

DESIGN OF EXTERNAL SHADING AND PHOTOVOLTAIC PANELS FOR ENHANCED ENERGY SELF-SUFFICIENCY

이유빈 · 최미정 · 노은진 | 오레오 팀

에너지 자립률 향상을 위한 외부 차양 및 태양광 패널

본 프로젝트는 교육시설 환경이 학습 효율에 직접적인 영향을 미친다는 점에 주목하였다. 이러한 문제를 개선하고자 교육시설에 해당하는 공대 5호관을 대상으로 선정하였다. 해당 건물의 남서향 강의실은 과도한 일사로 인해 블라인드와 인공조명 사용이 늘어나면서 전력 소비와 냉방부하가 증가하고, 신재생 에너지 도입도 부족한 상황이다. 이에 외부 차양 설계와 태양광 발전 시스템을 적용한 재설계를 통해 에너지 효율을 향상시키고자 한다.

환경

ENVIRONMENTAL
DESIGN



이유빈 Lee, Yu Bin
학번 : 2201411
e-mail : soung8023@naver.com



최미정 Choi, Mi Jeong
학번 : 2201430
e-mail : qink4580@naver.com



노은진 No, Eun Jin
학번 : 2201385
e-mail : nej0407@naver.com

ENVIRONMENTAL DESIGN

에너지 자립률 향상을 위한 외부 차양 및 태양광 패널 설계



Design of External Shading and Photovoltaic Panels for Enhanced Energy Self-Sufficiency

에너지 자립률 향상을 위한 외부 차양 및 태양광 패널 설계

설계 배경

교육시설의 남향 강의실들은 과도한 일사로 블라인드와 인공조명 사용이 증가하며, 이로 인해 전력 소비와 냉방부하가 상승한다. 또한 일부 캠퍼스에서는 신재생 에너지 도입이 미비하여 에너지 효율 향상에 한계가 있다. 이러한 문제를 해결하고자, 본 설계에서는 효과적인 에너지 절약 방안을 적용하고자 한다.

건물 개요

건 물 명 | 국립 군산대학교 공과대학 5호관
위 치 | 전북특별자치도 군산시 대학로 558
위도와 경도 | 북위 35.94 / 동경 126.67
공 사 기 간 | 1992.08.24. ~1994.05.13
용 도 | 교육시설
층 수 | 지하 1층~지상 3층
건 물 의 향 | 남서향
차 양 유 무 | 무
태양광 패널 유무 | 무



설계 목표

전체적인 설계 목표는 에너지 자립률을 10% 향상시키는 것이다. 이를 위해 차양 설계를 통해 냉방부하를 약 15% 절감하고, 태양광 발전 시스템 도입으로 에너지 소비 절감과 생산을 동시에 실현하고자 한다.

설계 방향

- 남향에 효과적인 수평 차양
- 일사 차단 성능에 더 우수한 외부 차양
- 경제적 측면에서 고정형 차양
- 겨울철 자연광 유입을 위한 슬라이딩 차양



설계 과정

■ 냉방 기간 설정

태양의 위치 변화에 따라 일사 유입량에 영향을 미치기에 냉방기간을 설정이 중요하며, 공대 5호관의 냉방 에너지 사용량이 급증하는 5월 21일부터 9월 21일까지를 냉방 기간으로 설정하였다.

■ 차양 설계를 위한 변수

설계 변수	범위
각도	15°, 20°, 25°, 30°, 35°
슬랫 폭	6cm, 8cm, 10cm

외부 차양 설계에는 차양 각도, 슬랫 폭, 돌출 길이, 재질, 위치, 배열 방식 등이 있으나, 일사 유입 조절에 가장 큰 영향을 미치는 차양 **각도**와 **슬랫 폭**을 주요 변수로 선정하였다.

■ 차양 설치 전후의 일사부하 계산

차양 설치 전 $Q_i = A_w \cdot SHGC \cdot I_t$

차양 설치 후 $Q_i = A_w \cdot SHGC \cdot I_t \cdot SC$

• $SC = 1 - SR$ (SR = 그림자 면적 / 유리 면적)

• EnergyPlus = 일사량(창호) 도출

• SketchUp = 그림자 면적 도출

시뮬레이션으로 값을 도출해 식에 대입하여 일사 부하를 산출

■ 차양 설치 전후의 일사부하 계산

날짜	시간	각도	슬랫폭	태양 고도각(°)	태양 방위각(°)	그림자면적 (㎡)	유리면적 (㎡)	유리면적 (㎡)	일사량	SR	SC	차양 전 일사부하 (W)	차양 후 일사부하 (W)	일사부하 차이값
6월 21일	9시	15°	6cm/8cm/10cm	42°	89°	0.000	0.000	0.000	14.400	14.400	14.400	40.539	0.000	0.000
6월 21일	9시	20°	-	-	-	0.000	0.000	0.000	14.400	14.400	14.400	40.539	0.000	0.000
6월 21일	9시	25°	-	-	-	0.000	0.000	0.000	14.400	14.400	14.400	40.539	0.000	0.000
6월 21일	9시	30°	-	-	-	0.000	0.000	0.000	14.400	14.400	14.400	40.539	0.000	0.000
6월 21일	9시	35°	-	-	-	0.000	0.000	0.000	14.400	14.400	14.400	40.539	0.000	0.000
6월 21일	12시	15°	6cm/8cm/10cm	75°	146°	5.220	6.780	8.430	9.180	7.620	5.970	114.337	0.363	0.471
6월 21일	12시	20°	-	-	-	5.370	6.900	8.400	9.030	7.500	6.000	114.337	0.373	0.479
6월 21일	12시	25°	-	-	-	5.490	6.990	8.460	8.910	7.610	5.940	114.337	0.381	0.485
6월 21일	12시	30°	-	-	-	5.580	7.110	8.430	8.800	7.290	5.970	114.337	0.388	0.494
6월 21일	12시	35°	-	-	-	5.610	7.080	8.370	8.790	7.320	6.030	114.337	0.390	0.492
6월 21일	14시	15°	6cm/8cm/10cm	67°	241°	1.740	2.340	2.880	12.660	12.060	11.520	105.990	0.121	0.163
6월 21일	14시	20°	-	-	-	1.830	2.340	2.910	12.570	12.060	11.490	105.990	0.127	0.163
6월 21일	14시	25°	-	-	-	1.890	2.400	2.970	12.510	12.000	11.430	105.990	0.131	0.167
6월 21일	14시	30°	-	-	-	1.950	2.460	3.030	12.450	11.940	11.370	105.990	0.135	0.171
6월 21일	14시	35°	-	-	-	1.980	2.490	3.060	12.420	11.910	11.340	105.990	0.138	0.173
6월 21일	16시	15°	6cm/8cm/10cm	44°	268°	1.170	1.560	1.990	13.320	12.840	12.450	85.800	0.081	0.108
6월 21일	16시	20°	-	-	-	1.200	1.560	1.980	13.200	12.840	12.420	85.800	0.083	0.108
6월 21일	16시	25°	-	-	-	1.230	1.620	2.010	13.170	12.780	12.390	85.800	0.085	0.113
6월 21일	16시	30°	-	-	-	1.230	1.620	2.010	13.170	12.780	12.390	85.800	0.085	0.113
6월 21일	16시	35°	-	-	-	1.290	1.680	2.070	13.110	12.720	12.330	85.800	0.090	0.117
6월 21일	18시	15°	6cm/8cm/10cm	20°	284°	0.900	1.200	1.470	13.900	13.200	12.930	71.805	0.063	0.083
6월 21일	18시	20°	-	-	-	0.930	1.230	1.500	13.470	13.170	12.900	71.805	0.065	0.085
6월 21일	18시	25°	-	-	-	0.960	1.260	1.530	13.440	13.140	12.840	71.805	0.067	0.088
6월 21일	18시	30°	-	-	-	0.960	1.260	1.530	13.440	13.140	12.840	71.805	0.067	0.088
6월 21일	18시	35°	-	-	-	0.960	1.260	1.530	13.440	13.140	12.840	71.805	0.067	0.088

(동일한 방식으로 5월부터 9월까지 값 산출)

■ 월별 합산 일사부하

차양 설치 전	15°	20°	25°	30°	35°
슬랫폭/각도	15°	20°	25°	30°	35°
6cm	2129.5	2129.5	2129.5	2800.9	2800.9
8cm	3487.7	3487.7	3487.7	3434.8	4121.6
10cm	4121.6	4863.9	4121.6	4863.9	4863.9

차양 설치 후	15°	20°	25°	30°	35°
슬랫폭/각도	15°	20°	25°	30°	35°
6cm	1505.2	1484.7	1469.8	2024.4	2017.2
8cm	2436.8	2417.5	2370.2	2350.4	2917.3
10cm	2709.2	3310.5	2158.8	3280.3	3277.4

일사부하 계산 과정에서 월별 차단율을 산출한 뒤, 15% 이상 절감 효과를 보이는 조합만 선별하고, 이를 각 조합별로 합산하였다.

※ 차단율 : (차양 설치 전 - 차양 설치 후)/차양 설치 전 * 100



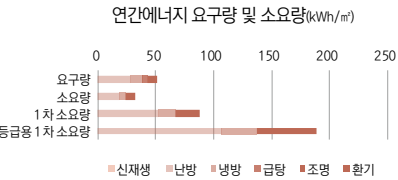
■ 가중 평균 차단율

가중 평균 차단율					
슬랫폭/각도	15°	20°	25°	30°	35°
6cm	29.3	30.3	31.0	27.7	28.0
8cm	30.1	30.7	32.0	31.6	29.2
10cm	34.3	31.9	47.6	32.6	32.6

5~9월의 냉방 기간 동안 일사 부하를 합산하여 가중 평균을 비교한 결과, 대부분의 조합이 30% 전후의 비슷한 차단율을 보이고 있으며, 이 중에서 경제성과 최대 성능을 고려하여 **8cm-25°** 조합이 가장 합리적이고 안정적인 설계안으로 최종 선정하게 되었다.

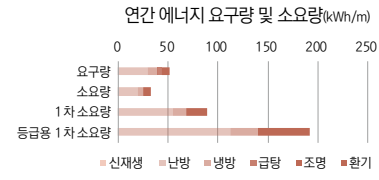
설계 결과
산정

■ 8206실 차양 전후 결과



8206 차양 설치 전							
	신재생	난방	냉방	급탕	조명	환기	합계
요구량	0	28.2	10.7	4.5	7.5	0	50.9
소요량	0	19.1	5.4	0	7.5	0	32
1차 소요량	0	52.6	14.9	0	20.6	0	88.1
CO ₂ 발생량	0	9	2.5	0	3.5	0	15
등급용 1차 소요량	0	107.1	30.3	0	51.6	0	189

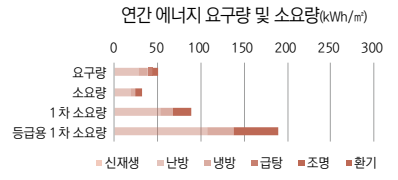
※단위면적당 1차에너지소비량 : 88.1



8206 차양 설치 후							
	신재생	난방	냉방	급탕	조명	환기	합계
요구량	0	29.7	9.7	4.5	7.5	0	51.4
소요량	0	20	4.9	0	7.5	0	32.4
1차 소요량	0	55.1	13.6	0	20.6	0	89.3
CO ₂ 발생량	0	9.4	2.3	0	3.5	0	15.2
등급용 1차 소요량	0	112.2	27.7	0	51.6	0	191.5

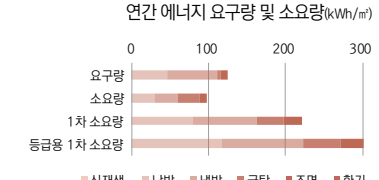
※단위면적당 1차에너지소비량 : 89.3

■ 건물 전체 차양 전후 결과



건물전체 차양 설치 전							
	신재생	난방	냉방	급탕	조명	환기	합계
요구량	0	28.2	10.7	4.5	7.5	0	50.9
소요량	0	19.1	5.4	0	7.5	0	32
1차 소요량	0	52.6	14.9	0	20.6	0	88.1
CO ₂ 발생량	0	9	2.5	0	3.5	0	15
등급용 1차 소요량	0	107.1	30.3	0	51.6	0	189

※단위면적당 1차에너지소비량 : 220.8



건물전체 차양 설치 후							
	신재생	난방	냉방	급탕	조명	환기	합계
요구량	0	53.2	52	5.3	8.8	0	119.3
소요량	0	32.1	25	28.6	8.8	0	94.5
1차 소요량	0	88.2	68.9	33.8	24.1	0	215
CO ₂ 발생량	0	15	11.7	6.2	4.1	0	37
등급용 1차 소요량	0	129.2	87.7	47.6	30.6	0	295.1

※단위면적당 1차에너지소비량 : 215.0

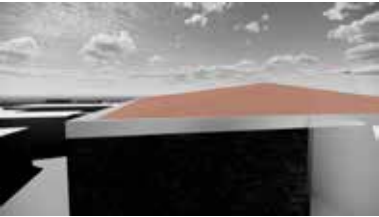
건물 전체는 차양 설치로 냉방 부하 절감 효과가 나타났으며, 총 1차 소요량은 220.8 → 215.0 kWh/m²로 약 **2.6%** 절감되었다.

(※냉방부하 절감율(%) = 차양 전 1차 소요량 - 차양 후 1차 소요량 / 차양 전 1차 소요량 * 100)

차양 설치 전후 건물의 1차 냉방소요량을 비교하여 냉방부하 절감 효과를 평가하였다. 절감율은 위 계산식을 사용하였으며, 본 설계안은 냉방부하 15% 이상 절감 목표를 충족하였다.

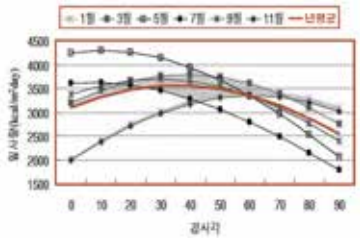
현황 분석

지붕면적 | 약 885.5㎡
지붕경사 | 남 · 북향 각 13°(박공형태)
주요 사용 기간 | 3~6월, 9~12월
주요 사용 시간 | 9~18시
주요 냉난방 및 전력 사용 공간 | 강의실, 교수실, 실험실, 연구실 등



설계 과정

■ 용도에 따른 태양광 패널 권장 설치 각도



목적	설명	권장 설치 각도 (35.9°)
연간 발전량 극대화	1년 내내 고른 전기를 생산	35.9° (위도와 같게)
여름철 발전량 극대화	냉방 전력 수요가 많은 여름철에 초점	약 10~15° (태양고도가 높기때문)
겨울철 발전량 극대화	난방 전력 수요가 많은 겨울철에 초점	약 45~60° (태양 고도가 낮기 때문)
학사 운영 기간에 최적화	3월~6월, 9월~12월 등 학기 중 전력 수요에 초점	약 30~35° (연간 평균과 비슷하거나 약간 높임)

학기 중뿐 아니라 방학 중에도 꾸준히 사용되므로, **연간 발전량 극대화**를 목표로 한다.

■ 태양광 패널 각도 산정

태양광 패널의 최적 기울기는 일반적으로 지역의 위도를 기준으로 산정된다.
연중 최적 고정 각도 : ±15 (여름철 -15, 겨울철 +15)
일반적인 연평균 최적 각도 : 위도 값과 동일

기준	최적 기울기	지붕 경사	필요 보정 각도
연중 평균	35.9	13	22.9
여름철	20.9	13	7.9
겨울철	50.9	13	37.9

위도(35.9°)를 기준으로 산정한 계절별 각도(여름 20.9°, 겨울 50.9°)의 중간값이자, 시공 · 유지 편의와 연간 발전 효율의 균형을 위해 **30°**를 최종 설치 각도로 결정하였다.

설계 결과

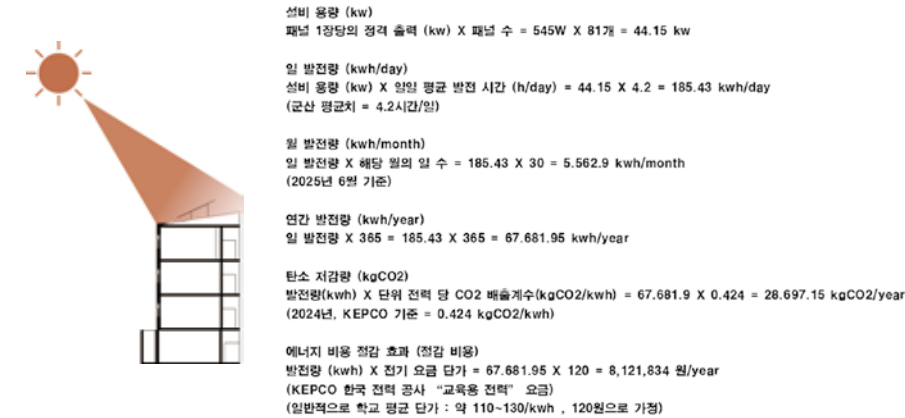
■ 태양광 패널 개수 산정

1. 고전압용량 (계산) : 1kW = 1.40 × 1.4 × 5.35A/m² = 7.45A/m²
2. 고전압용량 (실제) : 1kW = 1.20 × 1.0L × 0.55 × 5.35A/m² + 1.0 × 0.5A/m² + 0.5 × 0.5A/m² = 6.42A/m² + 0.5A/m² + 0.25A/m² = 7.17A/m²
3. 고전압용량 (실제) : 1kW = 1.20 × 1.0L × 0.55 × 5.35A/m² + 1.0 × 0.5A/m² + 1.0 × 0.5A/m² = 6.42A/m² + 0.5A/m² + 0.5A/m² = 7.42A/m² (실제 최대 용량 고려)
4. 고전압용량 (실제) : 1kW = 1.20 × 1.0L × 0.55 × 5.35A/m² + 1.0 × 0.5A/m² + 1.0 × 0.5A/m² = 6.42A/m² + 0.5A/m² + 0.5A/m² = 7.42A/m² (실제 최대 용량 고려)
5. 고전압용량 (실제) : 1kW = 1.20 × 1.0L × 0.55 × 5.35A/m² + 1.0 × 0.5A/m² + 1.0 × 0.5A/m² = 6.42A/m² + 0.5A/m² + 0.5A/m² = 7.42A/m² (실제 최대 용량 고려)
6. 고전압용량 (실제) : 1kW = 1.20 × 1.0L × 0.55 × 5.35A/m² + 1.0 × 0.5A/m² + 1.0 × 0.5A/m² = 6.42A/m² + 0.5A/m² + 0.5A/m² = 7.42A/m² (실제 최대 용량 고려)
7. 고전압용량 (실제) : 1kW = 1.20 × 1.0L × 0.55 × 5.35A/m² + 1.0 × 0.5A/m² + 1.0 × 0.5A/m² = 6.42A/m² + 0.5A/m² + 0.5A/m² = 7.42A/m² (실제 최대 용량 고려)
8. 고전압용량 (실제) : 1kW = 1.20 × 1.0L × 0.55 × 5.35A/m² + 1.0 × 0.5A/m² + 1.0 × 0.5A/m² = 6.42A/m² + 0.5A/m² + 0.5A/m² = 7.42A/m² (실제 최대 용량 고려)
9. 고전압용량 (실제) : 1kW = 1.20 × 1.0L × 0.55 × 5.35A/m² + 1.0 × 0.5A/m² + 1.0 × 0.5A/m² = 6.42A/m² + 0.5A/m² + 0.5A/m² = 7.42A/m² (실제 최대 용량 고려)
10. 고전압용량 (실제) : 1kW = 1.20 × 1.0L × 0.55 × 5.35A/m² + 1.0 × 0.5A/m² + 1.0 × 0.5A/m² = 6.42A/m² + 0.5A/m² + 0.5A/m² = 7.42A/m² (실제 최대 용량 고려)
11. 고전압용량 (실제) : 1kW = 1.20 × 1.0L × 0.55 × 5.35A/m² + 1.0 × 0.5A/m² + 1.0 × 0.5A/m² = 6.42A/m² + 0.5A/m² + 0.5A/m² = 7.42A/m² (실제 최대 용량 고려)
12. 고전압용량 (실제) : 1kW = 1.20 × 1.0L × 0.55 × 5.35A/m² + 1.0 × 0.5A/m² + 1.0 × 0.5A/m² = 6.42A/m² + 0.5A/m² + 0.5A/m² = 7.42A/m² (실제 최대 용량 고려)

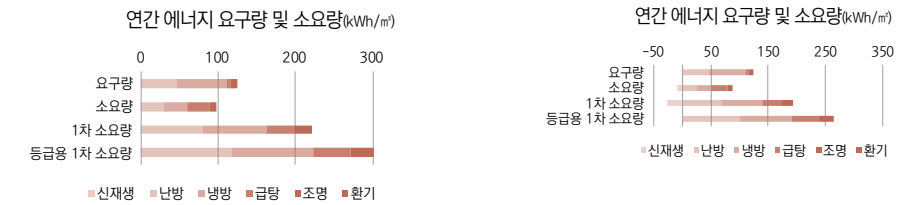
간단한 하중 계산을 통해 구조적 안정성을 검토한 결과, 최대 남향 지붕에 **81개**의 태양광 패널 설치가 가능함을 확인하였다.



■ 기존 에너지사용 현황 분석



■ 태양광 패널 설치 전후 결과



태양광 패널 설치 전							
	신재생	난방	냉방	급탕	조명	환기	합계
요구량	0	46.1	64.3	5.3	8.8	0	124.5
소요량	0	29	30.3	28.6	8.8	0	96.7
1차 소요량	0	79.6	83.3	33.8	24.1	0	220.8
CO2발생량	0	13.6	14.2	6.2	4.1	0	38.1
등급용 1차 소요량	0	116.7	106.1	47.6	30.6	0	301

※단위면적당 1차에너지소비량 : 220.8

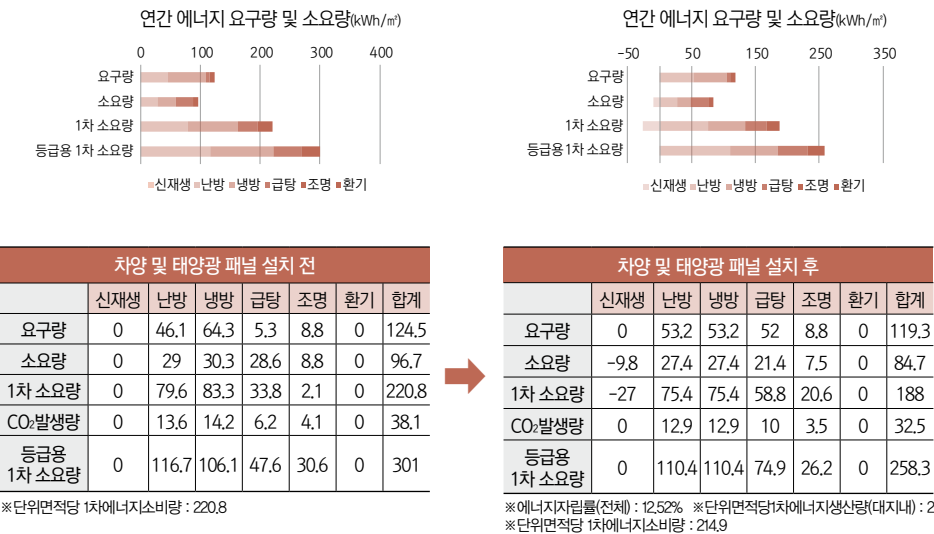
태양광 패널 설치 후							
	신재생	난방	냉방	급탕	조명	환기	합계
요구량	0	46.1	64.3	5.3	8.8	0	124.5
소요량	-9.8	24.9	26	28.4	7.5	0	86.8
1차 소요량	-27	68.4	71.6	33.2	20.7	0	193.9
CO2발생량	0	11.7	12.2	6.1	3.5	0	33.5
등급용 1차 소요량	0	100.2	91.1	46.8	26.3	0	264.4

※에너지자립률(전체) : 12.22% ※단위면적당1차에너지생산량(대지내) : 27.0
※단위면적당 1차에너지소비량 : 220.9

태양광 패널 설치 전후 건물의 연간 1차 에너지 소요량 변화를 분석한 결과, 냉방부하가 약 12.2% 절감되었으며, 1차 소요량 또한 220.8 → 193.9 kWh/m²로 감소하였다. 이를 통해 태양광 설치만으로도 냉방 및 에너지 절감 효과를 확인할 수 있었다.

전체 결과

■ 차양 및 태양광 패널 설치 전후 결과



차양 및 태양광 패널 설치 전							
	신재생	난방	냉방	급탕	조명	환기	합계
요구량	0	46.1	64.3	5.3	8.8	0	124.5
소요량	0	29	30.3	28.6	8.8	0	96.7
1차 소요량	0	79.6	83.3	33.8	2.1	0	220.8
CO2발생량	0	13.6	14.2	6.2	4.1	0	38.1
등급용 1차 소요량	0	116.7	106.1	47.6	30.6	0	301

차양 및 태양광 패널 설치 후							
	신재생	난방	냉방	급탕	조명	환기	합계
요구량	0	53.2	53.2	52	8.8	0	119.3
소요량	-9.8	27.4	27.4	21.4	7.5	0	84.7
1차 소요량	-27	75.4	75.4	58.8	20.6	0	188
CO2발생량	0	12.9	12.9	10	3.5	0	32.5
등급용 1차 소요량	0	110.4	110.4	74.9	26.2	0	258.3

※단위면적당 1차에너지소비량 : 220.8

※에너지자립률(전체) : 12.52% ※단위면적당1차에너지생산량(대지내) : 26.9
※단위면적당 1차에너지소비량 : 214.9

외부 차양과 태양광 패널을 설치한 결과, 냉방부하가 약 14.7% 감소하였으며, 1차 소요량은 220.8 → 188 kWh/m²로 낮아졌다. 또한 CO₂ 발생량 역시 38.1 → 32.5 kg/m²로 감소하여, 외부 차양과 태양광 설치가 결합될 경우 건물 에너지 효율과 환경적 효과가 크게 향상됨을 확인할 수 있었다. 또한, 에너지 자립률 목표(10% 이상)도 12.52%로 성공적으로 달성하였다.

