



건축공학 종합설계: 최종보고서

기술개발 과제	방배동 복합체육시설 설계 Design of Bangbae-dong Multi-Purpose Sports Facility				
과제팀 이름	&nd	지도교수	이주나		
개발기간	2026년 3월 ~	2026년 6월	(총 4개월)		
개발소요비용	총액	750(천원)	학교부담금	100(천원)	
			과제팀부담금	650(천원)	
과제팀 구성원	이름	이민혁	유유진	문창휘	박나림
	사진				
	학번	2021871029	2021871023	2020871013	2022871012
	연락처	01038130682	01088073385	01041001765	01024414387

건축공학종합설계 과제를 성실히 수행하고자 최종보고서를 제출합니다.

2026년 6월 12일

과제 수행자1 : 이민혁

과제 수행자2 : 유유진

과제 수행자3 : 문창휘

과제 수행자4 : 박나림

지도교수 : 이주나


(인)

(인)

(인)

(인)

서울시립대학교 건축공학전공 귀중

1. 서론

1.1 개발 과제의 개요

가. 개발 과제 요약

- ◇ 서울특별시 서초구 방배동 대지(대지면적 7,758㎡, 연면적 15,000㎡, 제2종 일반주거지역)에 U&Young 청소년 다목적 체육센터(지하 1층·지상 4층)를 설계하는 종합 설계 과제이다.
- ◇ 건축 계획(개방·연결·확장 컨셉, 유영(游泳)), 구조 계획(철골+RC, SAP2000 해석), 환경·설비 계획(DOAS+전용 제습 AHU 이중 공조, ZEB 4등급), VE 분석(수영장 창호 가치공학)의 4개 영역을 통합한 종합 설계이다.
- ◇ 수영장(25m×25m, 8레인)과 체육관(농구코트 2개, 3·4층 연통)을 포함하는 복합 체육시설로, 지역 커뮤니티 허브로서의 공공성을 실현한다.
- ◇ 냉방부하 23.7% 절감(116.83→89.12 W/m²), 난방부하 27.6% 절감(106.09→76.82 W/m²), ZEB 4등급(신재생 자립률 44.5%), 창호 VE 가치 29.8% 향상·공사비 6% 절감을 달성하였다.

나. 개발 과제의 배경 및 효과

- ◇ 방배동 일대는 아파트·연립주택 밀집 주거지역이나 공공 수영장 및 체육관이 전무하여, 지역 청소년과 주민의 체육 인프라 수요가 높은 상황이다.
- ◇ 기존 공공 체육시설은 폐쇄적 외관과 단일 프로그램으로 이용자 접근성이 낮고, 수영장 시설의 경우 설계 단계 에너지 추정치와 실제 소비량 간 큰 차이가 발생하며 운영비의 최대 60%가 에너지 비용으로 지출되는 문제가 있다
- ◇ 수영장 특유의 고습도·염소 환경이 제대로 제어되지 않을 경우 이용자 쾌적성 저하, 건물 부식·결로 피해가 발생하며, 이는 장기적으로 유지관리 비용을 대폭 증가시킨다.
- ◇ 본 과제는 개방·연결·확장 컨셉의 건축 계획, 철골+RC 하이브리드 구조, DOAS+AHU 이중 공조, BIM 5D Cost 기반 창호 VE를 통합 적용하여 에너지 효율적인 공공 복합 체육시설 설계 모델을 제시하고, 방배동 지역 공공 체육 인프라 공급 및 지역사회 커뮤니티 활성화에 기여한다.

다. 개발 과제의 목표와 내용

- ◇ ****건축 계획:**** '유영(游泳)' 컨셉 아래 개방·연결·확장 3개 키워드를 구현한다. 4단계 매스 스터디를 통해 남측 어린이공원과 북측 도로를 잇는 사잇길(통과 동선)을 형성하는 사선 비틀기 분절형 매스를 확정하고, 수영장·체육관·라운지·야외 테라스를 입체적으로 연계한다.
- ◇ ****구조 계획:**** 수영장 장스팬(25m)과 체육관 대공간(25~30m)에 최적화된 철골+트러스 구조를 설계한다. 퍼린보 추가(KL/r 392→39.2), 보조 트러스 적용(상현재 축력 30% 감소), 전단벽 3→7개 증설(X방향 분담률 89.1%)로 구조 안전성을 확보하고 SAP2000으로 전 부재 D/C비 1.0 이하를 검증한다.
- ◇ ****환경·설비 계획:**** 수영장 잠열 부하(필요 제습량 336 kg/h)를 ASHRAE HOF Ch.18 기준으로 정량 산정하고, DOAS+전용 제습 AHU 이중 공조 방식과 전열교환기(ERV, 효율 70% 이상), DDC 통합 제어를 적용하여 냉난방 부하 20% 이상 절감 및 ZEB 4등급(신재생 자립률 44.5%)을 달성한다.
- ◇ ****VE 분석:**** 수영장 외피 창호를 대상으로 WORTH 분석(창호 21점 1위)→FAST Diagram→브레인스토밍(16개)→IWDW→LCC(40년, 할인율 4.5%)→BIM 5D Cost→매트릭스 평가의 체계적 VE 프로세스를 적용하여 일반 삼중유리(대안 1)를 최종 선정하고, 가치 29.8% 향상·공사비 약 1,870만원(6%) 절감을 달성

한다.

라. 개발과제의 기술적 기대효과

- ◇ 수영장·체육관 복합 대공간에 특화된 철골+RC 하이브리드 구조 설계 기준 제시 — SAP2000 기반 퍼린보·보조트러스·전단벽 분산 배치의 정량 검증 방법론 확립.
- ◇ 수영장 잠열 부하 정량 산정 및 DOAS+전용 제습 AHU 이중 공조 방식의 수영장 공조 최적화 설계 기준 마련.
- ◇ ECO-2 에너지 시뮬레이션 기반 패시브 설계 전후 냉난방 부하 정량 비교(냉방 23.7%·난방 27.6% 절감) — 공공 복합 체육시설 에너지 효율화 설계 사례 구축.
- ◇ BIM 5D Cost 연계 상호 VE 분석 방법론(WORTH→FAST→LCC→매트릭스)의 공공 체육시설 적용 사례 제시 — 수영장 복합 입면 특성 반영 최적 상호 선정 기준 확립.

마. 개발과제의 경제적 및 사회적 파급효과

- ◇ 냉난방 부하 20% 이상 절감으로 연간 운영비 절감 → 공공 체육시설 이용요금 안정화 기여. 상호 VE 공사비 약 1,870만원 절감. 설비 투자비 약 1억 3,500만원 대비 투자회수기간 약 3~4년.
- ◇ 신재생에너지 자립률 44.5%, ZEB 4등급 달성 → 탄소 배출 저감 및 친환경 공공시설 조성 기여.
- ◇ 방배동 지역 청소년·주민 공공 체육 인프라 공급 — 공공 수영장·체육관 전무 지역에 복합 커뮤니티 거점 조성으로 지역사회 건강 증진 및 커뮤니티 활성화 기여.
- ◇ 건축·구조·환경·VE 전 분야 통합 설계 모델로서 서초구 내 추가 공공 체육시설 및 유사 규모 복합 커뮤니티 센터 설계의 참고 모델 제공. ZEB 의무화 및 BIM 발주 제도화 추세에 따라 활용 가능성 증가.

1.2 관련 기술의 현황

가. State of art

- ◇ 건축·공간 계획: 최근 공공 체육시설은 폐쇄적 단일 기능에서 지역 커뮤니티 허브로 전환되고 있다. 스포츠 시설을 지역 공원·녹지와 연계하고, 비이용자도 자연스럽게 방문할 수 있는 통과 동선과 테라스·라운지 공간을 포함하는 복합 개방형 설계가 국제적 트렌드이다.
- ◇ 구조 기술: 수영장(25~60m)·체육관(25~30m) 장스팬 대공간에는 철골 트러스(Warren형, Pratt형)가 표준적으로 적용된다. 비정형 평면의 경우 전단벽 분산 배치와 강성중심·질량중심 일치 검토가 필수이며 (KDS 41 31 00), SAP2000 등 구조해석 소프트웨어를 통한 D/C비 검증이 설계 정합성 확보의 핵심이다.
- ◇ 환경·에너지 기술: 수영장 시설은 연간 에너지 소비량 1,500~2,000 kWh/m² 수준으로, 난방·급탕·전력이 운영비의 최대 60%에 달한다(Mika et al., Energies 2025). 수영장 전기 소비 실측 기준값은 연면적 기준 122 kWh/m²·년, 수면적 기준 553 kWh/m²·년이다(Nikolic et al.). 수영장 잠열(수면 증발+재실자 발한) 비중이 전체 냉난방 부하의 60~70%를 차지하여 제습 성능이 공조 설계의 핵심이다.
- ◇ 상호 VE 기술: 삼중유리(U값 1.1~1.4 W/m²K)는 복층유리(U값 1.5~2.0) 대비 열손실 저감에 유리하나, 복합 입면의 경우 Low-E 코팅의 일사 조절 효과가 미미하여 일반 삼중유리 채택이 최적이다. 상호 교체 시 에너지 12% 절감, U값 72% 향상 실증 사례가 있다(PNNL Lab Homes).
- ◇ 외피 단열 기술: PF보드의 열전도율 λ≈0.021 W/mK(KS M 3809)로 EPS(0.036), XPS(0.029) 대비 동일 두께에서 단열 성능이 우수하고, 수영장 고습도 환경에서 흡습률이 낮아 적합하다.

나. 기술 로드맵

시기	건축·구조
1990년대	대공간 철골 트러스 보급
2000년대	RC+철골 하이브리드 대중화
2010년대	BIM 기반 구조 해석 (SAP2000)
2020년대	비정형 매스+하이브리드 복합
향후	AI 최적 구조 설계

다. 특허조사

- ◇KR101129910B1/증발기(제습)+응축기(재열) 순환 방식. 수영장 온습도 동시 제어, 건물 부식 방지. 등록 2012년
- ◇KR100828201B1/Low-E 코팅(소프트코팅) + 스페이서 구조. 단열·결로방지 성능 향상

라. 특허전략

- ◇ 본 과제는 신규 특허 출원보다 기존 특허 기술의 **최적 조합 및 현장 적용**에 집중한다.

1.3 관련 시장에 대한 분석

가. 경쟁제품 조사 비교

- ◇서초종합체육관은 연면적 6,320m², 지하 2층~지상 2층 규모로 수영장(6레인)·대소체육관·헬스장을 갖춘 복합시설이며, 동작구민체육센터는 연면적 8,651m²로 유사한 복합 구성이다. 본 과제(15,000m²)는 두 시설보다 1.7~2.3배 큰 규모로, 수영장 8레인·농구코트 2개·4층 관람석을 포함한 대공간을 계획하며, 철골 구조와 AHU 공조, ZEB 4등급 달성을 통해 기존 시설 대비 건축·구조·환경 전 분야에서 차별화된 설계 수준을 제시한다.

나. 마케팅 전략

- ◇지자체 발주 공공 복합 체육센터 설계 시장을 목표로 하며, 건축·구조·환경·VE 전 분야를 통합한 근거 기반 설계를 핵심 차별점으로 포지셔닝한다. 냉난방 부하 23.7%, 27.6% 절감, ZEB 4등급(신재생 자립률 44.5%), 상호 VE 가치 29.8% 향상이라는 정량 실적을 지자체 제안서의 핵심 근거로 활용한다.

2. 설계

2.1 사용자 요구사항

- ◇ **R1 (건축-공간):** 개방·연결·확장 컨셉 구현 — 비이용자도 진입·통과 가능한 사잇길 동선 및 지역 커뮤니티 공간 확보
- ◇ **R2 (구조):** 장스팬·대공간 구조 안전성 — 수영장 25m·체육관 25~30m 전 부재 D/C비 \leq 1.0 (KDS 14 31 00)
- ◇ **R3 (환경):** 수영장 제습 성능 및 냉난방 부하 절감 — 기준 대비 20% 이상 절감
- ◇ **R4 (환경):** ZEB 등급 달성 — 신재생에너지 자립률 40% 이상 (ZEB 4등급)
- ◇ **R5 (VE):** LCC 최적화 — 40년 생애주기비용 원안 대비 절감

2.2 사용자 요구사항 만족을 위한 기능 정의 및 기능별 정량목표

- ◇ F1 (건축): 개방·연결·확장 컨셉 구현 기능
 - 정량목표: 사잇길 폭 \geq 6m, 야외 테라스 2개층 이상, 북측 도로↔남측 공원 시각 연결 확보
- ◇ F2 (구조): 장스팬 하중 지지 기능
 - 정량목표: 전 부재 D/C비 \leq 1.0, 처짐 \leq L/300, X방향 횡력 분담률 \geq 89%, Y방향 \geq 93%
- ◇ F3 (환경): 수영장 온습도 제어 기능
 - 정량목표: 수온 28°C, 실내 27°C, RH 60±5%, 필요 제습량 336 kg/h 처리
- ◇ F4 (환경): 냉난방 에너지 절감 기능
 - 정량목표: 냉방부하 \leq 89.12 W/m² (기준 대비 23.7% 절감), 난방부하 \leq 76.82 W/m² (27.6% 절감)
- ◇ F5 (환경): ZEB 달성 기능
 - 정량목표: 신재생에너지 자립률 \geq 40% (실적 44.5%, ZEB 4등급)
- ◇ F6 (VE): 창호 가치 향상 기능
 - 정량목표: 원안 대비 가치 ↑, LCC ↓, 공사비 절감. 실적: 가치 +29.8%, 공사비 -6%(약 1,870만원)

2.3 기능 구현을 위한 세부기술 선택사항 (디자인)

◇ 건축 계획

4단계 매스 스테디(계단식→흐름→유영 형태→사선 비틀기) 끝에 남측 어린이공원과 유기적으로 연결되는 사선 분절 매스를 채택한다. 수영장 블록(지하1·1층, 층고 8m)과 체육관 블록(3·4층 연통, 층고 10m)을 사선으로 배치하고, 사잇길로 공원과 도로를 연결한다. Revit BIM 3D 모델링으로 공간 정합성 및 간섭을 검토한다.

◇ 구조 계획

수평하중: RC 전단벽(7개 분산) + 철골 모멘트 프레임 이중 저항. 수직하중: 수영장 Pratt 트러스(깊이 2,000mm, 스패ن 25m)+퍼린보, 체육관 주트러스+보조트러스. 기초: 수영장 매트기초(수압 60 kN/m²)+수조 일체형, 일반 구간 독립기초. SAP2000으로 D/C비·처짐 전 부재 검증.

◇ 환경·설비

공조: AHU-1(제습+재열코일, 340 kg/h) + AHU-12(환기·냉난방, ERV 연계). 열원: 지역난방+연료전지(수영장 24시간 안정). 신재생: 태양광 PV+연료전지로 자립률 44.5%. DDC 통합 제어.

◇ VE 분석

WORTH(창호 21점 1위)→FAST Diagram→QEM(단열성능 중점)→브레인스토밍 16개→IWDW→4개 대안 선정→LCC(40년, 할인율 4.5%)→BIM 5D Cost→매트릭스 174점 1위. 수영장 북향 입면 특성상 Low-E 효과 미미하여 일반 삼중유리 채택.

2.4 시스템 설계

| 층 | 주요 공간 | 층고 | 비고 |

| 지하 1층 | 기계실, 주차 | 6,000mm | 매트기초, 방수콘크리트 |

| 1층 | 수영장 풀 데크, 로비, 라운지, 수역시설 | 4,000mm | 공원 레벨 연결, 통과동선 |

| 2층 | 수영장 관람석, 라운지, 야외 테라스 | 4,000mm | 어린이공원 조망 |

| 3층 | 체육관 하부(농구코트 2개) | 4,000mm | 체육관 3·4층 연통 |

| 4층 | 체육관 관람석, 수역시설, 야외 테라스 | 4,000mm | 천창, 고측창 |

◇ 구조 시스템 구성

- 수직하중: 수영장 트러스(2,000mm 깊이)+퍼린보 / 체육관 주트러스+보조트러스 / 일반층 철골보+RC 슬래브

- 수평하중: RC 전단벽 (X:89.1%, Y:93.6% 분담) + 철골 모멘트 프레임

◇ 공조 시스템 구성

[수영장]

외기(OA) → ERV(\geq 70%) → AHU-1B(환기·냉난방) → 수영장 급기

수영장RA → AHU-1A(제습+재열, 340kg/h) → 수영장 급기

수영장EA → ERV → 외부 배기

[체육관]

외기(OA) → ERV → AHU-2A/2B(가변풍량, 각 7,500CMH) → 체육관 급기

전동 고측창 20개 → 자연환기 보조 (외기 18~25°C)

체육관RA → ERV → 배기

◇ VE 창호 적용 위치: 수영장 북향 외피 창호 150m² — 일반 삼중유리

3. 결과 및 평가

2.5 이론적 계산 및 시뮬레이션

- ◇ 수영장 잠열 부하
- 수면 증발량 = $A \times CF \times (P_w - P_a)$
- = $625\text{m}^2 \times 0.089 \text{ kg}/(\text{h}\cdot\text{m}^2\cdot\text{kPa}) \times (3.78 - 2.13) \text{ kPa} \times \text{보정계수}$
- ≈ 180 kg/h
- | 발생원 | 발생량 (kg/h) |
- | 수면 증발 | 180 |
- | 재실자 발한 (100명 × 0.8) | 80 |
- | 샤워실 (10명 × 2.0) | 20 |
- | 소계 | 280 |
- | 설계 여유 20% → **설계 제습량** | **336 kg/h** |
- ◇ **냉난방 부하 (ECO-2 시뮬레이션)**
- | 구분 | 적용 전 | 적용 후 | 절감률 |
- | 냉방부하 (W/m²) | 116.83 | 89.12 | **23.7%** |
- | 난방부하 (W/m²) | 106.09 | 76.82 | **27.6%** |
- ◇ 외피 단열 U값 계산 (수영장 외벽)
- | 레이어 | 두께 (mm) | λ (W/mK) | R (m²K/W) |
- | 시멘트 몰탈 | 20 | 1.40 | 0.014 |
- | RC | 200 | 1.63 | 0.123 |
- | PF보드 | 120 | 0.021 | **5.714** |
- | 외장재 | 50 | 1.00 | 0.050 |
- | **합계 R** | | | **≈ 5.90** |
- | **U값** | | | **0.157 W/m²K** |
- 기준: 건축물 에너지절약 설계기준 [별표 4] 중부1지역 외벽 0.240 W/m²K → 만족
- ◇ SAP2000 구조 해석 결과
- 퍼린보 적용: 상현재 KL/r 392→39.2 (90% 개선), 모멘트 24% 감소
- 보조 트러스 적용: 상현재 축력 30%↓, 강축 모멘트 37%↓, 하현재 KL/r 293→58.7
- 전단벽 증설(3→7개): X방향 47.8%→89.1%, Y방향 82.7%→93.6%
- | 부재 | D/C비 | 판정 |
- | COL-L (수영장 기둥) | 0.888 | ✓ |
- | COL-GYM (체육관 기둥) | 0.696 | ✓ |
- | G-L (거더) | 0.960 | ✓ |
- | 트러스 하현재 | 0.888 | ✓ |
- | 트러스 평균 | 0.493 | ✓ |

3 성과물

가. 대외전시 포스터

◇ 최종 발표 포스터 — 건축 계획 도면(배치도·평면도·입면도·단면도), 구조 계획(SAP2000 해석 모델·D/C비 검토표), 환경·설비(공조 계통도·부하 계산서), VE 분석(WORTH·FAST·LCC·BIM 5D Cost)를 포함한다.



3.1 향후평가

평가항목	평가방법	적용기준	개발목표치	비중(%)	평가결과
1.건축 컨셉 구현	개방·연결·확장 구현 여부, 공간 프로그램 연계성 검토	설계 도면 및 공간 프로그램 반영	3개 컨셉 전 반영	35	사잇길·테라스·복합 프로그램 완전 구현
2.구조 안전성	SAP2000 해석 전 부재 D/C비 검토	KDS 14 31 00 (강구조 설계 기준)	전 부재 D/C ≤ 1.0	35	최대 D/C비 0.960, 전 부재 기준 이내
3. VE 가치 향상	원안 대비 가치 향상률 및 LCC·BIM 5D Cost 분석	LCC 분석 및 BIM 5D Cost 비교	가치 ↑, 비용 ↓	30	공사비 -6% (약 1,870만원)

가. 어려웠던 내용들

- ◇ 비정형 매스의 구조 처리: 사선 비틀기 분절형 매스에서 접합부의 비틀림·편심 하중 분석이 복잡하였다. 전단벽 위치 선정을 반복 수정하며(3→7개) 강성중심을 질량중심에 근접시키는 과정이 가장 시간이 많이 소요되었다.
- ◇ 수영장 잠열 부하 정량 산정: ASHRAE HOF Ch.18의 활동계수(AF), 증발계수(CF) 적용 기준과 실측 보정계수 적용 방법에 대한 문헌 해석이 까다로웠으며, RTS SAREK에서의 수영장 구현도 쉽지 않았다. 총 발생량 280 kg/h에 설계 여유 20%를 적용한 336 kg/h의 합리성 검토에 어려움이 있었다.
- ◇ VE 프로세스 전 단계 수행: WORTH→FAST→QEM→브레인스토밍(16개)→IWDW→LCC→BIM 5D Cost →매트릭스로 이어지는 7단계 VE 프로세스를 전 단계 체계적으로 수행하는 데 상당한 시간과 노력이 필요하였다.

부 록

A 참고문헌 및 참고사이트

1. Mika, A. et al. (2025). "Comparative Analysis of Design Solutions in Terms of Heat and Electricity Demand with Actual Consumption in a Selected Swimming Pool Facility." *Energies*, 18(18), 4939.
2. Lopes, A. et al. (2022). "Natural Ventilation and Solar Control Strategies to Improve Energy Efficiency in Glazed Heated Swimming Pools." *Sustainability*, 14(14), 8243.
3. Costanzo, V. et al. (2023). "Comprehensive Review and Analysis of Glazing Systems towards Nearly Zero-Energy Buildings." *Energies*, 16(17), 6283.
4. Trianti-Stourna, E. et al. (1998). "Energy conservation strategies for sports centers." *Energy and Buildings*, 27.
5. PNNL Lab Homes 실험 보고서 (이중→삼중유리 에너지 절감 실증).
6. 경기도 광명 철산 어린이집 그린리모델링 성과 보고서.
7. ASHRAE Handbook of Fundamentals, Chapter 18 (수면 증발량 산정식).
8. ASHRAE Standard 62.1 (환기 및 실내공기질 기준).
9. KS M 3809 (PF보드 단열재 기준).
10. KDS 14 31 00 (강구조 설계기준).
11. 건축물의 에너지절약 설계기준, 국토교통부 고시.
12. SAREK 대한설비공학회 「공기조화냉동공학」.
13. FINA 경기규정 (수온 기준 25~28°C).

설계구성요소 및 제한요소

설계구성요소	과제보고서내의 항목	내용 요약
목 표 설 정	1.1 개발과제의 개요	과제의 배경, 목표, 내용을 설정함
합 성	2.1 설계사양 2.2 개념설계안 2.4 조립도 2.5 부품도	건축 컨셉, 철골+RC 구조, AHU 공조, VE 프로세스 통합 설계
분 석	2.1 설계사양 2.3 이론적 계산 및 시뮬레이션	SAP2000 구조 해석, ECO-2 에너지 시뮬레이션, LCC 분석, BIM 5D Cost, FAST Diagram
제 작	2.8 자재소요서 3.1 완료작품소개 3.2 개발사업비 내역서	공조 계통도, 구조 해석 도서, VE 분석 보고서, 최종 발표 PPT, Revit BIM 모델
시 험 및 평 가	3.3 완료작품의 평가	D/C비 전 부재 검토, 냉난방 부하 전후 비교, LCC-BIM 비용 검증, 매트릭스 점수 평가

설계제한요소	과제보고서내의 항목	내용 요약
원 가	1.3 관련시장에 대한 분석	기존 체육문화시설들의 문제점들을 개선해 보다 경제적이고 친화적인 체육시설이다.
안정성 및 윤리성	1.1 개발과제의 개요 1.4 개발과제의 기대효과 2.1 설계사양	KDS 14 31 00 강구조 기준을 지켰으며 사용자의 쾌적함과 안전성을 최우선으로 한다.
신뢰성	2.1 설계사양 2.3 이론적 계산 및 시뮬레이션	설계 여유 20% 적용, 이중 AHU 구성, 퍼린보·보조트러스 추가(좌굴 여유), 전 부재 D/C≤1.0 SAP2000 검증
사회에 미치는 영향	1.1 개발과제의 개요 1.4 개발과제의 기대효과	방배동 공공 체육 인프라 공급, 에너지 절감→이용요금 안정화, 지역 커뮤니티 활성화.
환경요인	2.1 설계사양 2.3 이론적 계산 및 시뮬레이션	서울 외기설계조건 적용(냉방 33.9°/난방 -11.3°C, 건축물 에너지절약 설계기준), 신재생 자립률 44.5%로 탄소 저감.