



멀티 보일러 시스템의 제어 및 효율 특성 연구



한국설비기술협회

김영일*, 김삼근, 김기성, 박광태, 이동락, 정종림, 임형택,
문정래, 김민용, 김용원

연구 목표

- 멀티 보일러 시스템의 성능 검증, 경제성 분석 및 보급을 위한 설계 표준화

연구 개요

- 주관연구기관 : 한국설비기술협회 (강기호 회장)
- 연구비 : 84,000천원
- 연구 기간: 2013.04.01 ~ 2014.01.1 (10개월)
- 연구책임자 : 김영일 (서울과학기술대 건축학부 교수)
- 연구원
 - 김삼근 (한국설비 사장)
 - 박광태 (씨엔아이엔지니어링)
 - 정종림 (삼신설계 사장)
 - 문정래 (서울과기대 연구원)
 - 김용원 (한국설비기술협회)
 - 김기성 (삼우설비컨설턴트 사장)
 - 이동락 (융도엔지니어링 부사장)
 - 임형택 (한국설비기술협회 국장)
 - 김민용 (서울과기대 연구원)
- 자문위원
 - 이태원 (한국건설기술연구원), 이봉수 (한국기계전기전자시험연구원)

연구 필요성

- 멀티 보일러 시스템은 소용량의 보일러를 병렬 연결하여 대수 및 비례 제어로 난방 및 급탕 부하 대응
- 멀티보일러의 ① 운영성, ② 경제성을 공인기관에서 검증 필요
 - 운영성: 부하 대응성, 안정성, 유지관리성
 - 경제성: 초기투자비, 설치면적, 운전 비용
- 보급 위해 설계 표준화 필요





구 분	성 명	소 속	직 위	최종 학위			담당업무
				학교	년도	학위	
연구책임자	김영일	서울과학기술대학교	교수	U. Michigan	1993	박사	연구총괄, 시뮬레이션
연구원	김상근	한국설비연구(주)	사장	서울시립대	2004	석사	업무총괄, 설계표준화, 간사
"	김기성	(주)삼우설비컨설턴트	사장	송실대	1982	학사	보일러 및 설비특성 분석
"	박광태	(주)씨엔아이엔지니어링	사장	수원대	2011	박사	부하계산, 시스템 설계
"	이동락	(주)용도엔지니어링	부사장	서울산업대	2002	학사	부하계산, 장비선정
"	정종림	삼신설계(주)	사장	연세대	2002	박사	시뮬레이션 결과 분석
"	임형택	한국설비기술협회	국장	전북대	1981	학사	사무 총괄
연구보조원	김민용	서울과학기술대학교	연구원	서울과기대	2012-	박사중	동특성 시뮬레이션
"	문정래	서울과학기술대학교	연구원	서울과기대	2012	석사	성능시험
"	김용원	한국설비기술협회	차장	성균관대	2001	석사	사무, 행정
자문	이태원	건설기술연구원	수석	고려대	1991	박사	감수
"	이봉수	한국기계전기전자시험연구원	박사	한국항공대	2008	박사	성능시험

연구 내용 및 추진 일정 - 전체



연구 내용	추진일정 (월)										담당
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
보일러 시스템의 성능시험 방법 조사	■										서울과기대
적용 대상 건물의 선정 및 측정 시스템 구축	■	■									서울과기대, KTC
초기투자비, 설치면적 산정	■	■	■	■							한국설비
난방, 급탕 부하 표준화(용도별, 위생기구, 인원 등)	■	■	■	■							한국설비
성능시험 조건 개발 건물 적용 멀티 보일러와 중대형 단일 보일러 시스템의 성능시험설비 구축, 비교 운전(급탕, 난방) 및 분석		■	■								서울과기대, KTC
부하 모사 시뮬레이터의 설계 및 구축			■	■	■						서울과기대, KTC
부하 시뮬레이터 적용 멀티 보일러와 중대형 단일 보일러 시스템의 성능시험설비 구축, 비교 운전(급탕, 난방) 및 분석					■	■					서울과기대, KTC
중간발표 (초기투자비, 설치면적, 난방/급탕 부하)						■					한국설비
시뮬레이션 건물의 설계 및 모델링						■	■				서울과기대
멀티 보일러 시스템과 중대형 단일 보일러의 부분부하별/계절별 성능 및 효율, LCC 분석을 위한 동특성 시뮬레이션						■	■	■	■		서울과기대
방식별 종합 분석 (용량, 대응성, 장점, 단점, LCC)							■	■	■		전체
멀티 보일러 시스템의 설계 표준화						■	■	■	■	■	한국설비
멀티 시스템의 우수성 입증시 활성화 계획							■	■	■	■	전체
보고서 작성, 감수									■	■	전체
최종발표										■	전체

연구 내용 및 추진 일정 - 한국설비

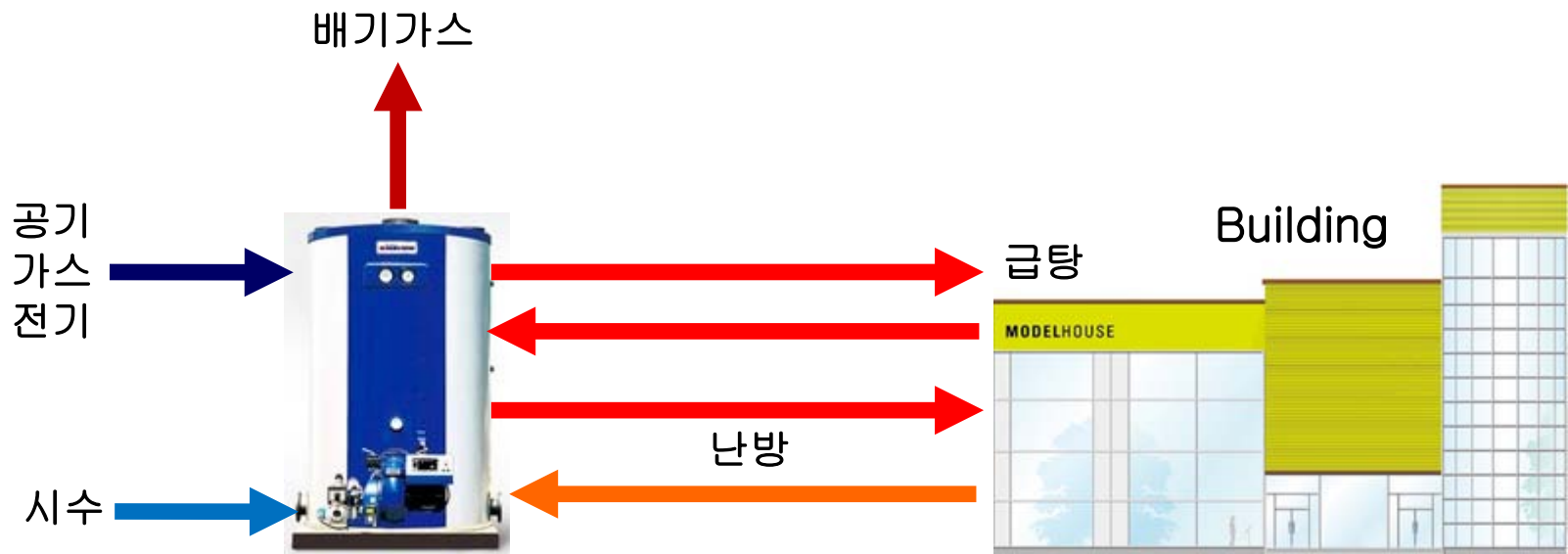


연구 내용	추진일정 (월)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. 연구 대상 건물의 선정 (규모 및 용도 고려)										
2. 유사 건축물에 대한 사례 조사 (설계 기준 자료 수집)										
3. 난방 부하 기준 설정 (건축물 용도별 단위 난방 부하 표준 정리)										
4. 급탕 부하 기준 정리 (위생기구수, 사용 인원 고려)										
5. 용도, 규모별 난방, 위생 부하 계산 (표준 부하 값과 비교, 검토, 평가)										
6. 설비 시스템 계획 (도서 작성 목적)										
7. 성능시험 분석 내용 검토										
8. 산출된 부하에 따른 표준 설계 도서 작성 - 중대형 vs 멀티 보일러 시스템 - 설계 도면에 따른 초기투자비, 설치면적 산정										

보일러의 성능시험 방법 조사



- 목적 : 기숙사 건물에 대한 난방 및 급탕 부하의 대응성 및 효율 평가
- 입력: 가스, 전기, 난방환수입구온도, 난방수유량, 급탕환수입구온도, 급탕환수유량, 시수입구온도, 시수유량, 공기입구온도, 공기습구온도, 공기유량
- 출력: 난방출구온도, 급탕출구온도, 난방용량, 급탕용량, 배기가스성분, 배기가스온도



적용 대상 건물의 선정 및 측정



- 중대용량과 멀티 보일러 시스템 방식을 기숙사(평택)에 병렬로 적용하여 각각의 운전 특성 측정 및 비교
- 시험기관 : 한국기계전기전자시험연구원
- 측정 항목: 온도, 유량, 가스소비량, 전력소비량

멀티
보일러



중대용량
보일러



급탕

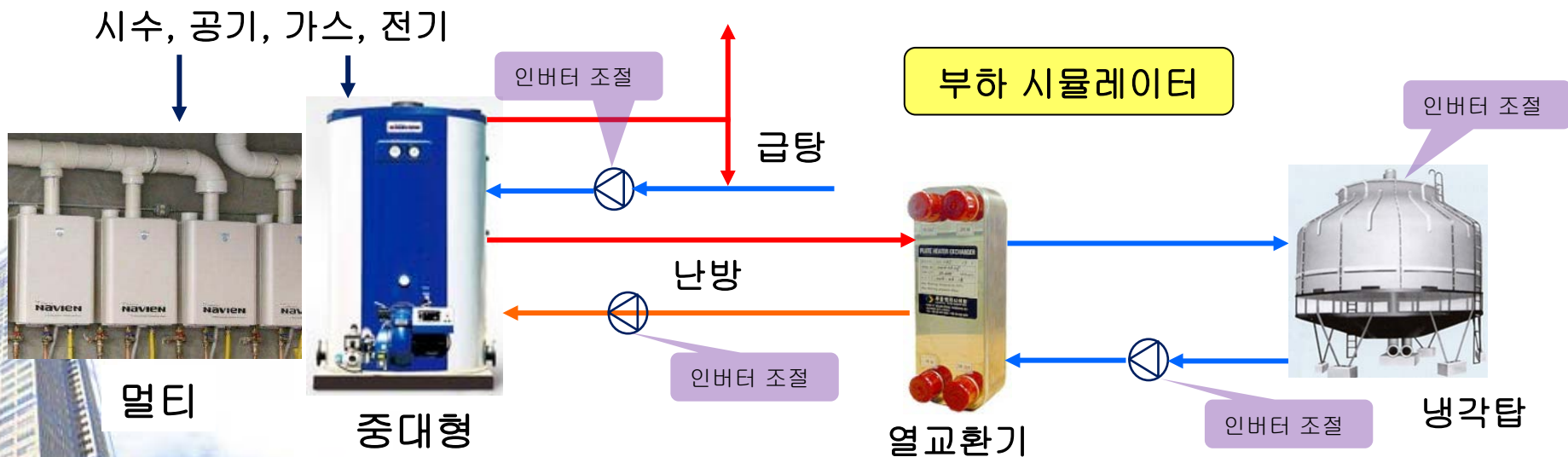
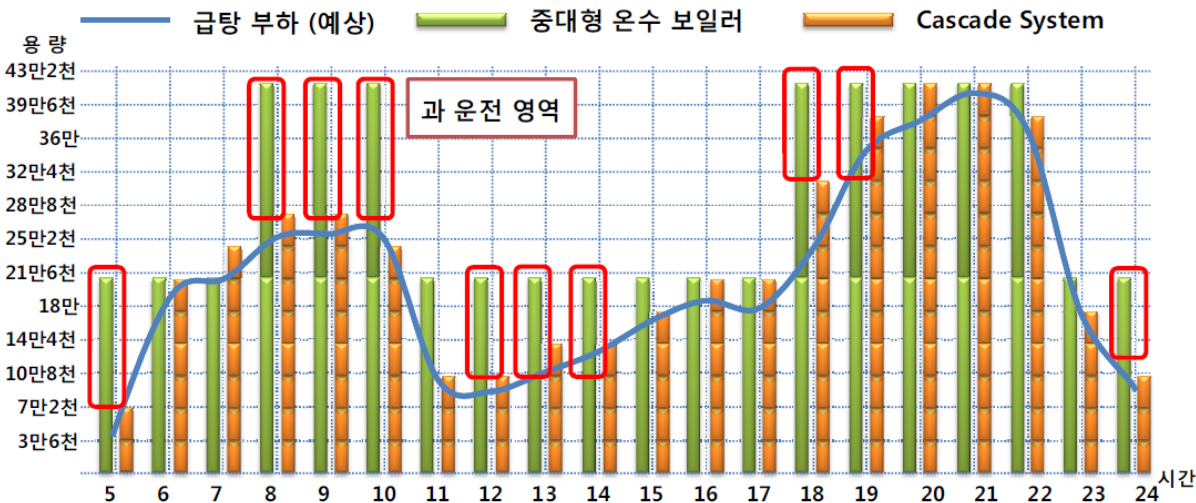
난방

기숙사



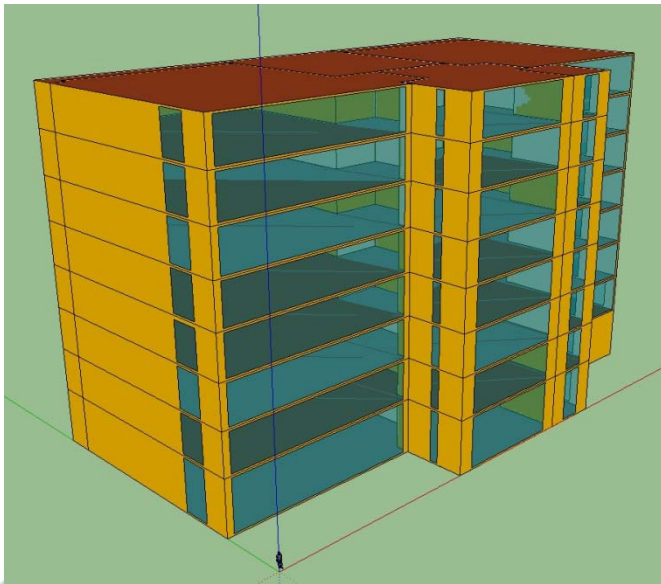
부하 시뮬레이터 적용 비교

- 난방 및 급탕 부하 표준화
- 임의의 부하로 변화시킬 수 있는 시뮬레이터 구축
- 두 방식의 대응성, 효율성 비교
- 시험기관 : 한국기계전기전자시험연구원

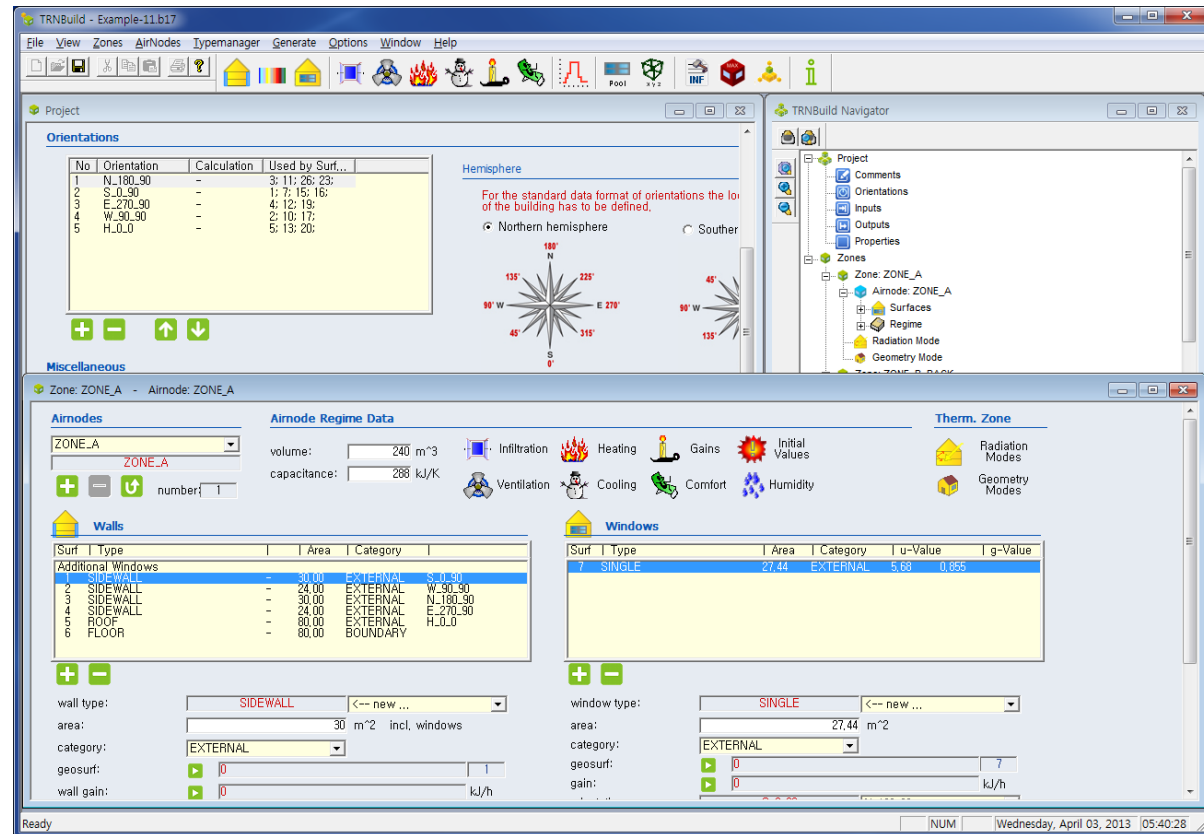


동특성 시뮬레이션

- 용도별로 대표적인 건물에 대하여 설계 및 TRNSYS 동특성 시뮬레이션
- 초기투자비, 설치면적, 운영비(1년) 산출



건물 3D 모델링



건물 사양 및 운영 조건 입력

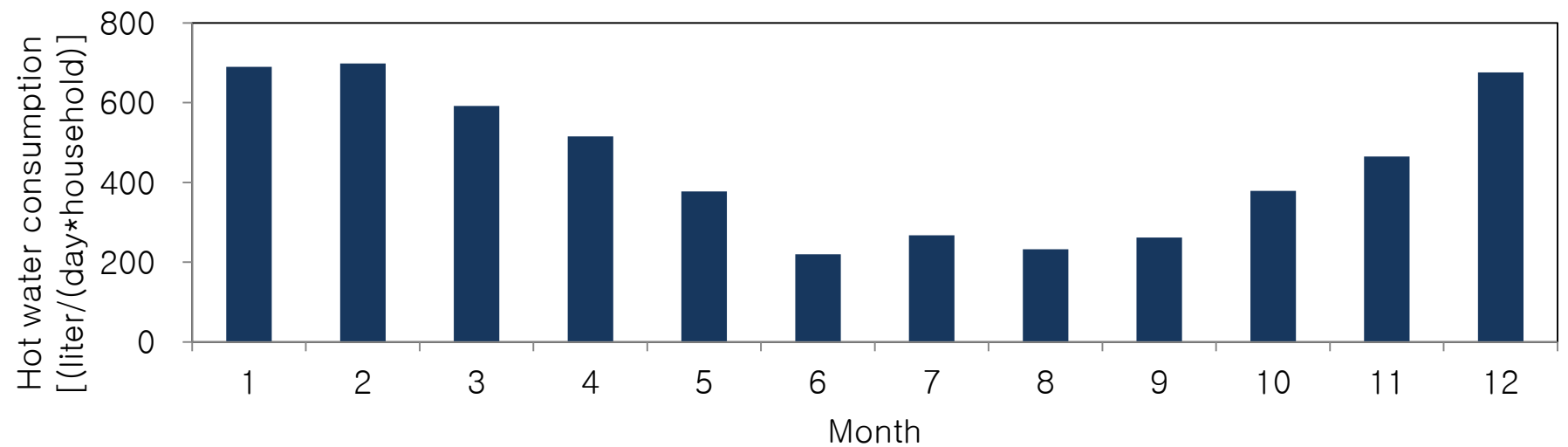
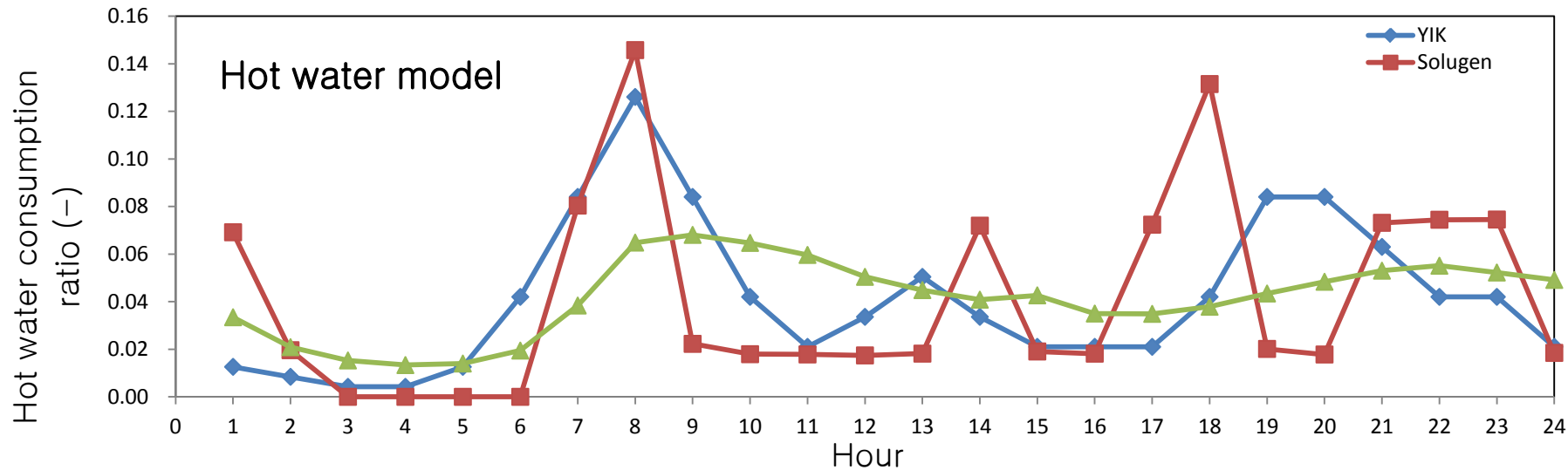
동특성 시뮬레이션 - 건물 운영 조건 모델링



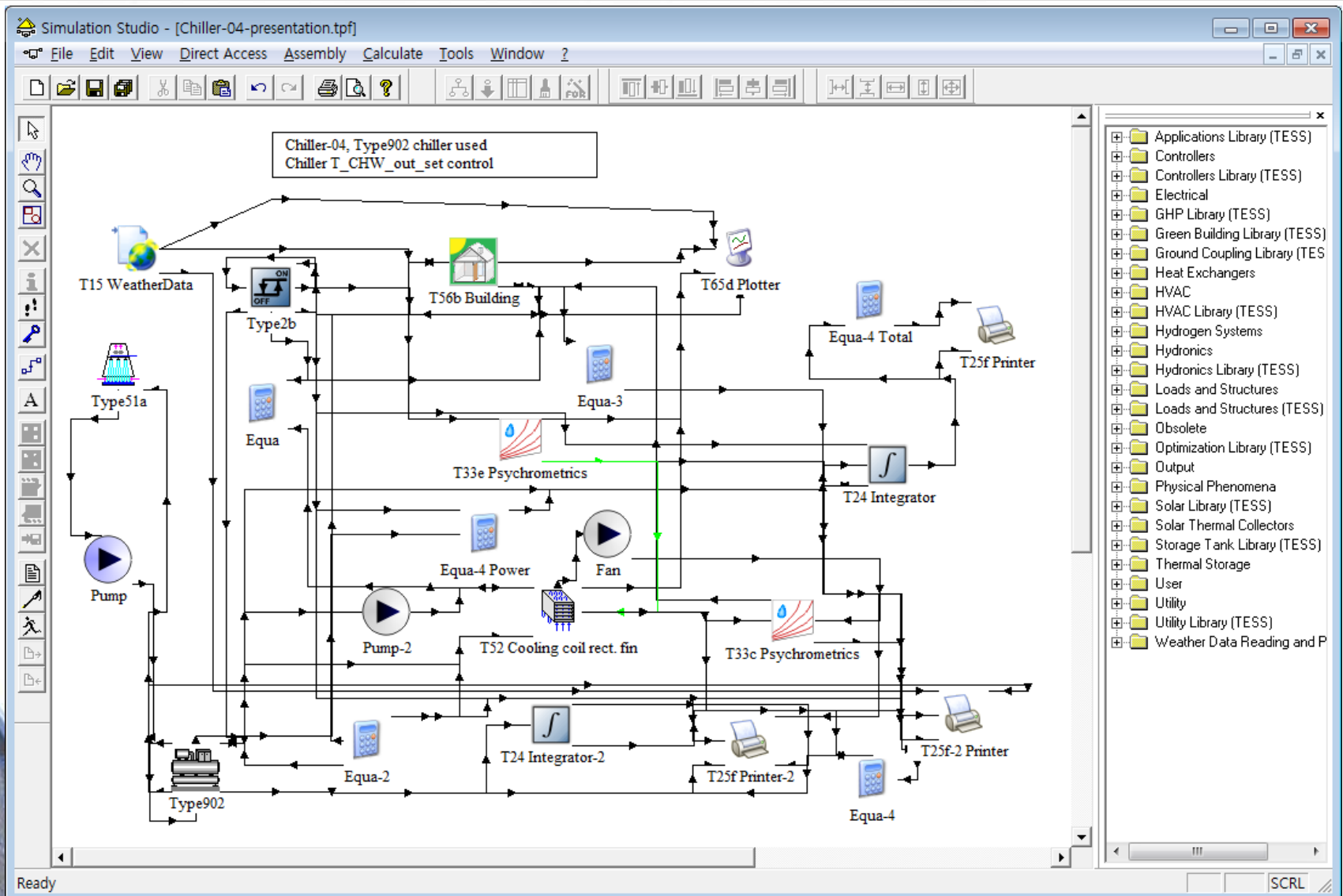
	Mon.-Fri.	Saturday	Sunday
Infiltration [Volume/h]	0-8h : 0.1 8-19h: 0.2 19-24h: 0.15	0-9h : 0.1 9-12h: 0.15 12-24h: 0.1	0-24h: 0.1
Ventilation [Volume/h]	0-8h : 0.0 8-19h: 0.7 19-24h: 0.3	0-9h : 0.0 9-12h: 0.3 12-24h: 0.1	0-24h: 0.0
People Sen. 75 W/P Lat. 75 W/P	0-8h : 60 P 8-12h: 1500 P 12-13h: 480 P 13-19h: 1500 P 19-24h: 480 P	0-9h : 60 P 9-12h: 480 P 12-24h: 120 P	0-24h: 60 P
Lighting 19 W/m2 Convective 30%	0-8h : 20% 8-12h: 100% 12-13h: 40 % 13-19h: 100% 19-24h: 30%	0-9h : 10% 9-12h: 60% 12-24h: 20%	0-24h: 20%
Computer 140 W/EA 600 EA	0-8h : 10% 8-12h: 100% 12-13h: 20% 13-19h: 100% 19-24h: 30%	0-9h : 10% 9-12h: 60% 12-24h: 20%	0-24h: 20%
Latent gain 10 kg/h	0-8h : 10% 8-12h: 100% 12-13h: 60% 13-19h: 100% 19-24h: 40%	0-9h : 5% 9-12h: 40% 12-24h: 10%	0-24h: 5%



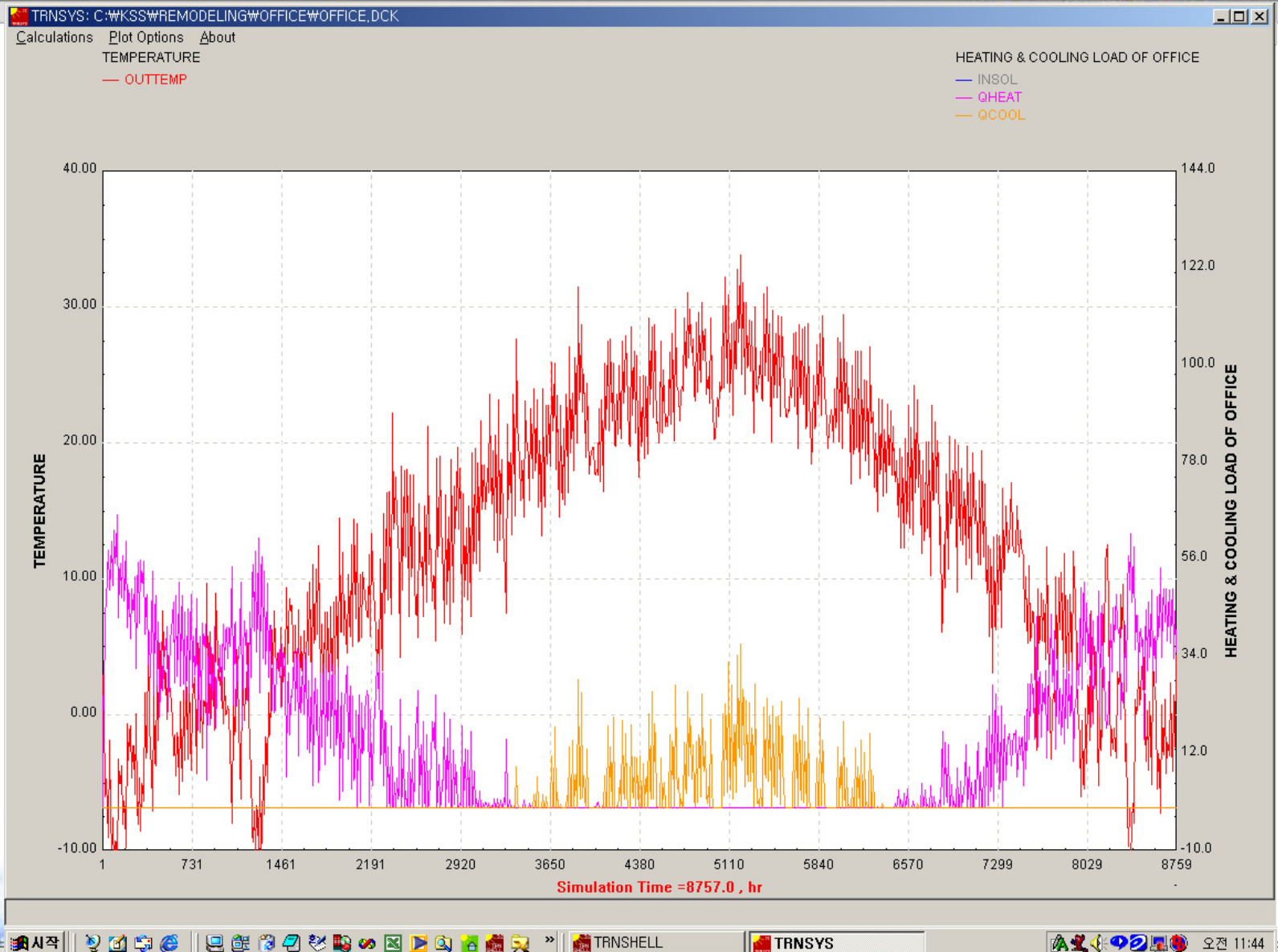
동특성 시뮬레이션 - 급탕 부하



동특성 시뮬레이션 - TRNSYS 기기 및 배관 구성



TRNSYS 동특성 시뮬레이션 해석 결과



경제성 분석 - 초기투자비 (예)



항 목		멀티 보일러	온수 BOILER	증기 BOILER	비 고
난방 보일러	용 량	43,000 kcal/hr	400,000 kcal/hr	800kg/hr	
	수 량	12 대	2 대	2 대	
	단 가	1,234,000 원/대	27,160,000 원/대	31,526,000 원/대	
	소 계	14,808,000 원	54,320,000 원	63,052,000 원	
급탕 온수기	용 량	48,000 kcal/hr			
	수 량	10 대			
	단 가	1,600,000 원/대			
	소 계	16,000,000 원			
Low Loss Header	1 식	600,000 원			
저탕 Tank	1 식		4,300,000 원	5,200,000 원	
열 교환기	1 식			1,400,000 원	
응축수 Tank	1 식			1,900,000 원	보급수펌프 포함
자동제어	1 식	4,600,000 원	4,000,000 원	4,600,000 원	
배 관	1 식	21,040,000 원	18,600,000 원	21,400,000 원	Kit 320,000 원/대 포함
연 도	1 식	2,800,000 원	6,600,000 원	6,600,000 원	
운반 및 설치비	1 식	2,561,225 원	4,238,883 원	5,269,109 원	
합 계		62,409,225 원	92,058,883 원	109,421,109 원	
		62,000,000 원	92,000,000 원	109,000,000 원	
투자비 비율		67 %	100 %	118 %	

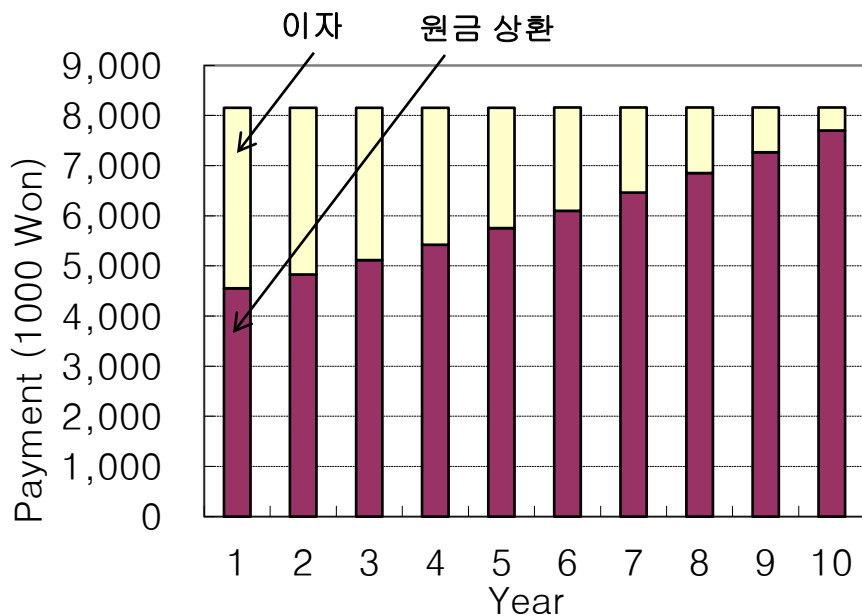
경제성 분석 - 연간운영비 (예)



항 목		멀티 보일러	온수 BOILER	증기 BOILER	비 고
난방	필요 부하	500,000 kcal/hr	500,000 kcal/hr	500,000 kcal/hr	배관부하 3%, 응축수 탱크 2% 열교환기 2%, 부분부하 3% (추정치)
	손실 부하	15,000 kcal/hr	30,000 kcal/hr	50,000 kcal/hr	
	효 율	95.00 %	81.90 %	82.35 %	
	사용시간	511 hr/year	511 hr/year	511 hr/year	
	사용량	26,638 N m ³ /year	31,794 N m ³ /year	32,816 N m ³ /year	
급탕	필요 부하	241,000 kcal/hr	241,000 kcal/hr	241,000 kcal/hr	배관부하 3%, 응축수 탱크 2% 급탕 탱크 2%, 부분부하 3% (추정치)
	손실 부하	7,230 kcal/hr	19,280 kcal/hr	24,100 kcal/hr	
	효 율	98.10 %	81.90 %	82.35 %	
	사용시간	256 hr/year	256 hr/year	256 hr/year	
	사용량	6,228 N m ³ /year	7,823 N m ³ /year	7,923 N m ³ /year	
가스 사용 요금	사용량 합	32,867 N m ³ /year	39,618 N m ³ /year	40,740 N m ³ /year	
	단 가	891.25 원/N m ³	891.25 원/N m ³	891.25 원/N m ³	부산도시가스, 영업1
	금 액	29,292,634 원/year	35,309,346 원/year	36,309,186 원/year	
연간 수선비	1 식	3,100,000 원/year	4,600,000 원/year	5,450,000 원/year	초기투자비의 5%
합 계		32,393,000 원/year	39,909,000 원/year	41,759,000 원/year	
		32,400,000 원/year	39,900,000 원/year	41,800,000 원/year	
운전비 비율		81 %	100 %	105 %	

경제성 분석 - 연간균등부담법 (예)

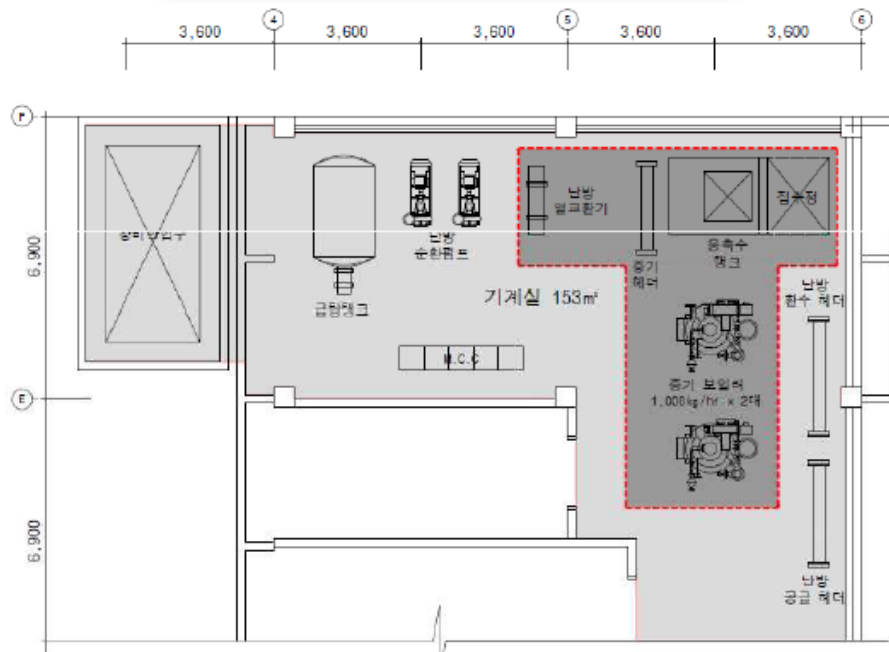
- 초기투자비에 대해 은행 대출 후 원금과 이자를 기기 수명 동안 연간 균등 부담한다고 가정
- 종합연간부담액 = 초기투자비연간균등부담액 + 연간운영비



	구분	방식 A	방식 B
초기 투자비	장비비 /설치공사비	136,423,300	251,919,300
	건축공사비	1,731,832	2,629,440
	지원금	-	-18,000,000
	수전설비	12,084,000	1,242,000
	가스설비	-	35,010,000
	소계	150,239,132	272,800,740
	연간부담액	21,390,672	38,840,688
유지비	기본전력비용	8,063,194	786,931
	에너지사용료 (전기)	84,08,436	676,964
	에너지사용료 (가스)	-	24,688,005
	공간사용료	223,000	328,625
	수선비	4,967,014	8,686,927
	보험료	281,464	492,259
	인건비	-	-
	소계	21,943,108	35,659,711
	종합연간부담액	43,333,780	74,500,399

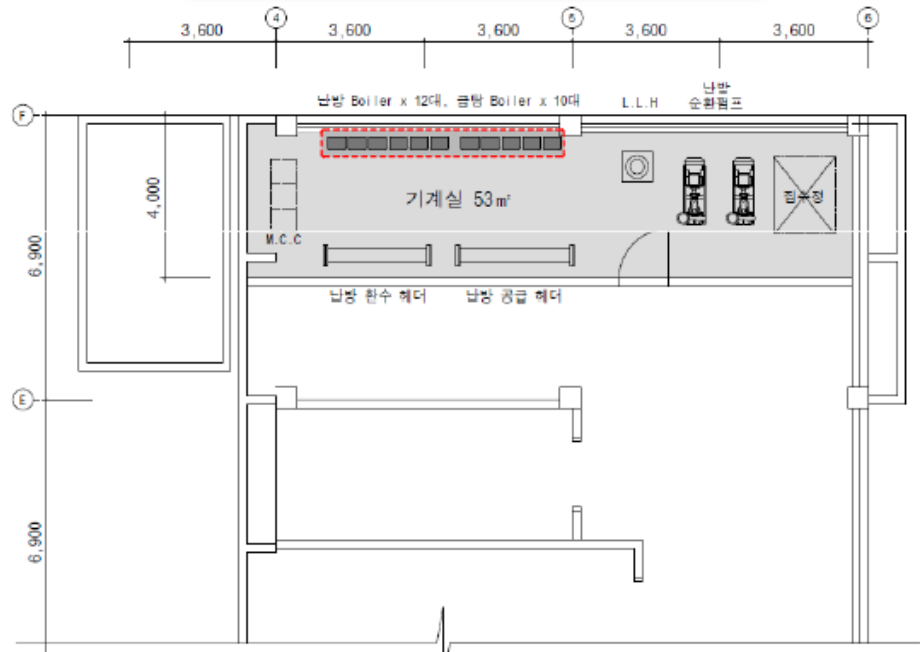
설치 면적 비교 (예)

중대형



100%

멀티



35%

성과물 활용 방안



- 멀티 보일러 시스템의 급탕 및 난방 성능 입증
- 멀티 보일러 시스템의 경제성 분석
- 멀티 보일러 시스템의 설계
- 멀티 보일러 시스템의 성능시험 방법 개발
- 우수성 입증시
 - 연구 결과의 논문 발표
 - 멀티 보일러 시스템의 홍보 및 보급을 위한 발표회
 - 주요 “상” 신청

기대 효과

- 중대형과 멀티 소형 보일러의 방식별 특성 및 장단점 비교
- 멀티 보일러 시스템의 설계 표준화
- 멀티 보일러 시스템의 보급 및 활성화





[질문 1] 용역계획서 : 3. 추진계획표의 위에서 두번째 항목 : '적용 대상 건물의 선정 및 측정 시스템 구축. 추진 계획중 해당 항목에 있는 '적용 대상 건물의 선정의 측정 시스템 구축'에서 '측정 시스템 구축'에 대해서 질문 드리고자 합니다. '측정 시스템 구축'하는 방법은 여러가지가 있을 수 있는데, 현 계획에서는 어떠한 형태의 '측정 시스템을 구축'할 것인지 조금 더 자세한 설명을 부탁드립니다.

[답변] 본 업무는 본격적인 성능시험(부하 시뮬레이터 적용)에 앞서 중대형과 멀티 보일러 시스템의 특성을 파악하는 목적이며 적용 대상 건물은 경동나비엔 소유 평택 기숙사를 우선적으로 고려. 병렬로 2 방식을 설치 후 실제 평상시 운전 상태에 대해 유량, 온도, 가스소비량, 전기소비량 등을 측정하여 분석.





[질문 3] 영역계획서 : 3. 추진계획표의 위에서 6번째 항목 : '부하 모사 시뮬레이터의 설계 및 구축'

- '부하 모사 시뮬레이터'와 관련하여 현재 계획 중인 아래 사항에 대해 알고 싶습니다. 큰 틀에서 몇 가지 주요 사항들에 대해서 설명해 주시면 감사하겠습니다.
- 사용 tool, input (각종 조건 사항), output (출력)

[답변] 부하 모사 시뮬레이터는 실제의 급탕 및 난방 부하를 모사하는 실험장치로 냉수, 열교환기, 인버터+펌프, 냉각탑, 인버터+팬, 측정시스템(온도, 유량, 가스소비량, 전기소비량) 구축 후 측정. 연구진이 설계, 경동나비엔이 구축, KTC이 측정시스템 구축 및 시험, 연구진 결과 분석.





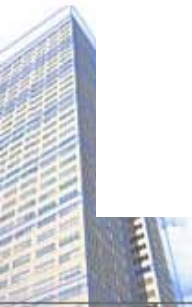
[질문 2] 용역계획서 : 3. 추진계획표의 위에서 4번째 항목 : '난방, 급탕 부하 표준화(용도별, 위생기구, 인원 등) 최종적으로는 현장에서 난방 및 급탕 부하를 계산하고 장비를 선정하며 관경, 펌프, 팽창탱크의 용량 등을 용이하게 구할 수 있는 프로그램 제작에 있습니다. 금번 프로젝트는 그 프로그램에 필요한 각종 자료를 수집하고 backdata의 기준을 정하는데 목적이 있습니다. 그 중 중요한 요소 중 하나는 난방과 급탕 부하의 기준입니다. 난방 부하는 기존 서적에 용도별 부하값을 어느 정도 예측하여 제시하고 있으나 근래에 정부 시책에 따라 건물의 단열이 강화되어 차이가 있는 것으로 알고 있습니다. 건물과 실의 용도별 난방부하를 추정하여 평균값을 도출할 방법에 대하여 설명 부탁드립니다.





- 답변]

- 건축물의 형태와 부하 산출에 필요한 최하층 바닥, 지붕, 각 방위 별 벽체,
- 유리창 등 각 구조체의 면적과 구조 등 단열 상태 등을 명확히 알 수 있는
- 실시 설계가 진행된 건축물 중 가능한 범위 내에서 기숙사, 연수원, 오피스텔
각 1개 동을 선정하여 난방 부하 계산을 실시하고 부하 계산에 적용된
- 난방부하 계산 기준을 제시하며 아울러 부하 계산에 적용된 대상 건축물의
- 각 벽체의 단열 기준, 바닥 면적 대비 각 방위 별 벽체 면적 비율,
- 유리창 면적 비율 등 기본적인 기준을 제시하여 추후 적용되는
- 건축물과의 비교가 가능한 자료를 작성합니다.





[질문 4] 용역계획서 : 3. 추진계획표의 위에서 8 번째 항목

- 추진계획에 있는 중간발표 자료를 보면 '초기투자비, 설치면적, 난방/급탕 부하'등이 있습니다. 이 중간발표 결과 도출 방식에 대해서 간략히 바랍니다. 예를 들면 중대형 보일러의 설치시 드는 비용/면적/부하 등의 판단 방법과, 이에 대응하는 Cascade system의 비용/면적/부하 등의 판단방법을 어떠한 방식으로 진행할지에 대해 설명 부탁드립니다.

1.4.1. 초기투자비 & 설치면적

과제 수행시 초기투자비 및 설치면적과 관련하여 특정 시설계 하나만 가지고 결과를 도출하면 신뢰성의 하락 및 여러 설비 적용 제안에 대한 자료로 활용하기 어려울 것입니다. 따라서 여러 타입의(용도별 현장) 건물에 대한 검토가 진행하여 결과가 나왔으면 합니다.





- 답:

- 각 시스템별 소요 SPACE의 비교는 기숙사, 연수원, 오피스텔 등
- 대상 건축물 별로 산출된 난방, 급탕 부하에 따라 중대형 보일러 방식과
- 캐스 캐이드 방식의 두 가지 시스템에 대하여 장비 일람, 기계실 도면 등을
- 직접 작성하고 작성된 도면에 따라 각 방식 별 소요 SPACE를 산출하여
- 객관적으로 비교할 수 있는 자료를 만들고
- 초기 투자비의 비교는 작성된 도서를 기준으로 공사용 내역을 작성하여
- 각 시스템 별 초기 투자비를 산출하여 객관적 비교자료를 작성한다.





1.4.2. 난방/급탕 부하

난방 & 급탕 부하를 어떠한 결과론적으로 결과물을 제출 하실건지? 실제 현장 설비자들은 경험상 샤워기 1개당 약식으로 20,000kcal/h를 잡는다고도 합니다. 이에 대하여 실제 현장에서 사용할 수 있는 방법 제시를 위한 결과 도출을 요청 드립니다. 예, 사용 용도별 건물별 수전, 샤워기의 기구별 급탕부하 및 유량 등의 세부적, 분류별 자료 등.

[질문 5] 중앙저탕식과 중앙 순간식 급탕 부하 산출 방식

- 급탕부하는 크게 위생 기구수와 사용 인원수에 따른 방법이 있으며 중앙 열원을 사용하는 경우에는 저탕식으로 계산하고 있습니다. 그러나 Cascade System은 순간 급탕 방식으로 콘덴싱 온수기를 적용하고 대수제어가 가능하여 저탕식보다 LCC측면에서 경제성이 높은 것으로 알고 있습니다. 그러나 기존 서적에서는 중앙 저탕식을 중심으로 급탕 부하를 설명하고 있고 중앙 순간식은 간단하게 언급하고 있습니다. 또한 생활 수준이 높아짐에 따라 급탕 사용량이 증가하는 추세에 있습니다. 중앙 저탕식과 특히 중앙 순간식 급탕 부하의 산출 방식에 대하여 설명 부탁드립니다.





[답변]

- 난방 부하는 2 번 항의 작성 방법에 따라 건축물 별 기준과 부하 기준을 제안하려고 합니다.
- 급탕량 산출 기준은
 - 첫 번째 방식으로 한국 지역 난방공사의 급탕 열 공급 기준이 순간식 급탕 공급을 전제로 산정된 수치들을 적용하여 작성되었으므로 이 기준에 따라
 - (면적기준-(공동주택-15 kcal/m² hr, 숙박시설- 25 kcal/m² hr),
 - 세대수 기준 - 오피스텔- ((36+9 4n-2) * 0.8 * 60 * 온도차)을 적용하여 계산하고
 - 두번째 방식으로 단위세대의 급탕 공급 압력을 일정압력 (2kg/m²) 으로 유지한 상태에서
 - 급탕 유량을 측정하여 (65 이상 구경에서 초음파 유량 측정 가능) 급수, 급탕 온도차를
 - 고려하여 급탕 가열량을 산출한다.
 - 이때 건축물 전체 동시 사용율은 일반적인 동시 사용율을 적용하며 건축물의 사용 형태가 명확하여 동시 사용율을 정확히 유추할 수 있을 경우에는 이 기준을 제시한다.
- 세번째 방식으로 건축물 용도별 사용 인원에 따른 급탕량과 기구수에 따른 급탕량을 산출한다.
-
- 상기 세가지 방식을 적용하여 급탕량과 가열량을 산출하여 상호 비교 평가 후 기준을 제시한다.

