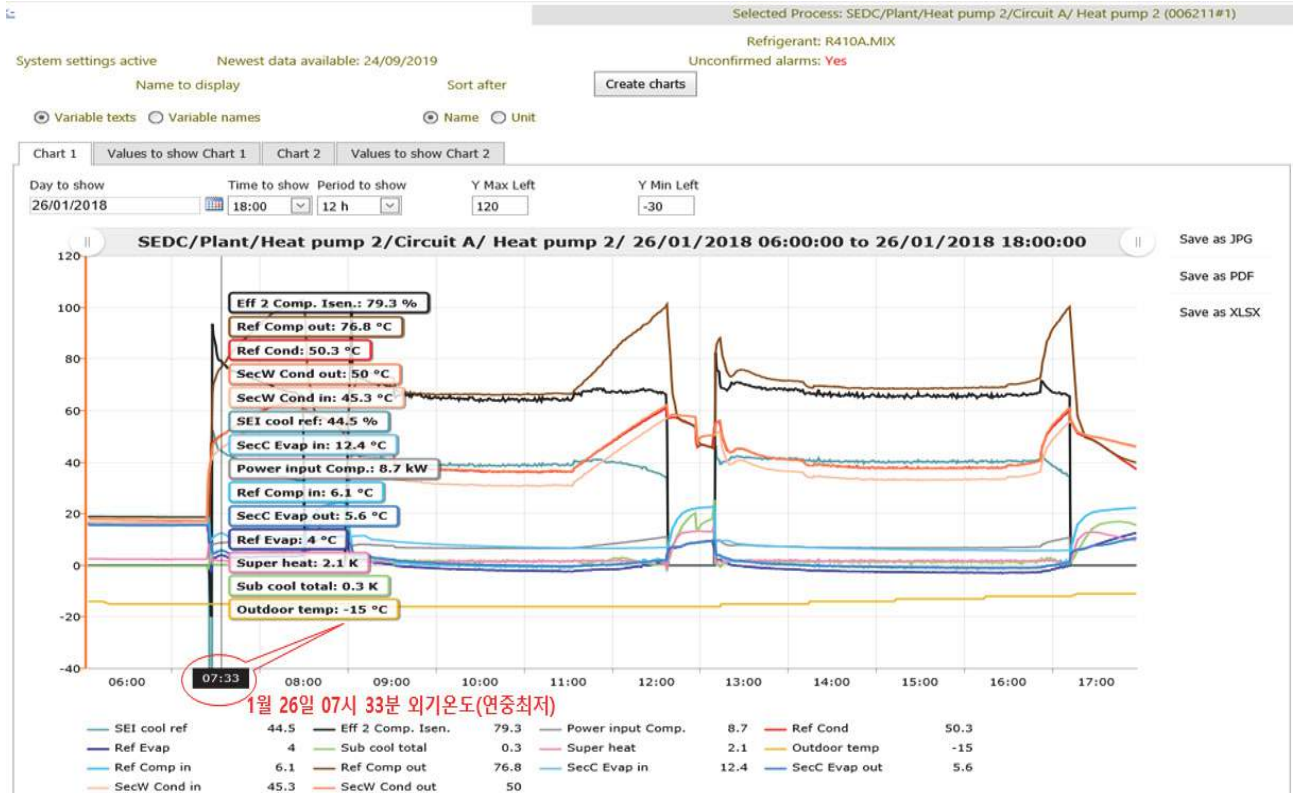


[그림 4.7-8] HP1 Flowchart (2018년 1월 26일 07:33)

- 상기 [그림 4.7-8]에서 보면 압축기 입력 전력이 난방이외에 냉방용으로는 사용하지 않지만 상당히 높게 나타나고 있음을 나타내고 있다.
- 추정원인 : 냉각수 유량이 적거나 냉각수 온도가 너무 낮음
- 해결방안 : 배관을 확장하거나 냉각수 유량을 증가시킬 수 있는 펌프로 교체

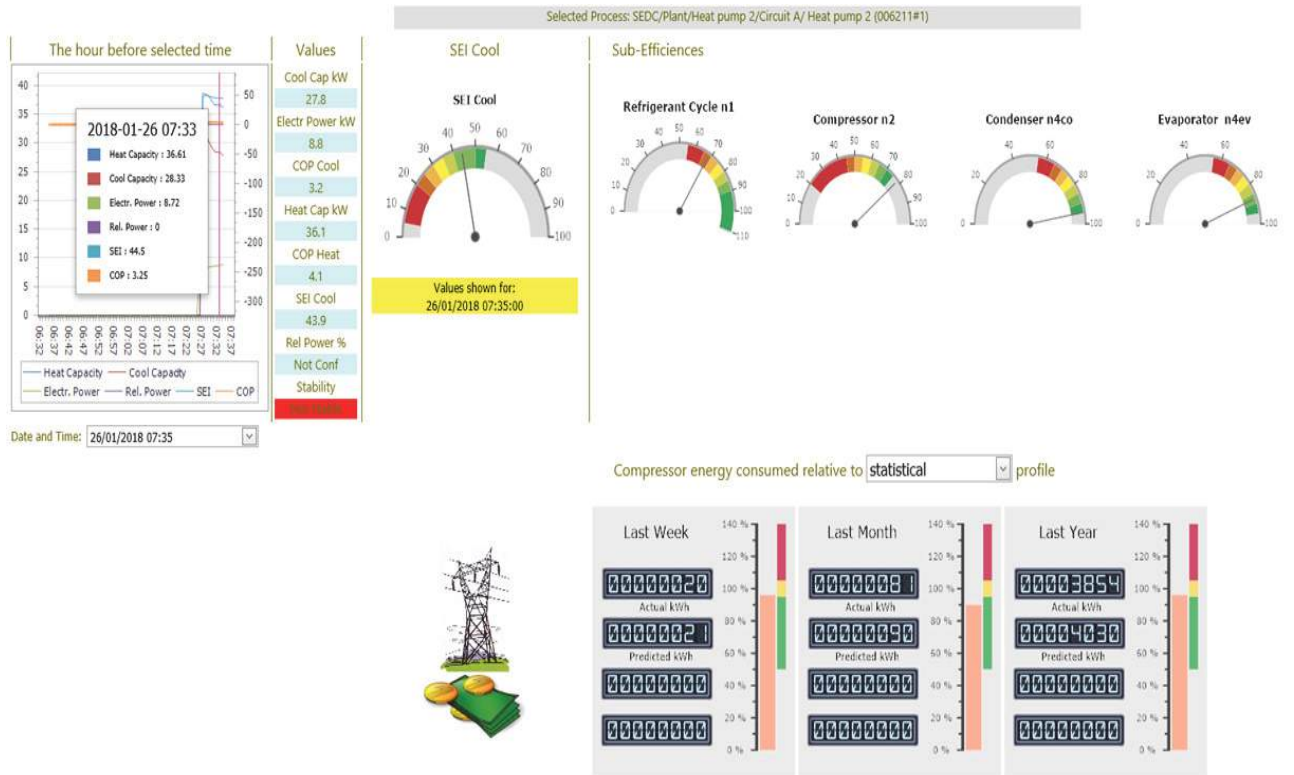


[그림 4.7-9] HP1 System Performance Graph (2018년 1월 26일 주차)

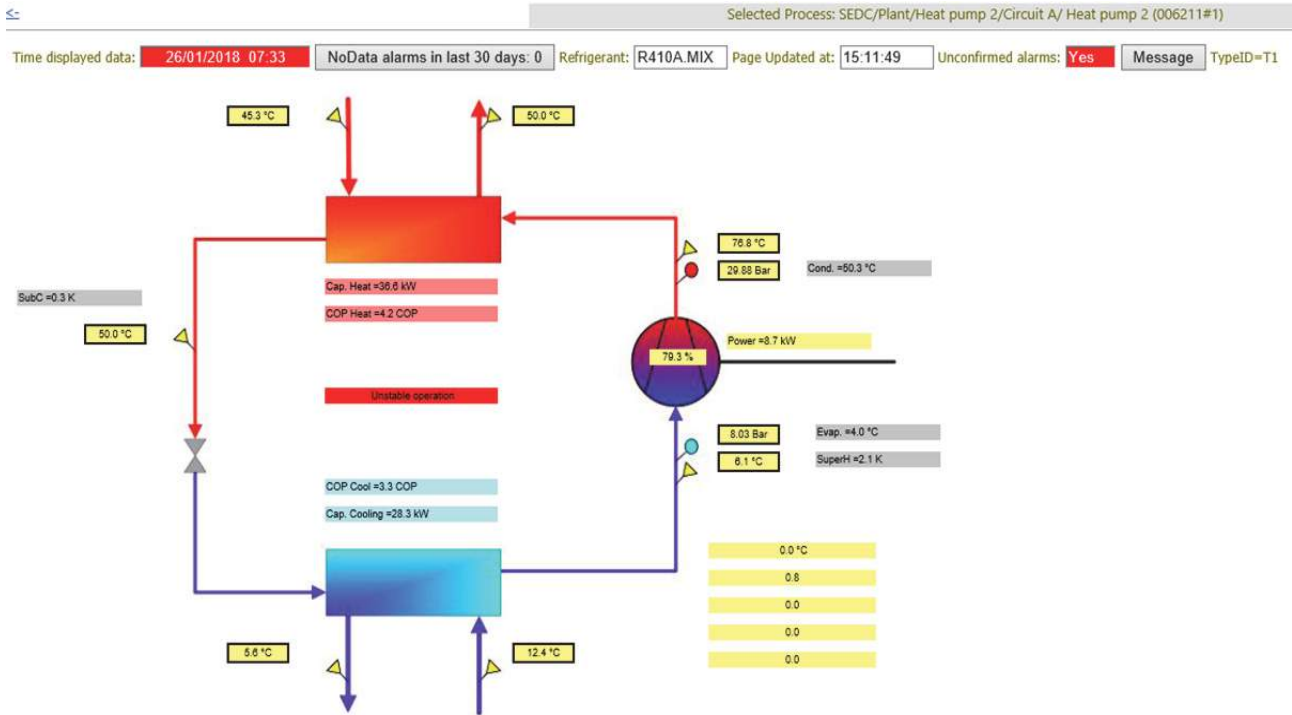


[그림 4.7-10] HP1 System Performance Graph (2018년 1월 26일 07시 33분)

② Heat Pump 2



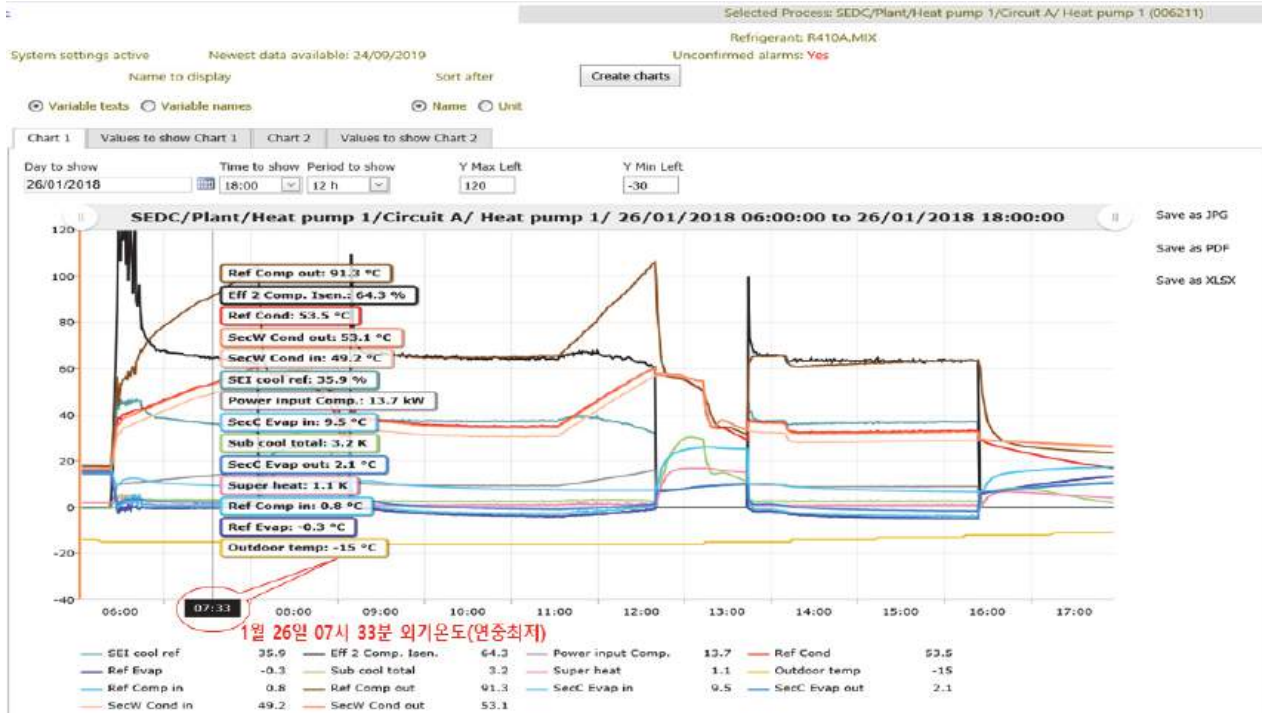
[그림 4.7-11] HP2 Dashboard (2018년 1월 26일 07:33)



[그림 4.7-12] HP2 Flowchart (2018년 1월 26일 07:33)

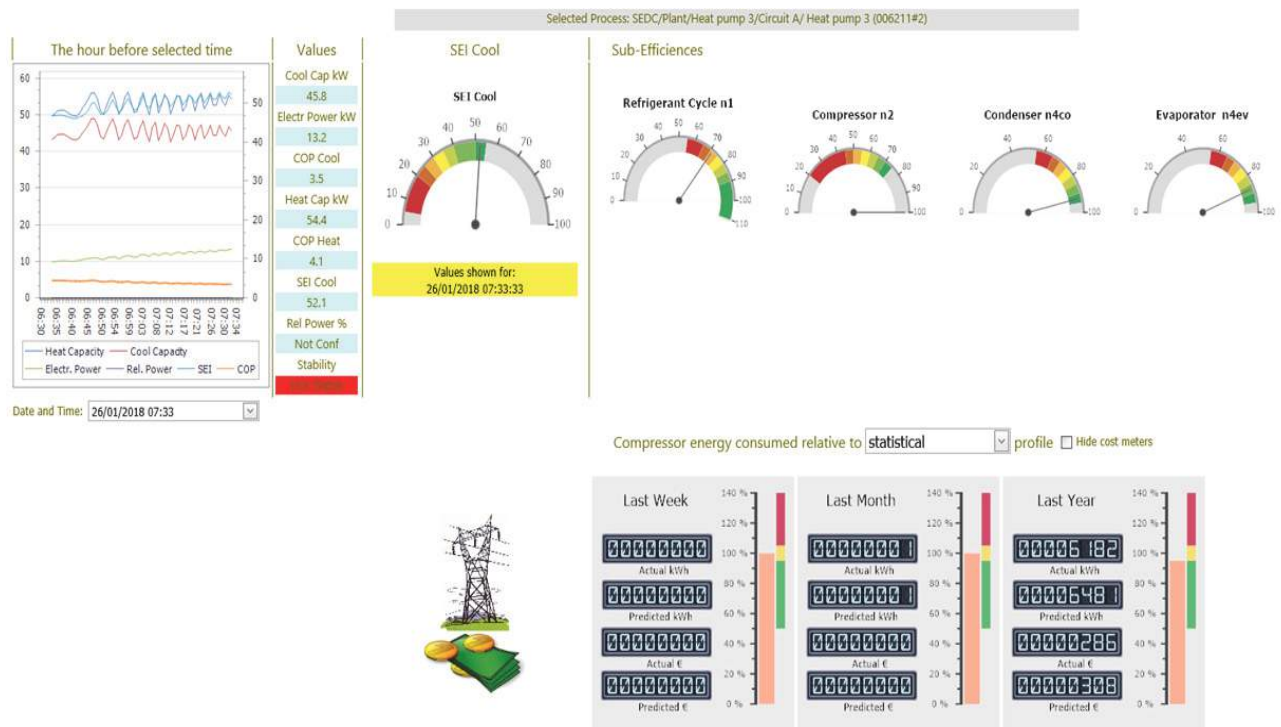


[그림 4.7-13] HP2 System Performance Graph (2018년 1월 26일 주차)

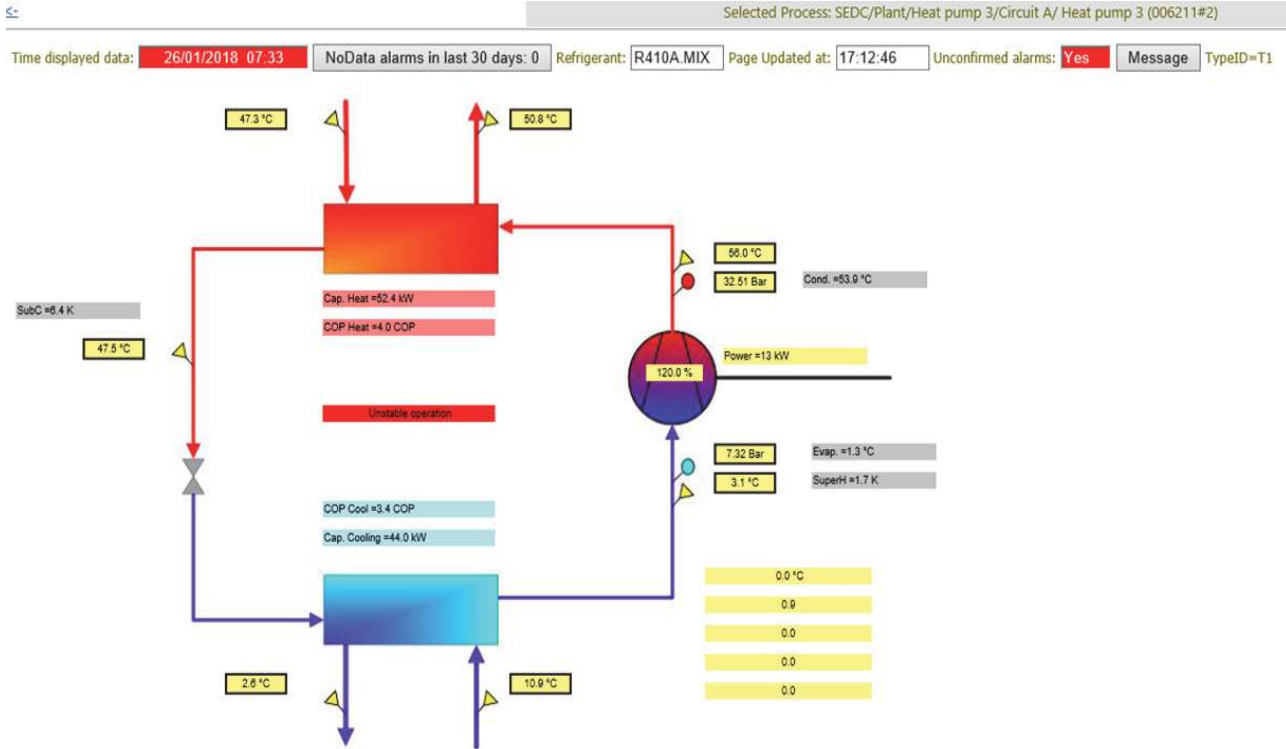


[그림 4.7-14] HP2 System Performance Graph (2018년 1월 26일 07시 33분)

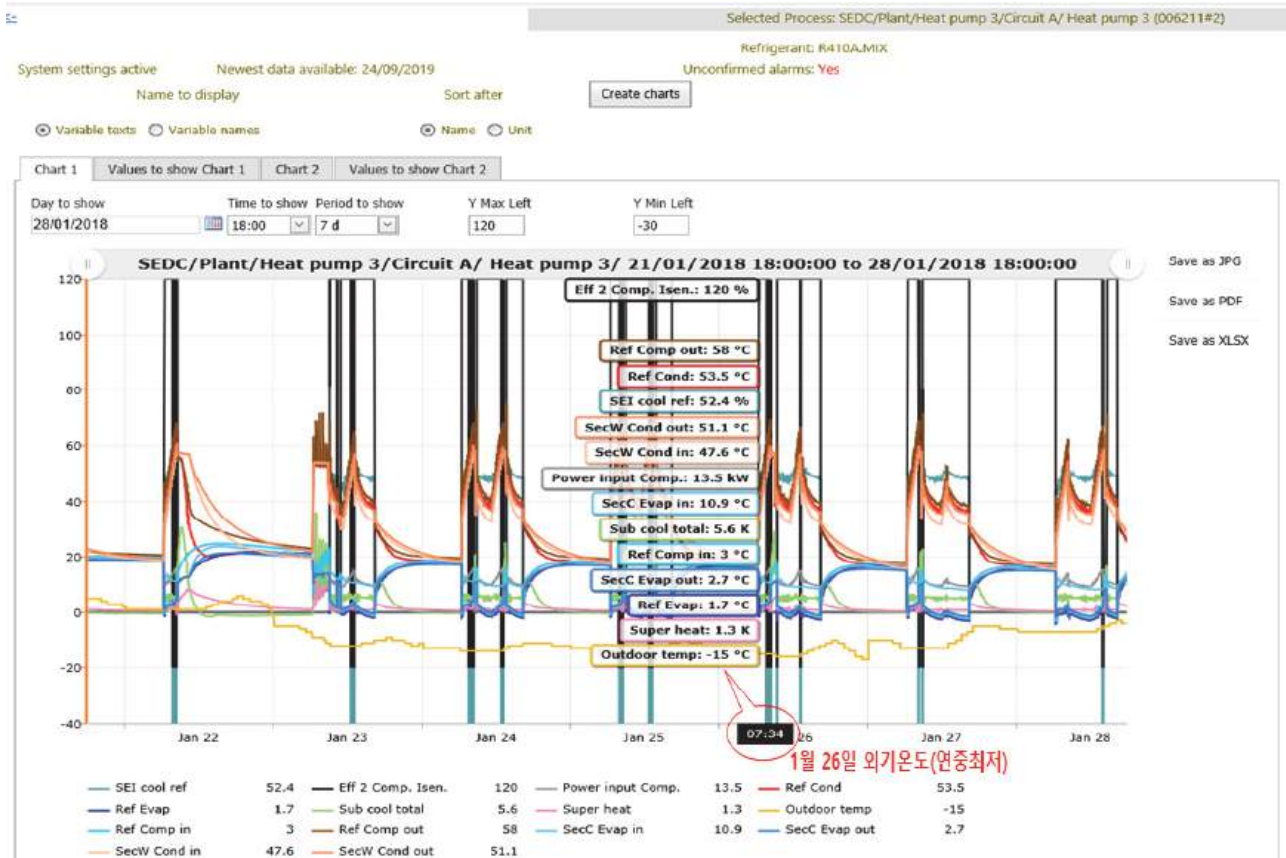
③ Heat Pump 3



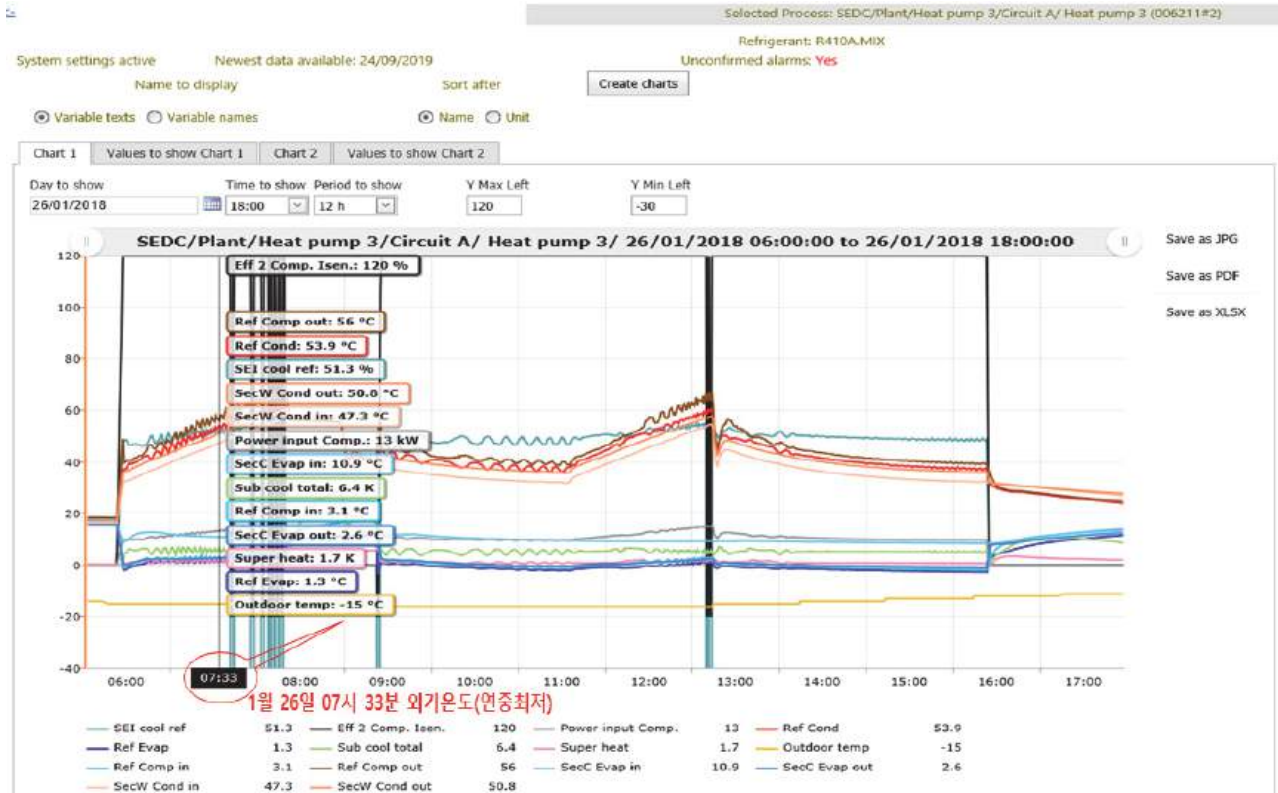
[그림 4.7-15] HP3 Dashboard (2018년 1월 26일 07:33)



[그림 4.7-16] HP3 Flowchart (2018년 1월 26일 07:33)



[그림 4.7-17] HP3 System Performance Graph (2018년 1월 26일 주차)



[그림 4.7-18] HP3 System Performance Graph (2018년 1월 26일 07시 33분)

4.8 공기질(IAQ) 및 열 쾌적도 분석

1) PMV-PPD 측정 결과

[표4.8-1] 서울에너지드림센터 공기질 측정 결과

위치	구분	PMV		PPD (%)		비고
		재실자		재실자		
		無	有	無	有	
1층	전시관	0.21	0.75Note 1 (약 100名)	5.92	16.93Note 1(약 100명)	Note 1
2층	전시관	0.94Note 2	1.07Note 3 (약 26名)	23.78Note 2	29.30Note 3 (약 26名)	Note 2, 3
3층	사무실	-0.05	0.13 (10名)	5.05	5.3 (10名)	2
	회의실	0.47	1.04Note 4 (약 3名)	9.65	27.97Note 4 (약 3名)	Note 4
	체험실	0.61	0.12 (31名)	12.86	5.3 (31名)	
	카페테리아	1.13Note 5	0.55 (11名)	32.06Note 5	11.38 (11名)	Note 5
	다목적실	0.72	0.3 (42名)	15.99	6.89 (42名)	

Note 1. 측정 초기에는 PMV값이 정상 기준 범위(± 0.5)를 오르락 내리락 하다가 전시관 내 사람들의 이동이 활발해 지면서 공기질이 급격하게 나빠져 PMV 값이 최대 +1.02를 나타냄

Note 2. 관람객이 없는 경우에도 2층 전시관의 공기질은 통풍구가 없는 관계로 나쁘게 나타나고 있으며 VAV(가변풍량조절기) 댐퍼 전면에만 있어도 PMV와 PPD값이 향상되는 것으로 미루어 볼때 재실자의 수보다는 통풍같은 환기가 공기질에 영향을 많이 미치는 것을 확인

Note 3. 측정초기부터 PMV값이 정상 기준 범위를 벗어난 61.1x를 오르락 내리락 하다가 전시관 내 사람들이 거의 빠져나갔지만 여전히 공기질은 나쁜 상태로 PMV 값은 최대 +1.28를 나타냈으며 1층이나 3층과 비교해 바람이 통할 수 있는 창문같은 통풍구가 전혀 없다는 것이 타층에 비해서 재실자가 많지 않음에도 공기질, 특히 쾌적도의 척도인 PPD가 상당히 높게 측정됨

Note 4. VAV Controller Actuator 고장에 의한 댐퍼 작동 불량

Note 5. 서울에너지드림센터 폐관 후 밤사이 3층 카페테리아가 있는 공간의 공기질은 환기 시스템의 가동을 멈춘 상태에서 통풍구가 전혀 없는 관계로 매우 나쁘게 나타나고 있음을 보여주고 있음

- IAQ : Indoor Air Quality
- PMV (Predicted Mean Vote, 평균 예상 온열감)
 - 인간 생활 공간의 실내 온열 환경 평가 지표
 - 인체의 환경에 대한 감각을 정량화 한 수치(ISO 규정 : +/-0.5)
- PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied)

- PMV 수치에 따는 불만족도에 대한 비율
- 일반적으로 10%이하 일 때 쾌적하다고 봄

2) 향후 계획

- 가. 분기별, 계절별 그리고 장시간(최소 1주 이상) 공기질을 측정하여 관람객 및 재실자들의 쾌적도 분석 및 바닥복사냉방 운전 방향 도출
- 나. PMV 측정기(Testo 480) 및 휴대 및 벽면 설치가 가능한 공기질(IAQ) 측정용 무선(WiFi) 데이터 로거인 Testo 440으로 365일 24시간 온도, 습도, 대기압, CO₂ 농도 측정 및 검증
- 다. Graphtec midi Logger GL 840-M로 바닥복사냉난방 가동시 바닥표면온도 측정
- 라. 상기 측정 데이터를 바탕으로 관람객 및 재실자 쾌적도 향상 반영 여부 파악 및 개선안 도출

서울에너지드림센터 건축물 운영 장애요인 분석 및 해결방안

05

- 5.1 시스템 운영 및 현황
- 5.2 시스템 관리 및 구성
- 5.3 데이터 분석, 관리 및 활용



05 서울에너지드림센터 건축물 운영 장애요인 분석 및 해결방안



5.1 시스템 운영 및 현황

1) 외산자재 유지보수

- 시스템 운용과 관련하여 대표적인 외산설비로는 독일 메네르가(Menerga)사 공조기와 캐나다 SMARDT사의 냉동기가 있다.

가. 메네르가 공조기

① 현상황 및 문제점

- 메네르가 폐열회수환기시스템의 2015년 이후 미작동 및 불규칙적인 Fault 발생시 Alarm 발생시 즉각적인 조치를 못하고 있음
 - 메네르가 현지 기술자 방문이 원활하지 못하고 매건 최소 수천만원 이상의 수리 비용 발생이 예상됨(수리 견적서상)
 - 공조기 운영 매뉴얼상 시스템 유지 보수 계획에 대한 지침은 있으나 일부 특별한 경우(필터 교체, 센서 보정, 전열 교환기 점검 등)를 제외하고는 대부분 현장 기술자들에 의해서 점검 및 조치를 취하라고 권고하고는 있으나 공조기 운용 및 유지 보수에 대한 구체적인 설명이 부족한 상황
- Actuator 같은 주요 부품의 조달시 기간이 오래 소요되는 문제점과 Damper 오작동 방지를 위한 주기적인 관리가 필요

② 진행결과 및 해결 방안

- 고장발생 주요 자재에 대해서는 구매시 추가 여유분을 함께 구입하여 보관
- 주요 구성부에 대한 주기적인 점검(전동기, 펌프, 컨트롤 밸브 등)
- 메네르가의 Agent였던 환기연구소를 통해서 메네르가 공조기에 대한 유지 보수관련 체계적인 교육을 받을 수 있는지 문의
- 제로에너지건축물을 유지하기 위한 초기 설계 및 시공과정을 통해서 건물의 수명이 끝날 때까지의 유지관리 비용을 고려하여 장비 도입시 외산이든 국산이든 기능과 성능뿐만 아니라 유지보수에 대한 명확한 계약이 선행되어야 할 것으로 판단

나. SMARDT 냉동기

① 현상 및 문제점

- SMARDT사의 냉동기는 DTC (Danfoss Turbocor Compressors Inc.)사의 유행유가 필요없는 원심형 압축기를 채택하여 높은 효율과 신뢰도를 자랑하는 제품이지만, 2018년 11월 터보냉동기의 동작 및 운용 상태를 모니터링할 수 있는 독일 IEI사의 Panel PC가 5개월 이상 고장으로 터보냉동기에 Fault Alarm이 발생했음에도 이에 대한 정확한 확인이 되지 않았던 상황
→ SMARDT사의 Agent인 모듈텍 담당자와 연락이 올 4월 초 우여곡절 끝에 되어 미팅을 가졌으나 이후에 SMARDT사와 연계된 지원이 되지 않음
- SMARDT사의 냉동기는 거의 모든 구성품이 일체형으로 특히, 구성품 가격의 50% 가까이를 차지하는 압축기같은 경우에는 고장시 대안이 없는 상황

② 진행결과 및 해결 방안

- SMARDT사와 유사한 무급유 냉동기를 개발해 판매중인 LG전자 연구소 및 영업부와의 2차 미팅을 통해 기술적인 자문을 받는 등의 업무 교류
- 고장난 Panel PC를 자체적으로 복구 완료
→ Microsoft 사의 Windows를 새로 설치하고 제어용 소프트웨어가 설치된 CF카드를 신규로 교체 및 백업
- 메네르가 공조기의 경우처럼 신규 장비 도입시 다방면의 신중한 검토가 필요

2) 통합전력 소비량 현황

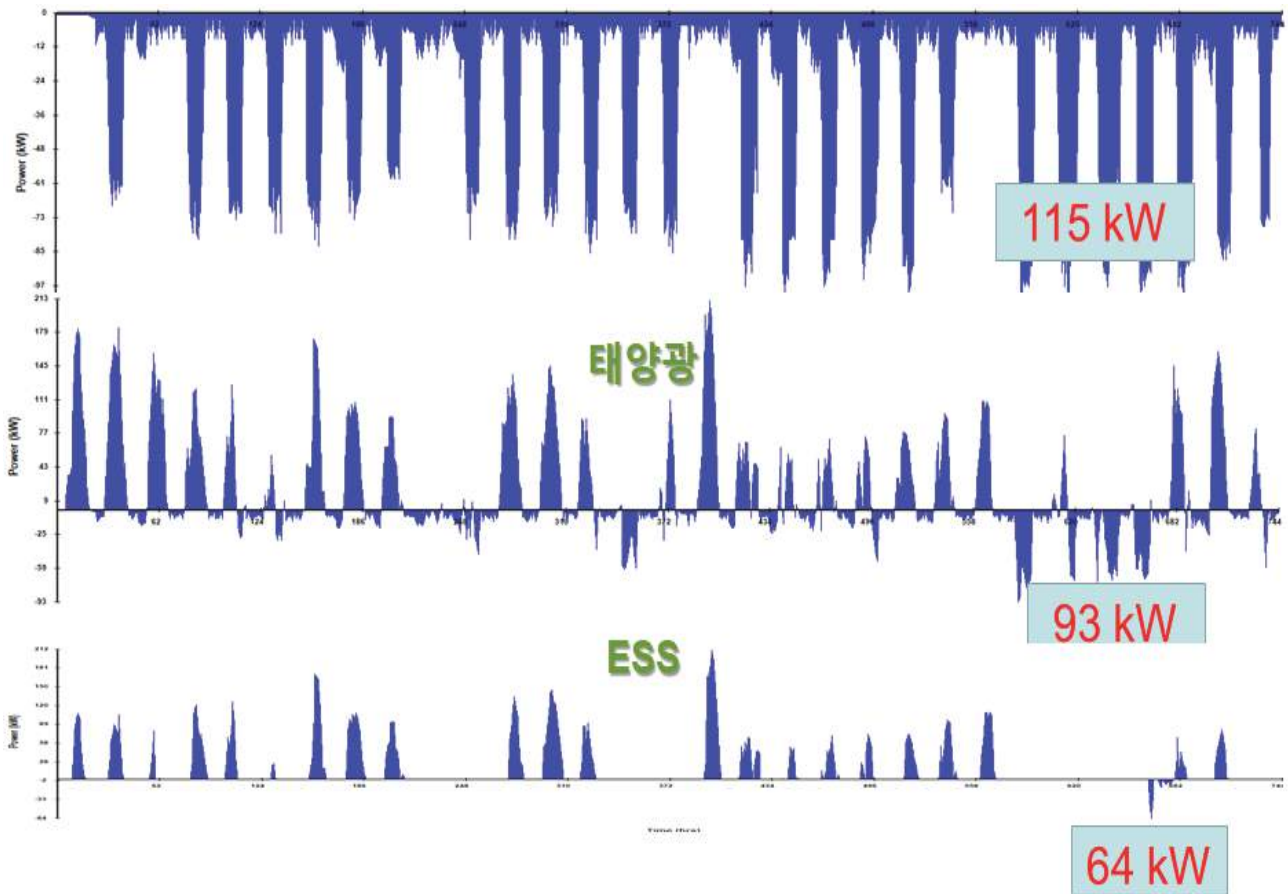
- 서울에너지드림센터는 BEMS (Building Energy Management System)를 포함하여 크게 아래와 같이 6가지 시스템으로 구성이 되어 있다.
- 지열시스템, 환기시스템, 냉온수/냉동기, 조명시스템, 전열시스템, 전시장 및 BEMS

① 현상 및 문제점

- Chapter 4. 서울에너지드림센터 시스템별 전력 소비 및 운영 현황에 서술한바와 같이 지열시스템, 환기시스템, 냉온수/냉동기의 경우에는 계절별 그리고 외기온도 변화에 따른 전력 사용량에 큰 차이를 보이는 것을 확인
- 반면 조명시스템, 전열시스템, 전시장 및 BEMS 설비의 경우에는 계절적인 요인보다는 센터의 운영일수나 재실자수가 전력 사용량에 영향을 미치고 있으나 매년 전력 사용량은 대체로 평균값을 기준으로 적절한 범위 내에 일정하게 분포되어 있는 것으로 나타남
- 조명시스템의 경우 1, 2층은 LED등으로 시설이 되어 있지만 3층(사무실, 회의실, 체험실, 다목적실, 카페테리아)은 형광등으로 되어 있는 것을 확인

② 진행결과 및 해결 방안

- 현재로서는 에너지드림센터 설계 및 준공시부터 3층이 형광등으로 설치가 되어 있었던 것 같지는 않고 센터운영 중 어느 시기에 전등 설비가 변경된 것으로 예측
- 이에 10월 중 전기에너지 소비량 절감 및 전등 수명의 연장을 위해서 3층 전체 전등을 LED 등기구로 교체 시공
- 서울에너지드림센터의 전력 수요에 대한 공급 매칭 분석을 위해서 [그림 5-1]에 보는 바와 같이, 영국 Strathclyde 대학의 Energy System Research Unit에서 개발한 Merit이라는 신재생 에너지 시스템을 동적 수요·공급 매칭 툴(Dynamic Demand Supply Matching Tool)을 활용하여 시뮬레이션을 하였다.



[그림 5-1] 전력 수요 공급 매칭 분석

- 상기 그림에서 전력 수요량은 2018년 7월의 시간별 전력 피크 115kW를 기준으로 가상의 신재생에너지원인 태양광(대략 4,000개)과 ESS (대략 200 x 23) 시스템을 공급원으로 수요·공급 매칭 분석
- 하지만, 수요량을 커버하기에는 아직 부족하기에 Demand Side Control을 통한 분석과 에너지 공급원에 대한 정확한 계산이 필요

3) VAV (Variable Air Volume ; 가변 풍량) 시스템 운용 현황

- 서울에너지드림센터에 적용된 VAV는 CO₂ 농도로 제어가 되는 데, 실질적으로 냉난방 부하의 많은 부분을 공조기가 담당

① 현상황 및 문제점

- 실제 사용시 CO₂ 농도 제어로 VAV를 사용하게되면 여름철에 덥거나 겨울철에 춥게 됩니다. 이는 CO₂ 농도가 증가해야 댐퍼가 열리는 구조로 되어 있기에 예냉과 예열이 안됨

② 진행결과 및 해결 방안

- 현재는 거의 매뉴얼 모드로 사용 중이나 좀 더 세밀하고 정확한 CO₂ 농도 제어를 통해 개선방향을 도출할 필요가 있다고 판단

4) 바닥복사냉방 시스템 운용 현황

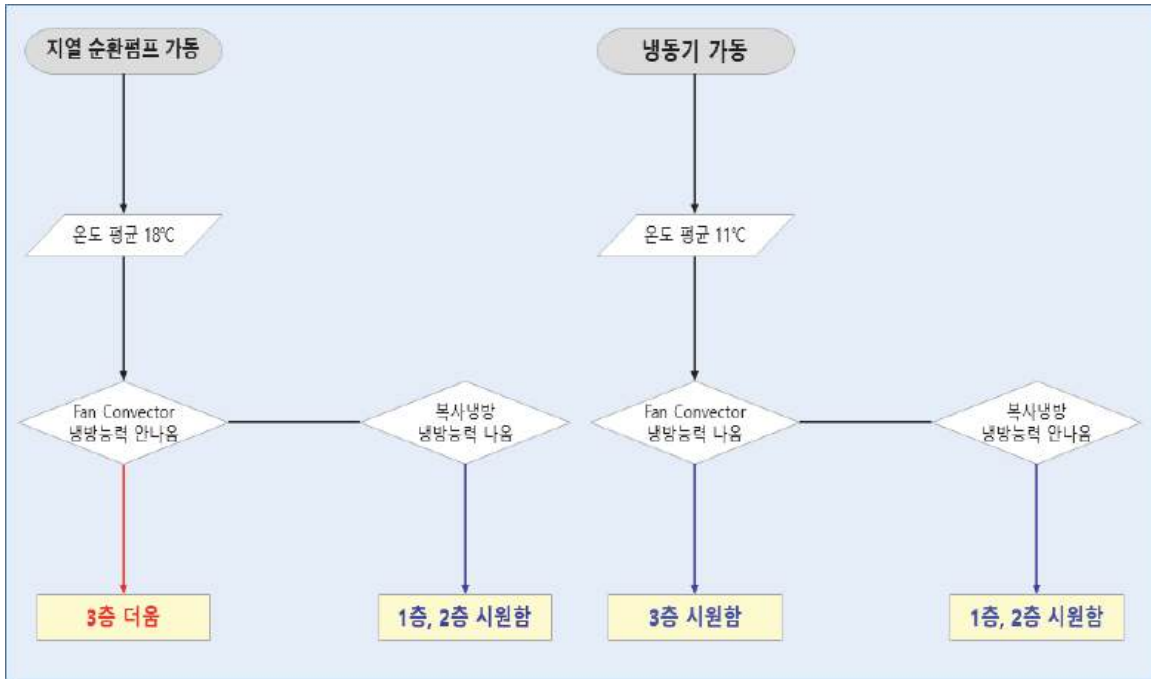
- 서울에너지드림센터의 바닥복사냉방은 지중배관 순환수(16/19℃)와 바닥배관 순환수(18/21℃)간 열교환으로 이루어지도록 설계가 되었으며 펌프동력 외에는 전력소모가 없다.

① 현상황 및 문제점

- 냉방시 바닥복사냉방과 팬 컨벡터는 반드시 버퍼탱크 3의 냉수를 공유
- 버퍼탱크 3의 온도를 낮추는 방법은 냉동기의 가동 또는 지열순환펌프의 가동
- 냉동기를 사용하여 버퍼탱크의 온도를 낮출시에는 9 ~ 10℃의 냉수로 냉방이가능하다. 그러나 지열 순환펌프를 사용하면 16 ~ 19℃의 냉수로 냉방을 하게 되어 바닥복사냉방시는 이 온도의 냉수로도 냉방능력을 달성할 수 있지만, 팬컨벡터는 최소 12℃ 이하 냉수가 공급되어야만 냉방능력을 보여줄 수 있다.

② 진행결과 및 해결 방안

- 2018년 여름, 옥상에 내리쬐는 직사광선과 대류현상으로 인하여 모든 층 중에 3층의 온도가 가장 높았다. 1층과 2층은 바닥복사냉방이고 3층은 팬 컨벡터로 되어 있어, 3층은 사무실, 회의실, 체험실과 다목적실 등 재실자들이 상시 집중되어 있어 냉방을 최우선적으로 해주어야 하기에 [그림5-1]에서 보는 바와 같이 지열 순환펌프 대신에 냉동기를 이용하여 팬 컨벡터를 가동한다.
- 그러므로, 지열 순환펌프는 외기온도가 연중 최고치에 이르는 한 여름철에는 사용이 불가한 상황



[그림 5-1] 바닥복사냉방 시스템의 효과

5) 바닥복사냉방 시스템 운용에 따른 결로 현상

- 1, 2층 복사냉방과 3층 컨벡터는 같은 버퍼탱크의 열원을 이용하여 냉방을 하는 데, 1, 2층 복사냉방은 24°C 이하만 되더라도 사용이 가능하다. 하지만, 3층 컨벡터는 최소한 14°C 이하는 되어야 냉방효율이 나온다.

① 현상 및 문제점

- 한여름철에는 지열 순환펌프가 아닌 냉동기로 열원을 만들고 냉동기의 출구온도 설정은 7°C 이고, 실제로 사용되는 온도는 9 ~ 12°C 정도
- 이때 문제는 1, 2층 복사냉방도 이 온도의 열원을 이용한다는 것
- 여름철 고온 다습한 공기가 순환된 16°C 이하의 바닥과 만나게 되면 결로가 생기게 되고 결로가 생기면 바닥이 미끄러워지고 방문객들의 안전에도 문제가 생길 소지가 크다.
- 서울에너지드림센터 설계시 이러한 상황을 고려해 순환펌프 전단과 환수라인에 삼방변이 설치되어 있었으나, 기본적인 16°C 설정만으로는 온도제어를 하지 못해서 [그림 5-2]에서 보는 바와 같이 결로가 발생하였다.

② 진행결과 및 해결 방안

- 현 문제를 해결하기 위해 시험을 해본 결과 삼방변의 설정온도를 26°C로 하였을 때 실제 공급되는 열원의 온도를 16°C로 맞출 수 있다는 것을 확인(버퍼탱크 온도 9 ~ 12°C 일 때)하였고, 이렇게

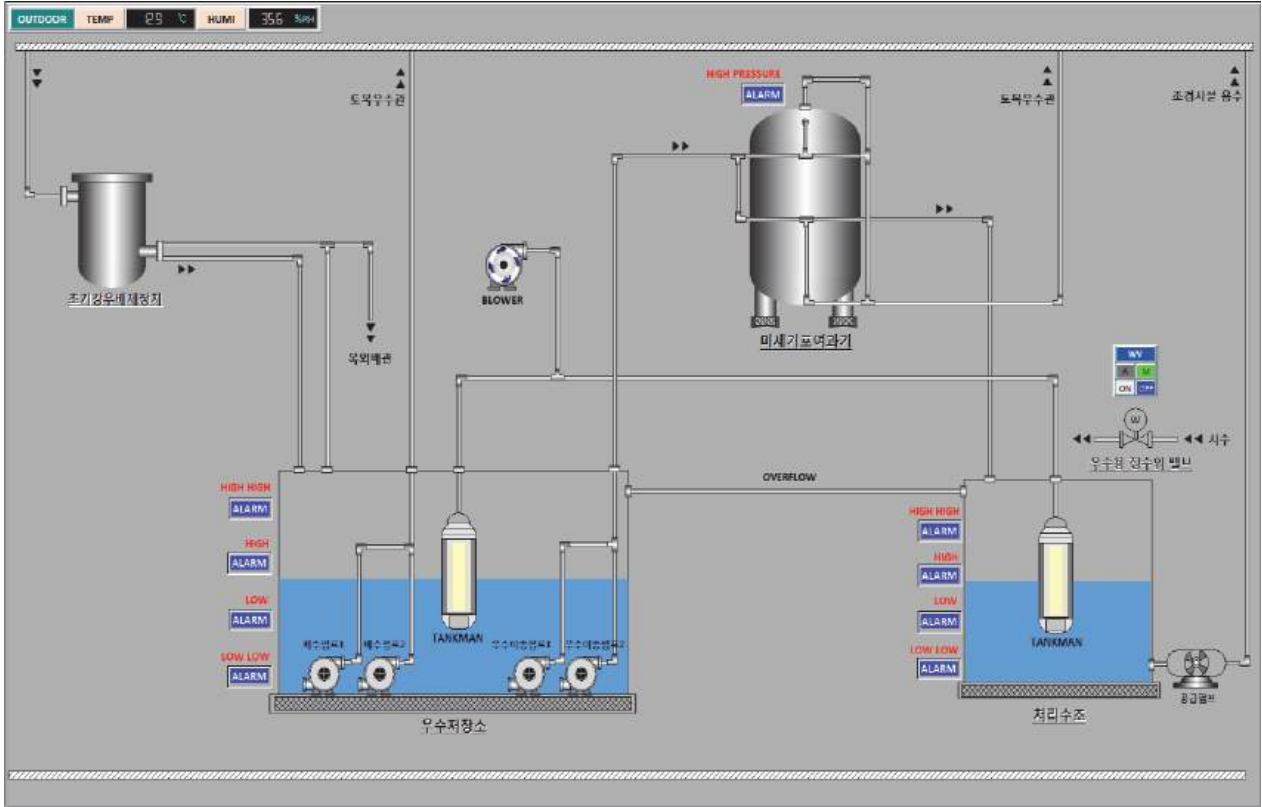
하여 바닥결로문제 해결



[그림 5-2] 바닥복사냉방에 따른 결로 현상

6) 우수처리 시스템 운용과 활용

- 우수저장소에 양질의 빗물만 선별적으로 유입시키도록 하기 위해서 초기강우배제장치를 통한 빗물을 저장한 뒤 빗물 정화를 위해서는 미세기포여과기를 거친 후 처리 수조에 저장된 빗물을 조경시설 용수 등에 활용한다.



[그림 5-3] 우수처리시스템의 구성

[그림 5-3] 서울에너지드림센터 지하에 설치된 우수처리시스템의 구성을 나타낸다.

① 현상 및 문제점

- 비가 내리거나 건물 외벽의 물청소 후 오염수들은 1차로 초기강우배제장치를 거치고 우수저장소에 보관이 된 후 미세기포여과기를 통과 후 처리수조에 저장된다.
- 우수저장소에 빗물과 오염수가 지속적으로 쌓이게 되면 우수처리시스템 내 각종 설비(우수이송펌프, 배수펌프, 배관 및 밸브 등)에 부식, 누수 및 막힘같은 여러 가지 문제가 생길 여지가 있다.

② 진행결과 및 해결 방안

- 현재는 우수나 오염수가 넘치기 전에 처리수조에 저장된 물을 공급펌프를 통해 밖으로 배출하거나 서울에너지드림센터 주변 식수나 잔디 조경시설 용수용으로 사용한다.

7) 기타 유지보수상 문제점

① Fan Convector

- 설치 후 5년에 한번은 세부적인 정비 및 보수를 해주어야 하지만 바닥에 매립되어 있어서 유지보수가 힘든 상황



- 팬은 탈거하여 청소가 가능하지만, 냉각핀은 분리를 하게 되면 배관내 냉수가 바닥으로 흘러 2층 천장쪽 누수를 피하기가 힘든 상황

② VAV Unit 제어 패널

- VAV 유닛 제어 패널은 위치별로 하나씩 있고, 그 위치가 제각각 다름
- 초기 설치시 유지보수를 고려하지 않고 패널을 열 수 없도록 벽을 보게 설치가 되어 있어서 부득이하게 벽을 타공하여 점검구를 설치하거나 절단하여 패널을 점검해야 하는 상황도 발생

③ 전자식 밸브

- 자동제어시스템의 밸브는 전자식인 데, 설치한지 7년이라는 시간이 지나서 현재 설치되어 있는 동일한 모델은 대부분 단종 상태
- 호환이 가능한 밸브가 판매되고는 있으나 기존 밸브와는 세부 사양이 다르기에 교체시 세부적인 검토가 필요(예를 들어, 개폐속도, 세부 개도율 등)

④ 단일 펌프

- 보통의 설비용 펌프들은 교대운전방식을 권장하고 바이패스 배관에 동일한 펌프를 설치하여 주기적으로 교대운전을 하고, 고장시에도 건물 유지보수 및 관리에 지장이 없도록 함
- 하지만, 에너지드림센터 내 펌프들은 교대로 돌릴 펌프가 없는 단일 펌프로 구성되어 있어서, 고장이나 비상시 건물 관리에 큰 지장을 초래할 우려 내포

5.2 시스템 관리 및 구성

1) 정규직 ZEB 운영 관리 인력의 전문화

가. 설비 시스템의 복잡성(BEMS, 태양광과 지열 등의 신재생에너지, ESS 등)과 시스템 관리의 연속성에 기인한 시스템별 주관리자 위주의 체계적이며 효율적인 시설물의 운용과 유지보수가 이루어지도록 할 필요가 있음

나. 운영 관리 인력의 역할 분담 및 관련 설비 지식의 주기적인 교육 필요

2) 시스템 운용 매뉴얼의 체계화

- 현재 운용 중인 설비 시스템의 대부분이 외산이라 국내 제품 공급 업체들의 서비스망이 취약하고 서울에너지드림센터 개관 이래 시설연구팀 인원의 잦은 교체로 시설물 운용에 대한 노하우와 관리체계가 정립되어 있지 않은 상태라 시스템 운용의 체계화를 통한 최적화를 위해서 시스템 운용 매뉴얼의 작성이 필요한 상황

5.3 데이터 분석, 관리 및 활용

1) 계측기기 검증(validation) 및 오작동 센서 확인

가. 계측기기 검증의 필요성

- ① 실내의 쾌적한 환경과 에너지비용 절감을 위해서는 적절한 온도유지 외에도 습도와 낮은 CO₂ 농도도 많은 영향을 미치므로 온도, 습도와 CO₂농도를 정확히 측정함으로써 공조 및 냉난방설비 등의 효율적인 운전을 통해 에너지 비용절감
- ② SCADA 시스템 모니터링 데이터와 준공도면과의 불일치 및 기술/유지관리 매뉴얼 없음
- ③ 센서 수명연한과 부착위치의 유효성을 조사하고 센서종류별 정상 작동 유무를 파악하여 데이터 포인트를 바탕으로 모니터링 데이터의 DB 구축 및 분석 추진

나. 계측기기 오작동 확인 추진 내용

- 실시간 수집 데이터 위치 추가 파악

[표5.3-1] 모니터링 데이터 파악 현황

구분	개수	비율 (%)	비고
모니터링 데이터	1,840	100	SCADA 시스템 내 정의된 데이터 수
유효 데이터 수	1,411	76.7	실제 수집되고 있는 데이터 수
위치확인 데이터	189	10.3	2017년 기준
	476	24.2	2018년 기준

다. 오류 확인내용

- ① 한국전력 수전량과 SCADA 시스템상 수집 데이터와 차이점 발견
- ② SCADA 시스템상 수집된 Sensor 별 데이터가 누락되어 있는 것을 확인
 - 특정 날짜, 임의의 시간대 등
- ③ SCADA 시스템상 수집된 Sensor 별 데이터에 오류정보가 포함된 것을 확인



라. 진행결과 및 해결 방안

- 현실적으로 모니터링 데이터의 정확한 위치를 100% 파악하는 데 한계가 있음
- 또한, 위치가 확인된 데이터를 중심으로 센서별 데이터의 유효성을 파악하는 것이 시급(연구과제 반영)

2) 주요 센서 추가, 교체 및 모니터링의 필요성

가. 재실자 센서의 설치, 특히 1층 전시관 및 3층 다목적실

나. 기 설치된 CO₂ 센서(20개 중 19개 확인)에 대해 주기적으로 정상 동작 여부를 확인 후 교체 여부 판단

서울에너지드림센터
제로에너지건축물
최적화 운영 현황
보고서 (2018 ~ 2019)



향후 서울에너지드림센터 운영 방향 및 계획

06

- 6.1 서울에너지드림센터 관제 설비 시스템의 최적화
- 6.2 첨두부하(Peak Demand) 제어
- 6.3 지열 히트펌프의 효율적인 운영
- 6.4 공기질(IAQ) 및 쾌적도 개선
- 6.5 서울에너지드림센터 내 설비 시스템의 최적화 운용



06 향후 서울에너지드림센터 운영 방향 및 계획



6.1 서울에너지드림센터 관제 설비 시스템의 최적화

- 1) SCADA 시스템, ESS 시스템 운영 컴퓨터의 백업시스템 구축
- 2) SCADA 시스템의 설비별 최적제어 모니터링을 위한 운영프로그램 수정 및 업데이트

6.2 첨두부하(Peak Demand) 제어

- 1) 한국전력 수전량 절감을 통한 에너지 사용 비용 절약
 - 가. ESS 시스템과 연계된 시스템별 적절한 분산부하 정책 수립
 - 나. 모자분리를 통한 시스템 운용 및 전기버스 충전시 급격한 Peak 부하 상승 제어

6.3 지열 히트펌프의 효율적인 운영

- 1) SMARDT 냉동기 운용 상태 분석 프로그램인 ClimaCheck Online Analyzer와 SCADA 시스템과의 연동 검토 및 준비

6.4 공기질(IAQ) 및 쾌적도 개선

- 1) 건물 내 공기질 및 온습도의 주기적인 측정을 통한 계절별, 시간별 냉난방 시스템의 효율적인 운용을 통한 에너지 사용량 절약
- 2) 공기질 측정주기는 계절별, 분기별, 시간별(주간, 야간), 주중 및 주말 등으로 함

6.5 서울에너지드림센터 내 설비 시스템의 최적화 운용

- 1) 각종 설비 시스템의 운용 및 유지보수 매뉴얼의 작성을 통한 관리자에 의한 에너지 사용의 효율성을 극대화
- 2) ESS 연계 태양광 발전시스템의 운용 최적화
 - ESS 시스템의 지상이전을 통한 안전강화 조치 후 정상가동
 - 태양광 발전 자체의 일조시간의 한계 극복

맺음말

07



07 맺음말



서울에너지드림센터의 시설연구팀은 2015년 이후 시설 운영을 하면서 수집된 모니터링 데이터 및 유지관리상의 경험을 전문가 그룹 및 서울 시민들과 공유하고 향후 문제해결을 함께 모색하고자 이 운영 메뉴얼을 작성한다. 2018년 이후 매년 내용을 정리하여 2019년 2차 편집본을 발간하게 되었다.

국내 최초의 넷트 제로에너지 공공건축물로서 준공된 서울에너지드림센터의 상징성을 유지하면서 더 나아가 한전 독립형 제로에너지건축물로 운영함으로써 국내 제로에너지 건축물 운영기술의 선도성을 확보하고자 한다. 이를 구현하기 위해, 2018년 말 전기자동차 사용 후 배터리를 활용한 ESS와 신폼 배터리 기반 ESS를 건물 지하에 설치하였으며 건물 내 전력 피크수요를 관리하기 위한 운영 가이드라인을 마련하였다. 불행하게도 2019년 국내 ESS 운영상의 제약으로 안전시설 보강공사로 시험 운영되는 진행되지 못하였다. 2020년 시험운영을 통해 안전을 확보 후 정상운영을 목표로 하고 있다.

2019년판 최적 운영 메뉴얼에서는 서울에너지드림센터에 설치 운영되고 있는 설비 시스템 각각에 대한 기술적 특성을 정리하여 누구라도 쉽게 관련 정보를 취득할 수 있도록 하였다.

에너지 수요 및 공급 프로파일에 대해서는 지난 5년간의 모니터링 시스템에서 수집된 데이터를 가공하여 데이터베이스화하여 소비량 및 발전량 등을 계절별 그리고 기기별로 비교 분석이 가능하도록 하였다. 본 운영 메뉴얼에는 대표적인 분석 내용을 담았으며 더 깊고 다양한 분석은 데이터 인프라를 통해 외부 전문가도 참여할 수 있도록 하였다.

2020년판 최적 운영 메뉴얼에서는 한전 독립형 제로에너지 건축물 운영지침에 따라 전력 피크부하를 현 수준보다 50% 이상 줄이고 ESS를 활용하여 전력망에 친화적인 전력운명을 구현하고자 한다. 더불어 재실자 및 방문자들에게 에너지 시스템 운영 정보는 물론 실내 미세먼지 등 실내 공기환경 정보를 실시간으로 제공하여 친환경 건축물로서 운영 관리 방안을 도출하여 일반 및 전문가 그룹에 공유하고자 한다.

참고문헌

08



08 참고문헌



- 1) Fraunhofer, Energy Dream Center Seoul A Zero Energy Building Final Energy Simulation Report (July 13th, 2012), p47
- 2) 서울특별시 기후환경본부, 서울에너지드림센터 최종본(2012.11.22.), p10-12, p33-37
- 3) 한국건설기술연구원, 서울에너지드림센터 에너지진단{1차} 보고서(2014.9.5.)
- 4) 서울에너지드림센터 소개, p42
- 5) Menerga, Operating instructions AdSolair Device type : 582501, p43-44
- 6) Leviton, GreenMAX Reay Control Panels, p3
- 7) SMARDT Chiller Group Inc., SMARDT Oil-Free Centrifugal Chiller 운영자 매뉴얼 (2012.8.8.), p63
- 8) P&C Tech. Inc.(Pure & Clean Incorporation), Ultra Pure Water System Operation & Maintenance Manual (2012.05), p55
- 9) ㈜삼영이엔지, 지열 히트펌프 제품 시공뉴얼(Geothermal Heat Pump) SY-GHP30W, p60
- 10) SMARDT Chiller Group Inc., Oil-Free Centrifugal Chiller Installation, Operation & Maintenance Manual IOM-WC rev1, p19-20
- 11) ISO 7730:1994 (Revised by ISO 7730:2005), Moderate Thermal Environments - Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort (<http://www.iso.org/standard/14567.html>)
- 12) 국토교통부 녹색건축과, '제로에너지건축물 인증제 시행' 보도자료 (2017.1.19.)
- 13) CarbonBuzz (<http://www.carbonbuzz.org>), 영국내 건물에너지 설계와 운영의 차이 데이터 공유 포털

서울에너지드림센터
제로에너지건축물
최적화 운영 현황
보고서 (2018 ~ 2019)

발행인 서울에너지드림센터장 육경숙
발행일 2020년 1월 30일
발행처 서울에너지드림센터

홈페이지 <http://www.seouledc.or.kr/>
문의 02-3151-0562

SEDC. 2020-01-30[비매품]

©본 출판물의 저작권은 서울에너지드림센터에 있으며 허락없이 어떠한 형태나 수단으로도 이용할 수 없습니다.

